

Distributed Energy Solution Based on Blockchain Charging Pile

Mengke Wang^{1#}, Feng Liu^{2*#}, Ji'an Tang¹, Xuanyong Wu³

¹Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai

²Binjiang College, Nanjing University of Information Science and Technology, Wuxi Jiangsu

³Ernst & Young LLP, Shanghai

Email: *Isttoy@163.com

Received: Aug. 25th, 2019; accepted: Sep. 16th, 2019; published: Sep. 23rd, 2019

Abstract

This thesis mainly studies and analyzes the specific application of blockchain in electric energy, and constructs a new intelligent product. This paper starts from the perspective of blockchain-based charging piles, and carries out specific development of its product design, power transmission process and value generation method. Detailed design is carried out from the perspective of electric energy inlet, namely distributed solar power generation, power transmission, charging pile power output and value transfer.

Keywords

Blockchain, Charging Pile, Intelligence, Distributed Energy, Solution, Blockchain Economy and Ecology

基于区块链充电桩的分布式能源解决方案

王梦珂^{1#}, 刘峰^{2*#}, 汤季安¹, 吴选勇³

¹上海对外经贸大学, 上海

²南京信息工程大学滨江学院, 江苏 无锡

³安永华明会计师事务所(特殊普通合伙), 上海

Email: *Isttoy@163.com

收稿日期: 2019年8月25日; 录用日期: 2019年9月16日; 发布日期: 2019年9月23日

摘要

本论文主要就区块链在电能方面的具体应用进行系统性的研究及分析, 构造出新型的智能化产品。本文

[#]共一作者。

^{*}通讯作者。

文章引用: 王梦珂, 刘峰, 汤季安, 吴选勇. 基于区块链充电桩的分布式能源解决方案[J]. 智能电网, 2019, 9(5): 173-181. DOI: 10.12677/sg.2019.95019

从基于区块链的充电桩的角度出发,对其产品设计,电能传输流程,价值产生方式进行了具体的展开。并从电能的入口即分布式太阳能发电、电能传输、充电桩电能输出及价值转移等角度进行了详细的方案设计。

关键词

区块链,充电桩,智能,分布式能源,解决方案,区块链经济及生态

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球经济发展放缓,电能行业的发展进入了低速增长期。传统业务模式和盈利模式曾经给电能企业带来高速发展,但对于电能行业在实现跨越式发展时,面临着以下诸多问题如现有基础设施建设与管理运营模式与技术发展很不协调、电能交易的成本高、电能交易信息不对称、电能中心交易量将会激增时交易的效率和安全性会下降等等。面对这些问题,区块链是一个很好的备用选项,其自身与身俱来的去中心化、集体维护、智能合约、安全可信等特性,作为一种新的分布式账本技术,可以增加能源互联网中多利益主体的相互信任,应用于充电桩上,与能源互联网的理念相符。也正是由于区块链技术具有去中心化特性,可使充电桩上的交易具有去信任、数据实时共享等功能,通过开发智能交易平台来实现自动匹配充电桩电能交易,提高交易度,降低成本,同时也有助于实现电能交易智能化,最终促进能源商业重构。

2. 基于区块链网络的电能控制系统初步设计

区块链与充电桩特性对照关系

传统电能交易利用现金、支付宝、微信、银行转账等交易模式,较为繁杂低效且安全性低,通过图1可以看出,传统电能控制系统与基于区块链网络的电能控制系统两者的结构性差距,本文提出基于区块链的充电桩交易模式,为与区块链中心化、集体维护、智能合约、安全可信四个特性相对应,本文通过以下方面进行阐述[1]:

1) 去中心化:由于区块链系统中的任何节点都具有相同的权利与义务,且数据在存储、传输、验证过程中均基于分布式的系统结构,任意节点的数据丢失并不会影响系统的正常运行,有助于解决保证分布式电力交易市场中充电桩数据交换的完整性与可信用度等问题。

2) 集体维护:由于区块链系统所有的节点都由交易商共同运行和维护,任何节点都有相同的权利和义务,并且在网络中使用特定的激励机制来保证分布式系统中所有节点都会参与信息的交换过程。有助于为充电桩交易提供透明、公平的交易平台。

