

区块链在能源互联网中的应用

王安平, 范金刚, 郭艳来

(中关村区块链产业联盟, 北京 100016)

66

摘要: 为了加快能源互联网的应用推广, 推动我国能源体制革命, 构建有效竞争的市场结构 and 市场体系, 文章对能源互联网和区块链(Blockchain) 技术分别进行了研究, 并分析了区块链在能源领域的发、输、配、用、储等环节的应用场景和业务模式。从国外现有能源区块链应用项目的实践情况来看, 区块链在能源领域具有极大的应用空间。最后, 提出了我国在发展能源区块链时面临的问题和解决这些问题的建议。

关键词: 能源互联网; 区块链技术; 应用案例; 面临问题; 发展思考

99

0 引言

近几年, 以“新能源 + 互联网”为代表的能源互联网成为当前国际能源学术界和产业界科技创新的新前沿, 是继智能电网后能源领域的又一重要发展方向^[1]。但是其理论体系、技术体系、标准体系、产业体系还没有完全形成, 在解决可再生能源的并网接入、远距离输电损耗、需求侧响应、联网的安全等问题时^[2]还存在一定的技术缺陷, 能源互联网还没有从根本上改变能源领域特别是电力行业固有的市场机制和商业模式^[3]。直到区块链技术的出现, 区块链的技术特点天然适合能源领域, “能源区块链”^[4]使人们看到了能源电力从底层架构到商业平台完全重构的契机。

1 能源互联网发展现状

1.1 能源互联网的提出

随着常规能源日益枯竭和环境污染日益严重, 越来越多的组织机构开始重视环境保护问题, 同时也开始积极探索各种新能源的研究, 虽然已经取得一定的进展, 但技术比较成熟的风能、太阳能等新能源存在分布地域分散、管理利用率低下、能量转化成本过高等问题, 使得新能源在大规模应用和市场化

推广方面受到极大制约^[5]。

为了从根本上解决新能源大规模推广应用的难题, 从 2003 年开始, 部分研究机构开始了新能源理论体系框架的研究, 一些媒体宣传资料中开始出现“能源互联网”的相关概念和内涵, 随后, 在能源领域的不同应用方向, 又出现了诸多学术研究成果, 如智能电网、智能配电网、智能微电网等^[6-9]。

直到 2008 年, 美国国家科学基金(National Science Foundation, NSF) 项目“未来可再生电力能源传输与管理系统”才明确提出了能源互联网^[10]这一学术概念, 指出能源互联网是一种构建在可再生电源发电、分布式储能装置和现有互联网基础上的新型电网结构, 是能源领域摆脱现有困境的主要研究方向。

1.2 国外能源互联网发展现状

目前, 美国、德国、瑞士、日本等多个国家已经开始进行能源互联网方面的研发, 涉及网络构架、关键技术设备、示范试点项目等多个方面。

美国的 FREEDM 研究项目, 从配电网分布式供能的角度提出了能源互联网的概念; 德国 E-Energy^[11] 计划从信息和通信技术优化电力系统运行的角度, 提出了能源互联网的概念; 瑞士未来能源网络远景项目与能源互联, 与里夫金提出的多网融

特别推荐

合概念^[1]最为接近,侧重于不同能源形式的融合,最终实现电能、热能、化学能联合输送和使用;日本则着重于发展数字电网体制,日本数字电网联盟提出了基于“电力路由器”的能源互联网。

1.3 我国能源互联网发展现状

2012 年中文版《第三次工业革命》出版之后,国内关于能源互联网的讨论开始升温。2012 年 8 月由中国科学院咨询评议工作委员会等举办,国防科技大学承办的首届中国能源互联网发展战略论坛在长沙举行。

2014 年 6 月,中央财经领导小组第六次会议研究中国能源安全战略。习近平提出能源生产和消费革命是国家的长期战略,定调“推动能源体制改革,还原能源商品属性”,强调“推动能源技术革命,把能源技术及其关联产业培育成带动我国产业升级的新增长点”。

