

基于区块链的电力交易发展及标准化需求分析

李彬¹, 侯萌¹, 祁兵¹, 张晶², 朱楠³, 朱可馨⁴

(1. 华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206; 2. 中国电力科学研究院有限公司, 北京 100192; 3. 国网新疆电力有限公司检修公司, 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐 830000; 4. 武汉大学电气与自动化学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 为了支撑我国电力交易体系的进一步发展, 分析了当前区块链在电力交易领域的应用情况, 包括基于区块链电力交易的基本原理及国内外相关应用进展。针对传统电力交易平台发展所面临的瓶颈, 设计了基于区块链的电力交易平台系统。最后, 从平台架构、电力交易、测试验证、通信及信息安全4个方面, 结合现在已有标准, 开展了基于区块链的电力交易标准化的需求分析, 旨在推动整个能源区块链行业的标准化发展。

关键词: 区块链; 智能合约; 电力交易; 智能电网; 标准化

中图分类号: TM761 **文献标志码:** A **DOI:** 10.19421/j.cnki.1006-6357.2020.03.002

0 引言

2020年2月, 国家电网有限公司印发了2020年改革攻坚重点工作安排〔国家电网体改(2020)8号〕, 明确提及加快推进全国统一电力市场建设和建立灵活高效的市场化经营机制等重点任务。随着电力市场改革进一步深化, 传统的单一交易模式正在发生转变, 参与对象数量、类型显著增多, 而且售电公司参与交易, 增量配电网、综合能源服务等新模式、新业态持续发生变化, 对当前的交易体系也产生较大的影响。在保障电网安全稳定运行的前提下, 电网企业也在逐步探索未来市场化改革后下一代能源交易平台的实现思路。

区块链技术具有去中心化、去信任、高可靠性等特点, 且已经广泛应用于各种行业, 如金融、慈善、医疗、能源、物流、农业等行业^[1]。区块链技术发展迅猛, 已成为科学研究的一大热点, 可以解决现在许多行业面临的信任及可靠性低等问题^[2-5]。区块链具有3种形态, 分别是公有链、联盟链和私有链。区块链技术在国内外应用比较广泛^[6-11], 新加坡的物流领域Yojee, 可以详

细追踪物流状态, 将物流信息完整记录在区块链上; 英国的慈善事业, Start Network与Disberse公司采用区块链技术来追踪每一笔慈善款项的流动; 英国伦敦的点对点银行系统Vault OS、Hought Machine金融公司采用区块链技术来保证交易的安全存储。区块链技术在国内的应用主要有: 2019年12月, 中国银行推出国内首个基于区块链技术的债券发行系统, 并成功运用于中行200亿小微企业专项金融债的发行; 2020年4月, 中国的全国性区块链网络, 即基于区块链的服务网络(BSN)在测试6个月后将完全推出, 这是中国政府逐步加强对区块链的采用和专业化的重要里程碑。一般私有链被应用于集团公司内部或个人, 联盟链被应用于公司企业, 例如IBM hyperledger fabric就是采用了联盟链, 国际上一般都采用公有链, 比特币和以太坊采用的是公有链^[12-18]。目前, 在单纯的区块链领域已经形成了部分标准, 但也没有形成完备的体系, 目前主要的标准化组织包括ISO、IEEE、ITU、CCSA以及中国区块链技术和产业发展论坛和可信区块链计划等。在这些已有的区块链标准中约一半是面向业务应用而制定, 其中业务应用标准占比超过51%, 另有40%左右是基础标准和信息安全标准, 只极少一部分是用于过程方法和可信互操作。

目前美国、日本等发达国家均希望通过标准化方式掌控更多话语权, 区块链在我国能源领域的应用和标准化工作才刚刚起步, 本文主要从区块链在电力交易领域

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2019MS004)。

Supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities (2019MS004) .

[引文信息] 李彬, 侯萌, 祁兵, 等. 基于区块链的电力交易发展及标准化需求分析[J]. 供用电, 2020, 37(3): 10-15, 21.
LI Bin, HOU Meng, QI Bing, et al. Analysis on electricity transaction development and standardization requirements based on blockchain[J]. Distribution & Utilization, 2020, 37(3): 10-15, 21.

