

基于区块链的电动汽车有序充电应用方案

丁霄寅¹,张元星²,蔡 剑¹,陈 琦¹

(1. 国网浙江省电力有限公司 衢州供电公司,浙江 衢州 324000;

2. 中国电力科学研究院有限公司,北京 100000)

Research on application scheme of electric vehicle coordinated charging based on the concept of “block chain”

DING Xiaoyin¹, ZHANG Yuanxing², CAI Jian¹, CHEN Qi¹

(1. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Quzhou Power Supply Company, Quzhou 324000, China;

2. China Electric Power Research Institute Co., Ltd., Beijing 100000, China)

摘要:2018年国内新能源汽车保有量达到180万辆,电动汽车产业步入加速发展的“快车道”,但是居民区等人口密集地区仍存在充电设施安装难、充电难等问题。因此,有必要探索推广有序充电服务,结合新建小区配套供电设施与老旧小区改造增容情况,提高资源整体利用效率。通过利用先进、可靠并去中心化的区块链技术理念,研究基于区块链特征匹配与充电桩共享经济下的共享经济运营模式及业务,形成一整套有序充电智能调度平台和互动软硬件,引导电动汽车低谷充电、错峰充电、排队充电,提升电网设备和客户电力设备利用率,满足不断增长的规模化、多样化充电需求,促进清洁能源消纳。

关键词:电动汽车;充电设施;居民小区;区块链;有序充电

Abstract: In 2018, the number of domestic new energy vehicles reached 1.8 million, and the electric vehicle industry entered the “fast lane” of accelerated development. However, in densely populated areas such as residential areas, there are still some problems such as difficult installation of charging facilities and difficult charging. Therefore, it is necessary to explore the promotion of coordinated charging services, combined with the supporting power supply facilities of new residential areas and the old residential areas to improve the overall utilization efficiency of resources. By utilizing the advanced, reliable and decentralized “block chain” technology concept, the shared economic operation mode and business based on block chain feature matching and charging pile sharing economy is studied, a set of coordinated charging intelligent dispatching platform and interactive software and hardware is formed, and electric vehicles are guided to charge in low valley, stagger peak and queue. The utilization of power grid equipment and customer power equipment is improved, the growing demand for large-scale and diversified charging is met, and clean energy consumption is improved.

Key words: electric vehicle; charging facilities; residential district; block chain; coordinated charging

0 引言

根据《电动汽车充电基础设施发展指南(2015—2020)》规划,到2020年,我国将建成集中充电站1.2万座,建成分散式充电桩480万个。截至2018年5月,产业联盟内成员单位总计上报公共类充电桩266 231个,其中交流充电桩116 761个、直流充电桩84 174个、交直流一体充电桩65 296个。《2018全球电动汽车展望》的数据显示,中国电动汽车保有量增长速度位列全球第一,电动汽车资源网重点列出中国的发展目标:中国2020年电动汽车保有量将达到500万辆。

近年来,为更好推动电动汽车产业发展,国家电

网公司积极推进电动汽车充换电基础设施建设,基本建成高速公路快充网络,开发智慧车联网平台,实现“车-桩-路-网-人”等关键要素的有效连接。国家电网公司2018年提出电动乘用车“80%在居住区充电、80%使用低谷电”的发展目标,要求做好居住区“一车一桩”供电服务,但是居民区等人口密集地区仍存在充电设施安装难、充电难等问题,主要原因在于国内一线城市中多个居民小区已出现由于过于集中的电动汽车充电负荷导致小区配变过载、用电紧张、峰谷差拉大等现象,严重影响居民正常用电。

因此,有必要探索推广有序充电服务,结合新建小区配套供电设施与老旧小区改造增容情况,提高资源整体利用效率。通过利用先进、可靠并去中心化的区块链技术理念,研究基于区块链特征匹配与充电桩共享经济下的共享经济运营模式及业务,

形成一整套有序充电智能调度平台和互动软硬件,引导电动汽车低谷充电、错峰充电、排队充电,提升电网设备和客户电力设备利用率,满足不断增长的规模化、多样化充电需求,促进清洁能源消纳。

1 国内外研究简述

1.1 相关技术发展回顾

1.1.1 区块链在能源领域应用技术发展史

中本聪发表论文《比特币:一个P2P电子现金系统》的发表,并基于此发行比特币。此时,比特币系统的底层核心技术——区块链,作为一种去中心化数据库技术,开始进入人们的视野。美国学者梅兰妮·斯万在其著作《区块链:新经济蓝图及导读》给出了区块链的定义,指出区块链技术是一种公开透明的、去中心化的数据库。