3) 智能合约:智能合约通过代码强制运行预先植入的命令,使得电力交易市场变得自动且灵活,交易向着更自动、更智能的方向不断发展,智能合约的可编程特点使得交易双方可以预先约定各种交易条款,确保了交易执行的自动性。

4) 安全可信:区块链采用非对称的密码学原理对交易进行签名,故交易不能被伪造,另一方面,哈希算法也保证了交易不可被篡改。同时,借助分布式系统各节点的共识算法形成强大的算力来抵御攻击。这种具有价格低廉,防止伪造的特点可以为充电桩的数据的安全提供强有力的保障。

我们利用区块链去中心化写协作的工作模式，提出基于区块链网络的电能控制系统，用来将数据处理引擎、实时数据存储、服务整体控制及安全可信控制为一体的节点式功能控制结构。对比传统控制系统，更能发挥区块链带来的四个新特性。

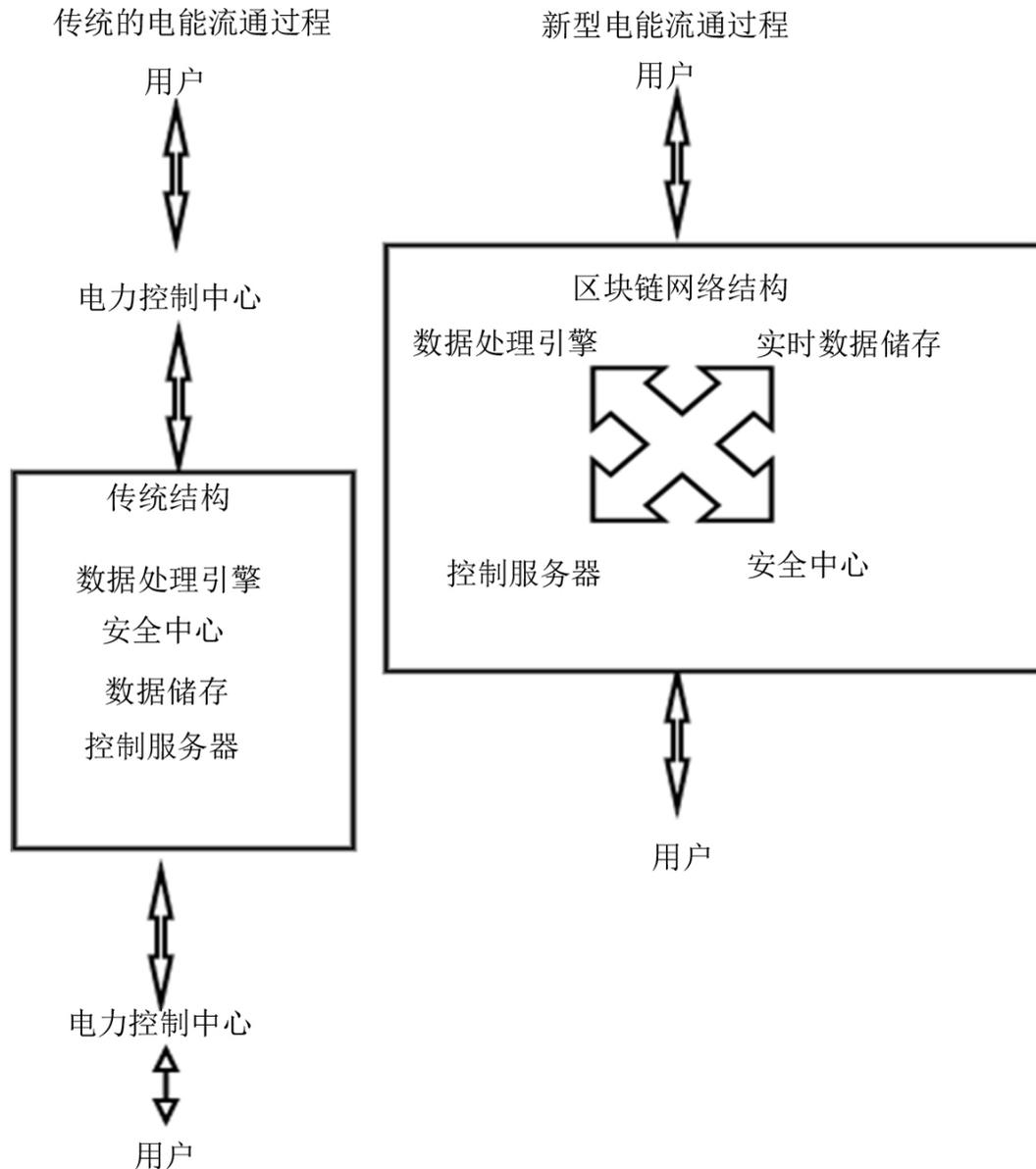


Figure 1. Traditional power control system and power control system based on blockchain network
图 1. 传统电能控制系统与基于区块链网络的电能控制系统

3. 传输流程与价值产生

3.1. 基于新型充电桩的电能传输流程

