

区块链技术之于能源互联网的意义

文 / 曹寅

能源互联网与区块链技术的内在一致性

区块链技术同能源互联网概念有较强的内在一致性。从本质上来看，能源互联网同区块链技术都必须构建于普遍的智能设备物联网之上。近几年，随着电子产业和信息产业的技术进步和飞速发展，能源产业价值链的生产—配送—储存—消费价值环节上的各类设备，正在迅速的从机械设备和模拟设备升级替换为电子设备和数字设备。未来，在能源互联网时代，这些数字设备将进一步通过物联网实现广泛互联化，通过高性能嵌入式设计获得本地智能，通过物联网获得云端智能，构成基于互联网的集群智能设备物联网络。此外，随着物联网的进一步发展、“互联网+”商业模式在能源产业的创新普及，以及能源市场的深入开放，将不仅仅只有能源生产和配送设备，比如发电机组、输配电设备，才可以实现局域互联和智能互动，能源产业的生态化和互联化将向大量能源消费设备拓展，譬如各类家用电器、电动汽车、工业用电器。设备的普遍智能化和互联化将和能源互联网的发展互为表里。而区块

链技术同样强调价值网络参与主体的物联化和智能化，基于区块链的智能合约，其作用并不是仅仅如其字面所显示的，只能实现实体或者数字资产交换功能，其实智



能合约的真正作用在于，基于区块链的不可篡改和集体共识特征，预先写入的代码可以在无人干预或者少人干预的情况下，直接调用区块链上数据，执行所有可以计算的逻辑功能并输出结果和执行功能。因此，智能合约的真正意义其实是为区块链上各主体间的互动提供了智能化的规则，并且可以在无人参与的情况下，实现各种复杂逻辑功能，这种特征称之为图灵完备。从这个角度上来看，能源互联网的智能设备网络，如果要实现完全的无人化智能，恐怕不可能离开区块链技术的帮助，尤其是布置在区块链上的智能合约技术。

从具体特征角度来看，区块链技术也与能源互联网的特征一一对应。

开放

在能源互联网中，取决于开放式的体系结构，信息可以随时随地接入与获取，可再生能源、储能以及用能装置可以“即插即用”。区块链技术，尤其是公有链技术，节点的加入几乎完全开放的，任何个人和设备都可以加入公有链网络参与记账和交易，此外，在公有链网络中，整个系统的运作规则是公开透明的，对于参与者来说，所有数据内容也是相对公开的。

分享

类似社交网络的信息分享机制。在能源互联网中，能量交换就近实时动态进行，以分散式的局部最优实现全局能量管理的调度优化。在区块链中，信任来自于节点之间的信息分享，整个系统通过分数据库的形式，让每个参与节点都能获得一份完

整数据库的拷贝，并且区块链构建了一整套协议机制，让全网络的每个节点在参与记录数据的同时，也参与验证其他节点记录结果的正确性。只有当全网大部分节点（甚至所有节点）都确认记录的正确性时，该数据才会被写入区块，因此，区块链系统可以看作是一个信任分享体系。

对等

同传统电网自顶向下的树状结构相比，能源互联网的形成是自下而上能量自治单元之间的对等互联。在区块链中，整个网络没有中心化的硬件或者管理机构，任意节点之间的权利和义务都是均等的，且某一节点的损坏或者失去都不会影响整个系统的运作。因此业界普遍认为区块链系统具有极好的健壮性。

互联

在能源局域网中，不仅能源生产端和消费端实现互联，能源生产端和生产端，消费端和消费端也需要实现广域互联，并且，不同形式的能源可以实现转换和互补，带来资源配置的广泛性。不同于传统网络系统，区块链采用P2P技术，所有节点两两互联，实现了绝对意义上的去中心化。

区块链技术解决能源互联网落地的挑战

目前，国内能源学术界展望和总结的经典能源互联网系统特征主要有如下五点：

精确计量：能源信息化的基础，实现能源系统运行状态的广泛数字化感知。

泛在交互：能源信息无阻流动，传感器/设备与决策主体交互，主体间交互，人机交互。



自律控制：本地动态响应，提高系统运行效率和可靠性，面向分布式能源技术，利用本地信息实现快速控制。

优化决策：更精细的能源生产、传输和消费决策，各个参与主体在给定的边界条件下最优化自身的行为。

广域协调：全能源系统的参与者行为相互协调，有效的机制 / 合理的信号，激励系统参与者协调行为。

不过，理想很美好，现实却并不丰满。能源作为基础性产业，能源互联网作为能源产业的新形态，技术特征仅仅是它的一个重要侧面，更应该考虑其是否可以在实际商业环境中落地，尤其是在中国这样的法制并不健全的转型经济体中落地，目前看来并不容易。就以上五个能源互联网系统特征来说，在能源互联网落地时将会一一出现问题。

