

电气自动化及电气自动化的发展

于耀东

辽宁双鞍集团善梦实业有限公司 辽宁 鞍山 114400

摘要: 电气自动化以控制理论、信息技术为核心,通过自动化装置实现电气系统高效运行与智能管理,广泛应用于工业制造、能源电力、交通运输等领域。其发展历经机械化、数字化到智能化阶段,当前正与人工智能、物联网、5G等技术深度融合,推动系统向自适应、自优化方向升级。未来,电气自动化将在绿色低碳、数字孪生、太空探索等前沿领域持续创新,成为全球产业转型与可持续发展的关键支撑。

关键词: 电气自动化;应用领域;未来发展趋势

引言:电气自动化作为现代科技与工业融合的典范,以电力电子、计算机控制及传感器技术为基石,构建起覆盖生产、传输、应用全链条的智能系统。从蒸汽时代到数字时代,其技术演进不断突破效率极限,不仅重塑了传统制造业的竞争格局,更成为智慧能源、轨道交通、航空航天等战略领域的关键支撑。在“双碳”目标与新一轮科技革命的驱动下,电气自动化正加速向智能化、绿色化、服务化方向转型。

1 电气自动化技术基础与演进

1.1 电气自动化的核心概念

(1) 定义与内涵:电气自动化是控制理论、信息技术与系统工程深度融合的技术领域,核心是通过自动化装置实现电气系统的自主运行与优化管控,旨在提升生产效率、保障运行安全、降低人工干预。其内涵贯穿“感知-决策-执行”全流程,是工业现代化与智能化发展的核心支撑。(2) 技术体系架构:分为三层协同模式。感知层负责采集电气参数、设备状态等基础数据,是系统运行的“神经末梢”;控制层基于感知数据执行逻辑判断、参数调节等核心决策,是系统的“大脑中枢”;执行层依据控制指令完成启停、调速等具体操作,是系统的“执行手脚”。

1.2 技术发展历程

(1) 经典控制阶段(20世纪初-1960年代):以继电器控制和PID调节为核心,实现简单电气回路的自动化控制,摆脱了纯人工操作,奠定了电气自动化的基础,但控制精度和灵活性有限。(2) 现代控制阶段(1970-2000年代):PLC(可编程逻辑控制器)和DCS(分布式控制系统)逐步普及,实现了复杂逻辑控制与分散式管控,适配大规模工业场景,推动电气自动化进入标准化、规模化应用阶段。(3) 智能控制阶段(21世纪以来):人工智能、物联网、大数据技术深度赋能,实现从“被动控

制”向“主动预判”转变,提升了系统的自适应、自优化能力,开启智能化、协同化发展新篇章。

1.3 关键技术突破

(1) 人工智能算法:深度学习、强化学习等算法在控制领域广泛应用,可精准建模复杂非线性系统,实现动态工况下的最优控制策略生成,大幅提升控制精度与自适应能力。(2) 工业互联网平台:构建边缘计算与云协同架构,边缘端实现实时数据处理与快速响应,云端完成全局优化决策与数据分析,打破信息孤岛,提升系统协同管控效率。(3) 新型传感器与执行器技术:柔性、高精度器件的研发应用,实现对微小信号、复杂环境参数的精准感知,以及执行动作的精细化控制,为智能控制的落地提供了核心硬件支撑^[1]。

2 电气自动化的应用领域与案例分析

2.1 工业制造领域

(1) 核心应用聚焦于智能制造工厂建设,核心技术涵盖柔性生产线与数字孪生技术。柔性生产线依托电气自动化控制系统,可快速切换生产工序与产品类型,适配多品种、小批量的生产需求,大幅提升生产灵活性;数字孪生技术通过电气系统采集全流程数据,构建虚拟生产场景,实现生产过程的可视化监控、模拟优化与故障预判,打通物理世界与虚拟世界的协同。(2) 案例:德国西门子安贝格电子制造工厂。该工厂是全球智能制造的标杆,通过全面部署电气自动化系统,整合PLC、工业机器人与数字孪生技术,实现从元器件采购到产品出库的全流程自动化。生产过程中,各类传感器实时采集设备运行参数与产品质量数据,经控制层分析处理后精准调控生产环节,产品合格率高达99.998%,生产效率较传统工厂提升30%以上,充分彰显了电气自动化在工业制造中的核心价值。