1.1.2 电动汽车有序充电技术发展史

2012年国网北京市电力公司牵头的国家“863”计划智能电网关键技术研发(一期)项目“电动汽车充电对电网的影响及有序充电研究”课题立项,这表明我国首次从国家层面开展有序充电技术的研究。2013年“电动汽车充电对电网影响及有序充电研究”已完成了有序充电控制器的研制,标志着电动汽车有序充电的研究已进入示范建设阶段。2015年“电动汽车充电对电网的影响及有序充电研究”课题,通过国家科技部技术验收,这表明我国在此方面已经处于国际领先水平。

1.2 国内研究水平的现状和发展趋势

1.2.1 有序充电技术

国内研究人员对电动汽车充电对电网影响的研究进行了很多工作。文献[1]的研究结果表明,充电高峰负荷很可能与电网峰荷重叠,需进行负荷管理,避免过负荷的情况出现;文献[2]发现如果没有部署足够的充电基础设施,将会使峰荷的用电需求进一步增大;文献[3]认为在无序充电的情况下,电动汽车的充电可能会加剧电网负荷波动,使电网能量损耗和经济效益恶化。文献[4]提出了基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电策略。可见,在不同的场景,我国有序充电技术的研究已经比较深入。

1.2.2 区块链技术在能源领域应用

国内对于区块链在能源领域的研究起步较晚。文献[5]从P2P交易、电动汽车充电、物理信息安全和能源互联网的商业模式等方面对区块链的未来应用进行了初步的展望;文献[6]提出了区块链在能源互联网建设中典型的应用场景;文献[7]结合区块链的典型特征,提出区块链对于构建“互

联网+”和物联网的去中心化价值新体系,重构商业生态圈具有重要意义;文献[8]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。

1.3 国外研究机构对类似方案的研究情况

1.3.1 有序充电技术

电动汽车的有序充电控制策略直接决定电动汽车充电负荷对电网的影响大小,控制策略可以划分为2类:针对电动汽车电池的控制策略和针对电网信息的控制策略。针对电网信息的控制策略,国外研究人员提出了3种场景:① 以价格信息为基础的充电。文献[9]提出了基于事实电价信息的电动汽车充电方式;文献[10]通过二次规划法优化了电动汽车的充放电过程,实现了充电成本最小和放电收益最大;文献[11]研究了电动汽车响应实时电价进行智能充电的方法。② 以负荷信息为基础的充电。文献[12]阐述了建立在家庭能源控制箱基础上的局部和全局智能充电控制策略;文献[13]通过围观仿真方法分析了优化接入电网的PHEV容量以及方式;文献[14]利用一种叫Autostromboxes的自动控制装置和需求侧管理系统来管理电动汽车充电负荷。③ 以可再生能源为基础的充电。

1.3.2 区块链技术在能源领域应用

根据美国能源咨询公司Indigo Advisory的分类统计,全球约有40家初创公司在全球范围内运作能源领域的区块链技术。2014年,荷兰能源公司BAS成为世界上第一家接受比特币支付的能源公司。2014年麻省理工大学启动SolarCoin项目替代数字货币,用于激励太阳能发电。2016年11月,美国纽约州的LO3公司与西门子数字电网以及区域链开发商ConsenSys合资成立的TransActive Grid公司通过微网项目实现社区间居民的电力交易。目前,德国能源集团RWE子公司Innogy SE与电动交通初创企业Share&Charge,已经在德国建成几百个基于区块链的电动汽车充电站。2016年,瑞士银行、德国电力公司莱茵集团(RWE)与汽车技术公司采埃孚(ZF)合作,为电动汽车创造区块链电子钱包。令车主可以在电力收费,停车收费,甚至高速公路收费在身份验证和支付过程都能自动完成,而不需第三方来人工确认完成。

