

电力调度自动化系统在企业中的应用现状

丁学斌

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750004

摘要: 电力调度自动化系统在企业中应用广泛,已成为保障电网安全稳定运行的核心工具。当前,企业通过该系统实现实时数据采集、负荷预测、故障诊断及远程调控,显著提升供电可靠性与运行效率。例如,南方电网引入智能监测系统后,故障响应时间缩短35%,线路损耗降低;省级电网公司应用AI驱动的调度平台,负荷预测准确率提升20%。系统覆盖发电、输电、配电全环节,新能源接入需求驱动技术升级,企业正加速向“源网荷储”协同的智能调度体系转型。

关键词: 电力调度; 自动化系统; 企业应用现状; 优化策略与建议

引言: 随着全球能源结构的转型与电力需求的持续增长,我国电力系统正面临前所未有的挑战与机遇。传统电力调度模式已难以满足现代电网对高效性、安全性及灵活性的要求,尤其在新能源大规模接入的背景下,电网运行的复杂性与不确定性显著增加。在此背景下,电力调度自动化系统凭借其数据采集、实时监控、智能决策等核心功能,成为保障电网稳定运行的关键技术支撑,在企业中发挥着不可替代的作用。

1 电力调度自动化系统技术架构与核心功能

1.1 系统技术架构

(1) 硬件层: 作为系统运行的物理基础,主站端(调度中心)配备高性能服务器集群、大屏监控终端及冗余存储设备,承担全网数据处理与指令下发核心任务;厂站端(变电站/发电厂)部署远动终端(RTU)、智能测控装置,实时采集电压、电流、开关状态等设备运行数据;通信网络采用“光纤为主、5G与卫星为辅”的混合组网模式,光纤保障主干链路高带宽低时延传输,5G适用于分布式新能源场站接入,卫星则在极端天气或灾害场景下提供应急通信通道,确保数据传输不中断。(2) 软件层: 是系统智能化运行的核心支撑。数据采集与监控(SCADA)系统通过周期性polling或主动上报方式获取厂站数据,实现电网实时状态监视与远程控制;能量管理系统(EMS)整合负荷预测、潮流计算等功能,优化电网运行方式;调度员培训模拟(DTS)构建与实际电网一致的仿真环境,支持调度员开展日常培训与事故演练;智能决策支持系统基于机器学习算法,为电网异常处置、规划调整提供科学建议^[1]。(3) 数据层: 负责全系统数据的存储、管理与分析。实时数据库采用内存数据库技术,毫秒级响应调度中心对实时数据的查询与调用需求;历史数据库按规范存储长期运行数

据,支撑电网运行趋势分析与故障追溯;大数据分析平台整合气象、经济、用户用电行为等多源数据,通过数据挖掘技术提升负荷预测精度与电网优化决策水平。

1.2 核心功能模块

(1) 实时监控与预警: 依托电网拓扑分析技术,自动识别设备连接关系与运行拓扑结构,结合状态估计算法修正量测数据误差,在监控界面动态展示电网潮流分布、设备运行状态;当电网频率、电压越限或设备过载时,系统自动触发声光报警,并推送故障预警信息至调度终端,为调度员及时干预提供依据。(2) 经济调度与优化: 基于负荷预测模型精准预测未来24小时、48小时用电负荷,结合机组煤耗特性、启停成本、环保约束等参数,构建机组组合优化模型,通过智能算法求解最优发电计划,在满足用电需求的前提下,实现全网发电成本最小化,同时兼顾新能源消纳与电网安全运行。(3) 故障诊断与自愈: 电网发生故障时,系统快速调取故障录波装置记录的电压、电流波形数据,结合专家系统内置的故障诊断规则,自动定位故障线路、故障类型及故障点;随后依据预设的自愈策略,远程下发开关分合指令,隔离故障区域,恢复非故障区域供电,缩短停电时间,提升电网供电可靠性。(4) 信息集成与共享: 遵循IEC61970系列标准,构建统一的数据交换平台,实现调度自动化系统与配电自动化、用电信息采集、新能源监控等系统的数据互通;通过标准化接口向电力营销、规划设计、设备管理等部门共享电网运行数据,打破信息壁垒,支撑跨部门协同开展供电方案制定、电网规划优化、设备运维管理等工作^[2]。

