

摘要: 智能电网和微网是本世纪新兴的 2 个概念。文中从智能电网与微网的关系出发,通过阐述中国式智能电网和微网的内涵,提出未来智能配电网的一种新的组织形式智能微网,并分析了智能电网与新能源的协调发展

关键词: 智能电网;智能微网; 新能源; 协调发展

近年来国际范围内逐步开展了智能电网的研究与实践计划。智能电网的概念最早是美国为了解决日益老化的电网而提出的一种解决方案,旨在通过升级改造原有电网的发电、输电、配电和用电环节达到更加环保、高效、互动的现代化电力系统。针对未来含有微网的智能化配电网,美国电力研究院 fEPRI)在 2004 年开始制定了详细的科研计划,并构建了新的科研管理机构和—个世界范围内智能电网研究的网络化平台 Intelligrid~sj,以引领世界范围内智能配电网的技术研究。

智能电网技术有机融合了高级传感、通信、自动控制等技术,具有自我管理—与恢复、兼容性强等特点,其快速发展为分布式能源的无缝并网提供了良好的技术保障。通过合理利用各类高级控制技术,能推动各类分布式能源与现有电力系统的有机融合,实现“即插即用”、实时互动和协调运行。目前,分布式能源的开发利用多处于自治运行模式,缺乏—个长远的—具体发展模式,进而实现分布式能源的大规模的开发利用。因此,积极研究智能电网环境下的分布式能源发展模式对未来实现分布式能源大规模的开发,缓解能源危机等战略目标具有重要的意义。

(一)智能电网概述

1. 智能电网的概念和特征

智能电网就是将先进的传感测量技术、信息技术、通信技术、计算机技术、自动控制技术和原有的输、配电基础设施高度集成而形成的新型电网,它具有提高能源效率、减小对环境的影响、提高供电的安全性和可靠性、减少电网的电能损耗、实现与用户间的互动和为用户提供增值服务等多个优点。

智能电网的智能化主要体现在:

可观测——采用先进的量测、传感技术;

可控制——对观测状态进行有效控制嵌入式自主处理技术;

实时分析——完成数据到信息的提升;

自适应和自愈等几个方面。

综合而言,智能电网具有以下主要特征:

(1)坚强。在电网发生大扰动和故障时,电网仍能保持对用户的供电能力,而不发生大面积停电事故;在自然灾害和极端气候条件下或人为的外力破坏下仍能保证电网的安全运行;具有确保信息安全的能力和防计算机病毒破坏的能力。

(2)自愈。具有实时、在线连续的安全评估和分析能力,强大的预警控制系统和预防控制能力,自动故障诊断、故障隔离和系统自我恢复的能力。

(3)兼容。支持可再生能源的正确、合理的接入,适应分布式发电和微电网的接入,能使需求侧管理的功能更加完善和提高,实现与用户的交互和高效互动,满足用户多样化的电力需求。

(4)经济。支持电力市场和电力交易的有效开展;实现资源的合理配置;降低电网损耗;提高能源利用效率;为用户提供可承受电价水平的电力。

(5)集成。实现包括监视、控制、维护、EMS、DMS、MOS 等电网信息的高度集成和共享,采用统一的平台和模型,实现标准化、规范化和精细化管理。

(6)协调。实现电网与批发电力市场和零售电力市场间的无缝衔接,提高电办系统的规划、运行和可靠性管理水平,促进电力市场竞争效率的提高。

- (7)优化。优化资产的利用，提高资产利用效率，降低投资成本和运行维护成本。
- (8)优质。电力用户的电能质量得到有效保障，实现电能质量的差别定价。
- (9)交互。实现电网与用户设备和行为间的交互，促使电力用户发挥积极作用，实现电力运行和环境保护等多方面收益。

为整合分布式发电的优势，削弱分布式电网的冲击和负面影响，充分发挥分布式能源的效益和价值，应积极构建基于分布式能源的微网。

微网是一种由负荷和微型电源共同组成的系统，它可同时提供电能和热量；微网内部的电源主要是由电力电子装置负责能量转换，并提供必须的控制；微网相对外部大电网表现为单一的可控单元，同时满足用户对电能质量和供电可靠性、安全性的要求。

智能电网(smart grid)和微网(microgrid)是21世纪新兴的2个概念，随着世界多个国家的积极探索和研究，已迅速延伸至政府、电力、信息、经济、金融等多个行业和领域，成为电力系统未来发展的重要方向。智能电网和微网在国际上的蓬勃发展，对中国未来电网的规划和建设有着很好的启示和借鉴意义。随着中国电力体制改革的深入完善、电网结构的不断调整和发展方式的逐步转变，将给建设智能电网和微网带来巨大的发展机遇。

