

电气自动化及其电气自动化的发展探究

刘 健

冀建投寿阳热电有限责任公司 山西 晋中 045400

摘 要：电气自动化是现代工业生产体系的重要支撑技术，广泛应用于各类工业管控场景。本文结合电气自动化的体系架构、软硬件构成及运行逻辑，梳理核心支撑技术的应用原理，分析现阶段自动化系统的实际应用形态。研究深挖传统架构存在的各类短板，涵盖适配性不足、设备联动不畅及老旧系统升级困难等现实问题，结合行业发展趋势，从集成化、智能化、网络化、节能化、通用化多个维度，梳理自动化体系的升级方向与优化路径，为工业电气自动化系统的改造迭代提供科学参考。

关键词：电气自动化；控制技术；系统架构；技术局限；发展升级

引言：工业产业的持续升级，推动电气自动化技术成为工业生产提质增效、安全运维的核心依托。电气自动化技术依托成熟的控制架构与软硬件体系，实现工业设备与生产工序的自主管控，大幅降低人工作业强度。随着现代工业生产模式不断革新，传统自动化系统的运行短板逐步凸显，各类技术瓶颈制约工业生产的精细化与高效化发展。立足电气自动化基础架构与现有技术体系，剖析应用局限并探索全新升级路径，对推动工业电气领域高质量发展具备重要的现实意义。

1 电气自动化基础体系与构成架构

1.1 电气自动化基本组成体系

电气自动化是依托电气技术实现设备与工序自主运转的应用型技术体系。整套体系围绕工业生产的控制需求搭建，核心目标是替代人工完成监测、调节、操控等重复性作业。体系整体分为层级化结构，从底层现场执行到上层数据管控形成完整闭环。基础组成包含现场执行单元、信号采集单元、核心控制单元以及终端运维单元。各单元各司其职，独立完成对应工作模块，保障生产流程稳定推进^[1]。不同单元通过电气信号传输建立关联，构建起分层、有序、完整的自动化作业框架。

1.2 电气自动化硬件设备构成

硬件设备是电气自动化体系的实体载体，所有控制功能都依托硬件落地。采集类硬件包含传感器、变送器，可实时捕捉温度、压力、转速、位移等生产现场数据，将物理信号转化为电气信号。控制类硬件以可编程控制器、工控机、继电器、接触器为核心，负责接收信号并输出对应的操控指令。执行类硬件涵盖变频器、伺服电机、调节阀等设备，直接响应控制指令，完成设备启停、速度调节、工况切换等操作。辅助类硬件包含配电箱、接线端子、信号线缆，为整套设备运转提供供电

与信号传输支撑，各类硬件协同配合，构成自动化系统的物理运行基础。

1.3 电气自动化软件控制体系

软件体系承担整套系统的决策与调度功能，是自动化智能运转的核心。底层编程软件用于控制器程序编写与调试，工作人员通过编写逻辑程序，设定设备运行的参数阈值与动作流程。监控组态软件搭建可视化操作界面，可展示现场实时工况、记录运行数据、弹出异常提示，方便人员远程查看设备状态。数据处理软件负责整理采集到的各类生产数据，完成数据分类、存储与分析。参数配置软件用于校准设备运行参数，根据生产工况调整控制标准，四类软件分工明确，共同支撑系统智能化、精准化控制作业。

1.4 电气自动化运行控制逻辑

电气自动化运行遵循固定的流程化控制逻辑，形成闭环式运转模式。系统启动后，采集设备持续收集现场工况信号，并将信号输送至核心控制模块。控制模块对比实时数据与预设参数，判定设备当前运行状态是否符合生产标准。数据出现偏差时，系统自动输出调节指令，驱动执行设备调整运行状态。数据维持标准区间时，设备保持恒定工况持续作业。运行全程会同步留存工况数据，设备出现故障或参数超限时，系统触发保护机制，完成停机、报警等动作，这套闭环逻辑也是电气自动化设备稳定运行的核心保障。

2 电气自动化关键支撑技术体系

2.1 电气信号采集与传输技术

电气信号采集与传输是自动化系统获取现场信息的核心技术，为整套设备控制作业提供数据来源。这项技术依托各类传感检测设备，对工业现场的电气参数、设备工况、环境状态进行精准捕捉。采集过程会完成信号

滤波、放大、转换处理,剔除现场环境干扰带来的无效数据。传输环节依托工业总线、有线通讯等成熟方式,将处理后的有效数据输送至核心控制终端。稳定的采集与传输流程,能保障控制终端获取真实、实时的现场工况信息^[2]。

