

# 变电站电网智能输变电技术应用实践

陈杨贵

四川省建能电力设计有限公司 四川 成都 610017

**摘要：**变电站电网智能输变电技术应用实践表明，以轻型高压直流输电技术、柔性输电技术等为代表的智能技术，显著提升了电网的输电效率、稳定性和灵活性。这些技术通过引入先进电力电子器件和智能控制策略，实现了对电网参数的精确调节和快速响应，有效解决了新能源并网、跨区域输电等难题。同时，它们还促进了电力资源的优化配置和电网的智能化发展，为电力行业的可持续发展奠定了坚实基础。

**关键词：**变电站电网；智能输变电技术；应用实践

**引言：**随着电力需求的日益增长和电网结构的日益复杂，变电站电网的智能化转型已成为电力行业发展的必然趋势。智能输变电技术作为其中的关键一环，通过集成先进的信息技术、控制技术和电力电子技术，极大地提升了电网的输电效率、稳定性和可靠性。本文旨在探讨变电站电网中智能输变电技术的应用实践，分析其技术特点、应用效果及未来发展趋势，为电力行业的智能化转型提供参考和借鉴。

## 1 智能输变电技术在变电站电网中的重要性

智能输变电技术不仅是现代电网建设的关键支撑，更是保障电网安全、稳定、高效运行的核心技术之一。第一，智能输变电技术显著提升了电力传输的效率和品质。随着电力需求的持续增长和电网负荷的不断增加，传统输变电技术已难以满足现代电力发展的需求。智能输变电技术通过采用先进的智能化设备和自动化系统，实现了对电网的实时监测、智能调度和远程控制，有效降低了电力传输过程中的损耗，提高了电力传输的效率和稳定性。第二，智能输变电技术增强了电网的安全性和可靠性。电网安全是电力供应的基石，任何故障或事故都可能对社会生产和生活造成重大影响。智能输变电技术通过集成多种保护和控制功能，能够及时发现并处理电网中的异常情况，有效防止故障扩大，保障电网的安全稳定运行。同时，智能输变电技术还具备自我修复能力，能够在一定程度上自动恢复电网的正常运行，减少因故障导致的停电时间和经济损失<sup>[1]</sup>。第三，智能输变电技术还促进了电网的智能化和信息化建设。智能电网是未来电网发展的方向，而智能输变电技术作为智能电网的重要组成部分，为电网的智能化和信息化建设提供了有力支持。通过集成先进的信息通信技术和传感技术，智能输变电技术实现了对电网的全面感知和智能控

制，为电网的智能化管理和服务提供了重要手段。

## 2 变电站电网智能输变电技术的主要类型

### 2.1 智能变电站技术

变电站电网中的智能输变电技术，其核心组成部分之一便是智能变电站技术。这一技术深度融合了现代信息技术、通信技术和自动控制技术，实现了变电站的智能化、自动化和高效化运行，对提升电网的整体性能和可靠性具有至关重要的作用。首先，智能变电站采用了全站信息数字化的技术架构。这一架构确保了变电站内所有设备的信息采集、传输和处理均实现数字化，极大地提高了信息的准确性和实时性。通过数字化技术，智能变电站能够实现对电网运行状态的全面感知和精准控制，为电网的安全稳定运行提供了坚实的数据基础。其次，智能变电站技术实现了通信平台的网络化。在智能变电站中，各类设备之间通过高速、可靠的网络进行连接，实现了信息的无缝传输和共享。这种网络化的通信平台不仅提高了变电站内部的信息交流效率，还使得变电站能够与其他电网系统实现远程通信和协同控制，进一步提升了电网的整体运行水平。再者，智能变电站技术还具备高级功能，如自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和检测等。这些功能使得智能变电站能够实现对电网的实时监控和智能调节，及时响应电网负荷变化，优化电力资源配置，提高电网的供电质量和可靠性。同时，智能变电站还具备故障诊断和预警功能，能够在设备出现故障前提前发现并采取措施，避免故障扩大对电网造成更大影响。

### 2.2 特高压输电技术

特高压输电技术，通常指的是使用1000千伏及以上电压等级的输电线路进行电能传输的技术。这一技术主要分为交流输电和直流输电两种形式，各自具有独特的优势和应用场景。交流特高压输电技术的电压等级多在

