

智能电网体系下电力技术应用研究及优化策略

袁润

天地电研（北京）科技有限公司杭州分公司，浙江 杭州 310000

DOI: 10.61369/SSSD.2026030019

摘 要： 目前，全球能源需求持续增长，而生态环境问题日益严峻，传统电网面临着电能质量、节能减排等多重挑战。智能电网通过高效发电技术、智能输电技术等的应用，可促使电力系统高效、可靠且环境友好运行。本文基于我国智能电网建设的实际需求，阐明电力技术在智能电网中的应用价值，分析高效发电、智能输电、智能配电等关键电力技术在智能电网中的应用场景，剖析当前技术应用过程中面临的挑战，并提出针对性优化对策，旨在为我国智能电网的高质量发展提供技术参考与实践借鉴。

关 键 词： 电力技术；智能电网；高效发电；智能输电；配电自动化；储能技术

Research on the Application of Power Technology in Smart Grids

Yuan Run

Tiandi Dianyan (Beijing) Technology Co., Ltd. Hangzhou Branch, Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract： Currently, the global energy demand is continuously growing, while ecological and environmental issues are becoming increasingly severe. Traditional power grids are facing multiple challenges such as power quality improvement and energy conservation and emission reduction. Smart grids, through the application of high-efficiency power generation technology, intelligent power transmission technology, and other related technologies, can promote the efficient, reliable, and environmentally friendly operation of power systems. Based on the actual needs of smart grid construction in China, this paper clarifies the application value of power technology in smart grids, analyzes the application scenarios of key power technologies (including high-efficiency power generation, intelligent power transmission, and intelligent power distribution) in smart grids, examines the challenges encountered in the current technology application process, and proposes targeted optimization countermeasures. The aim is to provide technical reference and practical insights for the high-quality development of China's smart grids.

Keywords： power technology; smart grid; high-efficiency power generation; intelligent power transmission; distribution automation; energy storage technology

引言

随着人们生活水平的改善以及对用电质量要求的提高，电力企业需要运用先进的技术手段对电网进行优化改造，加快智能电网的建设，以提高电能管理能力与服务质量。在此过程中，企业需要通过现代电力工程技术手段实现对电网中能源资源的科学配置、合理调度与高效供应。基于此，本文对电力技术在智能电网中的应用展开研究，期望可以促进电力工程技术在智能电网建设中发挥更大的作用。

一、电力技术在智能电网中的应用价值

（一）保障电网安全稳定运行

我国智能电网正处于快速发展阶段，电网结构也日渐复杂，交直流混联大电网互联成为主流趋势，另外加上极端天气等外部因素的影响，电网安全运行面临着严峻的考验。电力技术在电网输电、配电等环节均有应用。如输电环节，柔性输电技术（如 FACTS 技术）等应用可优化网架结构，进而调控潮流分布，限制故障范围。配电环节，借助智能开关技术、故障定位技术等可以

快速识别并定位故障所在，缩短停电时间^[1]。

（二）推动清洁能源规模化利用

电力技术在智能电网构建中的应用，可以实现清洁能源的分布式、大规模送出，促使电力企业提升智能电网对清洁能源的适应性与兼容性^[2]。风能、太阳能、水能、生物能等清洁能源分布不均，且存在间歇性、波动性、不确定性等问题。而通过能量转换技术可以稳定输出可再生能源，如光伏逆变器、风电变流器等设备可以将不稳定的电能转化为符合电网标准的电能。储能适配技术，如抽水蓄能、电池储能可储存富余电能，平抑功率波动。

（三）提升电力系统运行效率

电力技术在智能电网的发电、输电、配电、用电环节均有应用。发电环节，先进的电力控制技术可优化发电机组的运行参数，提高发电效率；输电环节，特高压直流输电（HVDC）技术、柔性交流输电技术等的应用可降低线损，提升输电容量；配电环节，智能配电终端与自动化调度系统可实现负荷精准调控，进而减少配电网损耗；用电环节，电能质量优化技术可改善供电品质，避免因电压不稳、谐波污染导致用电设备运行效率下降^[9]。

二、电力技术在智能电网中的具体应用场景

（一）远距离输电与电网互联技术应用

1. 特高压直流输电（HVDC）技术

作为我国领先的输电技术，HVDC 技术具备输电容量大、距离远、损耗低、经济性强等优势，是解决我国能源分布与消费不均的核心技术手段^[4]。其通过特高压直流输电模式，可以减少输电过程中的线损、感抗与容抗，架空线路仅需2根线缆，地下或海底电缆仅需1根线缆，大幅降低了电网建设造价与土地占用成本。

