

Analysis of the Application of Power Technology in Power Plants

Jincheng Li

Hebei Jian Tou Renqiu Thermal Power Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 062550, China

Abstract

Power plants serve as the supply side of energy transition, and the innovative application of power technology is the primary support for their high-quality development. From a micro-level perspective, this paper analyzes the significance of power technology in power plants, identifies existing issues such as imbalanced unit output regulation, inefficient operation and maintenance of power generation equipment, weak security protection for production data, and insufficient technical application coordination. Corresponding application strategies are proposed based on these problems, including the establishment of a power plant-level source-grid-load-storage coordinated regulation system, the construction of an intelligent operation and maintenance platform for the entire lifecycle of power generation equipment, the improvement of a hierarchical encryption protection mechanism for production data, and the creation of a technical collaborative operation framework. The research aims to provide feasible practical pathways for the implementation of power technology in power plants, enhancing the stability, efficiency, and safety of power plant operations.

Keywords

Power technology; Power plant; Unit output regulation; Equipment operation and maintenance; data security

电力技术在发电厂中的应用分析

李金臣

河北建投任丘热电有限责任公司，中国·河北沧州 062550

摘要

发电厂是能源转型的供给端，电力技术的创新应用是发电厂高质量发展的主要支撑。本文从微观角度出发分析电力技术在发电厂的应用意义，提出目前存在的机组出力调节不平衡、发电设备运维低效、生产数据安全防护薄弱、技术应用协同不足等问题。根据以上问题提出相应的应用策略，建立发电厂级源网荷储协同调控体系、搭建发电设备全生命周期智能运维平台、完善生产数据分级加密防护机制、打造技术协同运行架构。研究目的在于给电力技术在发电厂中的落地应用提供可行的实践路径，提高发电厂运行的稳定性、高效性、安全性。

关键词

电力技术；发电厂；机组出力调控；设备运维；数据安全

1 引言

随着新能源发电（光伏、风电）大规模并入、用电需求升级及能源结构转型加速，传统发电厂由单一发电主体转变为源网荷储多主体协同的综合能源供给单元。结构性变革给发电运行的稳定性、能源利用效率、安全防控水平等各方面带来了新的挑战，促使发电厂向智能化方向加速转型^[1]。电力技术是智能发电厂建设的重要支撑，包含构网型控制、人工智能调度、智能感知等诸多方面，电力技术的应用效果直接关系到发电厂运行水平。从发电机组调节、核心设备维

护、生产数据采集传输、安全防护等环节，电力技术的应用创新正在改变发电厂的运行逻辑。本文主要针对发电厂核心运行场景，对电力技术的应用现实意义、存在问题和解决对策进行分析，给提高智能发电厂实操能力提供参考。

2 电力技术应用于发电厂的意义

新能源普及、用电需求升级给发电厂带来稳定性、效率性、安全性三方面的考验。电力技术的应用可以解决以上的问题。平抑新能源出力波动、优化机组运行调度、革新运维模式、降低安全风险，其价值体现在发电厂运行的全过程中。从稳定保障、效率提升、运维革新三个方面来分析技术应用的现实意义。

2.1 保障发电运行的稳定性

新能源大规模接入后，传统发电厂因风光发电具有随机性、波动性，容易出现机组出力失衡、电网接入端电压波

【作者简介】李金臣（1980-），男，中国河北清河人，本科，工程师，从事运用系统工程、优化技术、管理科学等方法，提升电力系统规划、设计、建设、运营和维护的效率、可靠性和经济性研究。

动、频率异常等问题，进而影响供电质量。电力技术的应用可以有效地解决这些问题，构网型技术把新能源发电机组、储能设备和传统火电、水电机组整合在一起，形成具有惯性支撑作用的复合电源，在系统出现故障的时候迅速调整机组出力、电压、频率等关键参数。智能调控技术可以及时响应发电厂源荷动态变化，防止机组过载、出力不足或者供电中断，给居民生活和企业生产提供稳定可靠的电力保障，从能源供给端筑牢电力系统安全防线。

2.2 提升能源利用的高效性

传统发电厂能源浪费、利用效率低的问题，在新能源消纳、机组负荷优化分配上表现得尤为明显。电力技术通过精准感知与智能调度，实现对能源的优化配置。人工智能预测模型能够提前掌握区域内用电负荷、新能源出力变化趋势，优化传统机组启停计划、引导储能设备在电价低谷充电、高峰放电，既降低发电厂运行成本，又促进绿电消纳。发电厂区内智能电力监控技术可以对锅炉、汽轮机、发电机等主要设备及辅助系统的能耗情况进行实时监测，找到无效耗能的场景，给节能改造提供数据支持，使能源利用达到高效化的目的。

