

智能电网背景下发电厂及电力系统的运行优化策略

闭真珍 潘伟群

广西大藤峡水利枢纽开发有限责任公司，广西壮族自治区桂平市，537200；

摘要：本研究聚焦智能电网背景，深入剖析发电厂及电力系统运行面临的挑战，创新性地运用先进理论与技术，从多维度探讨运行优化策略，以提升电力系统整体运行效率、稳定性与可靠性，为智能电网下电力行业的可持续发展提供理论支持。

关键词：智能电网；发电厂；电力系统；运行优化策略

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.037

引言

随着智能电网的快速发展，发电厂及电力系统的运行环境发生深刻变化，传统运行模式面临诸多挑战。为适应新的发展需求，探寻科学有效的运行优化策略具有重要现实意义。

1 智能电网对发电厂及电力系统运行的影响

1.1 技术变革影响

智能电网的建设推动发电厂及电力系统运行迎来深层次技术变革，重构了传统技术应用体系。数字化技术的全面渗透促使发电设备与电网元件实现智能化升级，各类传感器与智能终端的广泛部署，实现了发电过程与电网运行状态的全域感知与精准监测，打破了传统运行模式下的信息孤岛。通信技术的升级迭代保障了海量运行数据的高速传输与实时共享，为运行决策提供了充足的数据支撑，推动运行管理从经验驱动向数据驱动转型。控制技术的创新应用实现了发电功率与电网负荷的精准匹配，柔性输电、智能调度等技术的推广，提升了系统对波动性电源的接纳能力与运行调节灵活性。

1.2 运行模式转变

智能电网背景下，发电厂及电力系统运行模式发生根本性转变，从传统集中式、单向调度模式向分布式、协同互动模式转型。发电厂侧呈现集中式发电与分布式发电协同并存的格局，传统火电、水电等大型发电厂需适配电网灵活调节需求，而分布式光伏、风电等新能源发电单元通过微电网技术实现与主网的柔性互联，提升能源利用效率。电网运行调度模式从传统的“源随荷动”向“源网荷储协同互动”转变，负荷侧资源被充分激活，工业用户、商业楼宇等可调节负荷参与电网削峰填谷，储能系统的规模化应用则为电能时空转移提供支撑。

1.3 新的运行挑战

智能电网的发展为发电厂及电力系统运行带来新的挑战，主要体现在系统复杂性提升与运行管控难度加大。新能源发电的间歇性与波动性使电网电压、频率调节压力显著增加，传统调节手段难以适配源荷双侧的随机波动，系统运行稳定性面临考验。分布式电源的大量接入使电网拓扑结构日趋复杂，传统集中式调度模式难以实现对分布式单元的精准管控，易出现功率失衡、电能质量下降等问题。海量智能设备的接入使网络安全风险凸显，运行数据泄露、设备被恶意控制等安全隐患可能引发系统性故障。

2 发电厂及电力系统运行现状分析

2.1 现有运行体系

国内发电厂及电力系统已形成以传统能源发电为基础、新能源发电快速发展的运行体系，初步构建了智能电网适配的运行管控框架。发电厂侧形成火电、水电、核电、新能源发电多元并存的格局，传统火电仍承担基础调峰调频任务，新能源发电占比持续提升，分布式发电项目在用户侧广泛布局。电网侧已建成覆盖全国的特高压骨干网架与各级配电网协同发展的电网架构，智能变电站、智能电表等设备大规模应用，初步实现电网运行的数字化监测与管控。运行管理体系以国家电网、南方电网等骨干企业为核心，构建了“统一调度、分级管理”的调度机制，依托智能调度平台实现发电资源的统筹配置与电网运行的实时调控，为系统安全稳定运行提供了基础保障。

2.2 存在的问题

现有发电厂及电力系统运行体系仍存在诸多问题，难以充分适配智能电网发展需求。传统发电设备调节能力不足，部分火电机组灵活性改造滞后，难以满足新能源消纳带来的深度调峰需求，导致新能源弃电现象时有发生。电网运行管控的智能化水平有待提升，部分区域

配电网智能化改造不彻底，对分布式电源的接入与管控能力不足，电能质量监测与治理手段滞后。运行数据整合与利用效率低下，不同系统、不同环节的数据标准不统一，存在数据壁垒，难以实现全系统数据的深度挖掘与协同分析。源网荷储协同机制不完善，各主体间信息共享不及时，负荷侧资源与储能系统的调控潜力未充分发挥，系统整体运行效率受限。

