

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2021.04.006

# 基于冷热电多能互补的园区综合能源系统设计

Design of integrated energy system for parks based on complementation of cold,  
heat and electricity

朱海东<sup>1</sup>, 郝浩<sup>1,2</sup>, 郑剑<sup>1,2\*</sup>, 张庭玉<sup>1,2</sup>, 陈志凯<sup>1,2</sup>, 胡恩俊<sup>1,2</sup>  
ZHU Haidong<sup>1</sup>, HAO Hao<sup>1,2</sup>, ZHENG Jian<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Tingyu<sup>1,2</sup>, CHEN Zhikai<sup>1,2</sup>,  
HU Enjun<sup>1,2</sup>

(1.南京华盾电力信息安全测评有限公司,南京 210000;2.国网南京自动化股份有限公司信息技术研究院,  
南京 210000)

(1.Nanjing Huadun Power Information Security Assessment Company Limited, Nanjing 210000, China; 2.Information  
Technology Research Institute of Guodian Nanjing Automation Company Limited, Nanjing 210000, China)

**摘要:**分析了国内外综合能源的发展情况,针对传统冷、热、电等多种能源系统独立运行,不能优化协同等相关问题,以工业园区为场景,提出了一种基于冷热电多能互补的综合能源信息化集成解决方案。结合某园区的实际情况,建立一套面向园区、兼顾政府等多种用户需求的冷热电多能互补的综合能源系统,介绍了该系统的整体架构,数据接入、数据流转以及平台功能等方面的设计,最终实现能源流、信息流、价值流的交换与互动。

**关键词:**综合能源;多能互补;控制平台;优化运行;服务平台;碳排放;冷热电三联供;能源利用率

**中图分类号:**TM 73;TK 01 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-1951(2021)04-0034-05

**Abstract:** The analysis on the development of integrated energy at home and abroad shows that traditional mode of running cold, heat, electricity and other energy systems independently cannot achieve the optimizing and coordinating operation. Taking an industrial park as the example, an integrated energy information comprehensive solution based on the of cold, heat and electricity is proposed. Taking the actual situation of the park into consideration, a set of integrated energy system is established for the users of the park, as well as the government, to meet their demand for cold, heat and electricity. The overall architecture, data access, data flow and platform functions of the system were described in detail. This system realizes the interaction of energy flow, information flow and value flow.

**Keywords:** integrated energy; multi-energy complementation; control platform; optimizing operation; service platform; carbon emission; CCHP; energy utilization rate

## 0 引言

能源作为国民经济的重要基础,对经济发展起着决定性作用<sup>[1]</sup>。传统能源系统的规划将各能源系统进行了分割,无法对各能源系统的配置进行整体优化,不利于能源效率的提高和碳排放的减少。伴随着能源企业从生产型向服务型转变的全球性趋势,国内能源企业掀起了向综合能源服务转型发展的热潮<sup>[2]</sup>。综合能源服务业务利用不同能源形式之间的耦合性、互补性,以能源、信息和业务的融合,通过多种能源的综合管理,实现产能、用能的高效性,提高能源利用率<sup>[3-4]</sup>。尤其在能源革命背景下,发展综合能源成为推动我国能源革命的重要战略

支撑,对提升能源国际合作水平具有重要意义<sup>[5-6]</sup>。

在全球范围内,综合能源系统得到各国政府的重视。在国外,2003年瑞士提出未来能源网是电、气、热、冷等能源形式的耦合,启动“未来能源网络愿景”的项目;2007年美国颁布了能源独立和安全法,明确要求电力和天然气系统必须开展联合规划;2009年加拿大国会审议并通过综合能源系统相关研究报告,构建涵盖加拿大全国的社区综合能源系统,将推进社区综合能源系统相关技术研究和工程建设列为2010—2050年国家能源战略并启动多项重大课题<sup>[7]</sup>。

在国内,随着“工业园区多元用户互动的配用电系统关键技术与示范”等多个国家重点研发计划项目的成立,已从国家层面正式开启对综合能

源的全面探索<sup>[3,8-10]</sup>。2017年,国家电网有限公司和南方电网有限公司陆续发文,明确提出推进由电能供应商向综合能源服务商的全面转变。2019年6月,中国华电集团有限公司在京召开综合能源服务生态圈启动会,发布《中国华电集团有限公司综合能源服务业务行动计划》,致力开拓具有华电特色的“清洁友好、多能联供、智慧高效”综合能源服务业务。随后各大发电集团在综合能源领域频频发力,开展综合能源相关的技术研究并上线许多重大工程和项目。