2015 年 3 月通过的《中共中央国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见》的改革重点可以概括为“三放开、一独立、一深化、三加强”,进一步推进我国电力市场的形成^[12]。各项配套的政策正在逐步出台和完善,我国能源革命的大幕已经拉开^[13]。

2015 年 4 月 7 日发布的《国家发展改革委、财政部关于完善电力应急机制做好电力需求侧管理城市综合试点工作的通知》,提出试点城市及所在省份要加强电力需求侧管理平台建设,并要求通过手机 APP 等方式,向试点地区的用户提供其准实时用电数据,以便吸引用户参与需求响应^[14]。

2 区块链技术

2.1 区块链由来

2008 年 11 月,一位自称中本聪的科学家发表了一篇名为《Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System》的论文,提出了一种基于 P2P 组网技术、数学、密码学技术、演算法与经济模型等技术的电子现金系统的构架理念,并于 2009 年 1 月制作了该系统的第一个序号为 0 的创世区块,从此比特币诞生了。但此时,人们并没有注意区块链的概念,直到比特币系统在无专人维护安全运行多年后,人们才开始挖掘支撑比特币系统的底层技术——区块链技术^[15]。

2.2 区块链定义

区块链是指通过去中心化和去信任的方式,集体维护一个可靠数据库的技术方案^[16]。该技术方案可以让系统中的任意一个节点,通过使用密码学相关

算法产生数据块(block),每个数据块包含区块头和区块数据 2 部分:其中区块头包含了版本号、hash 值、难度值、Merkle 树、Nounce 等用于验证其信息的有效性和链接(chain)下一个数据块的外部信息;区块数据中包含了一定时间内的系统全部交易数据信息。

2.3 区块链核心特征

区块链技术融合了一系列技术体系,特征^[13]如下:

1) 去中心化。由于区块链系统采用 P2P 的组网方式,不存在中心化的服务器和路由器,任意节点在系统中的地位都是均等的,系统生成的数据块由系统中的所有节点共同维护,所有节点均有交易数据的记录和存储。

2) 开放性。系统对所有人开放,系统中除节点的私人信息被加密,其他数据对所有人公开,任何人都可以通过区块头的 hash 值查询区块链数据信息,因此整个系统的信息高度透明。

3) 自治性。区块链采用固定的一致性共识算法,使得整个系统中的所有节点能够在无任何信任背书的环境中,可信地交换数据,使得对“人”和机构的信任变成了对机器和数学算法的信任,任何人都无法干涉系统正确的运行。

4) 信息不可篡改性。系统交易信息一旦经过各节点验证,就会形成不可更改的记录存储起来,除非能够同时控制系统中超过 51% 的节点来干预交易的验证,否则单个节点上对数据库的篡改不会起到任何作用,同时也将被全网节点察觉,被系统排除在外。因此区块链的数据稳定性和可靠性极高。

5) 匿名性。由于各节点之间数据的交换遵循固定的算法,因此交易双方无须公开自己的身份,而是通过区块链中的程序规则让对方对自己产生信任。

区块链技术的上述特征能够解决目前绝大多数领域存在已久的三大痛点^[17]: 中心化、安全和信任问题。

区块链本质上是交易各方建立信任机制的一个数学解决方案,是采用分布式网络来存储、传输和证明数据的技术方案,通过分布式的数据区块存储形成分布式记账系统,取代目前对中心服务器的依赖,使得所有数据变更或者交易项目都记录在网络系统中的各个节点上。

在此数学方案建立的信任机制下,任何人都可以加入一个公开透明的网络,成为该网络上所有交易的见证者,而该网络上任何节点间都可以直接进行交易,由全网节点进行集体共识,而不需要中间方

的信用积累,并且所有交易记录、历史数据等都分布式存储并透明可查,并以密码学协议的方式保证其不能非法篡改。

此信任机制从理论上实现了数据传输中的自我证明,无需中心机构信用背书,降低了全球“信用”的建立成本。这种无需信任积累的点对点信息验证方式将会产生一种“基础协议”,是分布式人工智能的一种新的表现形式,为共享人脑智能和机器智能提供了全新的接口^[16]。

