

微电网如何推动能源转型

作者：薇洛妮克·布廷 (Véronique Boutin)

马克·费索尔 (Mark Feasel)

凯文·库尼克 (Kevin Cunic)

简·魏尔德 (Jean Wild)

概要

20 世纪初，电力生产的集中化取得巨大进步，使得规模经济得到显著发展，电厂效率也得到提高。

现今，能源的分散化，通过提供获取可靠、绿色、弹性能源的最优方式，帮助应对 21 世纪的能源挑战。

微电网作为一种新兴的能源生态系统，可通过特定电力区域内的一个本地互联能源系统提供切实可行的解决方案，并将负荷、分散的能源资源、电池储存和控制能力结合在一起。

能源转型 的背景

全球电力需求的预计增长量

国际能源署 (IEA) 数据显示, 考虑到由节能举措带来的能耗降低, 到2030年, 全球的电力需求预计将增加约40% (与2012年相比^[1])。当然, 短期的发展可能因经济条件和地区而异。但是, 全球趋势由以下重要因素推动:

- 人口因素: 到 2030 年人口增长 18%, 其中发展中国家人口增长占大多数, 预计达 71 亿人^[2]
- 发展中国家的能源获取途径
- 新电器的日益增长
- 预计某些能源消耗将向电力转移 (例如, 电动汽车)
- 全球城市化进程的不断推进需要额外的能源支撑, 电网基础设施扩展成为必然

CO₂ 排放和化石能源的减少

发电所产生的 CO₂ 排放占世界能源相关 CO₂ 排放的 45%。发电所产生的碳排放取决于产生的电量和多能源发电 (或能源使用类型)^[3]。电量与能源需求直接相关, 电量在全球范围都将增加。因此, 降低 CO₂ 排放量需要对能源结构进行改变, 并采用“更清洁”的能源。此外, 在偏远地区, 居民主要依靠柴油发电机发电, 并花费大量金钱进口燃料, 因此, 可再生能源发电成为一种经济有效的选择。

对供电弹性的需求

在一些发达国家, 电网正在老化, 在电力中断或不稳定——尤其是由恶劣天气所造成的情况下, 电网几乎没有供电弹性。在过去十年里, 停电时长超过一小时的次数一直在稳步增加。这在美国尤其成问题^{[4][5]}, 根据美国能源部的数据, 停电造成美国企业每年损失超过 1000 亿美元, 而与天气相关的电力中断造成的损失最大。与天气相关的停电事件越来越多的主要原因是基础设施老化: 在过去的五年里, 所有主要停电事件的 68%到 73%是由天气原因造成, 而其影响预计在未来还将增加。虽然大多数能源供应中断发生在本地, 但其影响往往会导致国家或国际问题。

使 12 亿人获得能源

由于基础设施缺乏或不足, 2013 年, 预计全球人口的 17%——约 12 亿人——无电可用。此外, 更多人获得的能源并不可靠或质量低下。那些无电可用的人口 (其中 95%) 生活在非洲撒哈拉沙漠以南地区和亚洲发展中国家, 主要集中在农村地区。能否获得现代能源可能是实现联合国千年发展目标 (United Nations Millennium Development Goals) 的关键因素, 使发展中国家的穷人能够有效利用能源, 从而使他们的生活条件得到改善^[2]。

- [1] 《对电力生产和使用的预测》，国际能源署
- [2] 《电力供应对经济发展的影响：文献综述》，能源有效利用 (PRODUSE) 倡议
- [3] 《十大发电厂发电产生的碳排放 (2012) 》，国际能源署
- [4] 《智能电网：说明》，美国能源部
- [5] 《微电网思考——一本面向决策者、监管机构和终端用户的议题指南》，国际区域能源协会、施耐德电气、微电网知识网 (Microgrid Knowledge)

微电网理念

预期的能源趋势

对能源行业的预测包括电力需求增加、全球能源供应得到改善以及 CO₂ 排放和化石能源的减少。以上预测，以及对提高供电弹性的需求，使得新的能源生态系统——微电网应运而生。微电网是本地独立的能源供应系统，通常以多种能源为基础。此外，微电网比较高效，且可以实现更为智能的控制。

因此，微电网可能成为能源转型的关键之一。

新能源生态系统的出现

能源分散化是可以帮助应对 21 世纪能源挑战的重要发展。20 世纪初，电力生产的集中化取得了巨大进步，这使得规模经济得到长足发展，电厂效率也得到了提高。20 世纪的集中化也使电力使用全面增长。然而，如今的情况变化很大，配电企业需要为更多人提供更多、更清洁及具有高供电弹性的能源。

技术和经济也已发生重大变革——仅在过去的 10 年里，能源市场就发生了巨大的变化。能源分散化取得了重大进展，例如太阳能和电池储能系统。物联网 (IoT) 投入使用，激发了新的合作和优化能力。这些因素促使新能源生态系统 (如微电网) 的出现，这些新能源系统成为了解决能源问题的一条途径。