本文通过研究冷、热、电等多场景数据的传输特点,结合某工业园区的实际情况,建立一套多能互补的综合能源服务系统,该系统面向园区实现多种能源的数据汇聚,为供能侧用户、用能侧用户以及政府等相关第三方用户提供决策性服务。

## 1 园区资源利用情况分析

### 1.1 冷热电三联供机组

该园区目前建设有分布式能源站1座,设有3台4.40 MW内燃机组及配套3台4.20 MW烟气热水型溴化锂机组和3台7.40 MW离心式冷水机组、2台1.70 MW螺杆式电冷水机组、3台3.50 MW燃气真空锅炉以及1套1.25 MW小型燃气轮机组,是典型的冷热电三联供的运作模式,工艺流程如图1所示,其中冷、热直供附近科研院所,电能则通过国家电网转送到达用户。

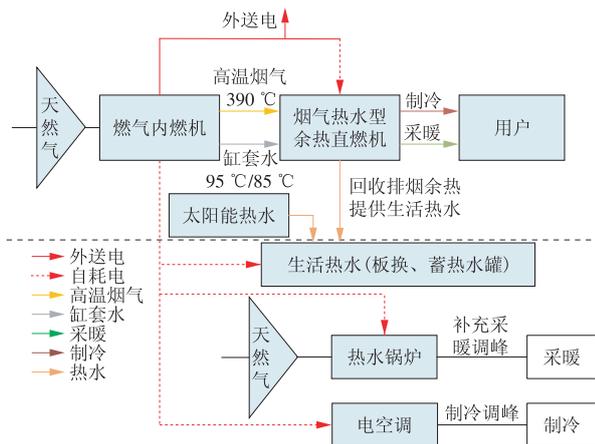


图1 冷热电三联供能量供应  
Fig. 1 Energy supply of a CCHP system

### 1.2 新能源发电

为保障该园区内的能源供应,充分利用太阳能资源,2009年12月在园区建设1.43 MW屋顶光伏电站并投入运行。后期规划建设50 MW风电场,扩大新能源装机占比,通过升压站转送国家电网最终送至各级用户。

### 1.3 大学及科研院所能源供应

大学及科研院所是该园区的重要用能用户。根据现场调研情况,学校已经建设了相应的能量监控系统,覆盖了主要的线路设备及相关关口计量表,部分装置因年代久远不支持数据外送,针对该部分设备考虑逐步更换,通过有线或无线的方式直接上传至综合能源平台。

### 1.4 酒店能源供应

酒店用能也是该园区用能的重要组成部分之一。该园区内酒店用能涵盖电、热、冷、气、水等多种能源,结合该酒店实际情况,本次只采集冷、热电数据,电力数据主要通过高压配电房后台监控系统获取,冷、热数据的采集通过对酒店硬件设备进行改造,换装智能仪表直接上送综合能源平台。

## 2 系统方案设计

### 2.1 系统架构

该项目充分利用物联网、大数据、云计算等先进技术,对能源的生产、输配、转换、存储、利用等环节数据进行数字化分析,优化协调,从而提高能源利用率。在系统架构上以“大数据、强中台、微服务”的理念,建设统一的综合能源平台,支撑业务组件复用以及未来业务的迭代更新。综合能源系统整体架构如图2所示。基础平台中建立统一的物联网平台管控所有接入设备,通过标准通信协议完成供能、用能、配网等相关系统和智能终端设备数据采集,软件即服务层(SaaS)对所有能源数据结合业务分类进行大数据分析,提供能源大数据集市,最终通过统一应用程序接口(API)供上层调用。企业中台层建立相应的组件,为业务应用提供支撑。业务应用主要分为运营门户、应用市场和应用管理。该综合能源系统面向应用开发方、服务提供方、服务使用方、平台运营方等多维度全方位打造开放、标准、友好的公共服务平台,为综合能源服务生态圈中的能源服务商、能源消费者、技术供应商、金融服务商、政府和第三方机构等提供全面的技术支撑服务,促进整个生态圈内的信息交融和业务互通,实现完整的闭环自治过程<sup>[11-13]</sup>。