2 理论和实践依据

2.1 理论依据

2.1.1 有序充电技术

智慧充电是一种综合优化电力市场电价、电力系统运行调度、充电站运营情况、分布式电源、分布式储能、电动汽车用户需求等多种信息,实现多目

标优化的电动汽车有序充电管理服务。在满足电动汽车充电需求的基础上,降低充电成本和提高充电收益,同时改善充电负荷特性,进而提高电力系统可靠性和灵活性。

2.1.2 区块链技术

基于区块链的分布式能源交易体系,上游的原材料采购商可以在分布式能源区块链条上与分布式能源发电企业进行原材料的交易,下游的售电商也可以在分布式能源区块链条上与分布式能源发电企业进行售电的交易,然后售电商将电力在自己的基于区块链的网络进行销售给用户端。由于基于区块链的交易主体的交易行为将是完全证明和无可抵赖的,所以上游的原材料采购商、发电企业、售电企业和用户受利益驱使将会共同经营整个区块链,提供可靠的电力和真诚的服务;对于用电客户来说,由于交易的不可抵赖性,用电客户也将真诚地与售电商进行交易,以免受到不必要的惩罚。其交易流程及其交易模式如图1所示。

2.2 实践依据

2.2.1 国家电网公司智慧车联网平台及充电网络建设

国家电网车联网平台与南方电网、万帮星星充电、特来电等17家充电运营商实现互联互通,目前接入车联网平台的充电桩总数超过16.8万个,其中国家电网自营充电桩4.5万个,社会运营充电桩12.2万个,初步形成了互联互通的全国一张网格局。2017年国家电网公司启动有序充电技术落地方案研究及示范工程建设,当前已经基本完成系统平台、基础硬件、能源路由器、能源控制器、智能充电桩等的开发调试工作,并计划在北京、上海、南京、郑州4个城市选取试点小区。

2.2.2 国网浙江省电力有限公司科技项目《区块链技术在能源互联网的应用研究》

国网浙江省电力有限公司2016年申报了国家电网公司第一个区块链科技项目《区块链技术在能源互联网的应用研究》,该项目由国网浙江省电力有限公司牵头,国网信息通信产业集团有限公司、国网英大国际控股集团、国网电子商务有限公司、清华大学等单位共同参与,该项目尝试在区块链上运行电子合同管理,电子合同签署后,同步发送给公证处和司法鉴定机构,通过区块链技术确保各方存储数据一致。

2.3 项目的技术关键与难点

2.3.1 基于区块链理念的去中心化有序充电与交易策略

现有的电动汽车无序充电会造成负荷增长、电网优化控制难度增加、恶化电网频率电压特性等问题,如何将区块链技术架构和功能应用到电动汽车有序充电的具体实现中,需要进行详细的架构搭建和策略设计。基于区块链理念的去中心化有序充电与交易策略的前提是研究区块链技术安全性、对等性、公开透明等特点,与电动汽车充电与交易的特征进行匹配分析。因此,区块链技术与电动汽车充电与交易的特征匹配性分析是研究的关键点。

2.3.2 有序充电智能互动装置研制

有序充电智能互动装置需在现有标准充电桩基础上,对其充电控制器等硬件回路及通信回路进行优化升级,且需要接受有序充电管理云平台、手机APP的相关调度或控制指令,相对于现有充电桩,功能改进较多,另外需要考虑通信安全防护设计,防止网络黑客对充电过程进行篡改,确保电动汽车车主充电权益不受损害。

2.3.3 智能需求响应充电桩的研制

智能需求响应充电桩在设计研发时,需考虑多方面因素影响,整体开发难度较大,影响因素包括与现有标准的兼容性、与有序充电智能互动装置的软硬件对接、功率调整等,需要进行综合分析与研究,才可制定出切实可行的实施方案。

