



专家洞察

借助区块链， 让老化电网重 现活力

建立新型模式，
提高能源灵活性

IBM 商业价值研究院



主题专家



Alex Bausch

区块链和通信行业的业务负责人
[linkedin.com/in/alexbausch/](https://www.linkedin.com/in/alexbausch/)
axbausch@bausch.me

1988 年，数据通信开拓者 Alex Bausch 与他人共同创立了 Bausch Datacom；最近，该公司与公用事业行业解决方案的领军企业 Ritter Starkstrom Technik 实现了合并。Alex Bausch 坚信，就像彻底改变电信行业的互联网革命一样，电网的发展也需要经历一次彻底的变革。Alex 是区块链初创企业的导师，经常就这个主题发表文章和进行演讲。他认为，区块链是在复杂的公用事业和其他生态系统中开展合作的关键推动力。



Louis de Bruin

IBM 区块链思想领袖
[linkedin.com/in/louisdebruin](https://www.linkedin.com/in/louisdebruin)
Louis_de_Bruin@nl.ibm.com

Louis de Bruin 是 IBM 全球企业咨询服务部区块链思想领袖，曾担任 IBM 能源和公用事业行业合作伙伴生态系统的全球经理。作为创业者和顾问，Louis 使用区块链、人工智能、云和物联网等技术，在复杂的生态系统中实施解决方案。他目前是荷兰弹性工程中心战略顾问委员会的成员。



Utpal Mangla

IBM Watson AI、物联网与区块链全球负责人
[linkedin.com/in/utpal-mangla-b748541](https://www.linkedin.com/in/utpal-mangla-b748541)
utpal.mangla@ca.ibm.com

Utpal Mangla 是 IBM 副总裁兼高级合伙人，负责领导全球电信、媒体与娱乐等行业的创新能力，重点关注 Watson AI、区块链、5G、边缘计算与物联网技术。他与自己的团队身处最前沿，为全球 IBM 通信领域的客户构建、试验和部署解决方案。



Jos Røling

IBM 能源、环境和公用事业区块链首席技术官
[linkedin.com/in/josroling](https://www.linkedin.com/in/josroling)
jos.roling@nl.ibm.com

Jos Røling 是 Open Group 经过认证的杰出架构师，以及能源、环境和公用事业区块链首席技术官。他是能源行业区块链应用的思想领袖，也是 IT/OT 融合方面的专家。Jos 为欧洲公用事业企业提供关于物联网与区块链计划的咨询服务。

扫码关注 IBM 商业价值研究院



官网



微博



微信公众号



微信小程序

分散式自主系统具有更高的弹性,能够应对一般的系统故障。当系统的某个部分发生故障时,其余部分能够安然无恙。

— 要点

集中式供电变得越来越难以控制,需要平衡来自需求方的影响

区块链有助于统筹成千上万的小型能源,使它们通过市场机制去响应来自公用事业组织的控制,其中一些机制已在发挥作用,还有一些尚待建立。

基于区块链的自主型弹性电网通过验证连接到电网的设备所发的电力,建立信任

区块链用于管理这些未来电网上产生和使用的能源,使它们拥有自我主权身份;此外,还有助于保护国家安全。

自主型弹性模式将集中式大规模发电与分散式小规模发电相匹配

区块链是一种支持技术,可用于创建新市场,使曾经无法使用的分布式资源积极参与到电网稳定服务中。

一旦停电,整个社会都会停摆

目前的电网是为一个不存在的世界而建的。在这个世界中,数量有限、可控制的大型电厂持续发电,配电系统运营方(DSO)通过自上而下的传统电网结构,源源不断地输送电力负荷。问题还不止于此,快速老化的电网还不断面临网络攻击和其他破坏的风险。在为主要地区或整个国家设计电网时,还必须考虑如何避免受到罕见的灾难性事件的影响。

为了给社会带来最大利益,必须全面管理系统运营,平衡多个输配电网络。充分发挥分散资产的作用,让电网更具弹性。越来越多的间歇性能源给还没有为新能源模式做好准备的电网带来压力,而区块链和其他技术有助于减轻这种压力。这些全新的数字技术通过提高现有系统的智能、透明和自动化水平,帮助减少重新设计物理电网架构所需的大量资本投入。

用电者也是发电者

能源供应不断与时俱进,产生了越来越多的配送选择,而且能够在需要的地点、适当的时间使用适当的资源发电。但是,在电网停电期间,太阳能电池组、风力涡轮机和电池等分散的能源通常无法供电。这些设备在边缘进行控制,或根本没有控制。它们缺乏做出适当响应所需的功能和智能。如果电网或通信网络发生故障,分散式发电设备、控制系统和电话通常会断开连接,无法发挥作用。

