

# 发电厂电气自动化技术应用探讨

姜洪兴 郭大鑫

江投国华信丰发电有限责任公司 江西 赣州 341600

**摘要:** 发电厂电气自动化技术对提升运行效率与可靠性至关重要。本文围绕发电厂电气自动化技术展开探讨,介绍了分层分布式控制系统架构、现场总线通信技术、智能传感器与执行器技术等基础架构;分析了发电过程控制、电气系统保护、厂用电系统监控等核心环节自动化应用;阐述了辅助系统自动化升级情况;探讨了人工智能、数字孪生、边缘计算与5G通信等技术在发电厂的应用趋势,为发电厂电气自动化发展提供参考。

**关键词:** 发电厂; 电气自动化; 分层分布式控制; 人工智能; 数字孪生

引言: 在能源需求持续增长与电力行业转型升级的背景下, 发电厂作为能源供应的核心枢纽, 其运行效率与可靠性备受关注。电气自动化技术凭借精准控制、高效监测与智能决策等优势, 成为提升发电厂运行水平的关键手段。通过自动化技术的应用, 发电厂可实现设备状态实时感知、运行参数精准调控、故障快速诊断与处理, 有效降低运维成本、提高能源利用效率。深入探讨发电厂电气自动化技术的应用, 对于推动发电厂智能化发展、保障电力系统稳定运行具有重要的现实意义。

## 1 发电厂电气自动化技术基础架构

### 1.1 分层分布式控制系统架构

分层分布式控制系统架构是发电厂电气自动化系统稳定运行的核心支撑, 主要划分为站控层、间隔层和过程层三个相互关联的层级<sup>[1]</sup>。站控层承担整个自动化系统的集中监控、数据汇总与指令下发功能, 实现对全厂电气设备运行状态的统一管控与调度决策。间隔层负责对应电气间隔的设备监测、逻辑控制与保护动作, 完成局部区域的实时控制任务并向上传递运行数据。过程层直接对接现场电气设备, 实现设备运行参数的采集与控制指令的执行, 三者通过标准化通信链路形成协同工作体系, 实现数据双向传输与功能互补。分层架构通过层级功能拆分, 将复杂控制任务分散到不同层级, 有效降低单一层级的运行负荷, 提升系统整体运行稳定性, 同时简化系统扩展流程, 便于设备维护与升级改造, 显著优化系统扩展性与维护性。

### 1.2 现场总线通信技术

工业以太网、Profibus等总线协议在数据传输中的应用, 是发电厂电气自动化系统实现数据互通的关键。工业以太网凭借高速传输、抗干扰能力强的优势, 承担大量实时数据与控制指令的传输任务; Profibus总线协议适配工业现场复杂环境, 侧重现场设备与间隔层、站控层

的数据交互, 保障数据传输的实时性与可靠性。两类总线协议互补应用, 构建起覆盖整个系统的数据传输网络, 支撑电气自动化系统的高效运行。通信协议标准化对设备互操作性的提升, 核心在于打破不同厂家设备的通信壁垒。标准化协议明确数据传输格式、接口规范与交互逻辑, 使不同品牌、不同类型的现场设备、控制装置能够实现无缝对接与数据互通。无需额外增加适配设备或进行复杂调试, 即可实现设备间的协同工作, 提升系统设备配置的灵活性, 降低设备选型与系统集成成本, 符合工业自动化技术标准化发展趋势。

### 1.3 智能传感器与执行器技术

高精度传感器在状态监测中的核心作用, 体现在对发电厂电气设备运行参数的精准采集与实时反馈。传感器可对电气设备的电压、电流、温度、绝缘状态等关键参数进行持续监测, 捕捉参数细微变化, 为设备运行状态评估与故障预警提供精准数据支撑, 避免设备因参数异常引发安全隐患, 是电气自动化系统实现状态检修与主动防控的基础。电动执行机构对控制指令的快速响应机制, 保障控制指令能够及时转化为设备操作动作。电动执行机构依托高精度驱动技术与闭环控制逻辑, 接收间隔层下发的控制指令后, 可快速调整设备运行状态, 精准执行开关、调节等操作, 缩短控制响应时间, 提升系统控制精度, 确保电气设备运行状态与控制要求高度契合, 支撑电气自动化系统的精准管控。

## 2 发电厂核心环节的自动化技术应用

### 2.1 发电过程控制自动化

锅炉燃烧优化控制依托模型预测方法实现燃料-空气配比精准调节, 通过建立锅炉燃烧过程数学模型, 结合实时采集的燃烧参数, 预测不同配比下的燃烧效率与污染物排放水平, 动态调整燃料供给与进风量, 实现燃烧效率最大化与污染物排放最小化, 契合火力发电节能降