### 2.2 多能流数据接入

综合能源物联网平台接入用能侧、供能侧等多种底层设备数据。供能侧主要采集不同品牌、不同类型的风机监控/逆变器系统、冷热电三联供机组分散控制系统(DCS)、风光功率预测系统、自动发电量控制系统/自动电压控制系统(AGC/AVC)等底层生产相关系统数据,用能侧主要接入电能表、流量计、热量/冷量计算仪等设备,支持OPC, modbus TCP,

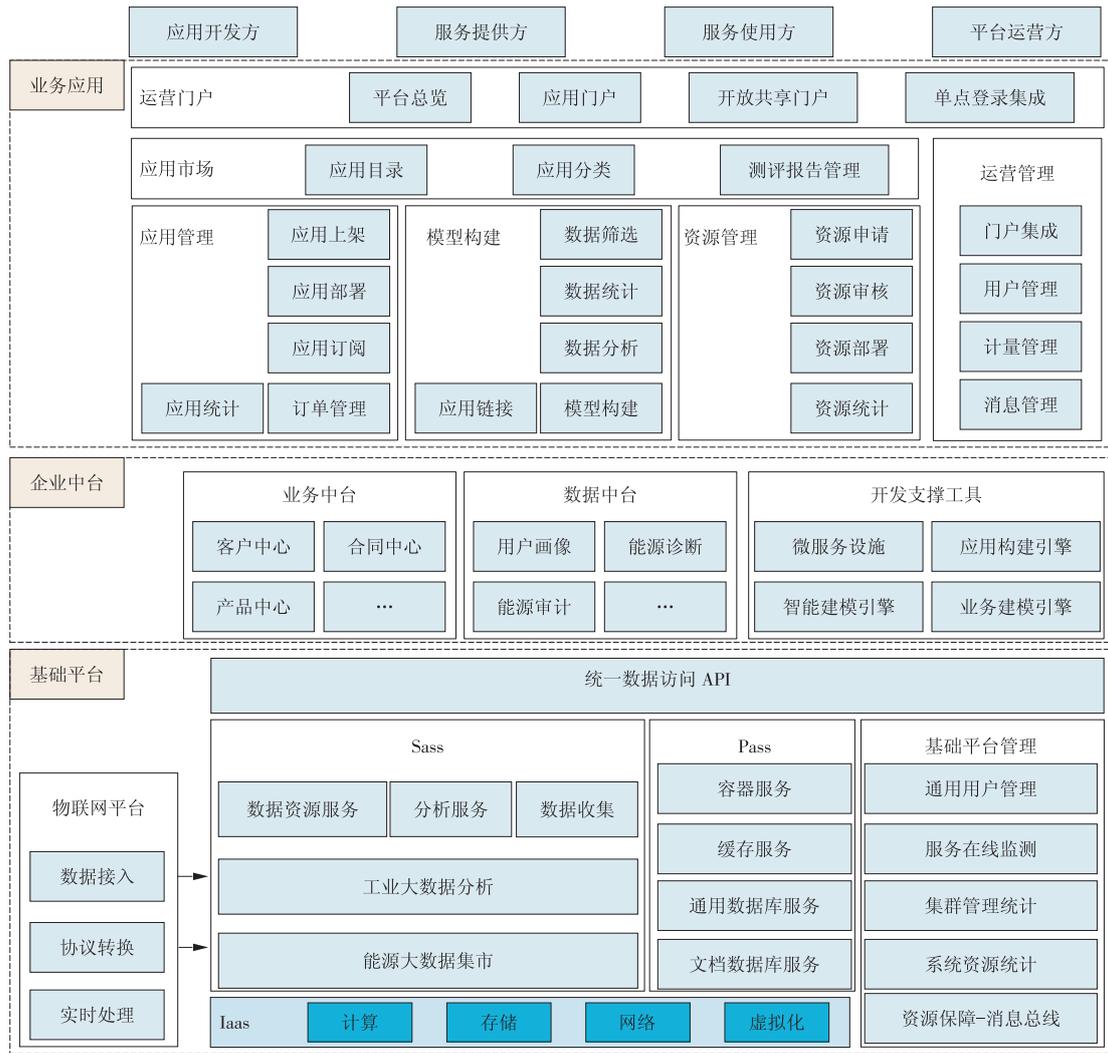


图 2 综合能源平台架构

Fig. 2 Architecture of an integrated energy platform

IEC104 等 50 余种标准/非标准通信协议的数据采集<sup>[14]</sup>,数据接入示意如图 3 所示。

设备数据,经过有线或无线方式上送至综合能源平台,如图 4 所示,最后以 C/S 或 B/S 的方式展现。

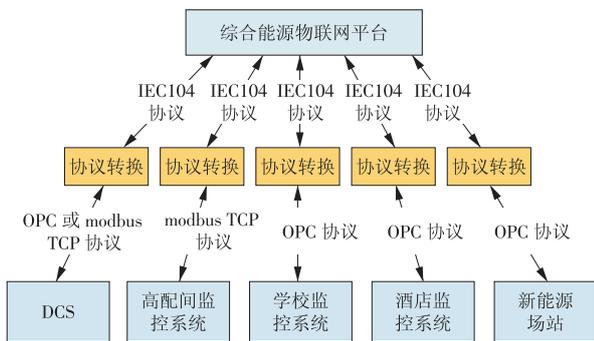


图 3 数据接入示意

Fig. 3 Data access

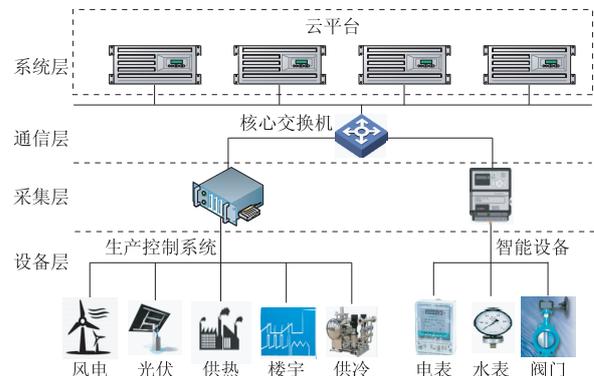


图 4 系统硬件架构

Fig. 4 Architecture of the hardware in the system

### 2.3 硬件组成

平台采用虚拟化技术搭建底层硬件平台,按照“物理分配、逻辑集中、组件部署、按需配置”的原则进行多层部署,主要由设备层、采集层、通信层、系统层组成。通过智能终端或者后台监控系统采集