越来越多的停电事件影响全球社会的正常运转, 区块链有助于应对不堪重负的电网和压力过大的能源系统中的故障。

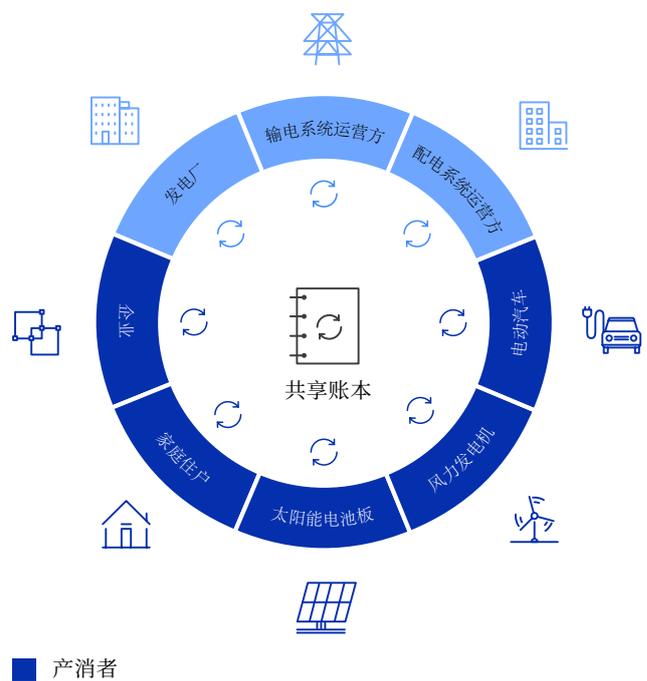
消费者也加入到发电者的行列, 他们安装了分散式发电装置, 将风能、光能和其他能源转化为电能, 传输到电池中进行存储。这样做可将大量相对较小的千瓦级负荷在传统上仅用于消费的中低电压点汇入电网。这些“产消者”的形式和规模各异, 包括:

- 家庭住户;
- 在屋顶安装太阳能电池板的企业;
- 在自己的土地上安装风力发电机和太阳能电池板的农户, 与传统的农业活动相比, 这种发电活动的利润更高;
- 将主要生产过程中的热能(以前被直接排放, 现在成了有价值的副产品)用于发电并输送到电网的企业。

分散式能源生产者通常将所发的电力输送到电网, 然后流向消费者。发生电力中断时, 由于电网中不受控制的电流可能会导致危险情况, 因此会停止向电网输送分散化的电力。那些发电者自身也无法用电。但是, 在自主型电网模式中, 会在网络的较低层级激活分散式网络管理功能, 以匹配当地的发电量和用电量。在日益分散化的电力网络中, 区块链能够管理设备身份、付款以及各方之间的通信(见图 1)。

输电系统运营方 (TSO) 负责保证跨境电网的稳定性。在传统上, 这意味着将数量有限的发电厂所产生的兆瓦级持续负荷与数以百万计具有千瓦级需求的小型消费者以及一些大型商业与工业负荷的需求匹配起来。随着产消者和可再生能源的

图 1
平衡区块链上的电力供需



出现, 小规模的发电负荷间歇性地通过配电公用事业组织进入电网, 使自上而下的传统电网管理模式承受巨大压力。

配电系统运营方 (DSO) 大力倡导分散式微电网控制与当地区域负荷平衡。以 DSO 为中心的观点是, 首先在街道层面保持平衡, 之后在社区甚至城市层面保持平衡, 从而减少输电量。这也意味着接管 TSO 的职责。

TSO 与 DSO 必须充当向电网提供电力的所有各方(包括大型中心发电厂和产消者)的“看门人”。产消者希望进入更广泛的市场, 能够从哪里来源获得电力, 向任何目标出售电力, 而不仅仅是与邻居或 DSO 做交易, 比方说, 可以通过家庭和朋友的能源社区或从其他地方获得电力。

在这种模式下, DSO 可创建额外的“电力市场”, 与目前的 TSO 市场一起进行管理。由于分散式能源的加入, 整个电网系统变得更具弹性。从技术上而言, 未来的电网运营将是更为分布式、更具弹性的系统, 在 TSO 层面维持整体系统运营。最终, DSO 能够像从 TSO 获得电力一样, 从产消者那里购电。产消者则可以更充分地参与新的电力市场。

实现电力互联网

仅仅对目前的集中化模式进行调整, 无法缓解不断增长的分散式发电和存储对电网造成的压力。就像电信行业所发生的变革那样, 必须用“互联网类型”的分散式方法取代大型的集中运营电网。这样, 通过将电网重塑成众多微电网所构成的网络, 就可以自主平衡电力的供需。当中央电网发生故障时, 微电网仍能保持自身内部正常运行, 并在故障修复后与中央网络重新连接。