3 应用方案研究

3.1 无序充电对配电网经济运行和发展投资的影响分析研究

首先对电动汽车充电站运行数据进行分析,得出电动汽车充电站与电网的交互模型;其次进行广泛调研,并结合运行数据,从经济效益、社会效益2个维度

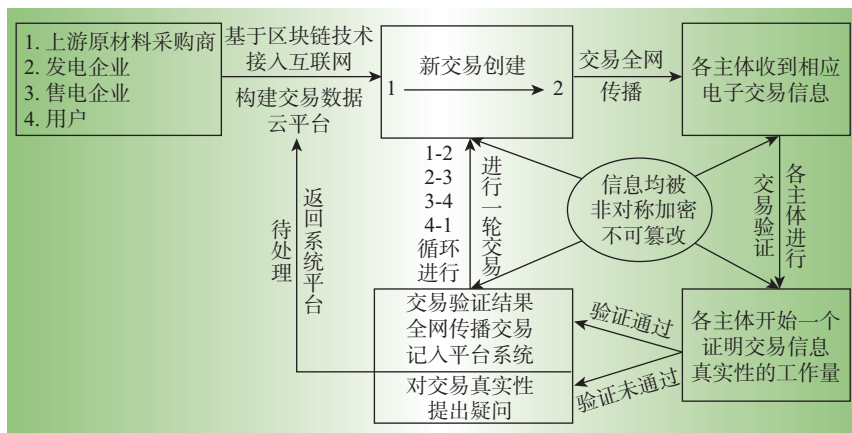


图1 区块链交易模式

Fig. 1 Blockchain transaction mode

分析无序充电在政策、市场、技术、电网基础4个方面的现状;然后基于无序充电的运行现状,构建无序充电对电网影响的评价指标集,并利用关键指标集与配网系统运行的数学关系模型,解析无序充电对配网运行的经济性及可靠性的影响;最后,从经济效益、社会效益以及技术难度方面分析无序充电对公司充电站在选址布局、储能调度、电站容量等方面的影响。研究内容关联关系如图2所示。

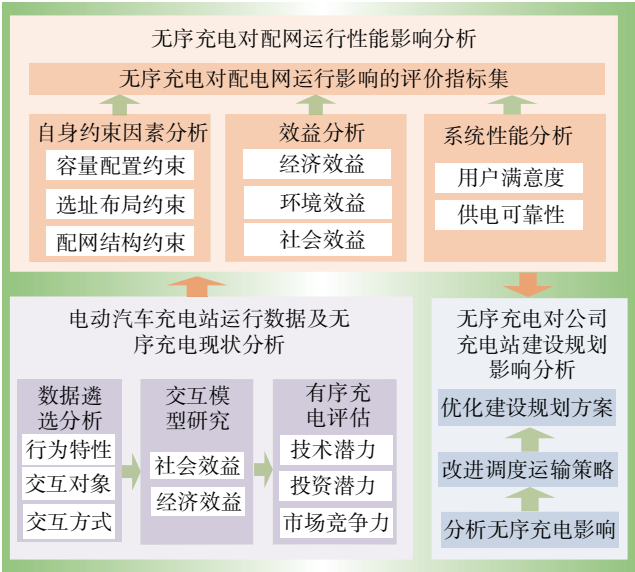


图2 影响分析研究内容
Fig. 2 Research content of influence analysis

3.2 基于区块链分享技术理念的电动汽车有序充电技术理论研究

从基于区块链的去中心化分享与交易技术分析、基于区块链的充电桩共享经济理论分析、基于区块链的有序充电共享及交易架构体系研究3个方面开展研究。研究内容关联关系如图3所示。

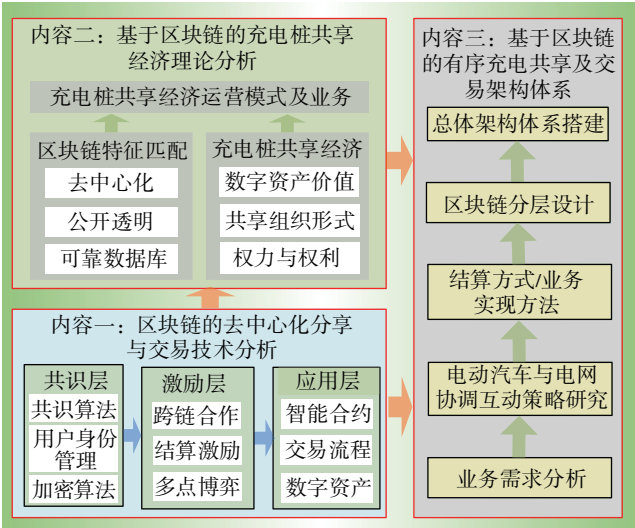


图3 有序充电技术理论研究内容关联关系图
Fig. 3 The correlation relation diagram of the theoretical research contents of orderly charging technology

3.3 电动汽车分布式有序充电策略和应用技术研究

首先通过对用户的充电行为特性进行研究分析,在此基础上提出了考虑充电习惯不确定度、充电桩配网结构等方面的充电负荷预测模型,并基于多尺度、多因素的分布式充电控制策略方法,形成相应的控制策略库。研究内容关联关系如图4所示。