1000kV以上,具有运输容量大、损耗少、能够实现长距离传输等特点。在国内电网事业面临大容量、长距离发展趋势的背景下,交流特高压输电技术因其显著的经济效益和技术优势而备受重视。该技术能够显著提升电网的输电能力,减少线路走廊占地,降低输电过程中的能量损耗,从而有效缓解电力供需矛盾,促进能源资源的优化配置。交流特高压输电技术的研究重点之一在于输电能力的优化。输电能力与电压和阻抗密切相关,电压越高,传输能力越强;而线路阻抗则会影响电能的传输效率。为了充分发挥特高压输电技术的优势,电网企业通常会对输电线路进行精细化的设计和优化,确保在满足安全稳定运行的前提下,实现最大的输电能力<sup>[2]</sup>。另外,直流特高压输电技术则以其输送容量大、送电距离远、线路损耗低、走廊利用率高以及输电可靠性高等特点而著称。与交流特高压输电技术相比,直流特高压输电技术在某些特定场景下更具优势,如跨海输电、跨国输电等。该技术能够灵活应对各种复杂的输电环境,为电力工程的顺利实施提供有力保障。

### 2.3 柔性输电技术

变电站电网智能输变电技术中的柔性输电技术,是电力工程技术的一次重大飞跃,它融合了先进的电力电子器件、控制理论及通信技术,为电网的灵活调控与高效运行提供了前所未有的可能。该技术不仅增强了电网的适应性和稳定性,还促进了清洁能源的广泛接入与高效利用。柔性输电技术,其核心在于“柔性”二字,即通过对输电系统参数的连续、快速、精确调节,实现对电网潮流的灵活控制。无论是交流输电还是直流输电领域,柔性输电技术都展现出了强大的生命力。在交流输电方面,柔性交流输电系统(FACTS)技术通过串联或并联补偿装置,如静止同步补偿器(STATCOM)、可控串联补偿器(TCSC)等,有效改善了电网的电压质量、提高了输电能力,并增强了系统稳定性。这些装置能够迅速响应电网变化,调节无功功率,抑制电压波动和闪变,为电网的安全稳定运行提供了有力支撑。而在直流输电领域,柔性直流输电技术(HVDCFlexible)则凭借其高可控性、低损耗、灵活性强等优势,成为远距离大容量输电、海上风电并网、城市电网增容改造等领域的优选方案。该技术采用电压源换流器(VSC)作为核心设备,能够实现有功功率和无功功率的独立调节,以及电流的双向流动,为电网提供了更加灵活多样的运行方式。随着电力电子技术的不断进步和智能电网的快速发展,柔性输电技术也将不断创新和完善,为电网的安全、稳定、高效运行提供更加坚实的保障。

## 3 智能输变电技术在变电站电网中的应用实践

### 3.1 特高压输电技术的应用

特高压输电技术,通常指的是 $\pm 800$ 千伏及以上的直流电和1000千伏及以上交流电的电压等级,其应用极大地推动了电网建设的现代化进程。在变电站电网中,特高压输电技术的应用主要体现在以下几个方面:(1)提升输电能力。特高压输电技术能够显著提升电网的输电能力。相比传统500千伏线路,特高压线路在输送相同功率的情况下,能够将最远送电距离延长3倍,且输电容量更大。一回路特高压直流电网可以输送高达600万千瓦的电量,相当于现有500千伏直流电网的5到6倍,极大地满足了工业用电和城市供电的需求。(2)优化资源配置。特高压输电技术的应用有助于优化能源资源配置。在新能源快速发展的背景下,特高压技术能够将风电、太阳能等可再生能源电力从资源丰富地区输送到负荷中心,实现清洁能源的大规模开发和利用。这不仅促进了能源结构的优化,还提高了能源利用效率。(3)增强电网稳定性。特高压输电技术能够增强电网的稳定性和可靠性。特高压输电线路的容量大、输送距离远,能够减少中间环节,降低电网的短路电流水平,从而提高电网的安全稳定性。同时,特高压输电技术还能够优化电网的潮流分布,减少线路拥堵和过载现象,提高电力系统的整体运行效率。(4)促进经济发展。特高压输电技术的应用还促进了区域经济的发展。通过建设特高压输电线路,可以加强区域间的电力联系,推动能源优势向经济优势转化。同时,特高压输电技术的应用还带动了相关产业的发展,如电力设备制造、智能电网建设等,为经济增长注入了新的动力。