在短期内, 自主型弹性网络有助于缓解因中央系统故障而对社会造成的冲击, 减少电网故障的连锁反应(轮流停电)。

TenneT: 成功试点后, 电网平衡仍在继续

欧洲输电运营商 TenneT 实施了一个平台试点项目, 旨在展示如何有效应用区块链, 确保使用电力存储系统(包括汽车电池)的电网稳定运行。住宅太阳能电池网络加入电网, 当电网中电力需求增加时, 将暂停对电动汽车充电, 车主将从这种中断中获得补偿。¹

Bausch-Ritter: 电力处理虚拟化

智慧电网创新企业 Bausch-Ritter 畅想如何使用未来技术支持虚拟电厂 (VPP)。VPP 是中等规模的分散发电单元所构成的网络, 支持各个发电点像发电厂那样互相协作, 像子电网或微电网那样工作。这种技术适用于个体发电与用电。例如, VPP 能够让洗衣机和电加热器在特定时间打开和关闭, 具体取决于成本与电力可用性。这样做可以增强而不是削弱电网稳定性。

微电网连接至现有大型电网。不需要通过一次大规模的任务取代目前的模式。

这种模式还有助于消除大规模停电导致附带损失的可能性。如果通信电网中断,就无法使用电子方式为商品和服务付款;无法访问互联网;旅行和导航将变得非常困难,甚至完全无法进行;紧急服务电话可能被打爆。

在自主型微电网中,即使非常罕见的重大灾难袭击某个微电网,也不会影响其他微电网。所有微电网都不受范围外灾难的影响。

支持微电网的技术包括:

TCP/IP。和用于对数据进行标记、识别、存储和寻址的电信领域的 *TCP/IP* 不同,在电网中流动的电子和为设备供电的能量无法单独路由。在物联网 (IoT) 技术的支持下,可以唯一标识发电设备、输电设备和用电设备,从而有的放矢地在网络中引导电力到达目标。

区块链。分布式账本不能由某方独自处理,而是需要所有交易方达成共识。区块链技术能够验证电网上设备的身份。区块链的一种用途是确保电表只能使用获得授权的电量。区块链技术可提供设备身份,控制灵活性,创建稳定的微电网,从而帮助用户建立对网络的信任。因此,区块链能够在设计中保证系统的完整性和信任度。智能合约以数字方式简化、验证或实施履约过程,确保微电网实现分散式发电与需求之间的平衡。区块链还提供交易解决机制,可以平衡微电网产生的分散式电力。

人工智能 (AI)。通过分析来自各个物联网设备的众多数据流,并且接近实时地做出响应,人工智能能够有效预测和推动自主微电网的供需平衡,满足其他需求,在未来的电网中占据不可或缺的地位。在电网停电期间,通过使用嵌入到分布式控制系统设备级别的自主型 AI 代理以及手机,可以形成临时网状网络,将分散式发电设备所发的本地可用电力与社区需求相匹配。

物联网。发电设备、配电站、智能电表和控制系统都是微电网中的“事物”。用电设备也是如此,但它们必须能够进行通信并标识自己,以便系统可以控制其能源行为。从物联网设备收集的数据中得到的洞察有助于将需要能源的人与微网络和微电网对接。

更稳定、更环保、更灵活的电网

在近一个世纪的时间里,电网一直保持着相同的基本特征;而在过去 30 年中,电信业发生了翻天覆地的变化。互联网激发了电信行业的革命,使其从集中管理的电话系统变身为以网络为中心的互联网协议。

目前通信网络的分散式结构使其具有出色的弹性,能够轻松适应不断变化的情况,并在网络中断时启动“自我修复”机制。自我修复是一种恢复过程,当设备或系统察觉到无法正常运行时,无需人工干预即可进行必要的调整,从而恢复正常工作。

加州 Rule 21 法规中提出了逆变器要求,旨在通过最低程度的基础设施升级,实现更出色的运行能力。²

无线网络中的自我修复网络架构可应用于微电网,但这需要较长的时间才能实现。为了能够应对输电路径中发生的故障,需要重新制造当前的设备,并升级电网规范以使其合规。这些“智慧电网”的运营质量水平不能低于采取措施之前的系统。如果以“云修复”(即云计算环境中服务的自动修复)为目标,那么当主电力供应出现故障时,必须对所有物理方面进行远程控制,以实现稳定的分散式自主型电网。这是一项技术要求极高的跨学科工作,由于公用事业归政府所有,因此可能会花费大量时间。

例如,在加利福尼亚州,法规和技术的进步共同形成了新的电网规范,以使用可再生能源的形式提高能源效率。加州是美国第一个要求在太阳能系统中使用智能逆变器的州,这有助于提高互连智慧电网中太阳能逆变器的互操作性和安全性。³自2020年1月1日起,必须使用太阳能逆变器以支持电网,这样,即使出现问题,电网也不必被迫断开连接。要实现这一目标,需要结合全新的逆变器设计、规范与法规变化,并说服监管机构相信,清洁能源的未来对电网更加有利。

