

分析电网调度运行方式优化对策

仁旦措吉

国网阿里供电公司 西藏阿里 859000

摘要: 随着能源结构转型与电力需求增长, 电网调度面临可再生能源波动、负荷复杂性上升等挑战。本文针对传统调度模式存在的响应滞后、资源利用率不足等问题, 从智能算法应用、多时间尺度协同、需求侧管理等方面提出优化策略, 探讨通过技术创新与管理升级提升电网运行效率与稳定性, 为构建灵活、高效的电力系统提供理论参考。

关键词: 电网调度; 运行优化; 智能算法; 可再生能源; 负荷预测

引言

电力系统是现代社会运转的基础保障, 而电网调度作为电力系统的“神经中枢”, 直接影响供电安全与能源效率。传统调度模式依赖人工经验与固定规则, 难以适应高比例可再生能源接入、多元负荷变化等新形势。部分地区仍存在调度响应慢、弃风弃光率高、峰谷调节能力弱等问题。因此, 探索调度运行方式的优化路径, 对实现“双碳”目标、保障电力供应稳定具有重要意义。

一、电网调度运行现状与挑战

1. 传统调度模式的局限性

传统电网调度模式长期依赖人工经验与历史数据, 难以适应实时变化的电力需求。调度员多依据过往操作习惯制定发电计划, 导致面对突发负荷波动或设备故障时响应滞后。例如, 夏季用电高峰期间, 空调负荷骤增可能超出预测范围, 传统人工调整需层层审批, 延误最佳调节时机。火电机组因启动时间长、爬坡速率慢, 无法灵活匹配风电、光伏的瞬时出力变化, 常需预留大量备用容量, 增加运行成本。此外, 气象数据、负荷曲线、设备状态等信息分散在不同系统, 缺乏统一平台整合, 决策时需跨部门调取数据, 降低调度时效性。这种碎片化管理模式不仅影响电网响应速度, 还可能因信息不对称导致误判风险。

2. 可再生能源接入的挑战

可再生能源的大规模并网对电网调度提出更高要求。风电、光伏发电高度依赖天气条件, 短期预测误差可达

20%以上, 导致实际出力与计划值偏差较大。例如, 突发的阴雨天气可能使光伏出力骤降, 若未能及时调整其他电源出力, 可能引发供电缺口。间歇性电源占比提升后, 电网频率与电压波动加剧, 传统以火电为主的调节方式难以快速平抑波动, 需依赖储能或快速响应机组补充。部分地区因输电通道容量有限, 风光资源富集时无法外送, 被迫弃风弃光, 既浪费清洁能源又影响经济效益^[1]。此外, 新能源并网带来的谐波、电压闪变等问题, 进一步增加电网稳定控制的复杂度。

3. 负荷需求复杂化

负荷需求的多样性与波动性显著增加, 给调度平衡带来新难题。工商业与居民用电叠加导致峰谷差持续扩大, 例如夏季午后光伏出力高峰与傍晚居民用电高峰重叠, 加剧电网调节压力。新型负荷如电动汽车充电桩呈现时空集中特性, 快充站在晚高峰集中充电可能造成局部电网过载; 数据中心作为连续高负荷用户, 对供电可靠性要求极高, 需特殊保障措施。此外, 分布式能源与微电网的普及, 使得负荷从单向消费转向“发用一体”, 传统调度模式难以精准掌控双向功率流动。负荷特性的差异化要求调度策略更具弹性, 既要满足多样需求, 又要避免过度投资造成资源浪费。

二、电网调度运行优化策略

1. 智能算法驱动的调度决策

智能算法为电网调度提供精准决策支持。在负荷预测方面, 通过机器学习技术分析历史用电数据与天气因素的关联关系, 例如结合温度、湿度等气象参数预测次日用电峰值, 较传统方法提升预测精度约15%。多目标动态优化模型综合考虑经济性、安全性与环保性, 实时计算不同电源组合的发电成本、碳排放量与电网稳定裕

作者简介: 仁旦措吉 (1987-), 女, 西藏山南人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电力调度。

度，自动生成最优发电计划。例如在风电出力突增时，模型优先调用储能系统消纳多余电力，减少火电调峰压力。风险预警系统利用深度学习技术，通过分析变压器油温、线路电流等实时数据，识别设备异常模式，提前发出故障预警并推荐应急调度方案，如切换备用线路或调整负荷分布，避免停电事故^[2]。

2. 多时间尺度协同调度

多时间尺度协同调度实现资源的高效配置。中长期规划基于季节性能源供需特点，例如冬季水电出力下降时，提前制定火电与储能的联合调度预案，确保供暖季电力稳定供应。日前与日内调度阶段，每小时滚动更新风电、光伏的出力预测数据，动态调整机组启停顺序与备用容量分配。例如午后光伏出力高峰时段，减少火电开机数量，预留更多备用容量应对傍晚负荷攀升。实时平衡控制依托快速响应资源，如储能电站秒级充放电、可中断工业负荷瞬时调节，快速平抑因预测误差或设备故障引发的功率偏差。通过多层级调度协同，既保障电网实时稳定，又降低整体运行成本。