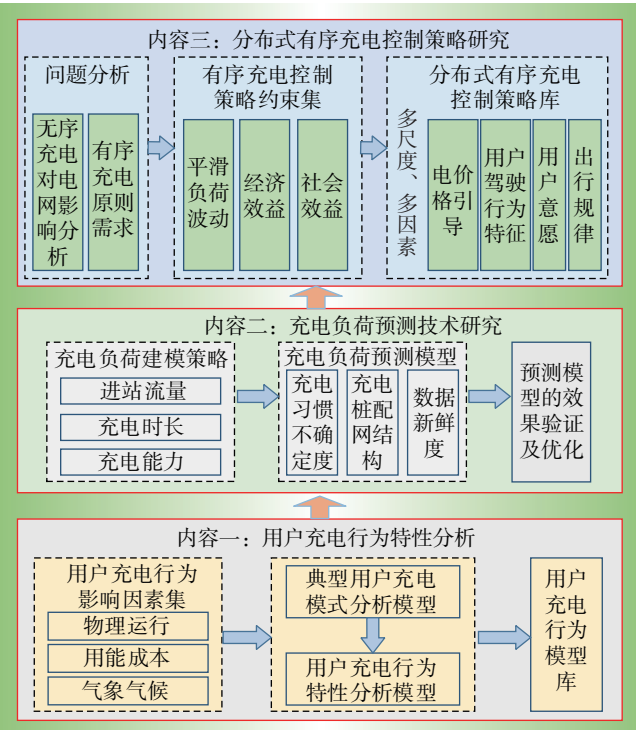


图4 策略和应用技术研究内容
Fig. 4 Research content of strategy and application technology

3.4 有序充电智能调度云平台 and 手机App 开发

首先通过对有序充电智能调度云平台及手机APP架构进行设计,在此基础上利用计算机编程技术与区块链相关技术,实现具备有序充电控制策略的智能调度云平台,并配备手机App,方便用户端进行有序充电业务互动。研究内容关联关系如图5所示。

