

能源互联网电力交易区块链中的关键技术

杨伟

中国三峡新能源(集团)股份有限公司西北分公司 甘肃 兰州 730000

摘要: 随着清洁可再生能源产业的迅速发展, 现有的能源架构难以满足能源产消的需要, 一场能源行业的革新势在必行。能源互联网作为一个学术与工业界看好的下一代能源基础设施的发展方向, 受到广泛关注, 其开放、互联、对等、分享的基本特征为未来能源发展勾勒出一个丰富的愿景。然而, 现有成熟的信息技术方案从设计思想到工程实施无法全面满足能源互联网的特征需求。区块链作为一种正在快速发展的技术, 具有分布式、平等、安全、可追溯等特性, 与能源互联网的设计思想高度契合, 有望成为能源互联网落地的关键技术。能源区块链是区块链与能源行业结合的产物, 其可以为能源互联网的各个层面提供安全保障和价值支撑。提出了基于区块链技术的分布式电力市场交易平台, 利用区块链技术去中心化、开放性、匿名性及安全可靠等优势, 建立基于电力交易智能合约的分布式电力交易机制, 采取分布式出清交易方式满足大规模电力交易需求, 适应大规模可再生能源的迅速发展。

关键词: 区块链; 智能合约; 分布式; 交易平台

1. 引言

区块链作为一种具有去中心化、点对点传输、可追溯、集体维护、可编程和安全可信等特点的技术堆栈, 其设计思想核心即为区块链网络中各节点平等, 网络中节点在互联的基础上相互合作、制约、共享信息, 而整个架构是由区块链网络中的节点共同维护的。区块链技术在能源互联网大量的用户之间建立安全自主的能源交易渠道, 实现一个自组织、自调节的能源系统, 将极大地提高能源使用效率、降低管理成本, 实现能源互联网的高效运行。

在电力交易场景中, 利用与场景耦合的区块链共识机制、智能合约技术, 通过点对点交易, 可有效解决电力交易双方信息不对称导致的信任缺失问题。同时, 基于区块链的电力交易可从交易侧解决多方信息不对称带来的信任危机, 构建多层次公平公开的电力交易市场化交易环境, 提升电力交易市场主体的参与水平, 实现市场交易效率的最大化。目前, 已有一些文献对当前能源电力交易相关的区块链研究进行了综述。然而, 很多已有的综述文献多聚焦于能源互联网电力交易区块链的应用场景, 对于电力交易区块链中的关键技术缺乏系统的分析和讨论, 难以从技术的角度对电力交易区块链的研究与发展提出有效的建议。于是, 本文面向电力交易场景, 通过定位电力交易区块链中的关键技术, 对电力交易区块链共识机制、交易与智能合约设计、安全机制和其他领域技术等方面的研究进展进行综述, 并结合发展现状进行深入的讨论与分析, 探讨目前各项技术领域存在的问题, 以及未来可能的研究方向, 为能源区块链的进一步研究与落地提供参考。

2. 电力交易区块链

欧盟工业界认为, 能源区块链是区块链技术的一个重要应用场景。能源互联网与区块链都具有分布式、去中心化

的特征, 能源互联网强调的开放、互联、对等和分享的设计理念与区块链去中心化、共同维护、地位平等和数据共享的特性高度契合。基于区块链技术的技术架构可以保证能源互联网中个体用户的地位平等, 并实现用户之间的 P2P 能源及能源相关信息交易, 从而实现能源互联网的价值驱动, 建立新的能源价值体系。本文认为, 区块链可以帮助能源互联网的各个层次构建相关的应用, 分别或联合地构建能源区块链。

作为能源区块链场景之一, 电力交易属于能源互联网架构的第 3 层级: 能源业务层。在绿色能源广泛去中心化接入电网, 电动车反向供电等技术逐步成熟的趋势中, 区域点对点交易需求日渐增多, 构建去中心化点对点可信安全的区域交易平台是电力交易区块链的发展方向。同时, 随着物联网技术传感通信控制技术的发展, 电力系统在时间、空间维度上进行监管控制的粒度逐渐细化, 将物联网、大数据、人工智能等技术以适当的方式嵌入电力交易区块链堆栈可以自动化、批量化地快速执行电力系统监管与控制, 提升效率。从能源互联网的角度思考, 电力交易需要用到传感通信层提供的数据, 且需要使用区块链交易结果对物理系统层进行精细化管控, 在不同电网物理架构下, 交易需求和特征复杂, 为研究提供了丰富的场景。

在电力交易场景, 已有不少与区块链相关的应用与研究。早期, LO3Energy(NewYork, USA) 和西门子(Munich, Germany) 合作开发了基于区块链的交易型网格微电网交易平台, 用户可以在平台上自由地进行能源交易而不依赖于第三方机构, 但是该平台没有适合交易方的竞价策略模型和基于区块链数据的直接结算功能。Luo 等人基于区块链技术提出了一种代理者联盟机制, 能源生产者形成电力交易联盟进行电力交易谈判, 电力交易数据通过智能合约技术将电力交