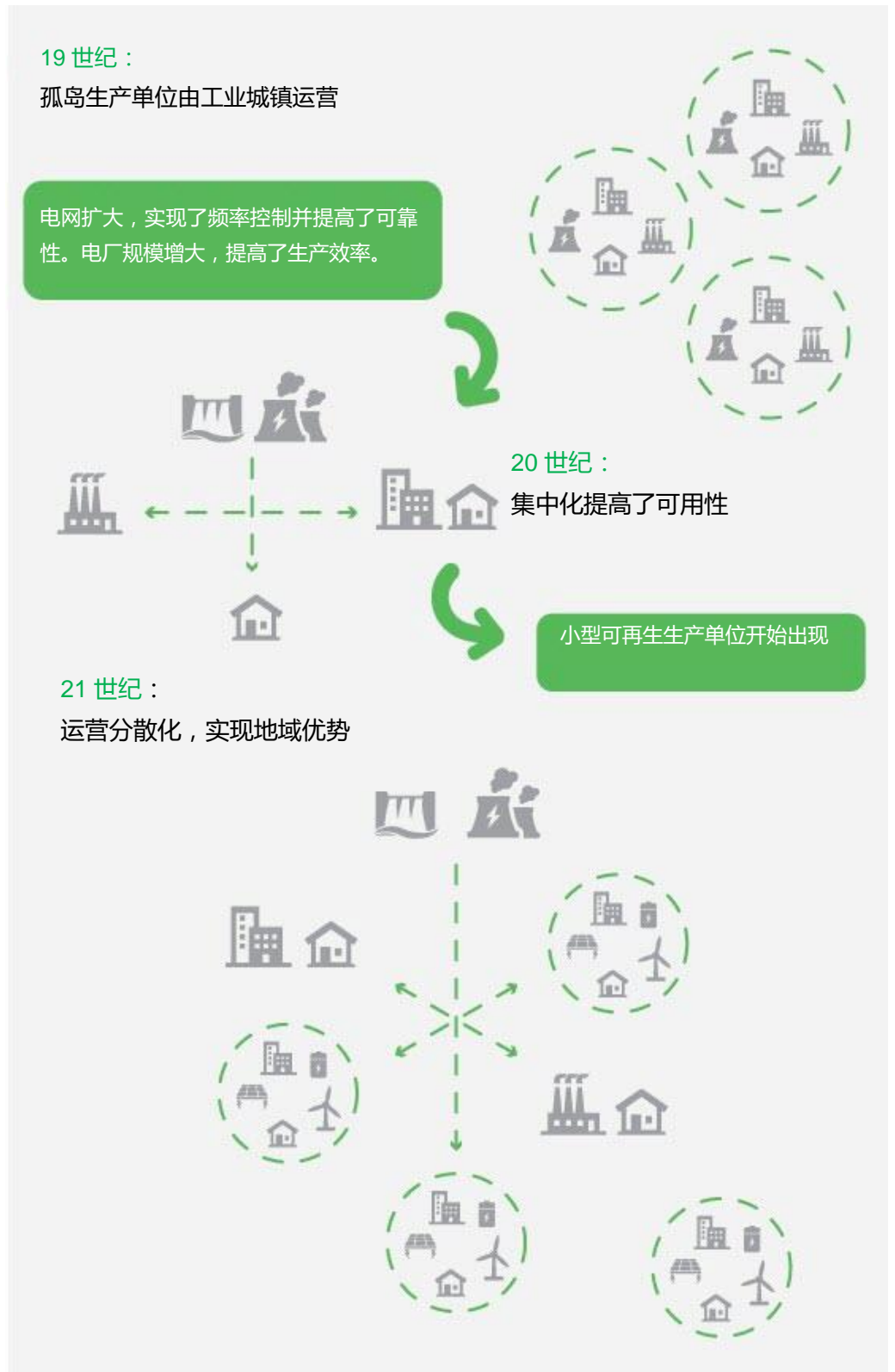
本白皮书主要关注微电网的电能系统，在被当地情况和法规所允许情况下，微电网还包括其他主要能源系统，如燃油、天然气、热水和蒸汽。

什么是微电网？

微电网是特定电力区域内的一个本地互联能源系统

- 将负荷、分散的能源资源，包括储能结合在一起
- 多种能源来源或仅电力
- 并网或离网模式
- 一个单独的实体，在两种模式下都可以独立控制
- 功率范围从几千瓦到几兆瓦，电压高达兆伏

图 1
新能源生态系统的出现



微电网优势

微电网通过提供切实可用、易获取的能源，提高能源可靠性、供电弹性、能源易获取性、能源独立性、绿色能源、能源安全、能源成本优化、能源灵活性，并提高了参与电力需求响应计划或电网平衡计划的能力，由此助力推动能源转型。

能源可靠性：微电网能够独立于主电网，实现自给自足，从而提高供电弹性

当主电网中断或不稳定时，微电网将迅速退耦，并继续从本地能源中输出能源。通过微电网的本地管理系统，可以优化管理和调整负荷优先级和控制策略。此外，在不稳定风险可预测的情况下（比如预报有恶劣天气），可以通过有计划地采取预防策略为微电网做好准备，例如减少非关键负载、电池储能充电，以提高系统未来的弹性。如果一个分布式能源(DER)出现问题或正在进行维护，微电网可通过自主动态的重新配置实现备份。