### 2.4 数据流转分析

综合能源系统涵盖多能源多场景的能源数据,数据如何有效流转关系到系统建设成败。首先,综合能源平台利用物联网技术,通过标准规约采集现场设备数据,主要包括测量数据和设备相关数据,

设备相关的关键信息作为重要的关系数据存放于关系库中,测量数据通过消息队列(Kafka)转入实时库存储,针对部分频繁查询的数据即热点数据进入内存数据库(Redis)。然后对实时数据和关系数据进行数据预处理、数据清洗、数据校验、数据纠偏、数据质量检测等环节,保障数据的准确性。在此基础上对数据进行统计(用电量统计、负荷统计、电压分布统计等),通过多种数据的统计进一步描绘数据的变化趋势,如负荷预测、电能质量分析等,经过统计分析后的数据在关系库存储,以供上层应用获取。为了发挥数据的最大价值,已将综合能源平台的所有数据通过标准的服务向电厂、学校、政府等第三方平台提供数据共享服务,如图5所示。

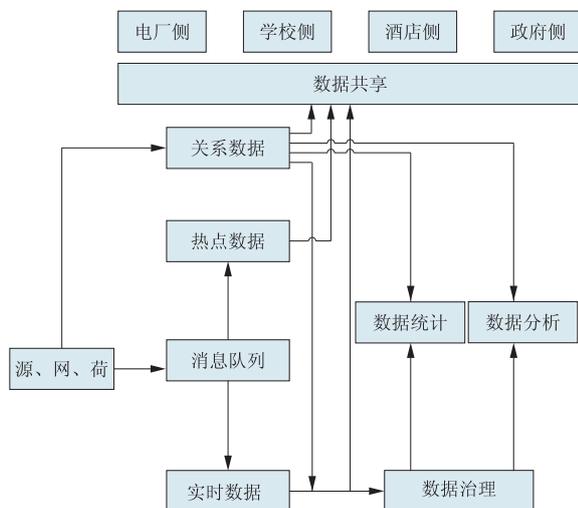


图5 数据流转示意

Fig. 5 Data flow

## 2.5 系统功能

综合能源系统功能主要分为2个方面,即综合能源控制平台和综合能源服务平台。综合能源控制平台是综合能源服务平台的重要数据基础和业务支撑。综合能源服务平台面向各类客户,开展客户需求的智能分析,为客户提供定制化的多元服务,满足政府机构、工商客户、能源服务商和设备制造商在能源和环境监测管理、能效分析和节能降耗以及专业数据信息等方面的需求。