(二) 智能电网与微网的关系

微网是智能电网的重要组成部分，理由如下：

- 1) 智能电网首要的特点是自愈，即不论发生什么事故，它都能通过自身解决，保证电力系统的安全性。而微网是一个集成了分布式电源、负荷、储能以及保护和控制等一系列环节的小型供能系统，它最大的特点是能够自治运行，这一特点与智能电网的自愈特点相类似。
- 2) 智能电网鼓励终端用户参与电网进行互动，实现资源的优化合理配置。微网作为一个独立的供能网络，也需要根据用户的信息进行动态调整，实现供需平衡。
- 3) 智能电网具有全方位的安全决策，能够抵御物理攻击和网络攻击。同样，微网不仅能够作为备用电源对受端网络提供有效支撑，还能在遭受极端灾害条件下提高整个电网的抗灾能力和灾后应急能力。
- 4) 智能电网的可兼容性允许接入不同类型的发电和储能系统。而微网本身就是分布式电源和分布式储能的集合体，正是基于这个条件微网才能实现系统内部的能量存储和转化。
- 5) 智能电网能够提供满足未来用户需求的电能质量。而微网构建的条件之一是靠近负荷中心，对负荷进行分级。微网可以对不同级别的负荷实现个性化供电，即能够为重要用户提供优质可靠的电力服务。

(三) 智能微网

1. 微网智能化的需求

- 1) 技术需求。微网作为未来智能电网的有力补充，实现智能化是其基本要求。从对电网潮流的实时监测到对电网调度的快速响应，从运行模式的平滑过渡到网络拓扑的灵活切换，微网都对信息技术和控制技术提出了更高的要求。
- 2) 装备需求。中国智能电网战略的提出，将引导电力行业的发展趋势，先进的电力装备将越来越多地应用到微网中，如何使它们有效融合发挥最大效用，将是微网需要解决的问题，因此客观上要求微网必须以智能化作为发展目标。

2. 智能微网的概念

智能微网的概念在国际上已经出现。Galvin Electricity Initiative 认为智能微网(smartmicrogrid)是大型电力系统的现代化、小型化的形式，能够提供更高的供电可靠性，更易满足用户增长的需求，最大可能地利用清洁能源和促进技术的创新。Valence Energy 认为智能微网是多种能源发电设备和终端用户设备的智能优化和管理，能够在实现持续发展目标的同时最大化投资效益。本文认为智能微网即微网的智能化，通过采用先进的电力技术、通信技术、计算机技术和控制技术在实现微网现有功能的基础上，满足微网对未来电力、能源、环境和经济

的更高发展需求。

（四）新能源与智能电网

目前煤炭在我国一次能源消费中占比高达 70%，远高于 29% 的世界平均水平。在当前日益严峻的环保和减排压力下，加快新能源的发展，改变现有的能源结构已成为我国当务之急：进入 21 世纪后，美国电力科学研究院(EPRI)、美国能源部(DOE)以及欧盟委员会(Ec)等纷纷提出各自对未来智能电网的设想和框架，用以推进新能源的发展进程…。

但是如果新

源发电大规模接入就会引起电网电能质量下降、电网电压、频率的不稳定等问题。因此，如何优化新能源与智能电网的配置成为亟待解决的问题。

发展新能源和建设智能电网已成为世界的潮流。新能源与智能的电网发展是相辅相成的。从新能源利用方式来看，新能源主要通过转化为电能实现其终端的利用，且新能源发电有着不同于常规电源的出力特性；电网作为电力输送的载体，智能电网代表未来电网的发展方向，是实现新能源发展的平台和重要保障。新能源与智能电网协调发展是我国转变能源和电力发展方式，实现可持续性发展的内在要求。在我国，风能、太阳能资源多集中分布在远离负荷中心的西部地区，更需要通过建设坚强智能电网，全面提升电网的大范围资源配置能力，满足新能源大规模接入和消纳的需求。智能电网切合新能源产业发展,对经济具有强大的拉动作用.智能电网应从我国的历史背景和经济背景出发,探索高效的发展模式。

新能源指在技术基础上开发利用的能源，有太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能水能等非化石能源，具体即是能量的转化，将太阳能、风能、生物质能等转换成电能。新能源的主要特征是可再生，而且分布广、品种多，可当地化开发和分散式利用。更为突出的优点是不含碳或含碳少；缺点是能量密度低，开发利用需要较大的空间，而且具有波动性、间隙性及不稳定性等特征。智能电网的成熟成为新能源产业根本突破发展瓶颈的前提。

