

# 新时代微型智能电网的应用与探索

许菲

云南华电金沙江中游水电开发有限公司阿海发电分公司，云南省丽江市，674100；

**摘要：**本文围绕微型智能电网展开，其系统架构含发电单元、储能系统、负荷管理和控制系统，可在并网与孤岛模式切换。关键技术有分布式发电、储能、智能控制和通信技术。应用领域广泛，包括住宅、区域级、工业级及偏远地区。发展趋势为数字化、智能化、多能互补等，但也面临技术、经济等挑战。微型智能电网在促进可再生能源利用等方面潜力大，未来随着技术进步和市场机制完善，将在全球广泛应用，为能源转型和可持续发展作贡献。

**关键词：**微型智能电网；系统架构、分布式发电；储能技术；智能控制；能源管理

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.08.035

## 引言

随着全球能源转型加速和对可持续能源需求的日益增长，传统大电网面临着诸如能源利用效率低、可再生能源消纳困难、供电可靠性待提升等诸多挑战。微型智能电网作为一种新型能源系统，通过将分布式能源、储能装置和负荷进行有机整合，能够实现能源的高效利用和灵活调度，在提高能源供应可靠性、促进可再生能源接入等方面展现出独特优势。它不仅是解决局部区域供电问题的有效途径，也为未来能源系统的变革提供了新思路。深入研究微型智能电网的架构、技术、应用及发展趋势，对推动能源结构优化和实现可持续发展具有重要意义。

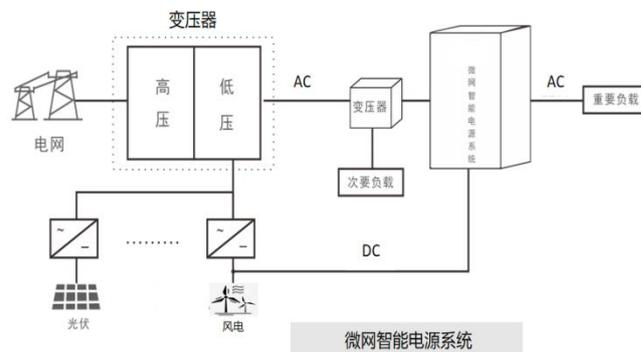
## 1 微型智能电网的系统架构

微型智能电网的系统架构通常包括发电单元、储能系统、负荷管理和控制系统四个主要部分<sup>[1][2]</sup>。发电单元主要由分布式能源组成<sup>[3]</sup>，如光伏发电、风力发电、微型燃气轮机等可再生能源系统。这些发电单元通常分布在用户侧，靠近负荷中心，能够减少输电损耗。储能系统是微型智能电网的重要组成部分，用于平衡发电和用电之间的差异，常见的储能技术包括电池储能、压缩空气储能和超级电容等。

可靠供电管理是指对电网中的用电设备进行智能控制，根据主供电系统电源消失立即调整自主供电的行为。控制系统是微型智能电网的大脑，负责协调各组成部分的运行，实现电网的稳定和优化。典型的控制系统包括中央控制器、局部控制器和通信网络。中央控制器

负责全局优化决策，局部控制器负责执行具体设备的控制指令，通信网络则实现各部分之间的信息交互<sup>[4]</sup>。

微型智能电网可以工作在并网模式和孤岛模式两种状态下。在并网模式下，微型电网与主电网相连，可以交换功率<sup>[5]</sup>；在孤岛模式下，微型电网独立运行，依靠自身的发电和储能能力满足负荷需求。两种模式之间的平滑切换是微型智能电网的关键技术之一。



## 2 微型智能电网的关键技术

分布式发电技术是微型智能电网的核心技术之一。光伏发电系统通过太阳能电池板将光能转化为电能，具有清洁、无噪音、维护简单等优点。风力发电系统利用风能驱动发电机发电，适合风力资源丰富的地区<sup>[6]</sup>。微型燃气轮机是一种小型热电联产设备，效率高、排放低。这些分布式电源的协调运行需要先进的功率电子技术和控制算法。

作为微型电网的核心组件，储能系统对平衡供需波动具备不可替代的功能。电池储能系统，特别是锂离子电池，具有能量密度高、循环寿命长的特点，是目前应用最广泛的储能技术<sup>[7]</sup>。压缩空气储能是利用压缩空

气存储动能，具有功率密度高、响应速度快的特点，适合短时间高功率应用。超级电容介于传统电容和电池之间，具有极高的功率密度和循环寿命，适合频繁充放电的应用场景。

智能控制技术是微型智能电网安全稳定运行的保障。多功能系统是一种分布式控制架构，每个设备或子系统作为一个智能单元，通过相互之间的协议达成统一管控模式。模型预测控制通过建立系统模型，预测未来状态并优化控制策略。人工智能算法如深度学习和强化学习在微型电网的优化调度和故障诊断中显示出巨大潜力。

通信技术实现了微型智能电网各组成部分的信息交互。可通过电力线载波、光缆或其他网络通信，保证了关键控制指令的实时传输<sup>[8]</sup>。通过防火墙或加密装置的信息安全技术确保电网网络安全，系统安全稳定运行。

### 3 微型智能电网的应用领域

住宅应用方面，住户可利用屋顶安装光伏、家用储能系统和智能家电与微型智能电网整合，实现家庭供电全面控制与管理<sup>[9]</sup>。通过智能管理和监测用电情况，使能源智能管理系统根据市场电价和屋顶光伏的发电情况自动调整用电策略，如利用电价低谷期对设备充电和使用能耗高设备。通过智能管控实现家庭用电成本降低，提高可再生能源利用率。