的应用情况出发,考虑在新一代智能电网电力交易平台演进趋势,并结合目前的区块链技术给出不同类别的标准化需求分析。

1 区块链在电力交易领域的应用分析

1.1 基于区块链电力交易基本原理

基于区块链技术的用户交易,如图1所示。交易结果是用户1与用户2之间达成交易,用户1需要支付5000元给用户2。在传统交易中,只需要两个人进行交易协商及成交,其交易结果不被公正,交易内容容易被篡改、泄露。而采用区块链技术进行交易,其交易结果被客户端1、2、3、4进行了记录,并且将交易结果通过P2P网络进行广播,区块链上的所有客户端都将收到用户1与用户2的交易过程及结果,并将其验证记录下来,从而将这笔交易记录在区块链上。广播一记录的过程即为公正的过程,使得交易内容不易被篡改^[19]。区块链的数据加密技术和隐私保护技术为交易过程提高了保密性,使交易过程及结果更加不易被泄露、篡改,保证了用户的交易安全和隐私信息^[20-23]。

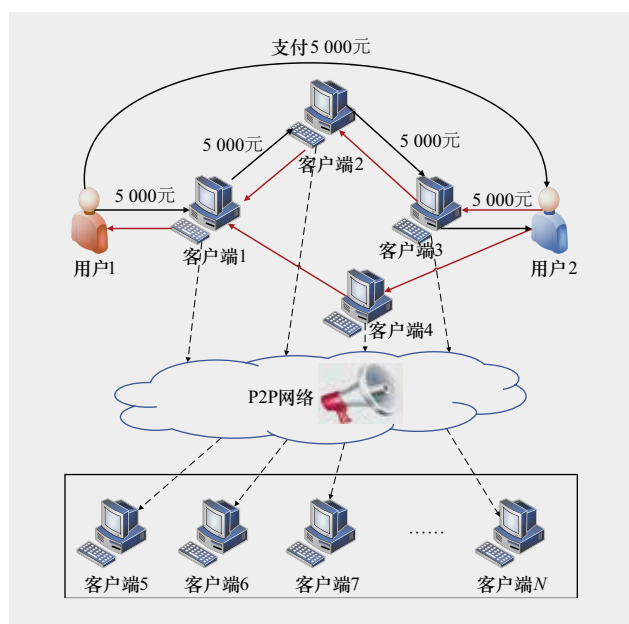


图1 基于区块链技术的用户交易

Fig.1 User transactions based on blockchain technology

1.2 区块链的应用分析

德国的共享汽车“Share & Charge”平台,旧金山Oxygen Initiative清洁能源公司与德国Innogy SE能源公司合作开发,司机可以共享汽车充电桩、自行支付费用及其他与清洁能源汽车相关的操作;IBM与法国国民互助信贷银行合作开发的跨行积分兑换系统和区块链身份认证;国际上的Visa和万事达也将区块链技术应用在支付

和结算领域。

新能源双积分政策于2018年4月1日正式实施,双积分政策的实施,给新能源带来了一定的促进作用,企业为了负积分的抵偿归零,只能努力生产新能源汽车,通过购买新能源汽车赚取正积分,进行抵偿归零。随着新能源汽车的逐渐增加,新能源的利用率也将增加,新能源的交易也随之增加。在2017年10月20日发布的《京津唐电网冀北(张家口可再生能源示范区)可再生能源市场化交易规则(试行)》文件中第49条所提到的“市场主体电力通过交易平台接收电量电费结算凭证,应及时进行核对确认,如有异议应在3个工作日内通知电力交易机构,逾期视同没有异议”。暴露出现有电力交易中心的两个问题:第一,对于结算结果必须及时核对,一旦出现错误而参与主体没有及时核对进行申诉,将不得进行修正;第二,参与主体如果有异议,其申诉时间为3天,超过这个时间则视为无异议,这意味着电费结算结果要至少等待3天才能进行公示。这两个问题充分反映了现有的电力交易平台具有的弊端:交易处理速度慢,花费时间长。2019年,江苏电力公司也正式推出萤火虫计划,旨在通过电力积分方式促进电网用户参与互动,然而其中的大量的分散式用户的点对点结算交易,对现有的交易平台仍提出了较大的挑战。

2 电力交易平台架构演进

2.1 传统电力交易平台系统架构

电力交易中心网络通常划分为信息内网和信息外网。信息内网在电力交易中心内部使用,信息外网则是一些应用服务器使用。发电企业、售电公司和电力用户使用智能终端通过Internet将信息上传至信息外网的应用服务器上,再由应用服务器将信息上传至电力交易中心,电力交易平台根据上传信息进行相应操作。电力交易中心将处理后的信息下发至信息外网的应用服务器上,再由应用服务器传至发电企业、售电公司和电力用户终端^[24-26]。

传统电力交易中心的交易系统架构如图2所示。其交易流程为:电力交易中心将交易公告发布;发电企业、售电公司和电力用户对此公告进行申报;电力交易中心根据已有的出清算法进行交易出清;发电企业、售电公司和电力用户交易成功;电力交易中心将交易结果进行发布。与传统电力交易不同的是,随着未来越来越多的外部企业、社区甚至其他能源服务商等团体加入电力交易后,单一的集中式管理难以满足多方互信的标准,同时考虑到加入平台的设备数量、种类激增,现有的交易平台无论在业务处理能力,还是在时效性方面均难以保障。