2.4 全球区块链的应用发展现状

研究学者称 2015 年为区块链元年,2015 年下半年,区块链概念才进入国内相关领域研究人员的视野。2016 年 7 月, Gartner 公司发布了年度新兴技术成熟度曲线(见图 1)。其中,区块链技术正处在快速发展阶段。

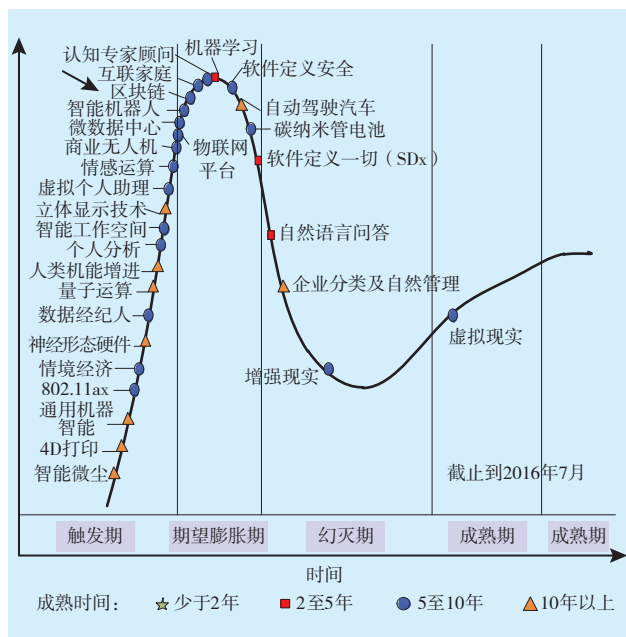


图 1 2016 年新兴技术曲线

Fig.1 Emerging technology curve in 2016

区块链技术作为一种基于互联网的颠覆性技术,不仅吸引了 IT 巨头、传统公司、金融机构、审计咨询机构纷纷研究这项新兴技术,同时还在世界范围内催生了上千家基于区块链技术的创业公司,各国政府和央行也对区块链投入了极大的关注度。区块链技术在金融、医疗等领域获得广泛应用,未来在银行、审计、物联网、医疗、公证、版权、社交等领域也有广泛应用前景^[13]。

全球区块链应用总体上可分为“币派”和“链

派”。“币派”通过发行各种虚拟货币展开与金融相关应用;“链派”基于区块链协议在各产业领域开展应用。目前“币派”活跃,全球有 700 多个虚拟货币平台,市值超过千亿美金,尽管全球金融管制政策也严厉,但暗潮涌动,一浪高过一浪。国内发行的虚拟货币有 20 余种,受政府严格管制,发展空间受限。总体上,呈现国外“币-金融-应用”、国内“应用-金融-币”两者相向而行的发展态势。

从全球来看,研究区块链底层协议,做协议开发并拥有源代码,对技术发展贡献最大的是美国为首的欧美人;而国内,则以炒作各种加密货币、支撑加密货币运营发展、开展基于虚拟货币的应用为主。

3 区块链解决能源互联网发展面临的问题

3.1 能源互联网的特点分析

能源互联网作为能源领域的一种解决方案,有一定的理念和概念缺陷,以能源互联网提倡的五大特点进行分析^[4]。

1) 精确计量。计量是现在各种能源系统运行状态的广泛数字化感知,是控制的基础,是能源信息化的源头。但是,现有能源互联网在做到精确计量的同时,却无法解决不同参与主体对于计量数据的共识信任问题。

2) 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,传感器设备和主体之间要形成充分的交互,实现不同法人主体间人和系统、设备的交互。但泛在交互的前提是信任,在信任薄弱的现实环境下,难以实现不同主体的设备和系统之间的数据调用以及互操作。

3) 自动控制。为了应对能源互联网中大量的分布式本地能源的利用,设备和系统要做到基于本地指令的动态响应,提高系统的运行效率和可靠性。但是在现有自动化系统中,无法判断是否应该信任外部数据和指令签发。如果采信外部数据,执行指令后发生事故或造成损失的责任归属不明,否则,将影响系统的效率和可靠性。