易数据上链存储,并基于区块链中的电力交易数据进行交易结算。这些项目和研究工作对于区块链技术在能源行业中应用来讲,无疑具有巨大的示范和推进作用,然而这些项目大多还处于理论和试验阶段,如何构建完善的能源区块链体系,还需要对实际应用中的问题进行深层次的考虑和研究。现阶段,我国能源电力部门正在电力交易区块链技术路线方向上逐步达成共识,基于电力交易对参与者准入、交易信息、交易安全性等方面的特性,联盟链作为一种可实名、可监管的技术路线方向逐渐成为主流。总体来讲,目前已有的电力交易区块链技术研究,既包含区块链技术应用模式的探索,也包含面向应用场景对区块链技术的深入研究。这反映出当前区块链技术堆栈在电力交易领域研究的阶段性特征,即具体应用业务场景还需明确,特征性价值框架还未建立,且区块链作为一个技术堆栈本身还需要丰富并需要针对电力交易场景进行创新。

3. 区块链技术及智能合约

区块链是分布式数据存储、点对点传输、共识机制、加密算法等计算机技术的新型应用模式,其本质上是一种去中心化的数据库,通过相邻区块间首尾哈希值单向连接实现链式存储。区块链是一个分布式的公共账本,它构建在分布式网络基础之上。网络中的每一个节点都有一个该账本的副本,且副本随账本的更新及变动而同步更新。近年来,区块链技术的去中心化、开放性、自治性、信息不可篡改性及匿名性等优点,在各行业领域得到广泛应用。将区块链技术引入电力市场交易平台,可以充分发挥区块链技术在分布式交易中的优势,满足交易去中心化、交易安全性、分布式监管等要求,实现保障交易安全、保护市场隐私、降低交易成本的目的。

智能合约是区块链技术的重要技术特征之一,可以较好的解决交易过程中低效率的问题。利用程序算法替代人为决定及执行合同是智能合约的最大优势,可以避免恶意为对合同执行的干扰,提高了区块链交易效率。智能合约继承了区块链的3个特性:数据透明,不可篡改,永久运行,因此可以被用户信赖。在可靠性方面,区块链中的部分节点失效不会影响智能合约的运行,保证了智能合约的实时有效性。智能合约可以保障区块链中交易双方的权利义务和合约执行。交易将在满足条件时自动执行,不需要人为的推动以及第三方监督。

4. 基于区块链技术的分布式交易平台的总体设计

本文提出基于区块链技术的分布式电力市场交易平台,该平台在现有电力市场建设思路的基础上,引入区块链技术,打破传统思维约束,建立了一套全新的电力市场交易模式。平台涉及的交易主体构架主要包含:售电企业、发电企业、电力用户、电网企业、金融及政府机构等,缺一不可。

设计的分布式电力交易平台,其“分布式”主要体现

在两个方面:一、P2P交易模式即点对点直接交易。利用区块链技术实现交易双方去中心化交易,可以解决传统中心化机构高成本、低效率及数据存储不安全的问题;二、挂牌交易模式。采用挂牌交易模型,买卖双方分别发布挂牌摘牌信息,买方自由选择摘牌对象进行摘牌,无需交易中心集中撮合,以实现自主性交易。分布式交易模式实现了买卖双方的自主交易,解决了交易中的信任问题,保证了交易的公平性和透明性,提高了交易的灵活自主性。

构建以区块链技术为基础的分布式电力市场交易平台,其总体设计思路如下:首先,平台安排各交易主体进行注册认证,认证成功的交易主体即可成为交易平台上的节点进行挂牌交易。同时,不同信誉等级的用户需要向平台提交不同额度的履约保函。若用户交易过程中发生违规行为,平台将扣取一定的保证金作为惩罚措施。其次,买卖双方进行挂牌交易。在挂牌交易的过程中,为避免电力交易中存在的诸多问题,文章认为可以分离电力的金融属性和物理属性,仅考虑电量交易过程。卖方发布挂牌电量及挂牌电价,买方依据摘牌电量自行选择合适的交易对象进行摘牌。平台将以上交易信息同步至调度机构,由调度机构保障整个电网安全。若交易成功执行,则按照摘牌价格进行结算;若交易不成功,平台可以安排未交易成功的部分电量进行合同电量转让并结合差价合约进行结算。输配电价的定价采用“邮票法”,平台需事先公布每个区域“邮票法”的输配电价,并结合买卖双方的地理位置,在不影响网络安全的情况下选择输配电费最低的路线进行电量输送。交易执行后,平台要求买卖双方相互进行评价,以此更新交易双方的信誉值。若节点信誉值过低,平台可以强制清退该节点;若节点信誉值较好,平台可给予一定程度奖励。与此同时,平台设立了市场交易违规行为监管机制,各交易主体可自行调用监管机制监管市场交易行为,将结果上传至监管机构,由监管机构进一步判断,从而保障交易平台健康平稳运行。最后,交易平台设计了绿证交易辅助区块链,以促进可再生能源消纳、实现2050年达到全国碳中和的目标。

5. 结论

区块链对于能源互联网的提升是全方位、多维度的,构成电力交易区块链的多种关键技术能够自底向上地发挥其作用,有望从根本上解决目前电力交易面临的种种挑战。目前能源互联网电力交易区块链仍然有很长一段路要走,要想真正地实现落地应用,除了从技术理论方面展开更加深入的研究,还需要在行业中进行更加广泛的实践。

参考文献:

[1]周洁,李文宇.区块链在能源行业的创新发展态势[J].电力信息与通信技术,2020,18(06):16-22.

[2]高永琳.基于区块链的安全技术研究[D].华北电力大学,2019.