区域级微型智能电网服务于整个区域或商业区，区域级包含多种分布式能源、集中式储能和多样化的负荷整合，规模更大，复杂性更高。通过智能调度和自能控制计算，可以实现在区域内部能源共享和配置优化。如利用商业楼的光伏发电在周末供给区域邻近使用。区域级微型电网在主电网故障时，还具备应急供电功能，保障关键负荷的电力供应能力。

工业级微型智能电网针对高能耗场所企业设计，如：铝厂、铁厂等。工业生产负荷量大和供电质量要求高，对效率提升和电能质量改善有着高要求。微型电网可以通过精准控制，起到稳压作用和减少频率偏差，同时储能系统还可以提供无功补偿和谐波抑制。此外，利用工业废热转换成热电也是工业微型电网的重要能源来源。

偏远地区微型电网能有效解决无电地区或电网可靠性薄弱地区的供电问题。如边疆地区，大型游轮等。这些地区往往系统供电可靠性较差或无电网基础设施，

但又迫切需要供电可靠性。可因地制宜，采用由光伏、风电、柴油发电机和储能系统组成的单一或混合微型电网，提供可靠的电力供应需求<sup>[9]</sup>。这类系统通常工作在孤岛模式，需要更复杂的控制策略来维持系统稳定。偏远地区微型电网不仅保障国家安全需要，还改善着当地居民的生活条件，促进了经济发展和社会进步。

### 4 微型智能电网的发展趋势与挑战

随着不断地发展、未来微型智能电网的发展将呈现几个明显趋势。首先是数字化和智能化程度的不断提高。随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，微型电网将具备更强的控制功能和自适应能力，足够更精准地控制发电和负荷，优化运行策略。其次是系统的多种功能互补的兴起。将微型电网与电力系统整合，同时、还将与风、光、水、储等能源系统协同优化，实现更高水准的能源综合利用。再次是区块链技术在微型电网中的应用。区块链的形成将实现点对点能源交易，实现用户之间的直接能源买卖，促进能源便民化。而数字孪生技术的应用，将为微型电网提供虚拟仿真平台，支持系统评估、优化、设计、测试。另外，模块化和标准化也是发展方向<sup>[10]</sup>，会实现微型电网的建设成本降低，促进大规模推广应用。

同时，微型智能电网的发展也面临技术、经济、市场、政策等诸多挑战<sup>[10]</sup>。怎么实现多种异质能源的高效整合和协调控制。设备还不够成熟，高昂的研发成本阻碍了微型电网的广泛应用；电价机制、并网标准和利益分配方案等都是亟待解决的问题。此外、需要我们共同探索更加智能的设备系统和提高公众对微型电网的认知。

### 5 结论

微型智能电网将是未来能源系统的重要组成部分，该电网在自治性、稳定性、兼容性、灵敏性、经济性、自愈性的主要特点<sup>[9]</sup>，在促进可再生能源利用、提高能源效率和增强电网可靠性方面展现出巨大潜力。未来发展趋势展现在一下几个方面：一是研发出更高效的能源转换和存储技术，降低系统成本；二是优化设计更加智能的控制算法，提高系统的自治性和自愈性；三是探索更新的商业模式和市场机制，有效促进微型电网的经济性；四是加强标准体系建设，推动技术规范化和设备兼

容性。

本文系统描述了微型智能电网的整体架构、关键技术、应用领域以及未来发展趋势和挑战。研究表明,尽管面临技术、经济和政策方面的挑战,但随着相关技术的进步和市场机制的完善,微型智能电网的应用将大有作为、大有可为,在不久的将来在全球范围内得到广泛应用<sup>[11]</sup>,为全球能源转型和可持续发展做出重要贡献<sup>[12]</sup>。

### 参考文献

[1]张明智,李光华.智能微电网技术及应用[M].北京:机械工业出版社,2020.  
[2]Wang C,et al.Microgrid technologies and applications[J].Renewable Energy,2021,45(3):112-125.  
[3]孙丽兵,李肖艳.基于新型能源的分布式智能微电网系统的探索研究[J].能源研究与管理,2012(2):6-8.  
[4]陈红君,张杰,桂远乾,周强.沐若水电站计算机监控系统设计[J].人民长江,2013,44(8):84-86.

[5]时珊珊,鲁宗相,周双喜,等.中国微电网的特点和发展方向[J].中国电力,2009,42(7):21-24.  
[6]孙丽兵,李肖艳.基于新型能源的分布式智能微电网系统的探索研究[J].能源研究与管理,2012(2):6-8.  
[7]杨建航,冯文婷,韩俊伟,等.锂-钠-氯二次电池的最新进展——从材料构建到性能评估[J].储能科学与技术,2024,6:1824-1834.  
[8]王文新.数字电子技术在网络中的应用研究[J].信息安全与技术,2013(7).  
[9]王立新,陈向阳.基于人工智能的微电网优化调度研究[J].电力系统自动化,2022,46(8):56-64.  
[10]王成山,李鹏.分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战[J].电力系统自动化,2010,34(2):14-16.  
[11]International Energy Agency. Microgrids in the energy transition[R]. Paris: IEA Publications, 2021.  
[12]左文霞,李澍森,吴夕科,等.微电网技术及发展概况[J].中国电力,2009,42(7):26-29.