4) 优化决策。在中心化的决策流程中,往往无法杜绝中心主体从自身利益出发,滥用决策权限,损害其他主体的利益,而分布式的决策,会因为大量能源互联网设备之间直接进行点对点交互,从而造成共识效率低下、死循环无共识等后果。

5) 广域协调。广域协调指的是能源系统的参与

者之间通过协调互动和博弈形成有效的利益最大化机制。协调的前提是相关主体之间能够达成共识,但是在信任缺乏的条件下,不同价值域之间如何协调利益取得共识成为难点。

3.2 区块链技术解决方案

区块链能够为现有能源互联网的这些不能落地的问题提供有效的解决方案^[18]。

1) 从精确计量升级到可信计量。数据布置在区块链上,确保不可篡改、不可抵赖,公私钥结合的非对称加密保护隐私。

2) 从泛在交互升级到可信交互。通过区块链构建能源互联网交互主体之间低成本的信任传递,进而实现基于信任的各主体之间互操作。

3) 从自动控制升级到智能控制。将区块链与大数据技术和人工智能技术结合,设计可信任的预言机制对外部数据签发信任,然后输入智能合约条款,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。

4) 从优化决策升级到民主决策。基于区块链部署的能源互联网设备间点对点的交互,可先形成分区局部共识,再实现分区间共识,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。

5) 从广域协调升级到集群智能。使用区块链技术将不同主体和系统融合为一个能源互联网超级主体,从而在广域内形成集群智能。

区块链技术的分布式、智能性、市场性以及融合性与能源互联网理念不谋而合,通过区块链技术,可以把目前能源互联网概念升级到能源互联网 2.0 时代,即能源区块链时代。

4 能源区块链的商业模式

区块链是一种应用级别技术。能源区块链的应用场景和商业模式从电力产生到使用环节都可进行设计。

1) 能源微网: 分布式光伏发电的电压等级比较低,无法远距离传输,通过区块链可以实现点对点的用户和发电者之间的电力交易。

2) 场外注册: 随着电力市场的持续开放,未来会出现很多场外的购售电交易,这就需要通过区块链来实现售电者和购电者之间电力交易合同的场外注册。

3) 金融输电权: 输电权的交易就像发电上网权

的交易一样,既可以形成资源在交易所内撮合交易和挂牌交易,也可以进行场外交易。

4) 线损公证: 不同能源之间转换的损耗、能源远距离传输和其他的运行带来的线损,目前都是由电网公司单方面决定,但是,未来这些都可以通过区块链进行公证。

5) 调度决策: 未来电力调度的客体中有许多分布式能源,以及众多智慧用电负荷,比如智能电动汽车、智能家居等,整个电网可以通过区块链生成本地的指令和信号并执行调度。

6) 智能售电: 未来能源互联网时代,应该是即插即用、即插即发、即插即响应的可扩展的情景。在这样情景里,非响应计划内的负荷如何及时参与,动态的参与符合需求侧的响应将是非常大的挑战。如何确定计划、分配收益、如何考核,都是困难的,而这些恰恰是区块链可以做到的。

7) 储电分享授权: 未来的储能是基于分享经济的储能。单个企业购买储能的利用率非常低,所以应用区块链技术,把储能当作是滴滴和 Uber 的出租车,周边的用户都可以通过使用权的分享,调用在某用户名下的储能设施,然后付钱基于储能的收益,支付使用费给储能的所有者。

5 能源区块链应用案例

目前,在国外有一些企业已经在试验能源区块链项目。

1) 布鲁克林微电网项目。由绿色能源创业公司 LO3 与基于以太坊区块链的创业公司 ConsenSys 共同开发,该项目能够让居民通过屋顶太阳能设备在当地进行太阳能交易,而不需要国家电力公司的参与。项目参与的家庭都有连接到区块链的智能电表,追踪记录家庭使用的电量以及管理邻居之间的电力交易,每个家庭既可以是消费者,同时也可以生产者,即生产型消费者。这种微电网电力交易比传统自上而下的能源配电系统更有效率,可节省整体开支。