基于图 2 在本文提到的电能交易业务生态网络中，所有交易数据会实现上链，任何权益也实现数字化和证券化。区块链作为生态网络中的交易媒介，实现了交易网络中新能源数权世界的价值流转和交割，与传统的交易渠道，如：支付宝、微信、现金交易、银行转账等相比更加安全、便捷、实时、透明、智能。

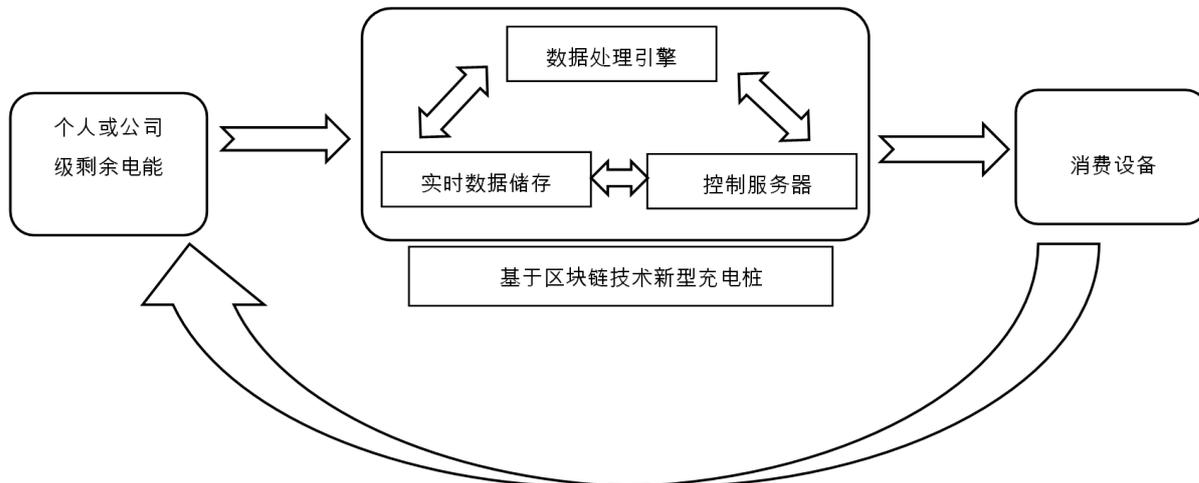


Figure 2. A brief power transfer process based on blockchain technology
 图 2. 基于区块链技术的简要电能传输流程

3.2. 新型充电桩交易生态网络构成群体

对于基于区块链充电桩的电能交易生态网络设计，主要由以下四个群体组成：

一、生产者与服务商，主要负责电能交易产业链上的生产者和其生产关系，服务商和用户的服务关系的协调，并整合且激励世界各区域的电能生产者与服务商的业务的发展问题，用区块链技术进行数字资产化和证券化，实现电能的产、储、消、送等所有交易的数据信息上链，并将数据储存，并使用智能密码，利用区块链上的智能合约，实现一个透明的自给自足的自运营电能交易数字经济体系。另一方面，调节电能的供应量，做出控制方案。