能源成本优化和能源灵活性：优化配置分布式能源，为自消费、储能时间转换、需求响应计划和电网平衡服务提供最佳的资源组合

为了实现绿色能源的自消费，可使用本地可再生能源来取代主电网或本地化石燃料发电机产生的全部或部分能源，以帮助减少与能源有关的温室气体排放。通过在白天储存可再生能源（太阳能），在晚上太阳能无法获取时消耗储存的电力，来增加本地储能，进而最大化利用这一资源。

其次，可以将微电网作为一种灵活的分布式能源资产。例如，微电网可以通过优化本地发电、储能和负荷管理计划，来参与电力需求响应计划或电网平衡计划，从而在考虑用户约束和电价的同时，满足缩减或辅助服务的要求。

能源独立和绿色能源：整合可负担的可再生能源以提高安全性、减少排放和降低燃料成本

很多情况下，一个国家的能源需求可通过进口石油来满足。柴油发电可产生大量 CO₂ 排放，其对燃料进口的高度依赖还影响着本地经济。例如，在汤加岛，目前约 97% 的发电量来自柴油发电机组。2012 年，该岛使用了约 12 兆升（320 万加仑）的燃料用来发电。只有剩下 3% 来自光伏发电。微电网技术可以通过提供智慧能源和能源管理能力，来大幅改善上述情况，从而提高可再生能源的普及率，而可再生能源直到最近还受到稳定性和可变性问题的限制。

能源易获取：在偏远地区或远离主电网时，通过微电网的自给自足，以合理的成本获取能源

微电网可以大大加快智能电网在偏远地区的部署，并提升对发展中国家的能源供应。部署智能电网是一项复杂的工程，需要对电网基础设施进行大量调整，这将花费一定

时间。微电网是可以展示智能分布式能源系统潜力的短期替代方案。在缺少能源网络的发展中国家，当地可再生资源的分散化的灵感，可能来自移动电话业务的扩展，因为此业务克服了大型基础设施投资的障碍。与之类似，在短期内，微电网可以为能源生产和输送，提供切实可行的解决方案。

总结

能源分散化是可以帮助应对 21 世纪能源挑战的重要发展。技术和经济的重大变革依旧在发生。能源分散化取得了重大进展，例如太阳能和电池存储。物联网也投入使用，以驱动新的合作和优化能力。微电网是这次能源转型的一个解决方案，其优势包括能源可靠性、能源易获取性、可再生能源发电的独立性以及能源成本的优化。

现阶段，微电网的未来还很难预测，但我们似乎正步入一个时代，在这一时代，微电网将成为常态，而非例外。前瞻性研究表明，微电网在技术上可行，并且可能成为推动如太阳能或风能等间歇性发电广泛应用的一条途径^[6]。微电网可能是能源转型的关键之一。

[6] Vincent Krakowski, Xiang Li, Vincent Mazauric, Nadia Maïzi, 《电力系统同步规划工作：从 Kuramoto 格子模型到动能聚合》，第八届国际应用能源大会——ICAE2016

作者简介

薇洛妮克·布廷 (Véronique Boutin) 是一名来自高等电力学院的工程师。她的博士论文主题为一个热力学太阳能发电厂的实验项目。在施耐德电气，她曾设计出各种工业环境中的诸多自动化系统。后来，她专注于创新研究，并参与了多个大型合作项目，例如关注建筑物能源效率的 HOMES，以及关注工业、建筑和基础设施协同自动化的 Arrowhead 等。她作为分析、应用和项目团队的一员，负责概念验证的演示工作。

马克·费索尔 (Mark Feasel) 负责施耐德电气在北美的智能电网活动，通过位于电力基础设施控制中心的用户负荷，专注于能效优化、弹性供电和可持续性。马克从 1980 年代开始从事微电网活动，负责与弹道导弹潜艇的核反应堆相关的电气系统的运维，并持续至今，他曾领导一家能源管理和分布式发电控制公司，并负责施耐德电气北美地区电力管理和控制的商业运作。

凯文·库尼克 (Kevin Cunic) 是施耐德北美微电网能力中心的微电网商业推广产品经理。他有 20 多年的自动化系统、高级实时测量、电力管理和能源应用背景，行业涉及工业、商业、配电企业、机构、军事和联邦设施。他是注册能源管理师，可再生能源专家和注册需求侧管理师。

简·魏尔德 (Jean Wild) 现任施耐德电气的研发项目经理，负责微电网和智能电网解决方案。他拥有马赛中央理工学院的电理学工程学位，和艾克斯-马赛大学的电理学硕士学位（深入学习文凭）。他专门研究电力质量和配电问题，尤其是智能能源系统的电力质量和配电问题，以便将更多的可再生能源融入配电网和微电网当中。他已为施耐德电气管理过多个国际合作项目。