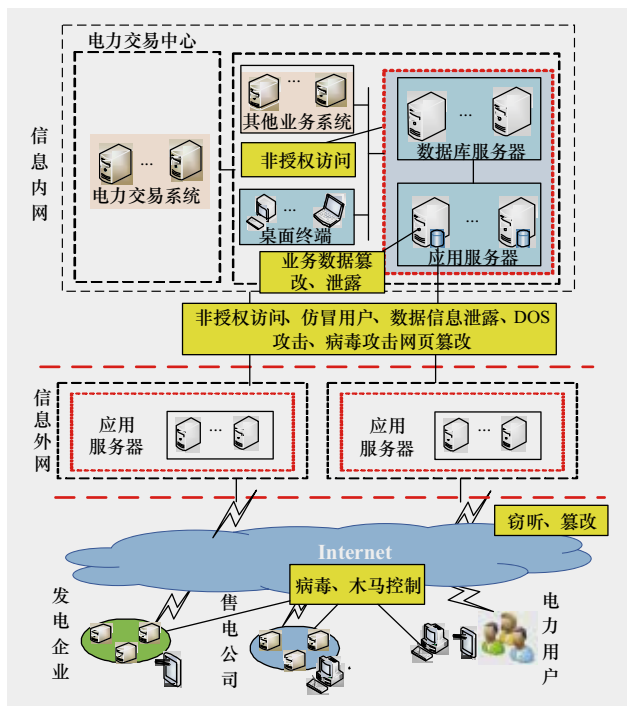


图2 传统的电力交易平台系统架构

Fig.2 System architecture of traditional electricity transaction platform

2.2 基于区块链的电力交易平台系统架构

但是传统电力交易平台面临着诸多挑战,例如,非法授权访问数据库服务器和应用服务器,应用服务器的业务数据被篡改和泄露,借助信息外网对内网进行DOS攻击和病毒攻击等。采用区块链技术可以有效的减少以上类似风险,也可以解决记账清晰度不高,可信度低等问题。电力交易中心采用区块链技术,既可以利用区块链的加密算法和隐私保护技术来保护参与主体的隐私和交易过程不被篡改,也可以采用智能合约使电力交易中心的交易过程实现自动化,减少人力消耗,还可以利用分布式记账特性,区块记录所有的交易过程,并且可以被查询。基于区块链的电力交易平台系统构架如图3所示,该系统主要分为电力交易服务器和若干客户端。电力交易服务器由电力交易中心提供及管理,客户端主要是发电公司、电力用户、售电公司及配售电一体化的售电公司。

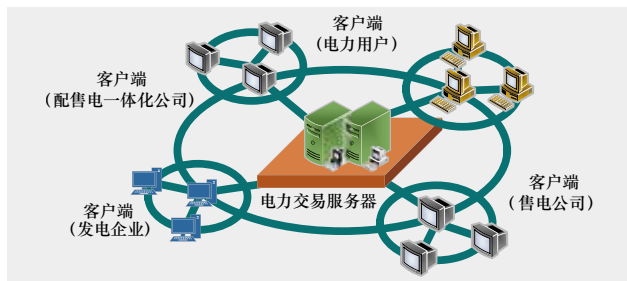


图3 基于区块链的电力交易平台系统架构

Fig.3 Electricity transaction platform system architecture based on blockchain

3 基于区块链的电力交易标准化需求分析

目前从已有的区块链发布标准来看,分布在不同的标准化组织,相对较为零散,而且不同的标准化组织难以协调,随着我国对于区块链产业发展逐步重视,其标准化工作也将迈向新的台阶。其中平台架构类标准和电力交易类标准是支撑基于区块链的电力交易业务的核心,但是考虑到与传统的电力交易的差异性,仍然需要相关的测试验证类标准和通信及信息安全类标准进行支撑。

3.1 平台架构类标准

由于电力交易的特殊性及现阶段区块链技术在电力交易的成熟,不能完全做到去中心化,还必须保留电力交易中心的中心化地位。由各客户端通过电力交易服务器运行智能合约,从而自动达成电力交易,不需要人为操作,减少人力消耗。电力交易区块链技术架构如图4所示。目前在架构方面主要有参考以太坊和比特币的区块链技术架构^[27],代表性的标准包括区块链和分布式记账技术系列标准,如:《区块链和分布式记账技术参考架构》(ISO/AWI 23257)、《区块链在物联网领域的应用构架》(IEEE P2418.1)、ITU分散服务平台的物联网链架构等。目前IEEE P2418列举了关于在农业领域(P2418.3)、能源领域(P2418.5)、自动驾驶(P2418.4)等领域的标准,初步形成了较为完备的区块链应用标准体系。未来还应当重点考虑区块链的各个层级划分,分别考虑展现层、应用层、业务层及数据层等具体细化标准^[28-30]。区块链总体技术要求(2017-0943T-YD)、区块链服务技术要求(H-2018008855)作为总体技术要求类标准在架构方面也做了一些约束性的条款。