二、社区共识者，主要由生态公链的参与者与应用级侧链的参与者构成，是形成生态共识和自给自足的推动者，他们通过记录产业链上的信息数据，对数据进行分析，为生态链发展做出合理的管理学建议。并参考共识机制和激励机制，通过区块链上的智能合约实现各部分的奖励分发。

三、Dapps 群体是电能交易网络快速发展和扩大核心和衍生业务的群体。通过在运营的公链上自行开发衍生业务的侧链 DAPP，推动生态网络实现智能支付的衍生应用场景的部署，对创建衍生金融类、衍生大数据类等衍生业务场景的开发起巨大作用，帮助此生态网络发挥更大的价值。

四、充电桩主：可以是私人也可以是公司级别的运营商，是充电桩的主要建设者和贡献者，也是交易的主要组成方。

基于以上四个主题，我们构建了一个基于区块链的充电桩交易生态，同时对生态网络中的业务和角色进行了初步的设计。

3.3. 新型充电桩交易价值产生

本文提出基于区块链技术充电桩让光伏业主可以自由地在系统内买卖电力，居民过剩的电力可以自主的通过区块链智能合约进行出售，分布式机制由以太坊网络构成，构建电能产消者共同参与、自适应维护的电能稳定互济交易模式[2]。充电桩电能交易的匹配、广播、认证、结算的流程由图 3 所示。

区块链充电桩平台上报自身实时用电需求，然后依据智能合约(已预先设定在底层的区块脚本上)自动且智能地匹配电能产消者的交易，匹配成功后通过 P2P 网络来广播认证，之后利用公钥来查看交易信息，电能交易认证通过后，会在区块链上进行自动结算，交易信息会录入在新创建的区块上并按照时间顺序接到主链。实现交易认证的电能产消者会获得认证激励。因此，分布式数据信息整合会进行安全传递，

