

# 微电网的优势及示例项目

## 作者

Jean Wild

Véronique Boutin

Philip Barton

Lance Haines

## 内容概要

微电网有以下优势：

- 能源可靠性：微电网能够独立于主电网，实现自给自足，从而实现弹性供电
- 能源易获取：在无法接入主电网的情况下，以合理的成本获得能源
- 能源独立：通过整合更多可再生发电方式来减少化石燃料消耗
- 能源成本优化：利用能源灵活性优化能源结构和电网平衡

## 微电网的优势

本文探讨了微电网能够带来的优势，并提供了相关微电网项目的实例。

**能源可靠性：**微电网能够独立于主电网，实现自给自足，从而实现弹性供电

在一些地区，由于恶劣天气事件造成的停电事故不断增加。2003年8月，一次大面积停电造成美国东北部和加拿大东部地区大约5500万人断电。而2012年7月，印度发生的世界上最大的断电事故影响的范围更大，造成该国一半人口断电。不久之后，飓风“桑迪”袭击了美国东部，导致800万客户断电<sup>1</sup>。

美国列克星敦研究所（Lexington Institute）称，由于美国电网的供电弹性问题，平均每天至少有50万人受到停电影响，每年造成损失达1190亿美元<sup>2</sup>。

微电网能够独立于主电网，实现自给自足，从而提高了供电弹性。当主电网遇到重大问题时，微电网能够快速解耦，并仍然可以继续从地方电源供电。由于地方生产、储电容量和瞬时状态的影响，这种自主供应可能受到限制。然而，借助微电网的地方管理系统，可以对负载优先级进行优化管理，控制策略也可以得到相应调整。

此外，在问题风险可预测的情况下（比如预报有强风暴），可以通过有意采取预防策略为微电网做好准备，例如减少非重要负载、准备进行待调度的地方发电，以及为电池充电以提高系统未来的弹性。

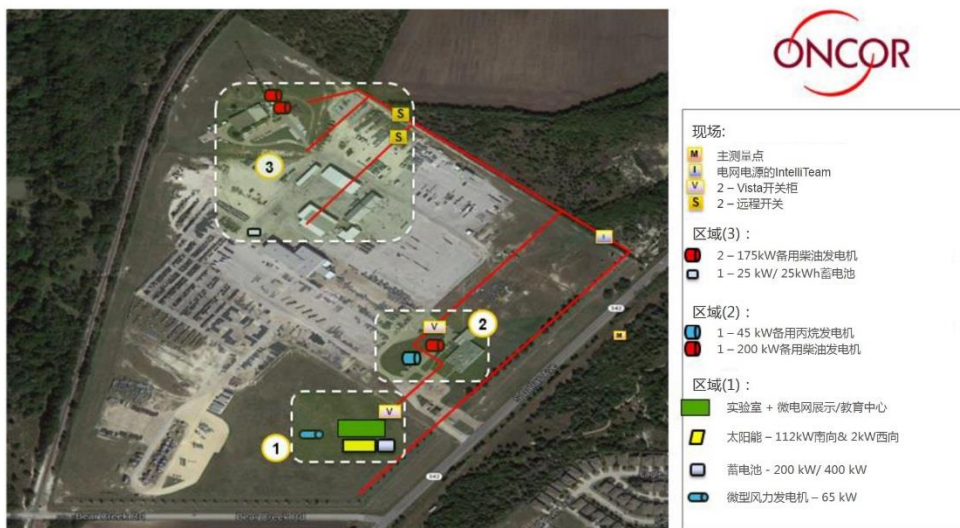
当微电网本身出现问题时（例如，其中之一的电源遇到问题或正在进行维护），微电网能够进行备份，并自动进行重新配置。

---

<sup>1</sup> *How Prosumers Leverage 4 Technologies for Greener, Reliable, Economical Energy* by Francois Borghese, Schneider Electric

<sup>2</sup> S. Bhattacharyya, S. Cobben, “Consequences of Poor Power quality – an Overview”, *Power Quality*, book edited by Andreas Eberhand (Ed.) ISBN:978-953-307-180-0, InTech, 2011

图 1 Oncor 校园微电网



参考一个校园微电网的实例：

**概况：**超过 100 英亩的系统运营服务设施

**挑战：**

- 提升电网容量和可靠性
- 利用现有资源
- 利用灵活的动态微电网技术
- 监测和优化分布式能源 (DER)
- 运营两组太阳能光伏阵列、一台微型涡轮机、两个储能系统以及四台现有发电机