HVDC 系统以电力电子换流器为核心设备，可实现交流与直流电的相互转换，换流阀、控制保护系统等配套设备进一步减少换流损耗，即便输电线路两侧交流系统不同步，依旧能够完成大功率输电任务。随着电压源换流器（VSC）技术发展，基于VSC 的 HVDC 系统在城市电网供电、海上风电并网等领域逐步推广，其占地面积小、可向无源网络供电的特点，为智能电网远距离输电与互联提供更多选择。

2. FACTS 技术体系

柔性交流输电系统（FACTS）是基于电力电子技术的灵活输电装置集群，也是提升电网可靠性与经济性的重要技术体系，包括静止无功补偿器（SVC）、静止同步补偿器（STATCOM）、可控串补装置（TCSC）等设备^[5]。

SVC 技术可灵活调节系统电压，进而改善无功潮流，保障电网静态稳定，主要应用于高压配电系统与大型工业负荷中心，可减少谐波污染与电压跌落对供电质量的影响；TCSC 技术基于常规串补技术优化升级，能够根据线路输电能力动态调整阻抗，抑制同步谐振与低频振荡。STATCOM 作为更先进的静止无功补偿装置，采用全控型电力电子器件，无功功率调节能力突出，在改善电能质量和提高输电系统稳定性方面表现更优，能够适配复杂的电网运行工况。

（二）新能源并网与能源转换技术应用

1. 可再生能源转换技术

风能、太阳能等可再生能源的发电出力不可控，是否处于发电状态以及出力大小都取决于自然资源的状况。自然资源的波动性导致可再生能源发电具有随机性与间歇性，使得传统的电网无法适应新能源发电这种模式。电力技术针对性研发专用转换设备，为智能电网接纳新能源发电提供基础^[6]。例如，光伏逆变器搭载最大功率点跟踪技术，可实时调整光伏电池工作点以维持最大功率输出，大型光伏电站常采用集中式与分布式逆变器搭配的方式，集中式适配大规模光伏阵列发电，分布式就近安装于光伏板

旁实现独立控制；风电变流器支撑双馈感应风力发电机变速恒频运行，随风速调整风机转速保持最佳发电效率，直驱永磁同步风力发电机产生的交流电需经整流逆变处理后接入电网。这些技术的应用让可再生能源的并网兼容性大幅提升。

2. 储能适配技术

储能适配技术是新能源并网与能源转换的重要基础，能从时间维度隔离电能生产与使用，缓冲电力系统供需瞬时波动，维持系统功率平衡，推动电网运行从功率传输主导转向能量优化主导^[7]。它可平抑电力需求昼夜及季节峰谷差，提升发电设备利用率，优化电网日负荷率以降低供电成本。依托电力电子变流技术，储能适配技术可高效调节有功功率、控制无功，快速平衡系统不平衡功率，调整频率并补偿负荷波动，减少电网扰动，在突发事件时充当应急电源为电网恢复争取时间。

（三）电能质量优化技术应用

有源电力滤波器（APF）是配电系统中改善电能质量的重要电力电子装置。其实时监测电网中的谐波电流，继而产生与之大小相等、方向相反的补偿电流注入电网，滤除谐波，提高电能质量^[8]。APF 具有响应速度快、补偿精度高的优势，可以同一时间补偿多种谐波，适应配电系统中复杂多变的负荷特性，在电能质量优化环节发挥重要作用。

静止无功发生器（SVG）也是配电系统中用于改善电能质量的常用装置，可实时监测电网电压与无功功率需求，根据实际工况自动调整无功输出，持续保持电压稳定状态，有效减少线路损耗，提升配电网的整体运行效率。

（四）智能运维技术应用

智能运维技术结合智能传感器、物联网关等电子设备应用于智能电网运维环节，这些设备被部署在电网关键节点，实时采集配电设备的运行参数与状态信息。例如，无人机搭载高清摄像头和红外热像仪巡查输电线路，可以精准识别线路断股、绝缘子损坏等缺陷，机器人在变电站内部按规划路径核查变压器、断路器的运行状态。故障发生后，数据采集系统将故障点信息实时传输至诊断平台，智能调度系统依据电网当前运行情况制定最优处置方案，让运维工作有序推进^[9]。

（五）高效发电技术应用

高效发电技术是智能电网的能源供给基础，包括超超临界发电技术、新能源发电优化控制技术等。超超临界发电技术通过提升锅炉压力与温度，将火电效率提升至45%以上，降低碳排放；新能源发电优化控制技术（如风光功率预测、机组协同调度）可减少可再生能源的间歇性影响，提升发电稳定性^[10]。此外，分布式发电技术（如屋顶光伏、小型风电、微型燃气轮机）通过就近供电模式，减少输电损耗与配网压力。