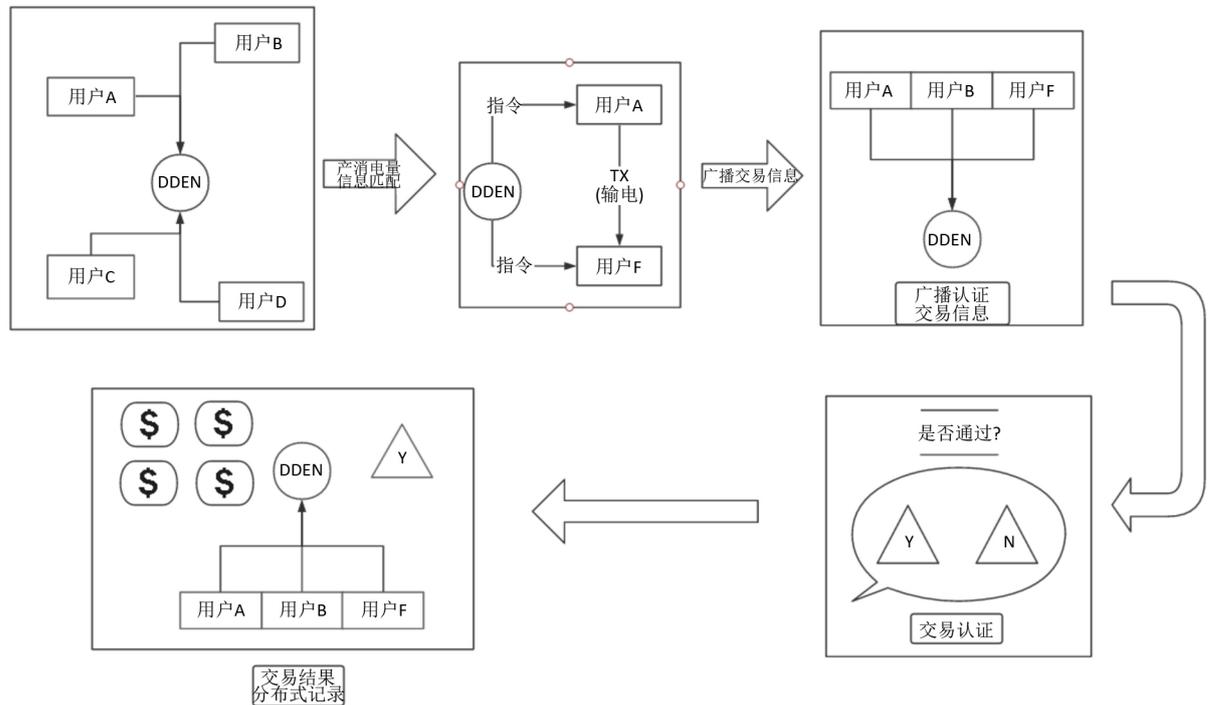


Figure 3. A schematic diagram of a new charging pile transaction combined with blockchain technology
图 3. 结合区块链技术的新型充电桩交易示意图

此充电桩利用区块链技术会被认为是一个可再生的分布式电网[3]。

同时在进行交易时，新型充电桩在数据方面有所突破，可以更加准确地追踪用户购买的电能和消费模式的信息，根据用户的消费数据提供推荐的对对手方以及充值的金额。用户在新型充电桩上交易时支持多种充值手段，可以使用加密货币代替传统交易，实现一种“交互的能源”。甚至可以将美元、人民币等转化成虚拟货币进行支付，而充电桩支出时也提供了多种方式，包括银行卡，公司账户等。交易完成后，由于区块链技术，可以对用户进行追踪获得相关信息进行分析，以助于更好服务于之后的交易。从长远来看，这一支付方式为交易双方都省去了数额众多的手续费，同时由于多方维护同一账本的特性，帮助我们打破不同系统间信息孤岛的问题。同时还可以带来支付即结算的清算功能。减少多方重复对账带来的问题和成本也保障了数据的不可泄漏性[4]。这些节约的成本可以用于区块链的管理。

通过参考图 4 的流转示意图，以个人 A、充电桩主 B 为例来简要说明区块链数据及价值流转：充电桩主以及个人完成匿名或实名认证，匿名认证可以通过公钥密码和环签名算法实现。充电桩也需进行地理位置、价格、签名信息的登记，充电桩主可描述介绍充电桩的基本信息如：编号、型号、接口等或本人的个人信息，充电桩主把个人或公司级充电桩接入平台后通过客户端对其进行控制，个人 A 进行链上的支付，在个人 A 向充电桩主实施货币交易之前，利用区块链技术验证 A 发出的虚拟货币是有效的，个人 A 所凭借的虚拟货币不仅要有虚拟价值还有所有流转的数据包，故区块链平台可以用来验证和查收数据及价值。

对于充电桩产业自身的内部回报率我们通过对表 1 的资本分析表可知，假设每日累计充电小时数为 3.5 小时，充电桩使用率为 50%，则整体充电站设备的利用率为 7.3% 左右，充电服务费假设为 0.6 元/kWh；用电损耗假设为 10%；配电维护及运营维护分别为配电设备投入的 3% 及其他设备投资的 5%；并假设运营商借贷比例为 50%。计算可得该充电站的资本金 IRR 为 22.4%，全投资内部收益率为 12.2% [5]。

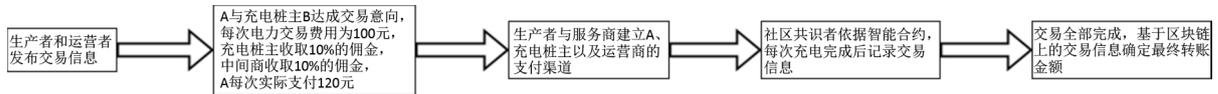


Figure 4. The value of the charging pile flows
图 4. 充电桩的价值流转示意

Table 1. The capital IRR and full investment IRR model of typical charging station
表 1. 典型充电站资本金 IRR 及全投资 IRR 计算模型结果