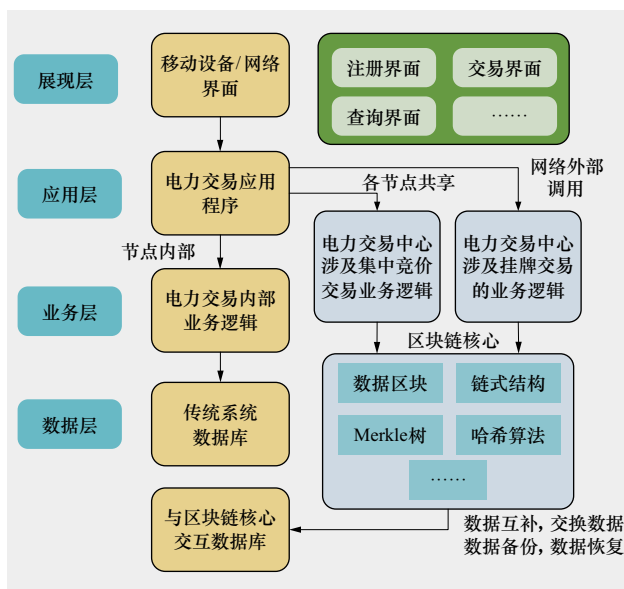


图4 电力交易区块链技术架构

Fig.4 Technical architecture diagram of blockchain for electric electricity transaction

1) 展现层标准。主要是移动设备（用户手机）或网络界面，包括注册界面、交易界面、查询界面、应用服务等。

2) 应用层标准。电力交易应用程序，包括双边交易、省间交易、挂牌交易等交易的应用程序。

3) 业务层标准。电力交易内部业务逻辑，与应用层对应，包括双边交易、省间交易、挂牌交易等交易的内部业务逻辑。

4) 数据层标准。包括传统系统数据库和与区块链核心交互的数据库。数据互补和数据备份，可以保证数据的完善。

3.2 电力交易类标准

电力交易区块链系统的交易流程与传统的电力交易平台有所不同，其不再需要电力交易中心用已有的出清算法进行出清处理，而是为不同类型的客户端制定不一样的智能合约，运行智能合约来达成交易^[31]。电力交易智能合约模型如图5所示。目前涉及到业务相关的标准数量还不是太多，主要存在一些能源相关的标准，如：区块链在能源领域中的应用（P2481.5）、电力基础设施的可交换能源体系的互操作指南（P825）等。

在业务层面，电力市场领域的标准化工作一直在发展，如Framework for energy market communications（IEC 62325）、《电力市场运营系统功能规范和技术要求》（DL/T 1008—2006）等，智能合约能够触发预置响应条件的参与主体必须满足已经在电力交易中心进行注册这一条件。电力交易中心可以根据注册时所填写的资料进行各类智能合约的选择触发。在传统的电力交易过程中，电力交易整个过程大部分都由电力交易中心来出力处理，最为重要的出清运算也是由电力交易中心进行处理，统

一出清后还需要对出清结果进行安全校验。虽然《电力市场通信第301部分：公共信息模型》（DL/T 1414.301—2015）奠定了电力市场通信的基础，但是基于区块链的电力交易则是由所有区块都执行智能合约程序，再将执行结果相互安全验证，得出最终的交易结果。因此，除了常规的区块链标准外，还需要大量的支撑分布式交易的相关标准，目前已经完成的主要包括：《电力市场主体信用信息采集指南》（DL/T 1834—2018）、《电力交易平台市场成员注册数据编码》（Q/GDW 11571—2016）、《电力交易平台合同数据编码》（Q/GDW 11572—2016）、《电力交易平台结算数据编码》（Q/GDW 11573—2016）等。在未来标准编制的规划中，已将电力交易平台业务模型规范、电力市场交易运营系统功能规范（中长期）、省级现货市场技术支持系统技术规范、售电技术支持系统技术规范等作为未来2年内的重点工作。