2.2 电气自动控制技术

电气自动控制技术是自动化体系的核心功能技术,决定设备运行的精准度与稳定性。技术涵盖闭环调节、逻辑控制、顺序控制等多种控制方式,适配不同工业生产场景的作业需求。技术依托预设的程序规则,对接收的现场数据进行分析判别。系统依据分析结果自主调整设备运行参数,修正工况偏差。整套技术摆脱人工干预的局限,让工业设备可以按照生产标准自主完成标准化作业流程。

2.3 智能监测与巡检技术

智能监测与巡检技术用于全程把控电气设备与生产线的运行状态。技术依托智能监测模块,全天候监测设备温度、电流、电压、运行负荷等关键参数。系统可自主识别参数异常波动,捕捉设备潜在的运行隐患。传统人工巡检的盲区与疏漏问题得到有效解决。技术可自动生成设备运行台账,为设备维护、工况优化提供完整的数据依据,提升电气系统运行的安全性与可靠性。

2.4 电气系统联动调控技术

电气系统联动调控技术用于统筹协调多设备、多工序的协同运行。工业生产往往由多台电气设备、多个作业工序组成,单一设备独立运行容易出现工序衔接错乱。该技术可打通各设备的控制壁垒,统一调配各单元运行节奏。系统根据整体生产需求,单独调整单台设备的运行状态,完成整条生产线的工序衔接与节奏适配。有效提升生产线整体作业效率,保障生产流程连贯有序推进。

2.5 自动化系统容错与防护技术

自动化系统容错与防护技术是保障电气系统安全运行的兜底技术。电气设备长期运行过程中,会面临参数波动、线路故障、程序偏差等各类突发问题。容错技术可在小幅故障出现时,通过参数修正、程序代偿维持系统基础运转,避免作业直接中断。防护技术针对严重故障启动硬件闭锁、紧急断电等防护操作,阻断故障扩散。全方位规避设备损坏、生产停滞等问题,为自动化系统长效稳定运行筑牢安全屏障。

3 电气自动化应用现状与技术局限

3.1 电气自动化系统通用应用形式

电气自动化系统已经深度融入各类工业生产场景,

形成多种成熟的应用形式。流水线程序化控制广泛应用于制造行业,完成工件加工、输送、分拣等基础工序的无人操作。参数闭环调控多用于电力、化工等领域,维持压力、温度、电流等关键参数的稳定状态。故障监测与保护模式普遍配套于成套电气设备,降低设备故障引发的生产风险^[3]。数据记录与运维辅助模式可为设备检修、工艺优化提供完整的数据参考。多样的应用形式贴合不同行业的生产需求,成为工业提质增效的重要基础手段。

3.2 传统电气自动化架构短板

传统电气自动化架构搭建时间较早,整体设计偏向固定化与模式化。硬件层面多采用模块化固定配置,功能拓展空间狭小,难以适配新型智能设备的接入需求。软件程序多为定点编写的固化逻辑,只能应对单一生产工况。数据处理能力较为薄弱,只能完成基础的数据记录与简单对比,不具备深度分析与自主优化能力。架构整体开放性不足,更新迭代需要整体改造,浪费人力与物力资源,难以适配现代工业的柔性生产需求。

3.3 电气控制体系适配性不足问题

多数电气控制体系按照标准化工艺设计,应对常规生产工况可以保持稳定运行。生产工艺调整、原材料性能变动、工况环境波动时,控制体系会显露明显短板。预设控制逻辑无法快速匹配动态变化的生产条件,参数调节速度滞后于工况变动节奏。部分精细化工序、高精度加工场景中,控制精度难以达到工艺标准,容易出现产品偏差。固定化的控制模式降低生产容错空间,对复杂、多变的工业场景适配能力偏弱。

3.4 设备联动与协同运行瓶颈

工业现场多台电气设备、多个控制单元长期存在运行割裂问题。不同型号、不同批次的设备通讯协议存在差异,数据交互存在壁垒。各控制单元独立完成本职工作,单元之间缺少有效的信息互通与动作配合。工序衔接依靠固定延时或简单信号触发,动态调整能力薄弱。生产负荷变化时,各设备无法自主协调运行参数,容易出现工序堆积、空转等问题,制约整条生产线的产能提升与运行精度优化。

3.5 老旧自动化体系升级制约因素

老旧自动化体系升级改造会受到多重现实条件限制。现场硬件老化严重,线路布局杂乱,更换新型智能设备需要改动大量基础布线与配套结构。原有控制程序架构老旧,代码兼容性差,新功能模块难以直接嵌入。生产企业需要兼顾日常生产进度,全线停机改造会造成经济损失。技术人员熟悉传统操作模式,对新型智能控