支出		收入	
充电桩功率(KW)	60.00	每日累计充电小时数/h	3.50
充电桩(个)	30.00	充电桩使用百分比	50.00%
总功率(KW)	1800.00	设备利用率	7.30%
设备单价(元/)	0.42	每日充电量(KWH)	3150.00
充电设备总价(万元)	75.60	充电服务费(元/KWH)	0.60
补贴后充电站建设投资总额(万元)	52.95	用电损耗	10.00%
折旧年限	10.00	EBIT(万元/年)	27.74
折旧(万元)	18.50	贷款比率(%)	50.00%
资本金 IRR	12.2.%	全投资 IRR	22.40%

4. 技术信息与实际应用

4.1. 应用于充电桩的技术信息

区块链技术应用于电能交易，其在内部信息层的交易本质就是利用区块链技术的一组包含输入、输出的数据系列，如图 5 所示。

本文提出的应用于充电桩的技术主要包括以下模块[6]：分布式网络中间层提供存储、安全、加速和区块链服务，其中数据存储采用分布式账本技术。随着交易量越来越大，数据越来越多，数据可被存储在数据库中。利用公钥密码、隐身地址等密码学技术可以保护用户的隐私和安全；利用闪电网络、隔离见证等技术可以提高交易的速度，闪电网络可以将不可数交易放在区块链上，隔离见证可以提升签名验证的高效性[7]。区块链服务主要有 DPOS 共识、侧链技术、智能合约利用于区块链服务，侧链技术可以衍生各种衍生 DAPPS，更好的服务于区块链分布式电能网络，智能合约可以保证交易的灵活性与高效性。上层应用是 API 和客户端，一方面利于充电桩的充电交易和充电桩的管理，另一方面有利于数据查询和分析。

4.2. 实际应用与优势分析

我们通过构建一个基于区块链充电桩的分布式能源系统，构成了一个面向未来的能源价值链。通过图 6 可以看到本价值链通过区块链来串联打通了生产、需求两端，建立一个涉及到能源产生、智能传输、智能分配、能源消费及价值交易等方面。

区块链技术的去中心化特性刚好符合其交易需求的特点，可以知道，我们降低了交易成本，提升了交易效率，新型充电桩的出现也会对分布式电力行业带来革命性的变化。这也为居民带来了巨大的便利，使得最初无法利用这部分电能交易的家庭在未来都有机会接入到一个大的网络中进行分布式的交易。在配网末端利用区块链技术为电能产消者提供自动且智能的交易应用，促进了用户主动参与配网的潜力[8]。新型充电桩为电能的发展带来以下优势：