2.3 制约因素分析

发电厂及电力系统运行优化的推进受到技术、经济、政策等多方面因素制约。技术层面，核心技术自主化程度不足，高端智能发电设备、先进调度控制系统等部分依赖进口，关键技术研发与应用滞后于智能电网发展速度。经济层面，新能源发电成本仍相对较高，储能系统投资回报周期长，市场激励机制不完善，难以激发市场主体参与运行优化的积极性。政策层面，相关政策体系不健全，分布式电源并网标准、电价形成机制、辅助服务市场规则等未能充分适配智能电网运行特点，制约了多元主体的协同互动。管理层面，跨区域、跨主体的协调管理机制缺失，不同部门、不同企业间的利益协调难度大，难以形成运行优化的工作合力，影响优化策略的有效落地。

3 运行优化的创新理论与技术

3.1 先进控制理论应用

先进控制理论的应用为智能电网背景下发电厂及电力系统运行优化提供了核心技术支撑。模型预测控制理论通过构建精准的系统预测模型，提前预判发电功率与负荷变化趋势，实现发电资源的前瞻性调度与优化配置，提升系统运行的稳定性与经济性。鲁棒控制理论的应用增强了系统对不确定性因素的适应能力，通过优化控制策略设计，有效应对新能源波动与电网参数变化带来的影响，保障系统在复杂工况下的稳定运行。分布式控制理论适配分布式电源大量接入的电网结构，实现各分布式单元的自主协同控制，提升系统的灵活性与可靠性。先进控制理论与电力系统运行的深度融合，推动运行优化从传统的局部调控向全系统协同优化转变。

3.2 大数据与人工智能技术

大数据与人工智能技术的深度应用重构了发电厂及电力系统运行优化的技术路径。大数据技术通过整合发电数据、负荷数据、电网运行数据、气象数据等多类型数据，构建全域数据资源库，利用数据挖掘算法梳理数据间的关联规律，为运行优化决策提供精准数据支撑。

人工智能技术中的机器学习算法被广泛应用于负荷预测、故障诊断、发电功率预测等场景，通过海量数据训练提升预测与诊断的精准度，为运行调度提供科学依据。深度学习与强化学习技术的应用实现了运行策略的自主优化，系统可根据实时运行状态自动调整控制参数，提升运行优化的时效性与适应性。大数据与人工智能技术的融合应用，推动运行优化向智能化、自主化方向发展。

3.3 分布式能源协同技术

分布式能源协同技术的创新发展为提升系统运行灵活性与效率提供了关键支撑。微电网协同控制技术通过构建微电网内部分布式电源、储能系统、负荷的协同控制体系，实现微电网与主网的柔性互联与协调运行，提升分布式能源的消纳能力。虚拟电厂技术将分散的分布式电源、储能设备与可调节负荷聚合形成虚拟电源单元，通过统一调度与管理参与电网运行优化，增强系统对分布式能源的管控能力。分布式储能协同调度技术实现不同类型、不同位置储能设备的协同运行，通过优化储能充放电策略，平抑新能源波动，保障电网电压与频率稳定。分布式能源协同技术的应用，充分挖掘了分布式能源的调控潜力，推动系统运行向多元协同、灵活高效的方向转型。

4 运行优化策略制定原则

4.1 安全性原则

安全性原则是智能电网背景下发电厂及电力系统运行优化策略制定的核心前提，贯穿运行优化全流程。策略制定需以保障系统安全稳定运行为首要目标，充分考虑新能源波动、设备故障、极端天气等各类风险因素，通过优化电源配置、完善电网结构、强化调控手段等措施，提升系统抗干扰能力与故障自愈能力。在推进运行优化过程中，需严格遵循电力系统安全运行规程，确保各项优化措施不会影响系统的电压稳定、频率稳定与电能质量。同时，注重网络安全防护，将网络安全纳入运行优化体系，通过完善安全防护机制、提升数据加密技术、加强安全监测等手段，防范网络攻击与数据泄露风险，保障系统运行的全方位安全。

4.2 经济性原则

经济性原则要求运行优化策略在保障安全的基础上，实现系统运行成本最小化与经济效益最大化。通过优化发电资源调度，合理安排各类电源的发电时序，降低发电成本与燃料消耗，提升发电企业经济效益。优化