**解决方案：**Oncor 的创新型系统包括四个相互连接的微电网，并使用九个不同的 DER，其中包括基于逆变器的资源和非基于逆变器的资源，这些资源可以与主公用电网断开，也可以重新连接到主公用电网上。微电网控制器和运营软件可以提供信息、通信和控制，通过优化协调负载、发电和存储，将能源灵活性的价值转化为经济价值。

**结果：**

- 在从并网模式切换到离网模式时，控制器可以保护操作，并方便切换，以确保关键负载能够获得可靠的电源。
- 它能够根据需要，实现从单微电网到多微电网协同工作配置的无缝过渡。
- 通过采用容错方法，设备可以储存来自电网馈电或设施的任一发电来源的电力。
- 基于云的用于经济负荷分配和 DER 预测的平台，进一步优化了供电并提高了供电的智能水平。支持多种用例，并且还使用行业标准通信协议，创建了微电网与公用电网之间的连接。

图 2 米拉马尔海军陆战队航空站关键任务微电网



参考一个关键任务微电网的实例：

**概况：**占地 3,500 英亩的米拉马尔海军陆战队航空站运行和维护设施

**挑战：**

- 该航空站的关键设施必须持续不间断运行，即使公用电网被危害或受损时也不能受到影响。
- 设计必须具有可扩展性，以便在用电高峰期间为设施供电和进行电力管理。
- 设计必须纳入可再生资源、采用先进的智能电网控制系统并具备需求响应能力。
- 该航空站努力成为一个“净零能源设施”，也就是说，其在一年中生产的能源要与消耗的能源一样多。

**解决方案：**米拉马尔的创新型系统包括现有的能源资源（如垃圾填埋气、太阳能光伏发电和储能系统）以及一座升级后的 7 兆瓦发电厂（主要使用垃圾填埋气发电）。微电网控制器和运营软件可以提供态势感知、通信和控制，通过优化协调负载、发电和存储，将能源灵活性的价值转化为经济价值。该系统包括对电力控制系统的升级和集成。

**预期结果：**

- 该项目计划于 2018 年 7 月前完工。
- 届时，微电网将能够在与电网分离的情况下为设施供电。在与主电网连接时，微电网将通过需求响应与电网智能交互。
- 微电网将增强和扩展现有现场可再生能源的功能：1.6MW 太阳能光伏发电和 3.2MW 垃圾填埋沼气发电。
- 目前，该航空站目前所使用的可再生能源比例为 50%，而目标是到 2019 年达到 75%，且最终目标是达到净零能源状态。

### 能源易获取：在无法接入主电网时，以合理的成本获得能源

微电网可以大大加快智能电网的部署，并增加发展中国家民众获取能源的机会。

实施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的调整。这既需要时间，也需要投入大量的资金。微电网可以作为一个简单的替代方案，用来展示规模更小但经济性更好的智能能源系统的潜力。

在没有能源网络的发展中国家，实施大规模分散化本地可再生能源的灵感，可能来自移动电话业务，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，低功率微电网可以为生产和输送能源提供切实的解决方案。

参考汤加的一个乡村电气化项目的例子：

**概况：**60 个偏远的离网村庄，每个村庄有 80-520 户居民无法获得电力

#### 挑战：

- 以可持续方式获得电力
- 消除对柴油的依赖
- 消除燃料和发电机维护带来的高运营成本（OPEX costs）

**解决方案：**借助离网太阳能和电池存储系统，可日夜获取能源

#### 结果：

- 可以通过完全可再生能源获得电力，而不依赖柴油。
- 这 60 个地点已经成为自主发电厂（15kW 至 75kW）

图 3 汤加群岛乡村电气化项目



### 能源独立：通过整合更多可再生发电来减少化石燃料消耗

例如，汤加群岛除了面临提高能源可及性的挑战外，还必须努力实现能源独立。通过进口石油能够满足该国的能源需求，为四个较大岛屿的 15,000 个客户供电，其中 90% 以上的客户居住在汤加塔布岛上。2012 年，汤加群岛用于发电的柴油量达到 1200 万升。目前，汤加的总发电量约有 97% 来自柴油发动机，其余为太阳能发电。