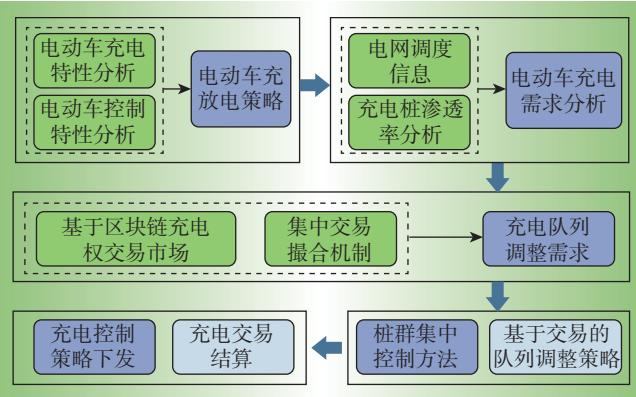


图5 云平台 and 手机App 研究内容
Fig. 5 Research content of cloud platform and mobile APP

3.5 有序充电智能遥信、遥测、遥控和M2C互动装置研制

首先通过对有序充电互动装置的功能架构进行设计与研究,在此基础上对装置的通信安全防护功能进行考虑,最终研发相关装置。研究内容关联关系如图6所示。

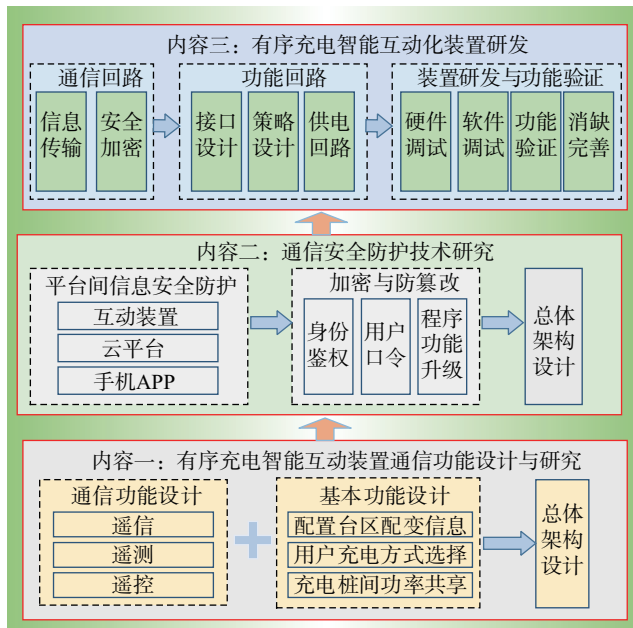


图6 “三遥”和互动装置研究内容

Fig. 6 Research content of “three remote” and interactive devices

3.6 新型多功能智能需求响应充电桩研制

首先通过对智能充电需求响应理论进行研究,在此基础上对充电桩的功能、硬件回路、软件回路、供电回路等进行总体设计,最终研发相关设备装置。研究内容关联关系如图7所示。

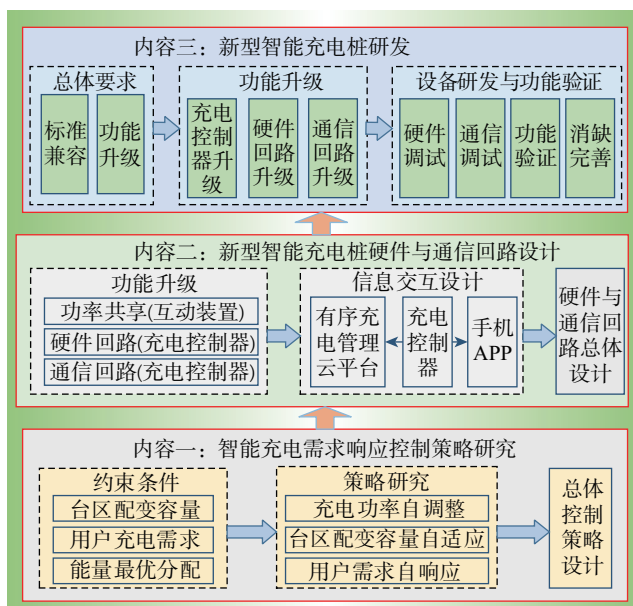


图7 需求响应充电桩研究内容

Fig. 7 Research contents of demand response charging pile

3.7 小区或停车场示范建设

首先进行示范工程所在位置的调研与筛选,对供电现状及充电桩安装条件进行综合评估,进而选定示范小区或停车场,在此基础上对充电桩、配电变压器、有序充电管理云平台、手机App、有序充电控制策略等研究成果进行综合工程设计,最终完成硬件设备与软件的安装部署、调试消缺及功能验证。研究内容关联关系如图8所示。

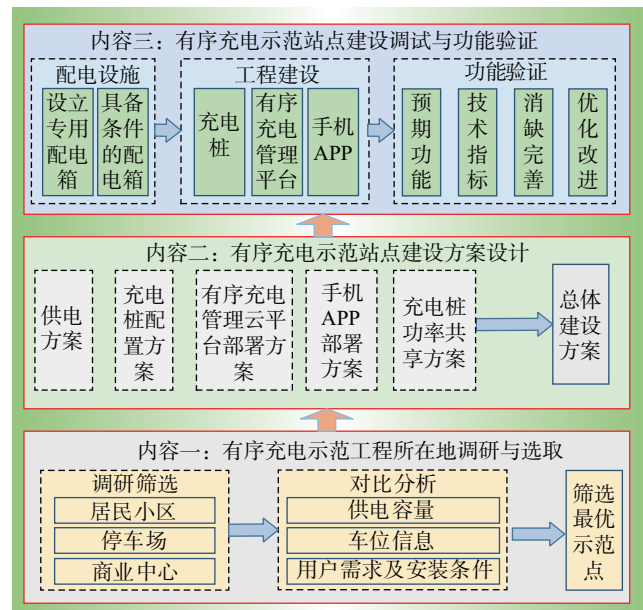


图8 示范建设研究内容

Fig. 8 Research content of demonstration construction

4 结论

通过基于区块链分享技术理念的电动汽车分布式有序充电应用方案研究,获得以下成果。

一是有利于缓解电动汽车重点推广城市的居民小区充电负荷过载现象,降低台区配变负载率峰值,减小用电负荷曲线中的峰谷差,确保现有台区配变不增容的前提下,居民用电需求得到满足。

二是基于区块链分享理念的有序充电技术,可通过去中心化交易、防篡改加密技术使得电动汽车用户充电体验得到大幅度提升,降低充电交易成本,提升交易安全性,还可实现私人桩共享与分布式能源直接交易,使得个人利益最大化。

三是基于智能需求响应充电桩与有序充电互动装置可在未来新能源产业发展过程中,结合新建小区配套供电设施与老旧小区改造增容情况,不断向一二三线城市居民小区拓展充电设施建设安装业务,积极主动发挥公司优质供电服务能力。

最终,通过对以上各个方面的促进发展作用,总体实现推动国家新能源电动汽车及配套基础设施

施产业发展,促进国家节能减排及公司电能替代规划目标的快速实现。D

参考文献:

[1] 杜晨红,李秋硕,张曦予,等. 电动汽车有序充电应用于配电网[J]. 电气时代,2013(9):30-33.
DU Chenhong, LI Qiushuo, ZHANG Xiyu, et al. Orderly charging of electric vehicles applied in distribution network[J]. Electric Age, 2019(9):30-33.