基于区块链的分布式电力交易不再是仅由电力交易中心单独负责，而是所有区块都参与，使交易透明化，可以实现公平公正。传统电力交易的数据容易被篡改、存在一定的人为误差，而采取区块链中智能合约技术可以减少此类问题的发生。然而在执行过程中，其最核心的内容还是合约的构建，亟须对目前的合约管理方面进行标准化。目前在合约方面，主要存在的标准有：《区块链和分布式记账技术合规性智能合约》（ISO TR 23259）、《区块链和分布式记账技术——区块链和分布式记账技术系统中的智能合约的交互概述》（ISO/CD TR 23455）。此外，还有部分区块链数据类型、分布式账本的技术标准也已经开展了相关工作，如：区块链系统的标准数据格式（IEEE P2418.2）、分布式账本技术架构（FG DLT D3.1）、区块链智能合约实施规范（CBD-Forum-002-2018）。

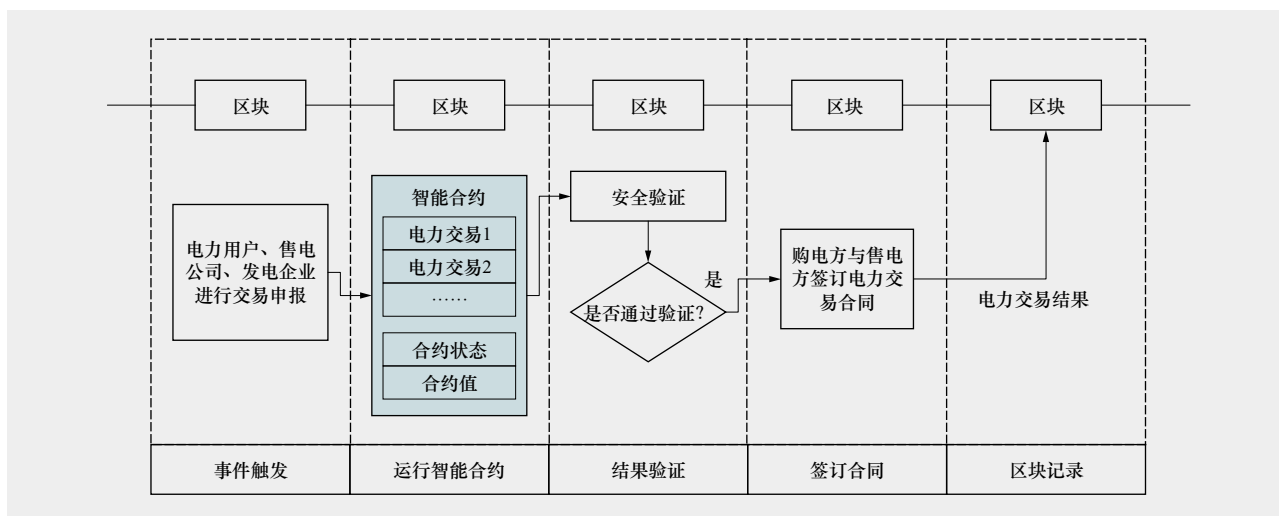


图5 电力交易智能合约模型（以购售电交易为例）

Fig.5 Smart contract model for power transactions (taking electricity purchase and sale transaction as an example)

3.3 测试验证类标准

目前还有不少组织对于区块链底层的技术持有不确定性态度,而且是否能够支撑大规模分散式节点接入网络的并发性还需要进一步论证。为了促进产业的有序发展,亟须要建立相关的配套测试平台,编制相关的测试验证类标准,对现有的区块链产品进行验证,引导行业健康发展。在分布式网络传递过程中,网络外部可调用另一区块链记录的电力交易信息,可以实现交易数据的互补,即交换数据,再将交易数据备份,使得所有电力交易均可查询,提高了电力交易数据的完整性和安全性。此外区块链网络还存在着诸多特殊的地方,如:账本同步过程中的节点加入退出、数据链同步过程中的数据完整性管理、分叉测试、出块时间测试等。目前各个标准化组织已经开始着力于制定一些测试验证类的标准,主要存在的标准包括:分布式账本技术评估准则(FG DLT D3.3)、CCSA的区块链通用评测指标和测试方法、区块链通用评测指标和测试方法(2017-0942T-YD)、区块链测评要求性能测试(H-2018008854)、可信区块链系列标准中的可信区块链技术总体要求和评价指标、可信区块链功能测试方法、区块链服务测试方法、性能基准评估方法等。未来还应当结合电力行业特点,有针对性地结合特定的业务层面,制定相关的协议性能测试标准。

3.4 通信及信息安全类标准

区块链技术相对于以往的成熟技术而言,还具有相当程度的不确定性,其安全性和性能测试是不可或缺的。与常规的互联网应用相比,除了常规的DoS攻击、资源消耗、异常处理等,还有很多区块链所特有的内容,如:分布式存储、节点同步共识、数据溢出、随机数安全等。不少公有区块链都是采用开源形式,可以通过源码审计挖掘漏洞,评估其对内对外的接口处理及风