精确计量：计量系统是对能源系统进行状态的广泛数字化感知和控制的基础，是能源信息化的源头。但是，精确计量可以做到，但如何保证不同参与主体对于计量数据的共识信任？

泛在交互：在能源互联网系统中，能源信息要做到无阻的流动，传感计量设备和主体之间要形成充分的交互，实现主体和主体之间的交互，人和系统，人和设备之间的交互。但泛在交互的前提是信任，在信任薄弱的前提下，如何实现归属于不同主体的设备和系统之间的数据调用？以及系统互操作性？

自律控制：设备和系统要做到基于本地指令的动态响应，其目的就是要提高系

统的运行效率和可靠性，这是为了应对在能源互联网当中大量的分布式本地能源。利用本地信息实现快速的系统控制以及调度指令的下达称为自律控制。但问题是，在自动化系统中，谁对外部数据和指令签发信任？如果采信外部数据，执行指令之后发生事故或造成损失，谁来承担责任？

优化决策：在能源互联网系统中，谁是决策主体？如果还是以目前中心化的信息采集 - 分析判断 - 指令传达的流程进行决策，那如何杜绝中心主体从自身利益出发，滥用决策权限，损害其他主体利益？毕竟这样的事情一直在发生。如果采用分布式决策，大量能源互联网设备之间直接点对点交互，需要多次复杂迭代，取得共识的效率极低，甚至还可能会导致死循环无共识。

广域协调：能源系统的参与者之间通过协调机制，提供合理的市场信号，激励系统内和系统外的参与者，基于自身利益最大化，实现系统利益最大化，这种协调互动和博弈过程称为广域协调。但问题是，协调的前提是取得相关主体之间的共识，在信任脆弱、主体间关系错综复杂的条件下，如何低成本高效率地取得共识？更何况是在不同价值域之间取得共识，协调利益。

由此可见，能源互联网在中国落地的真正瓶颈并不是在于技术的落后。事实上，中国能源系统的信息化水平和产业技术实力接近甚至超过部分发达国家，相对于传统能源系统，能源互联网的特点就是决策分布性、参与社会性、生产消费融合性、系统开放性和市场性，这些特征决定了能

源互联网在中国落地真正的瓶颈在于信任体系的不成熟，分布式决策体系的缺位。这两大挑战注定了能源互联网作为全新的能源形态，不可能建立在既有生产关系之上，就好像工业革命无法在封建制度下落地，必须构建适应生产力发展程度的新的生产关系，而这种生产关系应该具体包括信任体系的构建、交易机制的安排、共识及决策机制的建设等制度创新安排。

针对性地来看，区块链同其他信息技术的结合，并采用合理的制度安排，可以将能源互联网概念在设计时所提出的五大系统特征升华到更高层次。

从精确计量升华到保护隐私，可信计量：数据布置在区块链上，确保不可篡改，公私钥结合的非对称加密保护隐私。

从泛在交互升华到强制信任，泛在交互：以可信计量为基础，通过区块链构建能源互联网交互主体之间的低成本信任传递链条，实现基于信任的能源互联网主体间互操作性。

从自律控制升华到虚实一体，智能自律控制：通过链上代码，实现以智能合约为表现形式的逻辑功能，并结合区块链技术+大数据技术+人工智能技术，设计可信任的预言机制对外部数据签发信任，然后输入智能合约，执行逻辑过程，产生可信任的本地指令，在本地完成应对随机外部环境变化的控制过程。

从优化决策升华到间接民主，分布决策：基于区块链部署的能源互联网设备点对点交互，在容忍分区的前提下，区块

链共识系统必须在可用性（包括效率）和一致性之间做取舍。因此，可以采用分布决策过程，即在因为通信等外部被动原因所产生的分区之中，或者由系统主动根据共识形成时间、指令执行可行性等内部约束条件所产生的最优决策分区之中，先形成分区内节点之间的局部共识，再基于一致性算法实现分区间的共识。这种分布并且分级的决策方式，避免大量分布式设备之间，为了产生直接共识而导致的复杂迭代和死循环无共识，从而可以在实现分布式决策的同时又可以兼顾效率。虽然传统的分布式系统也可以实现分级共识，但是，区块链可以解决传统分布式系统的两大问题，即确保决策的原子性以及对于拜占庭节点的容忍。所谓原子性，指的是操作序列或者指令系列，就像原子一样，作为物质具备物理化学属性的最小单位一样不可被拆分，不容许被打断。通过区块链共识机制，分布式系统可以容忍一定数量的拜占庭节点。所谓拜占庭节点即恶意节点，恶意节点可以不受协议限制做任何事，比如不响应、发送错误信息、对不同节点发送不同决定、不同错误节点联合起来干坏事等。

从广域协调升华到集群智能，广域融合：以区块链为工具，以低成本信任传递为手段，实现在能源互联网中不同能源主体，以及不同能源系统之间的能量流、信息流、资金流的强耦合，进而将不同主体和不同系统化零为整，融合为一个能源互联网超级主体，在广域内形成集群智能。H

作者简介：能源区块链实验室首席战略官