### 2.5.1 控制平台

综合能源控制平台汇集电、热、冷等多种能源系统生产数据,以友好的人机交互展示区域内所有接入能源站的分布情况及运行状态,并与各底层控制系统交互实现对各能源的优化协调控制。控制平台主要有接入设备管理、多能流监视、多能流优化调度控制、多能流安全分析与预警、故障报警等模块。接入设备管理主要对平台接入设备状态进行监测以及数据配置等;多能流监视主要对接入单

位的各种计量点的关键参数进行监测及可视化展示,可查看用户用能基本情况,负荷监测情况和能耗监测趋势图;多能流优化调度控制通过智能控制算法根据供能侧、用能侧实际情况,对各厂站提供优化调度控制的策略和建议。多能流安全分析与预警是在大数据分析基础上,以能源供应和需求为根本,从资源禀赋条件、供应渠道、输配系统、极端气候、能源利用效率、市场、管理等方面出发,建立预警告警机制,实现能源运行管理的快速化智能化响应,建立一整套能源安全评价体系,更准确的映射发展过程中所面临的能源安全问题。

### 2.5.2 服务平台

综合能源服务平台打造多元化的宣传媒介,提供智慧用能服务、能源交易服务、设备销售及运维服务、综合能效服务、一站式服务解决方案等内容,如图6所示。

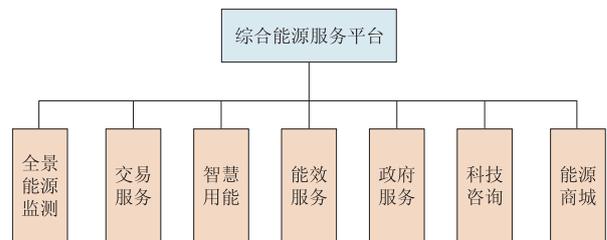


图6 服务平台功能模块

Fig. 6 Function modules of the service platform

全景能源监测模块建立以地理信息系统(GIS)平台为支撑的能源网络监视系统,电、热、冷等不同的能源运行进行统计,监视多能运行情况。

交易服务提供电力交易、碳交易、绿证交易服务、分布式能源交易服务,逐步扩展至电力期货、输电权等其他金融衍生品交易服务,提供虚拟电厂运营服务。智慧用能通过对企业用能行为进行大数据分析,基于需求侧响应策略和价差,提供客户画像、能源套餐等服务。

能效服务,通过评估能源成本、设备成本、运维成本、维修成本,协助用户开展运行方式调整,增强用能侧和供能侧之间的互补,提升企业能效管理水平,降低能源消耗和用能成本,提高整体经济效益<sup>[15]</sup>。

政府服务以政府管理需求为导向,提供环境监测、清洁能源效益评估、节能减排、能耗监管等模块。科技咨询模块建立与多种能源信息、政策信息、行业信息的网站的有效链接,能够实时跳转浏览掌握最新资讯。能源商城向上下游拓展提供能源行业全产业链服务,提供能源行业设备销售及运维相关信息。

### 3 结束语

本文结合某工业园区的实际需求,通过对冷、热、电多种能源的数据采集,建立一套面向园区,兼顾政府的基于冷、热、电能多互补的综合能源信息化集成系统。针对系统功能、软件架构、硬件组成等不同方面的研究,完成了综合能源平台的搭建研究,实现冷、热、电等不同场景下数据的接入、数据处理及数据共享,为多能互补综合能源管理业务的开发及智能决策控制研究提供支撑。