### 3.2 柔性输电技术的应用

智能输变电技术在变电站电网中的应用实践中,柔性输电技术以其高度的灵活性和控制能力,成为提升电网智能化水平、增强电网稳定性和可靠性的重要手段。柔性输电技术,包括柔性交流输电技术(FACTS)和柔性直流输电技术(HVDCFlexible),其核心在于利用电力电子装置对电力系统进行灵活控制。这些技术在变电站电网中的应用,不仅优化了电网运行,还推动了电力行业的创新发展。柔性输电技术通过快速调节电力系统的有功功率和无功功率,能够有效抑制电压波动和频率偏差,提高电网的稳态和暂态稳定性。例如,在交流输电系统中,静止同步补偿器(STATCOM)等FACTS装置能够迅速提供或吸收无功功率,稳定系统电压;而在直流输电系统中,柔性直流输电技术则能够实现有功功率的快速调节,增强系统对故障的快速响应能力。另外,

柔性输电技术的应用有助于优化电力资源的配置。通过灵活调节输电参数,柔性输电技术能够实现电力资源的跨区域、跨时段优化配置,提高能源利用效率。特别是在新能源并网方面,柔性输电技术能够解决新能源发电的间歇性和不稳定性问题,提高新能源的利用率和并网率。随着电网结构的日益复杂和电力需求的不断增长,电网对适应性的要求也越来越高。柔性输电技术以其高度的灵活性和控制能力,能够适应不同电网结构和运行需求的变化。例如,在电网扩建或改造过程中,柔性输电技术能够减少对传统电网的依赖和影响,降低改造难度和成本。最后,通过集成先进的传感器、通信技术和控制算法,柔性输电技术能够实现与智能电网的无缝对接,为电网的智能化管理和调度提供有力支持。这有助于提升电网的自动化水平和智能化程度,推动电力行业的数字化转型和智能化升级。

### 3.3 轻型高压直流输电技术的应用

智能输变电技术在变电站电网中的应用实践中,轻型高压直流输电技术(Light-Duty High-Voltage Direct Current, 简称LHVDC)以其独特的优势逐渐成为解决特定输电需求的重要选择。轻型高压直流输电技术采用绝缘栅双极晶体管(IGBT)等先进电力电子器件构成电压源换流器(VSC),具有自行关断功能,相较于传统的高压直流输电技术,其优势显著:灵活性强:LHVDC技术适用于多种输电场景,包括向无电源负荷区或弱交流系统供电,展现了高度的灵活性。环保与经济效益高:该技术能够在降低无功需求的同时,动态补偿交流母线的无功功率,稳定交流母线的电压,从而在环保与经济效益方面均表现出色。技术先进:采用VSC技术和脉宽调制(PWM)控制策略,使得对有功和无功的调节变得十分快捷方便,提高了输电系统的响应速度和稳定性。在变电站电网中,LHVDC技术能够高效地将电力从一端传输到另一端,尤其适用于需要长距离、大容量输电的

场景,如海上风电并网、跨区域电力输送等。通过动态调节输电参数,LHVDC技术能够迅速响应电网中的变化,抑制电压波动和频率偏差,提高电网的稳态和暂态稳定性<sup>[3]</sup>。在电力需求与供给不平衡的地区,LHVDC技术能够实现电力资源的优化配置,将多余的电力从资源丰富地区输送到需求地区,提高能源利用效率。随着新能源发电的快速发展,LHVDC技术能够解决新能源发电的间歇性和不稳定性问题,为新能源的并网提供有力支持。随着电力技术的不断进步和电网结构的日益复杂,轻型高压直流输电技术在变电站电网中的应用前景将更加广阔。未来,该技术有望在更多领域得到推广和应用,如城市电网增容改造、海岛供电、微电网建设等。同时,随着智能电网建设的深入推进,LHVDC技术将与智能电网技术深度融合,共同推动电力行业的智能化、高效化和可持续发展。

### 结束语

综上所述,变电站电网智能输变电技术的应用实践,不仅推动了电网技术的革新与进步,还显著提升了电网的运行效率和稳定性。这些智能技术以其独特的优势和广泛的应用场景,在解决新能源并网、跨区域输电等难题上发挥了重要作用。展望未来,随着技术的不断成熟和应用场景的持续拓展,智能输变电技术将在变电站电网中发挥更加关键的作用,推动电力行业向更加智能、高效、可持续的方向发展。

### 参考文献

- [1]高飞,罗辑,屠越,等.水平定向钻铺设钢管内敷设高压电缆技术研究[J].山西建筑,2020,46(03):116-118.
- [2]朱乾华.电力配电工程中电缆敷设技术的应用探讨[J].通信电源技术,2020,37(04):285-286.
- [3]赵坤.输变电技术在智能电网中的应用分析[J].中国新技术新产品,2021(03):11-12.