2.3 推动发电运维的智能化

传统的发电厂运维依靠人工巡检，存在效率低、隐患发现不及时等问题，对锅炉炉膛、烟囱、高压输电线路等高危或者复杂区域，人工巡检成本高、安全性差^[2-3]。电力技术的应用使运维方式发生变化，无人机、智能巡检机器人配合三维建模软件，可以对发电厂核心设备、附属设施进行全方位自动巡检，准确找出设备磨损、泄漏、温度异常等隐患。远程监测技术使运维人员可以在主控室随时掌握机组运行状况、设备参数变化，由被动抢修变为主动预警，大大提高了运维效率，降低了人力成本和安全风险。

3 电力技术在发电厂应用中的突出问题

虽然电力技术给发电厂的发展提供支持，但是实际落地过程中还存在着许多现实的障碍。新能源接入后源荷波动加剧，传统调控技术难以应对，人工主导的运维模式低效且有盲区，海量生产数据增长给安全防护带来压力，多系统数据不造成技术应用碎片化。这些问题都会对发电厂的运行效率产生影响，必须从实际运行场景出发，对问题进行准确的分析，为之后的策略制定提供依据。

3.1 机组出力调控失衡，技术适配性不足

发电厂由于新能源发电机组集中接入、用电负荷动态波动，源荷平衡难度增大，传统调控技术不能实现实时精准平衡。部分发电厂仍然沿用固定化的“一刀切”调控方式，不能根据新能源出力、用电负荷的动态变化实时调整机组运行参数，造成新能源电力浪费或者机组出力与负荷不匹配，导致供电稳定性下降。同时，不同发电厂的机组类型（火电、

水电、新能源）、负荷特性、能源结构存在差异，通用型调控技术难以精准匹配实际需求，造成调控效果参差不齐，不能充分发挥能源资源利用价值。

3.2 发电设备运维模式传统，全周期管理缺失

目前部分发电厂设备运维仍然以定期人工巡检为主，该种模式存在着明显的不足。汽轮机叶片、变压器绕组等精密零件，人工巡检容易漏检、误判；分散布置的辅助设备，巡检周期长，不能及时发现潜在故障。设备从采购、安装、运行到报废的全生命周期数据分散在不同管理系统中，未进行整合分析（或“未统一分析”），不能根据设备的运行状态来制定有针对性的维护计划，造成过度维护或者维护不足的现象，影响设备的使用寿命以及运行可靠性。

3.3 生产数据安全防护薄弱，风险防控有漏洞

发电厂运行产生大量的核心数据，包括机组运行参数、调度指令、设备运维记录、人员操作信息等，这些数据的安全防护存在很多隐患。数据传输过程中部分环节使用未加密的通信方式，容易造成数据被篡改或者窃取；存储时敏感数据没有分级保护，存在泄露风险^[5]。缺少专业的安全监测系统，不能对数据访问异常、网络攻击等行为进行实时识别，一旦发生数据安全事件，将会影响发电厂正常运行和电力系统的稳定，损害企业及用户的权益。

3.4 技术应用协同不足，资源整合能力差

电力技术在发电厂的应用具有碎片化的特征，各个系统之间没有有效的协同。机组调控系统与设备运维平台数据不通，调控指令不能结合设备健康状况来制定；通信系统与安全防护系统各自为政，不能在数据传输过程中同步开展安全监测。协同不足造成技术资源不能很好地整合，产生重复建设、功能重叠等问题，增加发电厂建设和运营成本，降低整体运行效率，限制电力技术价值的最大化发挥。

4 电力技术在发电厂中的应用策略

解决上述发电厂运行问题，以技术落地为主，根据发电厂实际运行情况提出相应的策略。围绕机组出力调控、设备运维、数据安全、技术协同四个痛点，依托现有的电力技术基础，聚焦实际场景的可操作性，用定制化的方案破解适配难题、提高运维效率、筑牢安全防线、强化资源整合，使技术真正为发电厂高效安全运行服务。

4.1 构建发电厂级源网荷储协同调控体系，实现精准适配

就机组出力调控失衡问题而言，以传统机组、新能源发电机组、储能设备协同运行为中心，创建“云边协同”的智能调控体系。在边缘侧部署发电厂智能中枢终端，实时采集各类机组、储能系统、电网接入端的运行数据，作为就地决策的小脑，利用时空预测模型准确判断源荷波动趋势。采用混合粒子群算法和遗传算法制定差异化调控策略，根据发

电厂机组类型、负荷特性，在新能源出力高峰时，引导储能设备充电、调整传统机组降出力运行状态；在用电高峰时，调度储能设备放电、传统机组满负荷运行，实现源荷实时平衡。云端创建智能发电调度中枢，汇总各个发电厂的数据进行全局优化，然后给边缘终端下发协同调控指令，实现就地响应和全局优化的有机融合。并构建调控策略动态更新机制，利用边缘 AI 小模型持续学习的方式去适应机组状态变化、负荷波动和设备升级需求，保证调控效果的长期稳定。