汤加能源路线图（TERM）是一个为期十年的工作计划（2010-2020 年），旨在减少石油进口和石油价格波动对汤加的严重影响。该计划还有一个目标，那就是以环境可持续的方式增加获得现代能源服务的机会，并满足国际社会减少碳排放的要求。<sup>3</sup>

### 能源成本优化：利用能源灵活性优化能源结构和电网平衡

微电网的一个目标是实现地方可再生绿色能源的自给消费，以便能够部分或全部取代主电网提供的能源，从而有助于减少与能源有关的温室气体排放。增加地方能源储存量可以进一步推进最大限度地利用可再生能源。

另一个目标是将现场分布式发电作为灵活的能源资源，以优化需求响应程序的参与情况，即使用地方发电或负载管理来应答负荷削减请求。在一些地区，通过实施电网回购，客户能够通过将可再生能源馈送回电网而获得补偿，通常无需进行自给消费。

例如，请参考莫尔比昂省立能源协会（SDEM），法国布列塔尼地区的公用事业公司。



图 4 SDEM：法国莫尔比昂省立能源协会

<sup>3</sup> Pacific Lighthouses Renewable energy opportunities and challenges in the Pacific Islands region/Tonga from IRENA 2013 report

SDEM 总部的总建筑面积为 3200 平方米，共有大约 80 名工作人员。

SDEM 建立了一个微电网系统，以便在用电高峰期优化电力需求，以及平滑总部的负荷曲线。

其微电网与公共低压配电网络相连，因此可作为网络的补充，并增加能源的可用性。在电力需求高，或由于网络或发电故障导致的电网功能降低的情况下，现场可以通过为自身负载供电来减轻电网的压力。

其微电网包括以下组成部分：

- 连接到公共低压配电网络
- 额定功率为 110 kW 的光伏阵列
- 额定功率为 2 kW 和 3.6 kW 的风力发电机组
- 由锂离子电池和电子电源转换器组成的储能系统
- 放置在低压服务入口处的 UPS 可保障电源安全，并且可以在离网模式下，稳定建筑电网的电压和频率
- 电气负载：某些电负载是可控的，因此有助于实现生产和消费的均衡

## 总结

能源分散化是一个重要发展方向，可以帮助应对 21 世纪能源挑战。在一系列重大技术和经济进步的推动下，太阳能和能量储存等分散性能源取得了实质性的进展，物联网等推动新合作和优化能力发展的技术也取得了重大发展。微电网是实现能源转型的催化剂。

微电网的优势包括：弹性更好；通过可以更快实施的较低资本密度、模块化、可扩展的解决方案，更为轻松地获取能源；提供更多与电网进行交互的时间和方式选择；以及优化能源成本

微电网已经成为现实，拥有许多成功的交钥匙解决方案案例。

## 作者简介

**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力学工程学位，和艾克斯-马赛大学的电力学硕士学位（深入学习文凭）。他专门研究电力质量和配电问题，特别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。

**Véronique Boutin** 是一名来自巴黎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。在施耐德电气公司，她曾设计出各种工业环境中的许多自动化系统。后来，她专注于创新，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、建筑和基础设施协作自动化的 Arrowhead 等。她是分析、应用和计划团队的一员，负责概念论证的演示工作。

**Philip Barton** 领导施耐德电气的北美战略，与合作伙伴公司合作，在内部和外部组织微电网项目和解决方案。自 1998 年以来，菲利普一直领导施耐德电气团队，从事整个微电网的改造工作，或改进所需的任何技术，包括分布式发电、电力设备、工程服务、逆变器、计量、软件和电力控制装置。

**Lance Haines** 是一位工程解决方案专家，专门从事微电网和太阳能光伏 (PV) 发电厂的建模、仿真和设计。他从业超过 21 年，参与过的项目涉及光伏逆变器、智能负载管理、电动混合动力汽车系统，以及分布式能源资源的项目——光伏、微型风力发电机、电池储存系统、海洋电力和燃料电池方面的项目。朗斯拥有威斯康星大学麦迪逊分校的电机工程学硕士学位 (MSEE)，还以极优等的成绩从莱斯大学毕业，获得了电机工程学士学位 (BSEE) 和西班牙语学士学位，并曾在 IEEE 1547 互连标准工作组任职。