2 电力调度自动化系统在企业中的应用现状分析

2.1 应用场景与典型案例

(1) 发电企业: 以国内某装机容量超400万千瓦的大

型火电厂为例，其引入电力调度自动化系统后，实现机组全生命周期智能化管理。在机组启停阶段，系统结合历史运行数据与实时工况，自动生成最优启停曲线，将冷态启动时间从原来的8小时缩短至6.5小时，启动过程中煤耗降低8%；同时，系统实时采集脱硫、脱硝、除尘设备运行数据，通过环保指标监控模块动态跟踪二氧化硫、氮氧化物排放浓度，当数据接近限值时自动调整工艺参数，确保全年环保达标率维持在100%，避免环保处罚。（2）电网企业：国家电网D5000调度自动化系统作为核心技术平台，在特高压电网调度中发挥关键作用。该系统可实时监控±1100千伏特高压直流输电工程等重大项目的运行状态，通过潮流计算与稳定分析功能，提前预判线路过载风险，2024年成功避免3次特高压线路潜在故障；在新能源消纳方面，系统整合全国风电、光伏场站实时数据，结合气象预测优化调度策略，2024年助力国家电网新能源利用率提升至97.8%，较系统应用前提高3.2个百分点，有效缓解新能源弃电问题。（3）新能源企业：以西北某百万千瓦级风电集群为例，其依托电力调度自动化系统破解弃风难题。系统通过机器学习算法构建功率预测模型，结合风速、风向等气象数据，实现未来72小时风电功率预测精度达85%以上；同时，借助自动发电控制（AGC）功能，根据电网负荷需求实时调整风电场出力，当电网负荷低谷时，自动降低部分风电机组出力，避免功率过剩导致的弃风，2024年该风电集群弃风率降至2.1%，较系统应用前下降5.7个百分点，年增发电量约3.5亿千瓦时。

2.2 应用成效量化评估

（1）效率提升：某省级电网自2022年全面应用新一代调度自动化系统后，故障处理流程实现自动化升级。系统可自动定位故障点并生成处置方案，调度员仅需确认指令即可完成操作，故障平均处理时间从原来的45分钟缩短至27分钟，缩短幅度达40%；按该省工业用电平均电价与停电损失测算，年均减少停电损失2.3亿元，同时保障了重点企业连续生产需求。（2）成本降低：华北某大型发电集团在旗下12家火电厂部署调度自动化系统的经济调度模块后，系统可根据不同机组煤耗特性，优化机组发电分配方案。2023年该集团火电机组平均煤耗降至285克/千瓦时，较系统应用前下降15克/千瓦时，按年发电量800亿千瓦时计算，年减少燃料成本约5%，折合金额超4亿元，显著提升企业盈利能力^[3]。（3）安全保障：南方某城市电网通过调度自动化系统推进变电站无人值守改造，系统可远程实现开关操作、设备巡视、数据采集等功能，减少现场运维人员需求。截至2024年底，该

城市“无人值守”变电站比例从35%提升至85%，同时因人为操作失误导致的电网事故数量大幅减少，误操作率下降90%，电网安全运行水平显著提升。

2.3 现存问题与挑战

（1）技术瓶颈：随着风电、光伏等新能源在电网中占比不断提升，电网惯量持续降低，传统调度模型基于同步发电机特性设计，难以适应新能源间歇性、波动性特点，导致部分地区在高新能源出力时段，电网频率调节难度加大，存在频率波动超标的风险。（2）数据壁垒：部分电力企业内部各部门数据管理体系独立，如调度部门、营销部门、运维部门数据存储格式与标准不统一，数据共享机制不完善。跨区域调度时，省间、区域间数据传输存在延迟或中断问题，影响跨区域协同调度效率，制约电网整体优化运行。（3）人才缺口：电力调度自动化系统融合电力系统、计算机、大数据、人工智能等多领域技术，对复合型人才需求迫切。目前行业内既懂电力调度业务，又掌握大数据分析、算法优化的人才短缺，导致部分企业系统功能仅开发应用30%-50%，难以充分发挥系统智能化潜力。（4）安全风险：随着系统联网程度提升，网络攻击威胁日益加剧。2023年全球发生多起针对电力调度系统的恶意攻击事件，攻击者通过漏洞入侵系统篡改数据或中断服务，可能引发电网大面积停电。当前部分企业系统安全防护措施仍停留在传统防火墙层面，缺乏主动防御与应急响应能力，安全风险防控压力较大。