4.2 搭建发电设备全生命周期运维平台，推行智能联动运维

以提高设备运维效率、可靠度为最终目的，创建包含采购、运行、维护、报废全过程的智能运维平台。设备采购时录入型号、技术参数、质保期等基本信息，运行阶段用物联网传感器实时采集设备温度、振动、压力、通信状态等数据，接入平台形成完整的设备健康档案 [6]。对发电厂集中布置的核心设备（锅炉、汽轮机、发电机）采取无人机和巡检机器人协同巡检的方式，利用三维建模软件规划出最佳巡检路线，采用一点多拍、图像识别技术准确发现故障隐患。对于分散布置的辅助设备，采用生产数据采集系统进行远程监测，根据运行数据的趋势分析自动生成维护提醒。创建设备故障分级响应机制，明确 A 级故障（机组跳闸、重大泄漏）需在 30 分钟内启动远程或现场抢修，B 级故障（辅助设备异常）需在 2 小时内派人到达现场处理，将故障处理结果录入平台形成运维闭环，为设备升级更新提供数据支撑。

4.3 建立生产数据分级加密机制，强化全流程安全防护

以防范数据安全风险为主，创建传输加密、存储保护、监测响应全流程防护体系。首先对生产数据进行分类分级，把机组核心运行参数、调度指令、用户用电隐私信息列为敏感数据，把环境监测数据、普通设备运行参数列为普通数据。传输环节使用 TLS/SSL 加密协议和 VPN 隧道技术，对敏感数据进行双重加密传输，保证数据从终端到平台之间的完整性、保密性。存储环节使用 AES256 加密算法对敏感数据进行加密存储，实行基于角色的访问控制，不同岗位人员只可以访问权限范围以内的数据，定期进行数据备份以及容灾演练。建立智能安全监测平台，对数据访问行为、网络流量进行实时监测，部署入侵检测系统来发现异常访问和攻击行为，发现风险立即触发告警并启动自动化响应机制，阻止风险的扩散。定期开展数据安全培训，提高运维和操作人员的安全意识，防止人为操作造成的安全隐患。

4.4 打造发电厂技术协同运行架构，提升资源整合能力

针对技术应用碎片化问题，创建云边端协同的技术运行架构，实现各系统资源高效整合。在云端创建统一的数据共享平台，打通机组调控系统、设备运维平台、安全防护系统之间数据接口，使数据实时共享互认。机组调控系统制定调度策略的时候，可以调用运维平台的设备健康数据，防止给故障设备下达不合理指令；安全防护系统可以实时获取通信系统的传输数据，从而实现对安全风险的精准识别。加强边缘侧智能中枢的协同调度能力，对发电厂内各种感知终端、调控设备、安全装置进行统筹协调，实现信息流、控制流、能量流的协同运行。统一终端设备接入标准，使新增发电设备和技术可以快速接入系统并与已有设备协同工作，避免重复建设，提高技术资源利用率。

5 结语

电力技术在发电厂的应用是推动发电厂转型升级的重要力量，其应用效果直接决定着发电厂运行是否稳定、高效、安全。目前发电厂在机组出力调节、设备维护、数据安全和技术协同等方面存在的不足，限制了发电厂价值的最大化发挥。创建精准匹配的源网荷储协同调控体系、全生命周期的智能运维平台、全流程的数据安全防护机制、协同高效的技术运行架构，可以较好地解决上述实际问题，提高电力技术应用的针对性、可操作性。随着电力技术不断创新，它在发电厂的应用会越来越深入，给能源转型、新型电力系统建设提供强有力的支撑，促使发电厂由单一发电主体向综合能源供给平台转变。

参考文献

- [1] 谢礼. 智能电网运维技术在电力工程输电线路故障检测中的应用[J]. 电气技术与经济, 2025, (10): 121-123.
- [2] 徐国辉, 吴俊佚, 刘涛, 武刚, 葛宏泽. 智能电网在电力技术及电力系统规划中的应用研究[J]. 中国管理信息化, 2021, 24 (02): 131-132.
- [3] 常宽, 路英伟, 张竹青, 严伟, 吴春雷. 新时期智能电网在电力技术及电力系统规划中的运用[J]. 电工技术, 2025, (S1): 701-703+706.
- [4] 陆妍. 智能电网建设中远程用电检查技术在电力营销中的应用[J]. 城市建筑空间, 2025, 32 (S1): 471-473.
- [5] 王哲. 电价模型与智能电网技术在电力工程管理与营销中的应用研究[J]. 城市建筑空间, 2024, 31 (S2): 428-429.
- [6] 陆妍. 智能电网建设中远程用电检查技术在电力营销中的应用研究[J]. 城市建筑空间, 2024, 31 (S2): 434-436.