三、电力技术应用面临的挑战及优化建议

（一）现实挑战

1. 核心技术存在“卡脖子”问题

我国在特高压输电、配网自动化等领域技术领先，但在高端

电力电子器件（如 IGBT 芯片）、高精度传感器、核心控制算法等方面还是需要依赖进口，制约了智能电网的自主可控发展。

2. 技术融合与协同运行难度大

智能电网涉及发电、输电、配电、用电等多个环节，各类电力技术的接口标准、通信协议不统一，导致技术融合难度较大，如分布式能源与配电网的协同控制、储能系统与电网的互动调度等仍存在技术瓶颈，影响了整体运行效能。

3. 专业人才短缺问题突出

智能电网技术涉及电气工程、计算机、通信、自动化等多个学科，业内迫切需要复合型人才。目前，我国电力行业存在复合型人才缺口，且基层技术人员的智能化操作水平有待提升。

4. 建设与运维成本较高

特高压电网、储能系统等智能电网设施的建设成本高昂，较高的成本使得技术无法大规模推广应用。同时，智能电网运维涉及大量先进设备与复杂系统，运维成本也高于传统电网。

（二）对策建议

1. 加强专业人才培养

高校可优化专业设置，开设智能电网信息工程、电力电子与电力传动等复合型专业，培养具备电气工程、计算机、通信等知识的专业人才；企业应加强对现有技术人员的培训，定期组织智能化技术、设备操作等方面的培训与考核，提升基层人员的专业素养。

2. 优化电网结构

我国地域辽阔、地质环境多样且区域经济发展不均衡，结合我国实际情况，智能电网的建设需要针对性调整。在规划阶段严格分析不同地区的地质条件，保障电网架构适配当地自然环境。同时充分考量各地电力使用规模、负荷特点及人口经济状况，科

学确定建设规模，进而提高能源资源利用效率，有效减轻供电企业的投资压力，保障电网整体运行安全稳定。

3. 完善智能修复体系

为维护智能电网运行的稳定性和安全性，应融合自动化与计算机技术，借助自动化技术对电网系统中各项电力参数进行智能识别、采集与处理，进而完成电网自动修复。在实际的建设过程中，应当注意要重点保障网络通信的稳定畅通，以及时传递信息。同时，通过智能系统对海量电网信息进行自动分类梳理，简化工作人员信息处理流程，降低工作压力，提升故障发现与自愈响应速度。

4. 加强核心技术研发与创新

加大高端电力电子器件、高精度传感器等技术的研发投入，建立企业主导、高校参与、科研院所支撑的创新体系，集中力量攻克技术难题。建立统一的电网技术标准体系，规范接口、通信协议与数据格式，促进发电、输电、配电等各环节技术协同。推动电力技术与大数据、人工智能等数字技术融合，持续优化电网调度与运维模式，提升电网运行效能。

四、结论

智能电网的建设能够为居民提供更安全、稳定的电能，虽然我国在智能电网上已经取得一定成效，但也尚存一些未被解决的问题。基于对智能电网中电力技术的应用及问题的分析，未来还需通过加强对核心技术的研发，加强人才培养等措施，进一步推进电力工程技术的应用，解决当前电力系统面临的问题，提升智能电网的整体性能。

参考文献

[1] 陈科科. 电力工程技术在智能电网建设中的应用研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(09): 88-90.
[2] 张雄飞, 梁汉文. 智能电网技术对电力系统的影响分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (12): 22-24.D.
[3] 刘英阁, 石天琦. 智能技术在电网工程中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53(04): 168-169.
[4] 何立国. 电力工程技术在智能电网建设中的应用浅析 [J]. 中国设备工程, 2024, (06): 45-47.
[5] 季宁. 先进电力电子技术在智能电网中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53(01): 174-175.
[6] 管琳琳. 电力工程技术在智能电网建设中的应用 [J]. 光源与照明, 2023, (12): 198-200.
[7] 罗刚. 电力工程技术在智能电网建设中的应用 [J]. 自动化应用, 2023, 64(S2): 77-79.
[8] 顾赟, 徐伯文. 智能电网技术在电力工程中的运用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(08): 314-315.
[9] 李杨. 智能电网在电力技术及电力系统规划中的运用研究 [J]. 电工材料, 2023, (03): 46-48.
[10] 李岩. 电力工程技术在智能电网建设中的应用 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(12): 151-152.