耗的行业发展要求与燃烧控制技术规范<sup>[2]</sup>。汽轮机数字液控制系统构建转速与负荷的闭环控制逻辑,替代传统液压控制模式,通过数字信号处理实现对汽轮机转速、负荷的精准调控,实时反馈运行偏差并动态修正控制指令,保障汽轮机在不同工况下稳定运行,提升机组运行的经济性与可靠性,符合汽轮机控制自动化的主流技术发展方向。发电机励磁调节系统通过AVR装置动态维持电压稳定性,实时采集发电机输出电压参数,对比额定电压标准,自动调整励磁电流大小,补偿电压波动,确保发电机输出电压稳定在规定范围,为电力系统电压稳定提供支撑,遵循电力系统稳态运行的基本理论与励磁调节技术要求。

### 2.2 电气系统保护自动化

微机保护装置配置遵循差异化保护策略,差动保护、过流保护等各类保护功能按需配置,根据电气设备类型与运行工况明确保护范围与动作阈值,实现对设备短路、过载等故障的精准防护,提升保护装置动作的可靠性与选择性,符合发电厂电气系统保护配置的行业标准。故障诊断专家系统基于完善知识库实现故障类型快速识别,整合发电厂电气系统常见故障特征、处理经验与理论知识构建知识库,通过对比实时故障数据与知识库信息,快速判定故障类型、故障位置,为故障处理提供科学指导,提升故障处置效率,契合智能故障诊断的技术发展趋势。自适应保护技术根据系统运行方式动态调整保护定值,实时监测系统运行参数与工况变化,自动适配不同运行状态下的保护需求,避免固定保护定值导致的保护误动、拒动问题,保障保护装置在各类工况下均能有效发挥作用,符合电力系统动态保护的核心技术要求。

### 2.3 厂用电系统监控自动化

高压厂用电源快速切换技术依托备用电源自动投入逻辑,实时监测工作电源运行状态,当工作电源出现异常时,自动启动备用电源切换流程,缩短电源中断时间,保障高压厂用电设备连续运行,避免电源中断导致的机组停机风险,遵循厂用电安全供电的技术规范。低压配电系统智能监控实现断路器状态实时采集与故障定位,通过智能监测模块捕捉断路器运行状态参数,实时反馈合闸、分闸状态及故障信息,快速锁定故障位置,为低压配电系统检修维护提供便利,提升配电系统运行的安全性与可维护性。UPS不间断电源系统自动化管理聚焦电池健康状态监测与切换控制,实时采集电池电压、容量等健康参数,评估电池运行状态,提前预警电池老化、损坏等隐患,同时实现主电源与UPS电源的自动切换,保障关键负荷持续供电,符合发电厂不间断供电的核心需求。

## 3 发电厂辅助系统的自动化升级

### 3.1 化学水处理自动化

加药系统闭环控制围绕水质参数实现药剂投加量自动调节,通过高精度传感器实时采集水处理过程中的水质指标,将监测数据传输至控制单元进行分析运算,对比预设水质标准判定投加偏差,动态调整药剂投加泵的运行参数,实现药剂投加量与水质变化精准匹配,既避免药剂浪费降低处理成本,又确保水质达标满足发电厂生产用水要求,符合发电厂化学水处理自动化的行业技术规范与节能降耗理念<sup>[3]</sup>。反渗透装置运行优化采用压力与流量多参数协同控制策略,实时监测反渗透装置进出口压力、产水流量等关键运行参数,结合反渗透膜运行特性构建控制模型,动态协调调整压力调节阀与流量控制部件,平衡装置运行压力与产水流量,减少膜污染与膜损伤,延长反渗透膜使用寿命,提升水处理效率与产水质量,遵循反渗透水处理技术的运行控制原则与发电厂水处理系统优化要求。

### 3.2 输煤系统自动化

皮带机集群控制依托PLC实现启停顺序逻辑与速度匹配控制,通过PLC控制器预设皮带机集群启停逻辑,根据输煤流程需求控制各皮带机按合理顺序启停,避免启停顺序混乱导致的煤炭堆积、设备冲击等问题,同时实时调节各皮带机运行速度,实现前后皮带机速度精准适配,确保输煤过程连续平稳,提升输煤系统运行效率,降低设备损耗,符合发电厂输煤系统自动化控制的主流技术方案与设备运行保护要求。煤仓料位监测与上煤策略优化聚焦防止煤仓空仓或溢仓问题,通过智能料位监测设备实时采集煤仓内煤位高度数据,实时反馈煤仓存储状态,控制单元结合煤仓煤位、机组耗煤量等数据优化上煤策略,当煤位低于预设阈值时自动启动上煤流程,当煤位接近上限时及时停止上煤作业,实现上煤过程自动化调控,保障输煤系统与机组供煤需求协同衔接,避免空仓影响机组正常运行或溢仓造成的煤炭浪费与设备故障,契合发电厂燃料管理自动化的技术发展方向。