发生电网故障时

2019年6月,阿根廷大陆所有地区发生了空前的大规模停电,4400万公民大多处于黑暗之中。⁴人们认为,此次停电应归咎于恶劣天气——这也是全球停电的主要原因之一。近年来,美国局部停电的发生率和持续时间均有所增加,这主要是由于森林大火和极端天气造成的。⁵

分散式发电和电力存储的发展与需要电网运营方的传统中央电网管理系统背道而驰。区块链可管理所有资产和设备的身份,监控网络设备是否真实、是否已连接。

准备好迎接电网的未来了吗?

- 电网的市场结构和监管框架需要与时俱进,以不断提高电网的自主和弹性水平。必须积极制定鼓励分散式发电的政策,要求发展电力互联网以及自主功能。
- 主要参与方必须齐心协力,坚持清晰的技术愿景,快速采用新技术,并引领发展潮流。各方应了解在没有可信第三方的情况下建立信任的好处,以及这样做如何使他们在电力生态系统中受益。
- 在一个有效运转的市场中,不是根据各方之间的单独交易来管理合作,而是通过在算法中实现的透明协议进行管理,并以智能合约的形式在区块链上自主执行。

致谢

IBM 商业价值研究院感谢 Neil Gerber 和 Leo Dijkstra 分享专业知识。

备注和参考资料

- 1 Patel, Sonal. "Blockchain pilot shows promise for grid balancing," *POWER magazine*. June 2019. <https://www.powermag.com/blockchain-pilot-shows-promise-for-grid-balancing>
- 2 "What Is California Rule 21? Understanding smart inverter requirements." Kyrio Blog. March 2019. <https://www.kyrio.com/blog/what-is-california-rule-21-smart-inverter-requirements>
- 3 "Understanding Rule 21: California and beyond." Scoop Solar. April 2019. <https://www.scoop.solar/blog/understanding-rule-21-california-and-beyond>
- 4 Kirby, Jen. "Blackout leaves tens of millions in the dark in Argentina and Uruguay." Vox. June 2019. <https://www.vox.com/2019/6/17/18681989/argentina-blackout-uruguay-electricity-macri>
- 5 "Average U.S. electricity customer interruptions totaled nearly 8 hours in 2017." US Energy Information Administration. November 2018. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37652>

选对合作伙伴，驾驭多变的世界

在 IBM，我们积极与客户协作，运用业务洞察和先进的研究方法与技术，帮助他们在瞬息万变的商业环境中保持独特的竞争优势。

IBM 商业价值研究院

IBM 商业价值研究院 (IBV) 站在技术与商业的交汇点，将行业智库、主要学者和主题专家的专业知识与全球研究和绩效数据相结合，提供可信的业务洞察。IBV 思想领导力组合包括深度研究、专家洞察、对标分析、绩效比较以及数据可视化，支持各地区、各行业以及采用各种技术的企业做出明智的业务决策。

访问 IBM 商业价值研究院中国网站，免费下载研究报告：
<https://www.ibm.com/ibv/cn>

关于专家洞察

专家洞察代表了思想领袖对具有新闻价值的业务和相关技术主题的观点和看法。这些洞察是根据与全球主要的主题专家的对话总结得出。要了解更多信息，请联系 IBM 商业价值研究院：iibv@us.ibm.com

© Copyright IBM Corporation 2019

IBM Corporation
New Orchard Road
Armonk, NY 10504

美国出品
2019 年 10 月

IBM、IBM 徽标及 ibm.com 是 International Business Machines Corporation 在世界各地司法辖区的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。以下 Web 站点上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表：ibm.com/legal/copytrade.shtml。

本文档为自最初公布日期起的最新版本，IBM 可随时对其进行修改。IBM 并不一定在开展业务的所有国家或地区提供所有产品或服务。

本文档内的信息“按现状”提供，不附有任何种类（无论明示还是默示）的保证，包括不附有关于适销性、适用于某种特定用途的任何保证以及非侵权的任何保证或条件。IBM 产品根据其提供时所依据的协议条款和条件获得保证。

本报告的目的仅为提供通用指南。它并不旨在代替详尽的研究或专业判断依据。由于使用本出版物对任何企业或个人所造成的损失，IBM 概不负责。

本报告中使用的数据可能源自第三方，IBM 并未对其进行独立核实、验证或审查。此类数据的使用结果均“按现状”提供，IBM 不作出任何明示或默示的声明或保证。

国际商业机器中国有限公司
北京朝阳区北四环中路 27 号
盘古大观写字楼 25 层
邮编：100101