电网运行方式，减少网损，提升电网传输效率，降低电网运维成本。充分挖掘负荷侧资源与储能系统的调控潜力，通过需求响应机制引导用户合理用电，降低系统峰谷差，减少调峰成本与备用容量投资。策略制定需综合考量短期经济效益与长期发展效益，兼顾发电企业、电网企业、用户等各主体的利益诉求，通过完善市场激励机制，实现各主体利益的均衡协调，提升运行优化策略的可行性与可持续性。

4.3 可持续性原则

可持续性原则强调运行优化策略需适配能源转型与生态环境保护的长远需求，推动电力系统绿色低碳发展。策略制定需优先保障新能源发电的消纳，通过优化调度策略、完善电网架构、提升系统调节能力等措施，提升风电、光伏等新能源的并网消纳比例，降低化石能源消耗。注重能源资源的高效利用，推广节能发电技术与高效输电技术，提升能源利用效率，减少能源浪费。在优化过程中融入生态环境保护理念，合理规划电源布局与电网建设，降低电力工程建设对生态环境的影响。同时，考虑未来能源结构变化与技术发展趋势，制定具有前瞻性的优化策略，保障电力系统的长期稳定与可持续发展，助力“双碳”目标实现。

5 运行优化具体对策

5.1 设备升级改造

设备升级改造是提升发电厂及电力系统运行效能的基础举措，需精准适配智能电网发展需求。推进传统发电设备灵活性改造，对火电机组实施深度调峰改造，提升机组启停速度与负荷调节范围，增强对新能源波动的适配能力；优化水电、抽蓄机组调节性能，提升系统调峰调频支撑能力。加快电网设备智能化升级，推进智能变电站、智能开关等设备的规模化应用，提升电网感知、分析、决策、控制能力；加强配电网升级改造，优化配电网结构，提升分布式电源接入能力与电能质量治理水平。推动储能设备技术升级与规模化应用，研发高效、低成本的储能技术，优化储能系统配置，提升储能设备的充放电效率与循环寿命，为系统运行优化提供灵活调节支撑。

5.2 运行管理优化

运行管理优化通过重构管理流程与机制，提升发电厂及电力系统运行的精细化水平。构建全流程数字化管理体系，搭建统一的智能调度与管理平台，实现发电、输电、变电、配电、用电各环节数据的集中整合与共享

应用，提升运行决策的科学性与精准性。完善源网荷储协同管理机制，建立多元主体协同互动平台，明确各主体的职责与权利，规范信息共享与调度协调流程，充分发挥负荷侧资源与储能系统的调控潜力。优化调度运行模式，推行“源网荷储”协同调度，结合先进控制理论与大数据技术，实现发电资源与负荷需求的精准匹配，提升系统运行效率。建立常态化运行分析与优化机制，定期评估运行效果，及时调整优化策略，保障运行优化的持续有效性。

5.3 应急机制完善

完善应急机制是保障智能电网背景下发电厂及电力系统安全稳定运行的关键支撑。构建全场景应急预警体系，整合气象、地质、电网运行等多类型数据，利用人工智能技术实现对极端天气、设备故障、功率失衡等突发事件的提前预警，提升应急响应的主动性。制定差异化应急处置预案，针对不同类型突发事件制定详细的处置流程与应对措施，明确各主体的应急职责与协同机制，确保应急处置有序高效。加强应急保障能力建设，完善应急电源、储能设备等应急物资的配置，提升应急抢修队伍的专业能力与快速响应能力，保障突发事件发生后系统能够快速恢复运行。建立应急演练与评估机制，定期开展实战化应急演练，总结演练经验，优化应急预案，提升系统应对突发事件的综合能力。

6 结语

综上所述，智能电网背景下发电厂及电力系统运行优化是一个复杂且关键的课题。通过实施本文提出的优化策略，有望有效提升电力系统的整体性能，推动电力行业在智能电网时代实现高质量发展。

参考文献

- [1] 赵永平,肖学明,黄治乾,等.发电厂二次设备智能监测与维护策略[J].机电工程技术,2025,54(23):172-176+203.
- [2] 苑桐滔.智能化技术在发电厂电气自动化系统中的应用研究[J].质量与市场,2025,(10):57-59.
- [3] 吴秋伟,赵文巖.数字孪生与生成式人工智能赋能新型电力系统运行控制研究综述[J].电力自动化设备,2025,45(11):59-71.
- [4] 丁川.基于椭圆曲线的智能电网数据聚合方案[D].南京邮电大学,2024.
- [5] 闫定钧.基于人工智能的发电厂励磁系统优化分析[J].集成电路应用,2025,42(09):385-387.