2) 电动汽车充电项目。由德国电力公司 RWE 与基于以太坊区块链的初创企业 Slock.it 合作研发。利用区块链智能合约验证用户身份和管理计费过程的电力汽车充电站,这个试验项目的特点在于小型交易帮助用户省钱,同时电力利用率也更高。在这个场景下,用户将不再与公司或个人签订合同,而是利用以太坊智能合约直接与机器签约。用户同意智

能合约后,就可以与充电站互动。

3) 智能电网项目。美国公司 Filament 在澳洲利用区块链技术对传统电网中的传输设备进行升级改造。把电线杆建设成物联网的数字化节点,将区块链技术和电力网状网络结合,用点对点物联网保证设备管理和电力安全,组成全新的点对点电力生产和分配模式。当智能电线杆出现故障时,通过物联网反馈给最近的回程网络与公司通信进行处理。

6 能源区块链发展思考

6.1 能源区块链存在的问题

区块链技术在能源互联网方面的应用前景是美好的,但是以区块链技术目前的发展阶段,还存在一些掣肘。

1) 区块链技术限制。随着接入区块链节点的增加,其共识算法的效率会随之降低,网络传输的延迟和相应的数据存储量会随之上升,这些问题限制了区块链技术在能源领域的大规模应用。

2) 政策监管约束。能源是强监管、强政策的基础行业,电力是一种极端特殊的商品,技术上可行,但相关政策跟不上,仍然没有办法实现能源区块链项目落地。

3) 人才缺乏问题。区块链技术本身就是多学科融合的技术体系,同时还需要结合能源领域的相关业务模式,而这些仅仅是能源区块链的基础知识。能够将区块链、能源领域本身、金融交易、先进信息技术深度结合,同时还具备一定的创新导向思维的人才少之又少。

6.2 能源区块链发展建议

1) 技术研究。社会各界和政府应密切关注、相互协作普及、推广区块链底层技术和相关应用,应从挖矿、炒币的现状中警醒,从事区块链技术底层平台、相关标准的开发,提高我国在国际区块链专利和标准方面的发言权。

2) 政策开放。监管部门需从现有能源行业痛点出发,逐步改革营销、管理体制,建立健全电力市场,统一调配电力的发、配、输、储、售等环节。

3) 人才培养。从大学出发,开设区块链课程,有意识培养跨学科人才;从企业角度出发,需培养区块链与传统行业相结合的复合型人才;从社会角度出发,形成有规模、有规范的社会团体,对接产、学、研等多方机构,实现整合资源、引进人才。

7 结语

区块链技术的出现为能源互联网的发展和应用提供了良好契机,将能够从根本上改变我国能源生产、传输、消费的现状,成为推动我国能源转型、革新能源市场机制、实现节能减排和可持续发展的重要途径,将对整个能源行业和社会产生深刻影响。

参考文献:

- [1] RIFKIN J. Third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world[M]. New York: Palgrave Macmillan Trade, 2011: 33-72.
- [2] 于良春, 赵西亮. 中国电力行业的改革与发展[J]. 中国工业经济, 2000(4): 53-57.
- [3] 陈启鑫, 刘敦楠, 林今, 等. 能源互联网的商业模式与市场机制(一)[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3057-3063.
CHEN Qi-xin, LIU Dun-nan, LIN Jin, et al. Business models and market mechanisms of E-Net(1)[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3057-3063.
- [4] 周海明, 刘广一, 刘超群. 能源互联网技术框架研究[J]. 中国电力, 2014, 47(11): 140-144.
ZHOU Hai-ming, LIU Guang-yi, LIU Chao-qun. Study on the energy Internet technology framework[J]. Electric Power, 2014, 47(11): 140-144.
- [5] 曹隽. 我国太阳能产业发展现状及相关法律问题[J]. 科技创新与知识产权, 2012(4): 3-22.
- [6] 李笋. 智能电网环境下的间歇性能源微电网建设及协调控制技术[J]. 济南: 山东大学, 2014.
- [7] 闫文龙. 智能电网与微电网在新能源领域的应用前景[J]. 中国科技博览, 2015(16): 210.
- [8] 刘壮志. 含微电网的智能配电网规划理论及其应用研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [9] 刘国敬, 曹远志, 吴福保, 等. 分布式发电与微电网技术[J]. 农村电气化, 2010(10): 38-39.
- [10] HUANG A Q, CROW M L, HEYDT G T, et al. The future renewable electric energy delivery and management(FREEDM) system: The energy internet[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(1): 133-148.
- [11] BLOCK C, BOMARIUS F, BRETSCHNEIDER P, et al. Internet of energy-ICT for energy markets of the future[R]. Berlin: BDI, 2010.
- [12] 中共中央国务院. 中共中央国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见[Z]. 2015.
- [13] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报,