### 3.3 灰渣处理自动化

除灰系统气力输送控制采用压力与流量联合调节技术,实时监测气力输送管道内的压力参数与灰渣输送流量,结合灰渣特性与输送距离优化控制逻辑,动态调整气源设备输出压力与输送阀门开度,实现压力与流量协同匹配,确保灰渣输送顺畅,减少管道堵塞、灰渣残留等问题,提升除灰系统运行稳定性与输送效率,符合发电厂气力除灰系统自动化控制的技术标准与运行要求。渣仓料位监测与排渣调度核心是避免渣仓过载运行,通

过料位监测装置实时捕捉渣仓内灰渣料位数据,实时反馈渣仓存储状态,根据渣仓料位高度与排渣设备运行状态优化排渣调度方案,当料位达到预设警戒值时自动启动排渣设备,合理调整排渣频率与排渣量,确保渣仓料位维持在安全范围,避免渣仓过载导致的设备损坏、排渣不畅等问题,保障灰渣处理系统连续稳定运行,契合发电厂灰渣处理自动化升级的核心需求与设备安全运行规范。

#### 4 发电厂电气自动化技术发展趋势

##### 4.1 人工智能技术的深度融合

深度学习在设备故障预测中的应用,核心聚焦振动、温度数据特征提取,依托算法对设备运行过程中产生的多维度数据进行深度挖掘,筛选表征设备异常状态的关键特征,为设备潜在故障的早期识别提供精准技术支撑,推动设备运维从被动维修向主动防御转型,契合电力行业智能化运维的发展方向<sup>[4]</sup>。强化学习在运行优化中的探索,重点围绕机组负荷分配策略动态调整展开,通过算法持续学习机组运行工况与电网需求变化规律,动态优化负荷分配方案,实现机组运行效率与能源利用效率的双重提升,破解新能源并网背景下机组负荷调节的核心难题,符合新型电力系统构建要求。

##### 4.2 数字孪生技术的实践应用

虚拟发电厂建模核心是实现物理系统与数字模型的实时映射,依托高精度建模技术,将发电厂电气系统的设备参数、运行特性、环境条件等全部映射至数字空间,构建与物理系统完全同步的虚拟孪生体。通过实时采集物理系统运行数据,驱动数字模型动态更新,实现对物理系统运行状态的实时模拟、监测与可视化展示,为系统优化与故障排查提供虚拟仿真支撑,符合发电厂智能化管控的发展趋势。孪生体驱动的运维决策模式逐步落地,依托数字孪生体产生的海量仿真数据与实时监测数据,开展设备运行状态评估与运维需求分析,制定科学合理的预防性维护计划。通过仿真模拟不同维护方案的实施效果,优化维护流程与维护周期,减少盲目维护造成的成本浪费,避免设备突发性故障,保障系统连续稳定运行,契合电力设备全生命周期管理的技术要求。

##### 4.3 边缘计算与5G通信技术赋能

边缘计算技术应用显著提升现场级数据处理能力,将部分数据处理任务从中心控制系统下沉至现场边缘节点,实现现场数据的实时采集、分析与处理,无需将所有数据传输至中心控制系统,有效降低中心控制系统的计算负荷,减少数据传输延迟,提升系统控制的实时性与可靠性,符合发电厂电气自动化系统去中心化、分布式控制的发展方向。5G通信技术实现无线通信领域的关键突破,凭借高带宽、低延迟、广连接的优势,打破传统有线通信的局限,实现移动运维设备与固定控制系统的无缝对接<sup>[5]</sup>。确保移动终端能够实时获取系统运行数据、接收控制指令、反馈运维信息,提升运维工作的灵活性与便捷性,减少有线通信线路铺设与维护成本,推动发电厂运维模式向移动化、智能化转型,契合工业互联网与电力自动化融合发展的行业趋势。

##### 结束语

发电厂电气自动化技术的应用已取得显著成效,从基础架构的搭建到核心环节的精准控制,再到辅助系统的自动化升级,全方位提升了发电厂的运行管理水平。随着人工智能、数字孪生、边缘计算与5G通信等新兴技术的不断发展,发电厂电气自动化将迎来新的发展机遇,进一步实现智能化、高效化与绿色化运行。发电厂应紧跟技术发展趋势,积极引入先进技术,不断优化电气自动化系统,以适应电力行业发展的新要求,为社会提供稳定可靠的电力供应。

##### 参考文献

- [1]马骏.电气工程及其自动化技术在发电厂的应用[J].今日自动化,2021(2):96-97.
- [2]迟庆宝.电气工程及其自动化技术在火力发电厂中的应用[J].今日自动化,2021(8):72-73.
- [3]李发森.发电厂对电气工程及其自动化技术的应用分析[J].中国高新科技,2023(22):33-35.
- [4]姚林利.垃圾焚烧发电厂电气及自动化仪表控制技术应用[J].中国科技纵横,2021(17):10-11.
- [5]严基韡.论发电厂对电气工程及其自动化技术的应用[J].中国设备工程,2022(20):221-222.