#### 参考文献:

- [1]李浩鹏.综合能源系统设计与应用方法[D].北京:华北电力大学,2019.
- [2]韩峰,张衍国,严矫平,等.综合能源服务业务和合作模式[J].华电技术,2019,41(11):1-4.  
HAN Feng, ZHANG Yanguo, YAN Jiaoping, et al. Integrated energy service and cooperation modes [J]. Huadian Technology, 2019, 41(11): 1-4.
- [3]刘丽丽,张钟平.基于多能互补的区域综合能源规划研究与应用[J].节能,2019,38(11):127-129.  
LIU Lili, ZHANG Zhongping. Research and application of regional comprehensive energy planning based on multi energy complementarity [J]. Energy Conservation, 2019, 38(11): 127-129.
- [4]陈向阳,史炜.航改型燃气轮机在工业园区综合能源系统中的应用探讨[J].华电技术,2019,41(11):57-61.  
CHEN Xiangyang, SHI Wei. Study of aero-derivative gas turbines applied in industrial park integrated energy systems [J]. Huadian Technology, 2019, 41(11): 57-61.
- [5]殷国栋.基于云服务的综合能源信息监测平台的设计与实现[D].北京:北京交通大学,2019.
- [6]杨晟,王浩淼,才思远,等.面向电力营销精益化的综合能源服务研究[J].华电技术,2019,41(11):5-8.  
YANG Sheng, WANG Haomiao, CAI Siyuan, et al. Research on integrated energy service in lean marketing of power [J]. Huadian Technology, 2019, 41(11): 5-8.
- [7]程浩忠,胡泉,王莉,等.区域综合能源系统规划研究综述[J].电力系统自动化,2019,43(7):1-13.  
CHENG Haozhong, HU Xiao, WANG Li, et al. Review on research of regional integrated energy system planning [J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(7): 1-13.
- [8]张琳,许可,黄耀,等.典型园区综合能源系统分析平台研究[J].南方能源建设,2019,6(3):70-74.  
ZHANG Lin, XU Ke, HUANG Yao, et al. Research on integrated energy system analysis platform of typical industrial parks [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6(3): 70-74.
- [9]李桂鑫,王哲,姚俊韬,等.基于多能互补特性的园区综合能源典型方案研究[J].通信电源技术,2020,37(2):74-75.  
LI Guixin, WANG Zhe, YAO Juntao, et al. Research on typical scheme of comprehensive energy in park based on multi-energy complementary characteristics [J]. Telecom Power Technology, 2020, 37(2): 74-75.
- [10]陈锦涛,杨苹,陈滢,等.基于综合需求侧响应策略的园区多能源系统优化运行[J].可再生能源,2021,39(2):222-228  
CHEN Jintao, YANG Ping, CHENG Ying, et al. Optimized operation of multi-energy system in the industrial park based on integrated demand response strategy [J]. Renewable Energy, 2021, 39(2): 222-228.
- [11]霍现旭,宋杰,张卫国,等.基于多能互补综合能源系统的多源信息集成方案设计[J].电器与能效管理技术,2019(19):28-33.  
HUO Xianxu, SONG Jie, ZHANG Weiguo, et al. Design of multi-source information integration scheme based on multi-energy complementary integrated energy system [J]. Electrical Energy Management Technology, 2019(19): 28-33.
- [12]王莉,吴任博,潘凯岩,等.园区智能综合能源管理运营中心建设探究[J].电气技术,2019,20(8):110-114.  
WANG Li, WU Renbo, PAN Kaiyan, et al. Research on the construction of intelligent integrated energy management and operation center in the park [J]. Electrical Technology, 2019, 20(8): 110-114.
- [13]李建设,王亚伟.关于工业园区智慧型综合能源系统的研究[J].节能与环保,2019(8):65-66.  
LI Jianshe, WANG Yawei. Research on Intelligent integrated energy system in industrial park [J]. Energy Saving and Environmental Protection, 2019(8): 65-66.
- [14]李化,宋杰,李树鹏,等.多能互补综合能源系统适配器接口技术研究[J].电器与能效管理技术,2019(19):41-48.  
LI Hua, SONG Jie, LI Shupeng, et al. Research on adapter interface technology of multi-energy complementary integrated energy system [J]. Electrical Appliances and Energy Efficiency Management Technology, 2019(19): 41-48.
- [15]杨校辉,邱俊宏,张娟,等.一种基于综合能源优化调配的充电站运营管理系统研究[J].电力系统保护与控制,2021,49(5):173-179.  
YANG Xiaohui, QIU Junhong, ZHANG Juan, et al. Research on a charging station operation management system based on integrated energy optimization [J]. Power System Protection and Control, 2021, 49(5): 173-179.

(本文责编:齐琳)

#### 作者简介:

朱海东(1974—),男,安徽阜阳人,工程师,从事综合能源服务、电力市场研究方面的工作(E-mail: 171171531@qq.com)。

郑剑\*(1992—),男,河南南阳人,工程师,硕士,从事综合能源服务方面的工作(E-mail: zhengj9787@163.com)。