2016, 42(4): 481-494.

YUAN Yong, WANG Fei-yue. Blockchain: The state of the art and future trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.

[14] 孙宏斌, 郭庆来, 潘昭光, 等. 能源互联网: 驱动力、评述与展望[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3005-3013.

SUN Hong-bin, GUO Qing-lai, PAN Zhao-guang, et al. Energy Internet: driving force, review and outlook[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3005-3013.

[15] 陈一稀. 区块链技术的“不可能三角”及需要注意的问题研究[J]. 浙江金融, 2016(2): 17-20.

[16] 孙杰贤. 从比特币到区块链[J]. 中国信息化, 2016(3): 11.

[17] 林晓轩. 区块链技术在金融业的应用[J]. 中国金融, 2016(8): 17-18.

[18] 王曦杰. 能源互联网技术形态与关键技术[J]. 通讯世界, 2016(2): 22-23.

编辑 张京娜

收稿日期: 2016-06-07



王安平

作者简介:

王安平(1967-),男,湖北鄂州人,信息通信博士,世纪互联集团总裁、中关村区块链产业联盟秘书长,工信部通信科技委专家,从事电信网、互联网、能源互联网、区块链等方面的研究工作;

范金刚(1977-),男,安徽芜湖人,中关村区块链产业联盟主任研究员,从事智慧网络、微电网、区块链等方面的研究工作;

郭艳来(1989-),男,吉林榆树人,中关村区块链产业联盟助理研究员,从事能源互联网、区块链等方面的研究工作。

Application of Blockchain in Energy Interconnection

WANG An-ping, FAN Jin-gang, GUO Yan-lai
(Z-park Blockchain Industry Alliance, Beijing 100016, China)

Abstract: To speed up the development and revolution of the application of energy interconnection, and construct the market structure and market system of effective competition in China, the energy interconnection and blockchain were studied, the application scenarios and business models of blockchain in the field of energy were analyzed, including generation, transmission, distribution, utilization, storage of the energy, etc. From the foreign application cases of energy, using blockchain in the field of energy had a great application prospect. Finally, the facing problems in the development of energy blockchain in China and suggestions to solve these problems were proposed.

Key words: energy interconnection; blockchain; application cases; facing problems; development and thinking

特别推荐



第一届中国区块链技术创新应用大赛——区块链 + 能源专场敬请关注

第一届中国区块链技术创新应用大赛由中关村区块链产业联盟主办,以推广区块链技术创新应用为主旨,联合中国电力科学研究院、腾讯\启迪众创空间、中科院网络中心、中国版权保护中心等机构共同为国内外广大区块链开发者提供交流与展示的平台。本届大赛分为创意大赛和创新应用大赛,其中,将设立区块链+能源专场,专场中优胜的项目将参加11月28日的总决赛。区块链技术特点天然适合能源互联网的理念,将重构现有的电网结构,将超大型中心化电力网络升级为大型中心化网络与小型微型分布式网络共存的新的电网拓扑结构,进而影响电力行业的市场机制和商业模式。欢迎广大能源区块链项目开发团队或公司与我们一起共创一个新的信用时代!大赛详情请关注联盟官网: www.hyper-ledger.com。