大力发展分布式能源势必给当前电网的正常运行带来巨大的挑战。多数分布式能源的输出功率具有较强的随机性和间歇性，如风能发电、太阳能发电等。大规模清洁能源的并入会导致电网电压水平变动、线路传输功率超出极限、系统短路容量增加和系统暂态稳定性改变等一系列问题。智能电网技术有机融合了高级传感、通信、自动控制等技术，具有自我管理、兼容性等特点，其快速发展为分布式能源的无缝并网提供了良好的技术保障。通过合理利用各类高级控制技术，能推动各类分布式能源与现有电力系统的有机融合，实现“即插即用”、实时互动和协调运行。目前，分布式能源的开发利用多处于自治运行模式，缺乏一个长远的具体发展模式，进而实现分布式能源的大规模的开发利用。因此，积极研究智能电网环境下的分布式能源发展模式对未来实现分布式能源大规模的开发，缓解能源危机等战略目标具有重要的意义

从利用角度来看，新能源只有当它实现能量的转化，才能发挥其作用。因此，新能源也期望能进入电网，实现自身的价值。然而，新能源如太阳能和风能在能量的转化过程中存在一个致命的弱点就是其自身的间歇性、不稳定性、不连续性等。这些必然降低电网的可调度性，甚至降低电网的安全运行，严重时甚至会造成电网的解裂，从而导致电网接入率低，风电场利用小时数低，无法形成规模效应等问题。因此，如何契合新能源与智能电网就成为当务之急。

从协调发展内涵来看，实现新能源与智能电网协调发展就是要求新能源发展与智能电网发展在速度上匹配、在规模上均衡、在技术上适应、在政策上配套。从新能源发展角度来看，新能源的发展要适应电网发展的要求，就是要建设电网友好型新能源电，全面提高新能源发电的可调、可控性，满足电网灵活调度运行的要求。从电网发展角度来看，电网的发展

要适应新能源发展的要求，就是要建设新能源友好型电网，即智能电网，全面提高电网接纳新能源发电的能力，满足新能源大规模发展的要求。新能源与智能电网是电力系统的有机组成部分，从电力系统来看，涵盖了发电、电网、用电、调度等环节，新能源与智能电网协调发展应该是在电力系统各环节内相互适应、相互配合、相互促进的过程，只有实现新能源和智能电网在各个环节的协调发展，才能最终实现新能源与智能电网的总体协调发展。

从新能源与智能电网协调发展分析来看，电网和发电环节协调水平相对较高，而用电和调度环节的协调水平较低。表明目前实现新能源与智能电网协调发展的薄弱环节是用电，因此，我国新能源与智能电网协调发展的优先次序依次是用电、调度、发电和电网环节。从各环节协调发展分析来看，各指标对环节协调度的影响程度不同，从而决定了各环节新能源与智能电网协调发展的重点领域。发电环节的重点领域包括：建设电网友好型新能源电厂，提高新能源功率预测水平，加快调峰电源建设。电网环节的重点领域包括：加快配套电网建设，提高电网输送能力，提高电网自愈能力。用电环节的重点领域包括：实施灵活电价机制，加强需求侧管理，鼓励用户蓄能。调度环节的重点领域包括：实施灵活调度策略，加强新能源调控能力建设，将新能源全面纳入调度计划管理体系。

结语：智能电网和微网作为新生事物其内涵也在不断丰富和深化中。以/ 坚强 0 为物质基础、以/ 互动 0 为核心特征、以/ 智能 0 为技术支撑的智能电网将在中国的经济建设、能源利用和环境保护等方面发挥越来越重要的作用。微网作为智能电网的重要组成部分，扮演着实现电网支撑、防震减灾、提高能效、节能降耗、农村电气化等角色，实现智能是微网发展的客观要求。智能微网通过将先进的信息技术、控制技术与电力技术相融合，不仅能够提供更高的电力可靠性、满足用户多种需求，还能实现能源效益、经济效益和环境效益的最大化，是未来智能配电网新的组织形式。

从电网发展角度来看，电网的发展要适应新能源发展的要求，就是要建设新能源友好型电网，即智能电网，全面提高电网接纳新能源发电的能力，满足新能源大规模发展的要求。新能源与智能电网是电力系统的有机组成部分，从电力系统来看，涵盖了发电、电网、用电、调度等环节，新能源与智能电网协调发展应该是在电力系统各环节内相互适应、相互配合、相互促进的过程，只有实现新能源和智能电网在各个环节的协调发展，才能最终实现新能源与智能电网的总体协调发展