制系统的掌握需要一定适应周期。多重因素延缓老旧系统迭代节奏,阻碍车间自动化水平的整体提升。

4 电气自动化迭代发展方向与升级路径

4.1 电气自动化集成化发展方向

电气自动化集成化是破解传统系统碎片化、孤立化问题的核心发展方向,也是现代工业自动化升级的核心趋势。集成化发展打破传统设备、控制、运维单元相互独立的布局模式,对现场硬件、控制程序、数据终端、运维体系进行统筹整合。通过统一的标准接口与数据规范,将分散的采集设备、执行装置、控制模块整合为完整的一体化系统。工业生产的工序管控、数据汇总、故障处置、设备运维不再分区独立开展。整套系统可以实现跨模块、跨工序的资源统筹与功能整合,减少设备冗余与资源损耗^[4]。这种一体化的搭建模式,能够适配规模化、集约化的工业生产模式,大幅提升自动化系统的整体运行效率与管控力度。

4.2 电气自动化智能化升级路径

智能化升级是电气自动化摆脱固定程序化运行、实现自主优化的核心路径。传统自动化系统仅能依据预设程序完成固定作业,无法应对复杂动态的生产工况。智能化升级依托人工智能、大数据分析技术,赋予系统自主感知、自主判断、自主优化的能力。系统可以通过长期积累的运行数据,梳理不同工况下的最优运行参数,自主修正控制逻辑。针对生产过程中的轻微异常,系统可以自主研判并完成微调处置,无需人工介入。企业可通过分步迭代的方式完成升级,先实现设备数据智能分析与故障预判,再逐步落地自主调控、智能运维功能,稳步提升系统智能化水平。

4.3 电气控制系统网络化拓展形式

电气控制系统依托网络技术完成功能拓展,彻底改变传统本地单机控制的局限模式。传统控制系统仅能依托现场设备完成本地管控,管控范围有限,数据传输与远程操作存在诸多限制。网络化拓展通过工业以太网、物联网通讯方式,将现场所有电气设备接入统一网络平台。设备运行数据可以上传至云端或远程管控终端,工作人员可远程完成参数查询、指令下发、状态监测等操作。网络架构的搭建还能实现多车间、多厂区的设备数据互通,构建大范围的电气管控体系,让电气控制突破地域与设备数量的限制。

4.4 电气自动化绿色节能发展趋势

工业节能降耗、绿色生产的行业要求,推动电气自

动化体系向低碳节能方向持续转型。传统自动化系统侧重生产稳定性与效率,对能耗管控缺乏精细化调节手段。绿色化发展通过优化控制逻辑与运行策略,对设备启停、负荷调节、工况切换进行精细化管控。系统结合生产负荷动态调整设备运行功率,规避设备长期高负荷空转、固定功率运行等耗能问题。新型节能硬件与自动化控制程序结合搭配,可有效降低电力资源消耗,减少生产过程中的能源浪费。

4.5 电气自动化体系通用化拓展方向

通用化拓展针对传统系统适配性差、定制成本高的短板,成为自动化体系迭代的重要方向。传统电气自动化系统多为单一工况、单一行业定制开发,移植难度大,改造成本高。通用化发展通过搭建标准化、模块化的系统架构,统一设备接口、控制协议与程序逻辑。模块化单元可根据不同生产场景、不同设备类型灵活组合适配。面对工艺调整、设备迭代的生产场景,仅需更换、调整对应功能模块即可完成系统适配,无需对整套系统进行整体重构。该模式能够有效压缩改造工期与资金投入,提升电气自动化系统的场景适配能力,强化结构复用性能^[5]。

结束语

电气自动化技术在工业场景的应用存在诸多结构性短板,结合体系架构、核心技术、运行问题与升级方向完成全面分析,细致拆解各类自动化技术的运行机理,总结传统电气自动化架构在实际工业场景中暴露的各类缺陷。结合现代工业生产的实际发展需求,对应提出集成化、智能化、网络化、绿色节能与通用化的优化发展模式。各类升级方向可针对性弥补传统技术的不足,持续完善电气自动化控制体系,助力工业电气设备与生产线实现更稳定、高效、低碳的标准化运行。

参考文献

- [1]邱一斌.消防电气工程的智能化与自动化发展探析[J].消防界(电子版),2024,10(05):89-91.
- [2]连晓辉.建筑电气工程自动化设计与应用研究[J].房地产世界,2023(12):78-80.
- [3]陈伯时.电气自动化控制系统的创新与应用[J].电气传动,2020,50(08):3-10.
- [4]李永东.电力电子与电气自动化技术的前沿发展[J].电力系统自动化,2021,45(15):1-12.
- [5]张承慧.智能电网背景下电气自动化技术的应用与展望[J].电网技术,2022,46(03):801-810.