3. 需求侧资源深度整合

需求侧资源整合是提升电网灵活性的关键。分时电价机制通过设定峰谷电价差，引导用户在电价低谷时段集中使用洗衣机、电动汽车充电，减少高峰时段电网压力。例如将居民充电桩设定为夜间自动启动，利用低价电降低用电成本。虚拟电厂聚合分布式光伏、储能系统及可调负荷，形成规模化调节能力，参与电网调频与备用服务。例如某区域分布式光伏在午间发电过剩时，通过虚拟电厂向电网返送电力，缓解输电压力。柔性负荷调控技术对空调、充电桩等设备进行群控管理，例如在用电高峰时段自动上调空调温度设定值2℃，或延迟非紧急充电任务，平滑负荷曲线波动。这种“源随荷动”与“荷随源动”的双向互动模式，显著提升电网调节弹性。

三、技术支撑与系统升级

1. 大数据与云计算应用

大数据技术通过整合多源信息提升调度决策的科学性。构建统一数据平台，将气象预报、设备运行状态、电力市场交易等数据实时接入，形成覆盖全网的动态数据库。例如，结合未来三天风速预测与光伏辐照度数据，优化新能源出力计划；通过历史负荷曲线匹配相似天气模式，辅助生成备用容量配置方案。云计算中心为复杂调度模型提供算力支持，利用分布式计算架构并行求解

多目标优化问题，将原本数小时的运算时间压缩至分钟级。同时，云平台支持弹性扩容，在极端天气或突发事件时快速调配资源，保障系统稳定运行。

2. 物联网与边缘计算

物联网技术实现设备状态的精细化感知。在输电线路、变电站等关键节点部署温湿度、电流、振动等传感器，实时采集设备运行参数并上传至监控平台。例如，通过导线温度监测预警过载风险，结合环境湿度数据动态调整绝缘防护策略。边缘计算节点部署在变电站或配电房，就近处理实时数据并执行控制指令。当检测到局部电压波动时，边缘设备可自主调节无功补偿装置，无需等待主站响应，将控制延时从秒级降至毫秒级。这种“端-边-云”协同架构，既减轻中心系统压力，又提升应急响应效率。

3. 区块链与可信机制

区块链技术为电力交易与数据安全提供可靠保障。在绿电交易中，利用智能合约自动记录发电量、交易价格及碳排放信息，确保交易过程透明可追溯。辅助服务市场通过区块链链上结算，实时完成调频、备用等服务的费用清算，减少人工干预与纠纷。调度指令与运行日志采用非对称加密技术存储，任何修改均需多方密钥授权，防止数据篡改与恶意攻击。同时，区块链的分布式特性避免单点故障风险，即使部分节点受损，系统仍可通过冗余节点恢复完整数据，增强电网信息系统的抗风险能力。

四、实施保障措施

1. 政策与标准完善

政策创新需聚焦市场激励与技术规范。建立容量补偿机制，对提供调频、备用等服务的灵活性资源（如储能、可中断负荷）给予经济补偿，激发企业投资意愿。绿证交易制度允许新能源发电企业出售环境权益，引导用户主动采购绿电，促进清洁能源消纳。技术标准体系重点统一新能源并网规则，明确逆变器响应速度、电压调节精度等核心指标，减少跨区域协同的技术壁垒。需求响应标准细化用户侧资源接入条件，例如规定可调节负荷的最小响应容量与延迟时间，确保参与电网调节的可靠性与可控性。定期修订政策与标准，结合技术进展与市场反馈动态优化实施细则。

2. 人才培养与协作

人才培养需构建多维度能力体系。高校应开设融合电力系统与人工智能的交叉课程，例如“智能电网算法

设计”课程，涵盖负荷预测模型、优化算法编程等内容，培养学员既能理解电网运行原理，又能开发调度工具。校企合作建立实训基地，配置仿真调度系统与真实设备接口，学员通过模拟新能源波动、负荷突增等场景，掌握故障诊断与应急调度技能。跨部门协作通过月度联席会议落实，电网企业分享实时运行数据与瓶颈问题，发电集团提供机组调峰特性分析，科研机构针对性开发自适应调度算法，形成“问题提出-方案验证-应用反馈”闭环。联合攻关团队由企业工程师、高校教授、研究生组成，聚焦新能源预测误差优化、柔性负荷调控等共性难题，分工完成理论建模、代码开发与现场测试^[3]。知识共享平台整合技术手册、操作指南与典型故障库，设置在线问答社区与专家咨询通道，帮助一线人员快速获取解决方案，加速技术成果落地应用。

3. 基础设施升级

智能终端覆盖是数据驱动的调度基础。推广智能电表实现用户用电行为分钟级采集，安装可调负荷控制器对工商业空调、充电桩等设备进行远程调控，构建“采-控”一体化的负荷管理网络。通信网络升级采用5G电力专网，在变电站、新能源场站等关键节点部署专用基站，确保海量监测数据毫秒级传输。边缘计算设备

下沉至配电终端，实现本地数据快速处理与指令执行，例如电压越限时自动切换无功补偿装置，减少主站通信延迟。同步强化网络安全防护，采用量子加密技术保障调度指令与用户隐私数据的安全传输。

结语

电网调度运行优化是能源转型的核心环节。通过智能算法提升决策精度，依托多时间尺度调度增强系统灵活性，整合需求侧资源实现源荷互动，能够有效应对可再生能源波动与负荷复杂化挑战。未来需持续推动技术创新、完善市场机制、强化基础设施，逐步构建安全高效、绿色低碳的新型电力系统，为经济社会可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 胡伟. 对电网调度运行方式优化对策信息化分析[J]. 科学与信息化, 2018(23): 177, 183.
- [2] 吴俊. 电网调度运行方式优化对策分析[J]. 百科论坛电子杂志, 2019(15): 135.
- [3] 曹春莲. 电网调度运行方式优化对策分析[J]. 科技创新与应用, 2019(30): 128-129.