

DOI: 10.61369/NPS.2025040003

居住区电动汽车有序充电方案的演化路径

陈奕^{1*}, 徐川子¹, 向新宇¹, 李昂¹, 罗庆¹, 徐靖雯¹, 薛利²,
张屏¹, 周忆文³

(1. 国网浙江电力有限公司 杭州供电公司 滨江分公司, 浙江 杭州 310000;
2. 中国电力科学研究院, 北京 100192;
3. 香港大学, 中国 香港 999077)

The Evolution Path of Orderly Charging Scheme for Electric Vehicles in Residential Area

CHEN Yi^{1*}, XU Chuanzi¹, XIANG Xinyu¹, LI Ang¹, LUO Qing¹, LIU Hongwei¹,
XIE Li², ZHANG Ping¹, ZHOU Yiwen³

(1. Binjiang Branch of Hangzhou Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000;
2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192;
3. The University of Hong Kong, Hongkong, China 999077)

摘要:【目的】随着中国“双碳”目标的推进,电动汽车的快速普及加剧了居住区电网峰谷负荷失衡问题。为实现电网稳定与用户需求的平衡,有序充电成为关键机制。本文旨在系统梳理有序充电技术方案,分析其实施路径,并提出规模化推广策略。【方法】回顾全球电动汽车及充电基础设施的发展现状,对比了国内、外有序充电策略的实施进展。针对居住区场景,重点分析了5类典型有序充电技术方案(基于分时电价、营销设备资源、配电设备资源、新建设备资源及云云对接),并从经济性、适用性和技术可行性等方面进行评估,提出了“云-表-桩-车”一体化平台方案。【结果】研究表明,(1)基于分时电价的方案成本低但灵活性不足;(2)基于营销设备资源的方案改造成本低,但存在复电效率问题;(3)配电设备资源方案依赖智能终端,但协调难度大;(4)新建设备资源方案功能强大但成本高昂;(5)云云对接方案扩展性强但依赖第三方平台。本文所提的“云-表-桩-车”一体化平台方案在经济性和兼容性上表现突出,为未来V2G技术提供了落地支撑。【结论】居住区有序充电的规模化推广需政策、技术与市场协同推进。短期内建议深化分时电价机制,推动标准化协议;长期可探索虚拟电厂聚合模式。政府、电网企业及市场主体需共同制定激励政策与技术规范,以实现充电负荷与电网的动态互济,为新型电力系统建设提供支撑。电力设施的及时、准确检测对保障能源供应的可靠性至关重要,而单一传感器在电力设施检测中存在一定的局限性,为此,提出了一种基于显著性检测的多尺度特征异构图像融合算法。

关键词: 电网-车辆协同; 有序充电; 协同控制; 智能融合物联网终端; 能源控制器; 云云对接

ABSTRACT: [Objective] With the advancement of China's "double carbon" goal, the rapid popularization of electric vehicles has aggravated the peak-valley load imbalance of residential power grids. In order to achieve a balance between grid stability and user demand, orderly charging has become a key mechanism. This paper aims to systematically sort out the orderly charging technology scheme, analyze its implementation path, and propose a large-scale promotion strategy. [Methods] The development status of global electric vehicles and charging infrastructure is reviewed, and the implementation progress of orderly charging strategies at home and abroad is compared. Aiming at the residential area scenario, five typical orderly charging technology schemes (based on time-of-use electricity price, marketing equipment resources, distribution equipment resources, new equipment resources and cloud docking) are analyzed, and evaluated from the aspects of economy, applicability and technical feasibility. At the same time, the "cloud-meter-pile-vehicle" integrated platform was specially discussed. [Results] The research shows that: (1) the scheme based on time-of-use electricity price has low cost but insufficient flexibility; (2) The cost of scheme transformation based on marketing equipment resources is low, but there is a problem of power recovery efficiency. (3) The distribution equipment resource scheme relies on the intelligent terminal, but the coordination is difficult; (4) The new equipment resource scheme is powerful but costly; (5) The cloud-cloud docking scheme has strong scalability but relies on third-party platforms.