险函数分析,对于非开源区块链项目可以采用黑盒测试对其安全性及性能进行评估。

《区块链和分布式记账技术——隐私和个人可识别信息(PII)保护概述》(ISO/NP TR 23244),《区块链和分布式记账技术——安全风险和漏洞》(ISO TR 23245),《区块链和分布式记账技术——身份管理概览》(ISO TR 23246),《数字资产托管的安全》(ISO TR 23576),《基于信任和代理的数字普惠》(IC17-002-01),《区块链安全评测指标和评测方法》(H-2018008857),基于ICN和区块链技术的去中心化物联网通信体系结构,ITU在研系列标准,如:基于区块链的数字版权管理安全要求、分布式账本技术安全体系架构、基于分布式账本技术的安全服务;CCSA的区块链数字资产存储与交互防护技术规范、区块链平台安全技术要求;中国区块链技术和产业发展论坛的区块链隐私保护规范、区块链存证应用指南等。目前全国信息安全标准化技术委员会(TC260)在重点关注信息安全领域的相关标准化工作,此外ANSI、W3C等也在准备着手开展区块链安全相关的标准化研究。

4 结语

区块链技术已成为国内外的研究热点,其快速发展不仅给社会各行业带来了机遇,也给电力行业带来了机遇。目前制定区块链标准的组织较多,但是所构建的标准还比较零散,短时间内无法形成合理有效的标准体系。电力交易采用区块链技术具有先天的优势,其在电力行业的应用应该越来越受到重视,区块链标准化工作的顶层设计,直接影响着整个行业的发展。随着中国区块链团标、行标不断落地,应当尽快梳理目前的区块链已有标准,并且尽快出台相关文件规范整个行业的标准化发展。

DU

参考文献

- [1] 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 Feiyue. Blockchain: the state of the art and future trends [J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42 (4): 481-494.
- [2] ZHENG Z B, XIE S A, DAI H N, et al. An overview of blockchain technology: architecture, consensus, and future trends [C] //2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress), June 25-30, 2017. Honolulu, HI, USA. IEEE, 2017: 564.
- [3] 张波.国外区块链技术的运用情况及相关启示[J].金融科技时代,2016,24(5):35-38.
- [4] 颜拥,赵俊华,文福拴,等.能源系统中的区块链:概念、应用与展望[J].电力建设,2017,38(2):12-20.
YAN Yong, ZHAO Junhua, WEN Fushuan, et al. Blockchain in energy systems: concept, application and prospect [J]. Electric Power Construction, 2017, 38 (2): 12-20.
- [5] 李彬,曹望璋,祁兵,等.区块链技术在电力辅助服务领域的应用综述[J].电网技术,2017,41(3):736-744.
LI Bin, CAO Wangzhang, QI Bing, et al. Overview of application of block chain technology in ancillary service market [J]. Power System Technology, 2017, 41 (3): 736-744.
- [6] 水心.区块链在国外不同领域的应用案例[J].光彩,2017(9):34-36.
- [7] ZHENG Z B, XIE S A, DAI H N, et al. An overview of blockchain technology: architecture, consensus, and future trends [C] //2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress), June 25-30, 2017. Honolulu, HI, USA. IEEE.
- [8] 欧阳旭,朱向前,叶伦,等.区块链技术在大数据直购电中的应用初探[J].中国电机工程学报,2017,37(13):3737-3745.