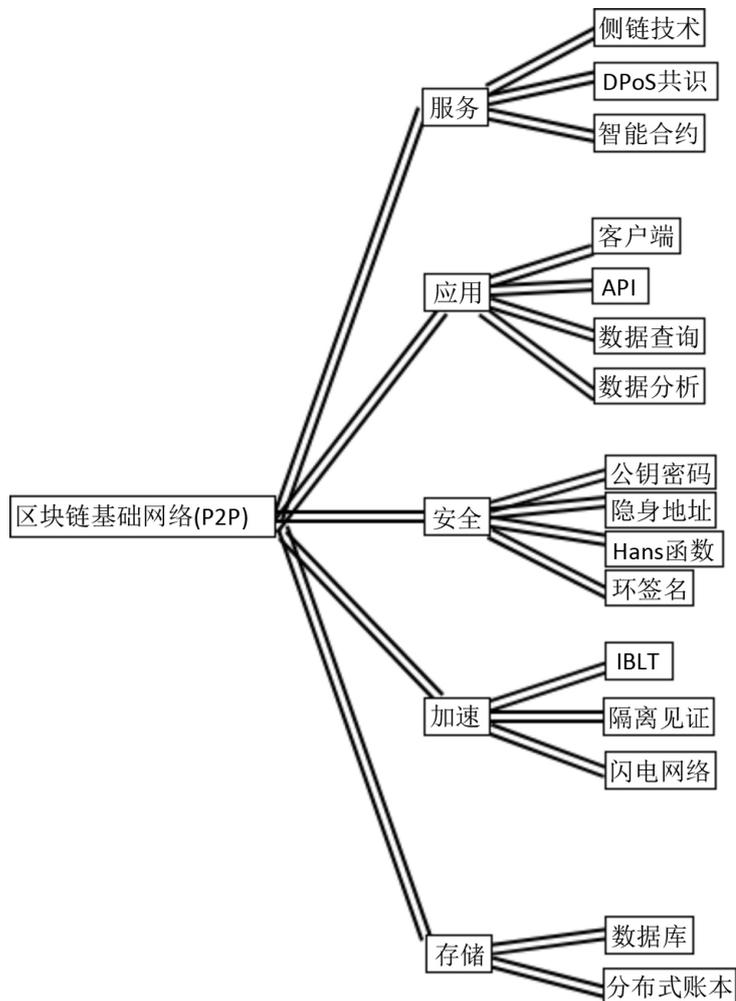


Figure 5. Internal energy trading information

图 5. 内部电能交易信息

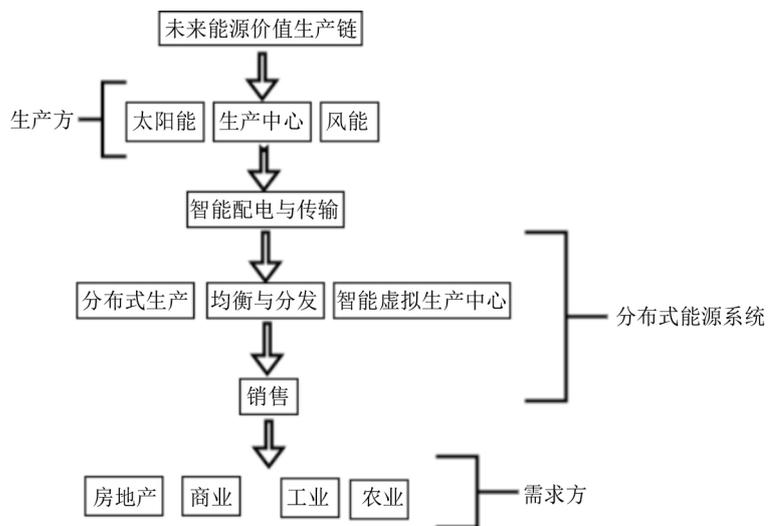


Figure 6. Future energy value chain

图 6. 未来能源价值链

- 一、降低了对传统发电的依赖；
- 二、分布式发电一般为“智能化交易”，避免带来过多的电力损耗；
- 三、由于电能产消者开展了电能互济交易，尽可能调节自身用电“弹性容量”，降低了新能源发电对电力系统的冲击；

四、潜在的巨大光伏用户可以为区块链分布式发电提供可观的发电量，促进能源市场的良性发展。

通过图7可知，中国目前市面上累计保有的充电桩已经达到近40万台。我们通过本区块链平台来兼容市场上已经保有的充电桩，让其接入到区块链网络中，尽最大可能复用了这些基础硬件。