2.2 能源与电力行业

(1) 核心应用为智能电网建设,重点实现分布式能源管理与需求响应。分布式能源管理通过电气自动化系统对光伏、风电等分布式电源进行统一管控,优化能源出力调度,提升清洁能源消纳能力;需求响应则依托自动化技术实时监测用户用电负荷变化,引导用户错峰用电,保障电网安全稳定运行,实现能源供需平衡。(2) 案例:国家电网“三型两网”建设实践。“三型两网”中的“坚强智能电网”与“泛在电力物联网”均以电气自动化为核心支撑。通过部署大规模自动化监测装置、智能终端与通信系统,实现电网运行状态的全面感知与精准控制。在分布式能源管理方面,可实时监控各分布式电源出力,通过智能调度算法优化并网运行策略;在需求响应领域,借助自动化系统联动工业、居民用户用电设备,有效平抑电网负荷波动,提升了电网的智能化水平与能源利用效率。

2.3 交通运输领域

(1) 轨道交通信号系统:核心采用CBTC(基于通信的列车控制)技术,依托电气自动化实现列车与地面控制系统的实时双向通信。通过传感器采集列车位置、速度等数据,经控制中心分析后生成精准的行车指令,实现列车的自动驾驶、精准停车与安全防护,提升轨道交通的运行效率与安全性。(2) 自动驾驶中的电气控制技术:作为自动驾驶系统的核心执行载体,电气自动化技术负责管控动力输出、转向、制动等关键环节。通过融合激光雷达、摄像头等传感器数据,经车载控制器实时计算,精准调控各电气执行部件,实现车辆的自适应巡航、车道保持、自动避让等功能,为自动驾驶的安全落地提供核心技术保障^[2]。

2.4 建筑与家居领域

(1) 智能楼宇:核心依托BA(楼宇自动化)系统,通过电气自动化技术对楼宇内的空调、通风、照明、安防等设备进行集中管控。系统实时采集室内温度、湿度、光照等环境参数,自动调节设备运行状态,实现能源优化与环境舒适的双重目标,同时提升楼宇管理的智能化水平。(2) 智能家居:以电气自动化为基础,实现家电设备的语音控制、场景联动等功能。通过智能网关整合各类家电设备,用户可通过语音指令或手机APP发出控制信号,电气控制系统精准执行设备启停、参数调节等操作,同时支持自定义场景模式,如起床模式自动联动窗帘、灯光、咖啡机运行,提升家居生活的便捷性与舒适度。

2.5 农业与环保领域

(1) 精准农业:电气自动化技术推动农业生产从“粗放式”向“精准化”转变,核心应用包括无人机植保与

智能灌溉。无人机搭载自动化喷洒系统,通过GPS定位与传感器数据精准规划航线,实现农药、肥料的精准喷施;智能灌溉系统实时监测土壤墒情、气象数据,自动调节灌溉水量与时间,提升水资源利用效率,减少农业面源污染^[3]。(2) 污水处理自动化控制系统:通过部署各类传感器实时监测污水水质、水量、溶解氧等参数,电气控制系统依据预设标准自动调节曝气、加药、沉淀等工艺环节的运行参数。该系统实现了污水处理全流程的无人化值守与精准管控,提升了污水处理效率与出水水质稳定性,降低了处理成本,为生态环境保护提供了技术支撑。

3 电气自动化发展的驱动因素与挑战

3.1 驱动因素

(1) 政策支持:国家战略为电气自动化发展提供明确导向,“中国制造2025”将智能制造作为核心方向,出台多项政策推动自动化技术在工业领域的普及应用;碳中和目标倒逼能源、工业等行业升级,电气自动化作为节能减排的关键技术支撑,获得政策倾斜与资金扶持,加速了技术研发与场景落地。(2) 市场需求:消费市场个性化定制趋势凸显,要求生产系统具备更高灵活性,驱动电气自动化向柔性化、智能化升级;同时,企业面临降本增效的核心诉求,电气自动化通过替代人工、优化流程、提升产能,可显著降低运营成本,提升市场竞争力,成为企业转型升级的必然选择。(3) 技术融合:5G、区块链等新兴技术与电气自动化系统深度融合,催生新动能。5G的高带宽、低延迟特性保障了工业数据的实时传输,支撑远程控制与协同运维;区块链技术则为自动化系统数据提供可信存证,强化数据溯源与安全管控,进一步拓展了电气自动化的应用边界^[4]。