[2] 高赐威,李倩玉,李扬. 基于DLC的空调负荷双层优化调度和控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(10):1 546-1 555.
GAO Ciwei, LI Qianyu, LI Yang. Bi-level optimal dispatch and control strategy for air-conditioning load based on direct load control[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(10):1 546-1 555.

[3] 黄润. 电动汽车入网对电网负荷影响的研究[D]. 上海:上海交通大学,2012.
HUANG Run. Impacts of electric vehicles charging on the load of power system [D]. Shanghai: Shanghai Jiao-tong University, 2012.

[4] 杨冰,王丽芳,廖承林,等. 分布式电动汽车有序充电控制系统模型[J]. 电力系统自动化,2015(20):41-46.
YANG Bing, WANG Lifang, LIAO Chenglin. Distributed coordinated charging control system model for large-scale electric vehicles [J]. Automation of Electric Power Systems,2015(20):41-46.

[5] Nakamura M. Demand Response and OpenADR in Smart Grid[J]. Journal of the Institute, 2012, 32:557-560.

[6] 曹寅. 能源区块链与能源互联网[J]. 风能,2016(5): 14-15.
CAO Yin. Pan-energy blockchain and energy Internet[J]. Wind Energy, 2016(5):14-15.

[7] 栾昊,赵简. 区块链在能源互联网应用的前景展望[J]. 能源,2016(8):70-72.
LUAN Hao, ZHAO Jian. The prospect of blockchain application in energy Internet[J]. Energy, 2016(5):14-15.

[8] 王安平,范金刚,郭艳来. 区块链在能源互联网中的应用[J]. 电力信息与通信技术,2016, 14(9):1-6.
WANG Anping, FAN Jingang, GUO Yanlai. Application of Blockchain in Energy Interconnection[J]. Electric Pow-

er Information and Communication Technology, 2016, 14(9):1-6.

[9] MARKEL T, KUSS M, DENHOLM P. Communication and control of electric drivevehicles supporting renewables[C]// Vehicle Power and Propulsion Conference, 2009. VPPC' 09. IEEE. Dearborn, 2009:27-34.

[10] SHRESTHA G B, CHEW B C. Study on the Optimization of Charge-Discharge Cycle of Electric Vehicle Batteries in the Context of Singapore[C]//Power Engineering Conference, 2007. AUPEC 2007. Australasian Universities, 2007:1-7.

[11] QIAN K, ZHOU C, ALLAN M, et al. Modeling of load demand due to ev battery charging in distribution systems [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2010, (99):1-9.

[12] METS K, VERSCHUEREN T, HAERICK W, et al. Optimizing smart energy control strategies for plug-in hybrid electric vehicle charging [C]//Network Operations and Management Symposium Workshops (NOMS Wksp), 2010 IEEE/IFIP. Osaka, 2010:293-299.

[13] RASHID A, WARAICHS D. Plug-in hybrid electric vehicles and smart grid: Investigations Based on a Micro-Simulation. ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IVT, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme. 2009:1-23.

[14] WESTERMANN D, AGSTEN M, SCHLEGEL S. Empirical BEV model for power flow analysis and demand side management purposes. Modern Electric Power Systems 2010, Wroclaw, Poland. [EB/OL]. Available: <http://www.meps10.pwr.wroc.pl/submission/data/papers/12.6.-pdf>.

作者简介:

丁霄寅(1986),男,浙江衢州人,硕士,高级工程师,研究方向为智能用电及营销项目,主要从事电力营销工作;
张元星(1988),男,河南三门峡人,硕士,工程师,研究方向为电动汽车充换电技术,主要从事电动汽车充换电技术研究工作;
蔡剑(1986),男,浙江温州人,硕士,高级工程师,研究方向为智能用电、农电管理等,主要从事电力营销工作;
陈琦(1987),男,江苏盐城人,工学学士,工程师,主要从事电力营销工作。

(责任编辑 水 鸪)