- OUYANG Xu, ZHU Xiangqian, YE Lun, et al. Preliminary applications of blockchain technique in large consumers direct power trading [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3737-3745.
- [9] NAKASUMI M. Information sharing for supply chain management based on block chain technology [C] //2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), July 24-27, 2017. Thessaloniki, Greece. IEEE, 2017: 140-149.
- [10] 王雅娟. 区块链在商业银行业的应用前景展望 [J]. 中国银行业, 2016 (6): 53-55.
- [11] TAPSCOTT D, TAPSCOTT A. How blockchain technology can reinvent the power grid [EB/OL]. 2016-05-15. <http://fortune.com/2016/05/15/blockchain-reinvents-power-grid/>.
- [12] 黄洁华, 高灵超, 许玉壮, 等. 众筹区块链上的智能合约设计 [J]. 信息安全研究, 2017, 3 (3): 211-219.
- HUANG Jiehua, GAO Lingchao, XU Yuzhuang, et al. The design of smart contracts on crowd funding private blockchain [J]. Journal of Information Security Research, 2017, 3 (3): 211-219.
- [13] 王劲松, 韩彩珍, 韩克勇. 区块链技术在我国的股权交易中的应用 [J]. 中国流通经济, 2018, 32 (2): 83-90.
- WANG Jinsong, HAN Caizhen, HAN Keyong. The application of block chain technology in China's equity transaction [J]. China Business and Market, 2018, 32 (2): 83-90.
- [14] 杨晓东, 张有兵, 卢俊杰, 等. 基于区块链技术的能源局域网储能系统自动需求响应 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (13): 3703-3716.
- YANG Xiaodong, ZHANG Youbing, LU Junjie, et al. Blockchain-based automated demand response method for energy storage system in an energy local network [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3703-3716.
- [15] 李彬, 卢超, 曹望璋, 等. 基于区块链技术的自动需求响应系统应用初探 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (13): 3691-3702.
- LI Bin, LU Chao, CAO Wangzhang, et al. A preliminary study of block chain based automated demand response system [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3691-3702.
- [16] 武庚, 曾博, 李冉, 等. 区块链技术在综合需求侧响应资源交易中的应用模式研究 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (13): 3717-3728.
- WU Geng, ZENG Bo, LI Ran, et al. Research on the application of blockchain in the integrated demand response resource transaction [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3717-3728.
- [17] 李彬, 曹望璋, 张洁, 等. 基于异构区块链的多能系统交易体系及关键技术 [J]. 电力系统自动化, 2018, 42 (4): 183-193.
- LI Bin, CAO Wangzhang, ZHANG Jie, et al. Transaction system and key technologies of multi-energy system based on heterogeneous blockchain [J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42 (4): 183-193.
- [18] 陈志东, 董爱强, 孙赫, 等. 基于众筹业务的私有区块链研究 [J]. 信息安全研究, 2017, 3 (3): 227-236.
- CHEN Zhidong, DONG Aiqiang, SUN He, et al. Research on private blockchain based on crowdfunding [J]. Journal of Information Security Research, 2017, 3 (3): 227-236.
- [19] BOGNER A, CHANSON M, MEEUW A. A decentralised sharing app running a smart contract on the ethereum blockchain [C] // Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things - IoT'16, November 7-9, 2016. Stuttgart, Germany. New York, USA: ACM Press, 2016: 177-178.
- [20] KISHIGAMI J, FUJIMURA S, WATANABE H, et al. The blockchain-based digital content distribution system [C] //2015 IEEE Fifth International Conference on Big Data and Cloud Computing, August 26-28, 2015. Dalian, China. IEEE, 2015: 187-190.
- [21] SWAN M. Blockchain: Blueprint for a New Economy [M]. O'Reilly Media, Inc. 2015.
- [22] 李经纬, 贾春福, 刘哲理, 等. 可搜索加密技术研究综述 [J]. 软件学报, 2015, 26 (1): 109-128.
- LI Jingwei, JIA Chunfu, LIU Zheli, et al. Survey on the searchable encryption [J]. Journal of Software, 2015, 26 (1): 109-128.
- [23] 邵雪, 孙宏斌, 郭庆来. 能源互联网中基于区块链的电力交易和阻塞管理方法 [J]. 电网技术, 2016, 40 (12): 3630-3638.
- TAI Xue, SUN Hongbin, GUO Qinglai. Electricity transactions and congestion management based on blockchain in energy Internet [J]. Power System Technology, 2016, 40 (12): 3630-3638.
- [24] 鲁静, 宋斌, 向万红, 等. 基于区块链的电力市场交易结算智能合约 [J]. 计算机系统应用, 2017, 26 (12): 43-50.
- LU Jing, SONG Bin, XIANG Wanhong, et al. Smart contract for electricity transaction and charge settlement based on blockchain [J]. Computer Systems & Applications, 2017, 26 (12): 43-50.
- [25] 胡卫东, 顾宇桂, 徐亮, 等. 2016年电力交易情况分析 [J]. 中国电力, 2017, 50 (4): 35-38.
- HU Weidong, GU Yuguai, XU Liang, et al. 2016 annual report on power trading [J]. Electric Power, 2017, 50 (4): 35-38.
- [26] 刘树杰, 杨娟. 电力批发市场设计的经济学原理 [J]. 中国电力, 2017, 50 (9): 1-10.
- LIU Shujie, YANG Juan. The economic principles of electricity wholesale market design [J]. Electric Power, 2017, 50 (9): 1-10.
- [27] 李赫, 孙继飞, 杨泳, 等. 基于区块链2.0的以太坊初探 [J]. 中国金融电脑, 2017 (6): 57-60.
- [28] 欧阳旭, 朱向前, 叶伦, 等. 区块链技术在用户直购电中的应用初探 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (13): 3737-3745.
- OUYANG Xu, ZHU Xiangqian, YE Lun, et al. Preliminary applications of blockchain technique in large consumers direct power trading [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3737-3745.
- [29] VUKOLIĆ M. The quest for scalable blockchain fabric: proof-of-work vs. BFT replication [M] //Open Problems in Network Security. Cham: Springer International Publishing, 2016: 112-125.
- [30] 平健, 陈思捷, 张宁, 等. 基于智能合约的配电网去中心化交易机制 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (13): 3682-3690.
- PING Jian, CHEN Sijie, ZHANG Ning, et al. Decentralized transactive mechanism in distribution network based on smart contract [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37 (13): 3682-3690.
- [31] 胡凯, 白晓敏, 高灵超, 等. 智能合约的形式化验证方法 [J]. 信息安全研究, 2016, 2 (12): 1080-1089.
- HU Kai, BAI Xiaomin, GAO Lingchao, et al. Formal verification method of smart contract [J]. Journal of Information Security Research, 2016, 2 (12): 1080-1089.