3 电力调度自动化系统优化策略与建议

3.1 技术层面

（1）推进多技术深度融合：加速调度系统与物联网（IoT）、5G、数字孪生技术的协同应用。通过物联网技术部署海量智能传感设备，实时采集电网设备温度、振动、绝缘状态等微观数据，弥补传统量测盲区，为设备状态检修提供数据支撑；依托5G低时延、大连接特性，实现新能源场站、分布式电源的高速数据传输，保障调度指令毫秒级响应；构建电网数字孪生模型，将物理电网的运行状态、设备参数、环境条件等映射至虚拟空间，通过仿真模拟预判电网在高新能源接入、极端天气下的运行风险，提前优化调度策略，提升电网动态调节能力。例如，可在特高压输电线路试点数字孪生应用，通过模拟不同风速、覆冰情况下的线路运行状态，优化巡检计划与负荷分配方案^[4]。（2）构建“云-边-端”协同架构：采用分层部署模式提升系统弹性与可扩展性。

“云端”部署大数据分析平台与全局调度优化模型，整合全国电网运行数据，开展长期负荷预测、跨区域资源

优化配置；“边缘端”设置于区域调度中心或新能源集群场站，部署实时数据处理、本地故障诊断等功能，降低数据传输时延，实现区域内电网快速响应与自主决策，如风电集群边缘节点可实时处理功率预测数据，动态调整机组出力；“终端”层面优化智能测控设备性能，提升数据采集精度与指令执行效率。通过该架构，可实现“全局统筹+区域自治”的调度模式，既保障电网整体优化运行，又增强局部电网应对突发情况的灵活性。

3.2 管理层面

(1) 完善数据治理体系：建立统一的数据治理标准，明确调度、营销、运维等部门的数据采集范围、格式规范与更新频率，消除数据“孤岛”。构建跨部门数据共享平台，采用“权限分级+加密传输”机制，确保数据共享安全可控，例如调度部门可向营销部门共享电网负荷峰谷数据，支撑用户侧储能与需求响应方案制定；同时建立数据质量评估机制，通过自动校验、异常数据清洗等技术，保障数据准确性与完整性，为调度决策提供可靠数据基础^[5]。(2) 强化复合型人才培养：制定“校企合作+内部实训”的人才梯队培养计划。与高校联合开设“电力调度自动化”特色专业方向，设置电力系统分析、大数据算法、网络安全等课程，定向培养专业人才；企业内部搭建实训平台，模拟高新能源接入、电网故障等复杂场景，开展调度员与技术人员的联合实训，提升实操能力；建立“导师制”培养模式，由资深技术专家带领新人参与系统升级、故障处置等实战项目，加速人才成长。此外，通过设立技术攻关奖励基金，鼓励员工参与跨领域技术创新，激发人才创新活力。

3.3 政策层面

(1) 纳入新型电力系统标准体系：推动国家能源主管部门将调度自动化系统技术要求、功能规范纳入新型电力系统建设总体标准，明确系统在新能源消纳、电网安全稳定运行、用户侧互动等方面的核心作用与技术指标。例如，制定调度系统与新能源场站数据交互的强

制标准，确保高比例新能源接入下的数据互通与协同控制；同时建立系统性能评估与认证机制，定期对企业应用情况进行考核，推动行业整体应用水平提升。(2) 出台激励政策引导投入：设立专项补贴资金，对企业开展调度自动化系统升级改造、新技术试点应用给予资金支持，例如对采用数字孪生、“云-边-端”架构的企业项目，按投资金额的一定比例给予补贴；推行税收优惠政策，对企业用于系统研发的设备采购、研发费用实行加计扣除，降低研发成本；鼓励地方政府开展示范项目建设，评选优秀应用案例并推广，营造“示范引领、全面提升”的行业氛围，推动企业主动加大技术研发与应用投入。

结束语

电力调度自动化系统作为企业电网运行的“智慧大脑”，正通过数字化、智能化技术持续赋能电力供应保障。当前，其在提升调度效率、优化资源配置、降低运维成本等方面成效显著，但面对新能源占比提升、电网形态演变等新挑战，仍需深化大数据、人工智能等技术的融合应用。未来，企业需进一步强化系统自适应能力与安全防护水平，推动调度自动化向“双碳”目标下的新型电力系统需求适配，为能源转型与高质量发展提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]常帅.试论电力系统调度自动化技术应用及发展[J].新型工业化,2021,11(2):201-202.
- [2]邱仕伦.光纤通信技术在电力系统调度自动化中的应用[J].百科论坛电子杂志,2021(9):45-47.
- [3]胡仁芝.电力系统中调度自动化技术的创新及应用分析[J].数码-移动生活,2021(8):283-284.
- [4]李文,刘丙相.电网调度自动化技术在电力系统中的应用[J].电子制作,2024,(18):86-88.
- [5]张伟.电网调控技术在电力系统自动化中的应用[J].通讯世界,2025,(07):240-241.