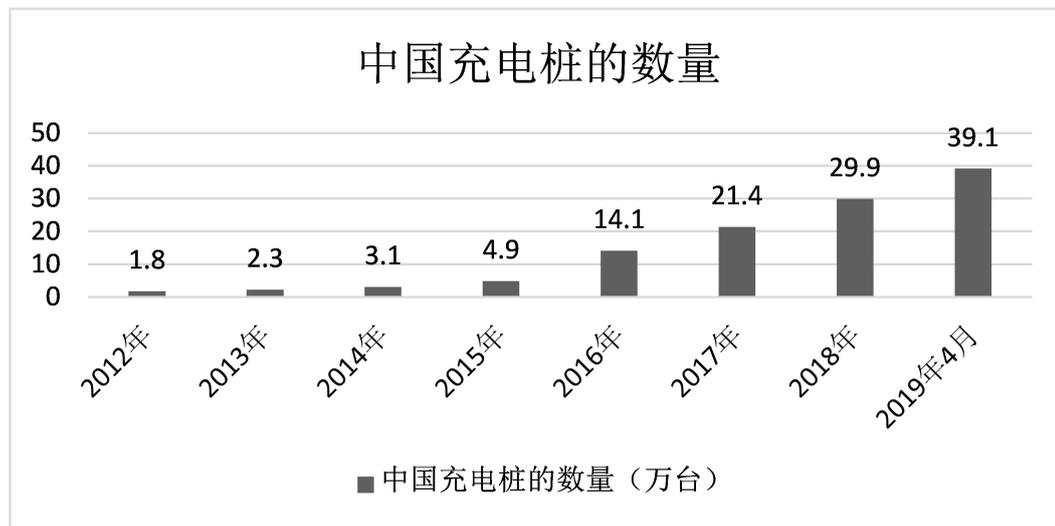


Figure 7. China's cumulative charging pile retention
图7. 中国累计充电桩保有量

5. 分布式能源未来展望

回顾全文，主要通过研究区块链的特性与太阳能、充电桩的电力交易场景，创造性的提出了基于充电桩的区块分布式能源一体化解决方案。我们对太阳能产业、充电桩新能源产业以及区块链技术三者进行交叉融合分析，并基于融合内容设计了分布式能源价值网络。

我们认为区块链不仅仅是体现为一种技术，更多的是观念的改变，以及对一些行业的重新设计，给传统的行业带来了新的发展机会。电能交易结合区块链技术，实现了电力源优化、降低了成本、加速了交易、建立相关各方之间的信任、高效的数据管理和跟踪。全文产业分析及架构设计主要体现了以下三个方面关于区块链技术与分布式发电的良性结合作用：

一、绿色理念：随着世界不断提高低碳清洁能源应用的比重，加快开发水电、风电、太阳能等清洁能源，但仍存在供给不协调，发电效率低下问题。由于区块链技术的应用，实现电力能源的可交易性，降低了传统发电的占比，减少了能源的浪费，另一方面，降低了电能产消者参与交易的技术门槛，促进分布式电源的进一步发展，改善了生态环境。

二、高效节时：由于区块链的“去中心化”特性与分布式发电互济性高，电能产消者成为电能交易参与的主体，激励了产消者参与主动配网匹配，实现了交易的高效化。

三、安全系数：区块链技术可实现交易的认证和数据的记录，另一方面，区块链的数据不可篡改特性，监测了交易的进行，避免交易出现违规现象，提高交易的安全系数。

可以说，随着电力市场的改革不断深入，电能配网接入比例不断提高和能源价值链的演变，电能交

易行业正在发生深刻的变化：一方面是电能行业正在实现关键和基础架构的信息创建、自动化控制，连接来自可再生资源、微电网、虚拟生产站点和存储站点的能源。另一方面，通过掌握电动汽车、联网住宅和物联网的潜力，来通过使其更智能化来改善当前电网，使他们能够检测和处理电力的需求。最终将区块链技术真正的扎根落地到我们日常生活中去。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 李刚, 孟欢, 周国亮, 等. 基于区块链技术的微网能量管理探析与方案设计[J]. 电力建设, 2018, 39(2): 43-49.
- [3] 吉斌, 谭建成. 利用区块链技术的配电侧分布式微电能交易初探[J]. 现代电力. 2019(2): 29-34.
- [4] 刘峰. 区块链热与企业机遇[J]. 企业管理, 2018, 442(6): 19-21.
- [5] <http://www.chyxx.com/industry/201905/738991.html>
- [6] 曹寅. 能源区块链与能源互联网[J]. 风能, 2016(5): 14-15.
- [7] Peck, M.E. and Wagman, D. (2017) Energy Trading for Fun and Profit Buy Your Neighbor & Apos;s Rooftop Solar Power or Sell Your Own-It & Apos;l All Be on a Blockchain. *IEEE Spectrum*, **54**, 56-61.
<https://doi.org/10.1109/MSPEC.2017.8048842>
- [8] Kounelis, I., Steri, G., Giuliani, R., *et al.* (2017) Fostering Consumers' Energy Market through Smart Contracts. *2017 International Conference in Energy and Sustainability in Small Developing Economies*, Funchal, Portugal, 10-12 July 2017. <https://doi.org/10.1109/ES2DE.2017.8015343>