3.2 现存挑战

(1) 技术标准不统一:不同行业、不同企业的电气自动化系统采用差异化技术架构与通信协议,存在严重的跨行业兼容性问题。这导致系统间数据互通困难、集成成本高昂,制约了规模化应用与产业链协同发展,成为行业升级的重要瓶颈。(2) 数据安全与隐私风险:工业控制系统与互联网深度融合,使其暴露于更多网络安全威胁之下。系统漏洞可能被攻击者利用,导致生产中断、数据泄露等严重后果;同时,自动化系统采集的海量工业数据包含企业核心机密,隐私保护压力持续增大。(3) 高技能人才短缺:电气自动化发展亟需掌握控制理论、信息技术、行业工艺的复合型工程师。当前人才培养体系与行业需求存在脱节,现有从业人员难以适配技术融合带来的能力要求,人才短缺问题直接影响技术推广与系统运维质量。

4 电气自动化未来发展趋势与展望

4.1 技术融合方向

(1) 人工智能深度集成: 未来电气自动化系统将实现与人工智能的深度融合, 突破传统控制局限。通过引入深度学习、强化学习等算法, 系统可具备自主决策与自适应控制能力, 能够实时感知复杂工况变化, 主动优化控制策略, 无需人工干预即可应对多变量、非线性的动态场景, 大幅提升系统运行的智能化水平与鲁棒性。(2) 数字孪生与虚拟调试技术普及: 数字孪生技术将在电气自动化领域全面普及, 通过构建与物理系统精准映射的虚拟模型, 实现全生命周期管理。虚拟调试技术可在设备安装前完成控制逻辑验证与流程优化, 大幅缩短项目落地周期、降低调试成本, 同时为后期运维提供可视化、可预测的支撑, 推动自动化系统从“建设运维分离”向“全流程协同”转变。

4.2 应用场景拓展

(1) 太空探索自动化: 电气自动化技术将成为太空探索的核心支撑, 尤其在月球基地建设等深空任务中。其将负责生命保障系统、能源供给系统、设备运维系统的自动化管控, 在极端真空、高低温环境下实现精准控制与稳定运行, 保障太空探测任务的安全性与持续性, 助力深空探索的规模化推进。(2) 医疗机器人: 电气自动化技术在医疗领域的应用将进一步深化, 聚焦手术机器人与康复设备两大方向。手术机器人依托高精度电气控制系统实现微创、精准手术操作, 降低手术风险与创伤; 康复设备通过自动化感知患者运动状态, 自适应调整辅助参数, 提升康复训练的针对性与有效性, 推动医疗服务向精准化、个性化升级^[5]。

4.3 可持续发展路径

(1) 绿色自动化: 低碳化将成为电气自动化发展的核心导向, 绿色自动化技术加速迭代。通过优化控制算法实现生产工艺的低碳化改造, 同时配套能源回收系统, 对生产过程中产生的余热、余压等二次能源进行高效回收利用, 降低自动化系统自身能耗与产业整体碳足迹, 助力

双碳目标实现。(2) 循环经济模式下的自动化解决方案: 针对循环经济“资源-产品-废弃物-再生资源”的闭环流程, 将形成定制化电气自动化解决方案。通过自动化系统实现资源回收、再生加工全流程的精准管控, 提升资源利用率, 降低废弃物排放, 推动自动化技术与循环经济深度融合, 构建绿色低碳的产业生态。

4.4 国际合作与标准化

未来将加速推进电气自动化领域的全球技术联盟构建, 以IEC(国际电工委员会)标准国际化为核心, 推动各国技术标准的协同统一。通过跨国技术研发合作、标准互认, 打破技术壁垒, 促进全球产业链供应链协同, 提升行业整体发展效率, 同时助力我国电气自动化技术与标准走向国际, 增强国际话语权。

结束语

电气自动化历经百年演进, 已从单一控制技术发展为多学科交叉的智能系统, 成为工业现代化与可持续发展的核心引擎。面向未来, 随着人工智能、数字孪生、工业互联网等技术的深度融合, 电气自动化将进一步突破场景边界, 在绿色能源、智慧医疗、深空探索等领域释放创新潜能。唯有坚持技术自主创新、推动标准协同共建、培育复合型人才, 方能引领行业迈向更高效、更智能、更低碳的新纪元。

参考文献

- [1]任立波.浅述电气自动化及电气自动化的发展方向[J].中国宽带,2021(5):82-84.
- [2]吕钊宇.电气自动化及电气自动化的发展前景[J].营销界,2020(2):462-464.
- [3]张华.智能化技术在电气自动化中的应用与发展[J].机电工程技术,2024(8):123-125.
- [4]刘芳.电气自动化控制系统的设计与应用[J].电子技术与软件工程,2024(7):111-112.
- [5]王梅.电气自动化技术的创新与发展[J].电气自动化技术与应用,2024(5):23-27.