收稿日期: 2020-01-14; 修回日期: 2020-02-05

作者简介:

李彬 (1983—), 男, 副教授, 主要研究方向为电气信息技术及电力系统通信。

侯萌 (1996—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为能源互联网信息通信。

祁兵 (1965—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力节能、自动需求响应。

张晶 (1963—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为需求侧管理、智能电网、能源互联网。

朱楠 (1986—), 男, 高级工程师, 主要从事电力自动化设备运维技术研究。

朱可馨 (2000—), 女, 本科在读, 电气工程及其自动化专业。

(下转第 21 页 continued on page 21)

收稿日期: 2019-11-05; 修回日期: 2019-12-11

作者简介:

吴天京(1980—), 男, 高级工程师, 研究方向为智慧城市等信息化相关技术。

代攀(1975—), 男, 高级工程师, 研究方向为能源互联网、智能变电站以及智能用电相关技术。

闫晔(1986—), 女, 高级工程师, 研究方向为高电压技术及超特高压串补技术等。

王振刚(1985—), 男, 工程师, 研究方向为输电线路在线监测技术。

邓剑伟(1985—), 男, 工程师, 研究方向为二次设备运维检修技术。

谭伟田(1987—), 男, 工程师, 研究方向为二次设备运维检修技术。

Research on New Generation Technical Standard System of Smart Transmission and Transformation

WU Tianjing¹, DAI Pan¹, YAN Ye², WANG Zhengang³, DENG Jianwei⁴, TAN Weitian⁴

(1. NARI Group Corporation, Nanjing 211000, China; 2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China; 3. Shandong Electrical Engineering & Equipment Group Co., Ltd., Jinan 250022, China; 4. State Grid Xinjiang Electric Power Company, Urumqi 830000, China)

Abstract: The construction of strong smart grid is an important foundation for building a First-class energy Internet enterprise in the world. Ultra-high voltage and smart transmission and transformation technology are important embodiment to realize a strong grid structure and intelligent operation. With the development of technologies such as UHV, wireless transmission, intelligent substations and other technologies, the original technical standard system of smart transmission and smart transformation can no longer meet the requirements of power transmission and transformation construction in the new era. The original standard system needs to be optimized, supplemented, modified and improved. This research systematically summarizes the current status quo of the domestic and foreign standard systems in the six technical fields of smart transmission and transformation, including ultra-high voltage transmission, smart transmission line, flexible ac transmission, flexible dc transmission, smart substation and new transmission. Based on the principle of "inheritance, innovation and practicability", a new hierarchical structure of smart transmission and transformation is designed and constructed. At the same time, through the analysis of the standard requirements of various fields, the standard planning of the smart transmission and transformation about six technical fields in the near term, medium term and long term was put forward. Finally, the key action plan of smart transmission and transformation technology was proposed.

Key words: smart transmission and transformation; ultra-high voltage; wireless transmission; smart substation; standard system; hierarchical structure

(上接第 15 页 continued from page 15)

Analysis on Electricity Transaction Development and Standardization Requirements Based on Blockchain

LI Bin¹, HOU Meng¹, QI Bing¹, ZHANG Jing², ZHU Nan³, ZHU Kexin⁴

(1. School of Electric and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China; 3. State Grid Xinjiang Electric Power Company, Urumqi 830000, China; 4. School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: In order to support the further development of China's electricity transaction system, the current applications of blockchain in the field of electricity transaction are analyzed, including the basic principles of electricity transaction based on blockchain and related application progress at home and abroad. In view of the bottleneck of the development of traditional electricity transaction platform, a electricity transaction platform system based on blockchain is designed. Finally, combined with the existing standards from the platform architecture, electricity transaction, testing verification, communication and information security, the demand analyses of electricity transaction standardization based on blockchain are carried out, aiming at promoting the standardization development of the whole energy blockchain industry.

Key words: block chain; smart contracts; electricity transaction; smart grid; standardization