The IoT meter scheme of State Grid Hangzhou has outstanding performance in economy and compatibility, which provides landing support for future V2G technology.[Conclusion] The large-scale promotion of orderly charging in residential areas needs the coordinated promotion of policy, technology and market. In the short term, it is suggested to deepen the TOU price mechanism and promote the standardization agreement ; the aggregation mode of virtual power plant can be explored for a long time. The government, power grid enterprises and market entities need to jointly formulate incentive policies and technical specifications to realize the dynamic mutual assistance between charging load and power grid, and provide support for the construction of new power system. The timely and accurate detection of power facilities is very important to ensure the reliability of energy supply. However, a single sensor has certain limitations in the detection of power facilities. Therefore, a multi-scale feature heterogeneous image fusion algorithm based on saliency detection is proposed.

KEY WORDS:grid-vehicle coordination;orderly charging; collaborative control ; intelligent fusion IoT terminal ; energy controller ; cloud docking

0 引言

在“双碳”目标与能源安全新战略引领下，我国新能源汽车产业迅猛发展，连续多年全球保有量第一，截至2023年底，其保有量超2 041万辆（私人乘用车占68.14%，纯电动占76.04%，图1），预计2030年将超1亿辆。同期充电基础设施同步发展，全国充电桩达859.6万台，私人桩占比68.3%，居主导地位。全球市场亦快速增长，2023年美、日、德等国销量显著提升，但多数国家车桩比较高，其中以挪威1:1~2:1为最优。

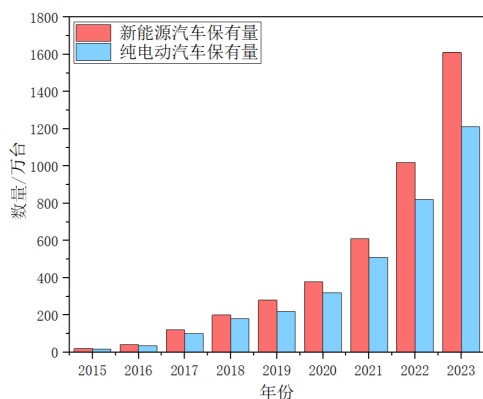


图1 新能源汽车与纯电动汽车保有量
Fig.1 The ownership of new energy vehicles and pure electric vehicles

值得注意的是，私人乘用车及配套私人充电桩是增长核心。随着电动汽车（保有量超2 000万辆，私人充电设施超600万台）在居住区快速普及，居民充电需求激增。晚高峰时段，小区充电负荷与生活用电高度重叠，导致部分台区重过载，时段性供需矛盾突出。同时，新型电力系统中大量风光等间歇性新能源接入，进一步加剧了电网供需平衡压力^[1]。规模化无序充电不仅叠加高峰负荷，威胁配网安全经济运行，易引发电压波动、设备过载等问题，更难以满足系统灵活调节需求^[2]。

基于能源安全考量，亟须挖掘负荷侧资源潜力，实现源网荷储协同^[3]。因此，如何合理分配充电资源并满足用户需求，成为提升新型电力系统灵活性的关键^[4]。智能有序充电作为核心手段，通过调控充电功率与时间，可在保障绿色出行的同时有效移峰填谷，支撑电网稳定运行^[5]。国际研究亦表明，V2G技术利用电动汽车双向充放电能力，可提升电网稳定性与可靠性，创造经济价值，凸显车网协同（V2X）的战略意义^[6]。

综上，有效管理居住区电动汽车充电行为对实现车网友好互动、支撑能源转型至关重要。新型电力系统本身正面临“双高”（高比例可再生能源、高比例电力电子设备）与“双峰”（夏、冬季负荷高峰）挑战，电动汽车充电的时空集聚特性将进一步加剧电网峰谷差，可能导致配网短时过载、报装困难，对基础设施提出严峻考验。值得关注的是，新能源汽车本身蕴藏着巨大的调节潜力：预计2030年全国1亿辆新能源汽车中，40%参与调控可提供560万千瓦可调资源，10%作为分布式储能可形成300万千瓦功率支撑与780万千瓦时储能容量。其规模化普及推动自身从用电终端向移动能源节点转变，能够为电网调节提供基础支撑^[7]。

尽管国内已开展有序充电试点，但普适性技术路径和可持续推广模式仍待探索，亟须加强技术方案设计、关键装备研制及政策标准研究，以提出规模化发展的合理路径。

1 居住区电动汽车充电现状与发展预测

为深入评估居住区电动汽车未来发展趋势下对电网的影响，本文选取浙江省居住区作为样本，分析其私人充电桩规模化增长对电网运行造成的影响。

2021年—2023年，居住区私人充电桩台数、充电容量及最高充电负荷均快速增长，年均增长率

超100%，呈逐年上升趋势（图2）。

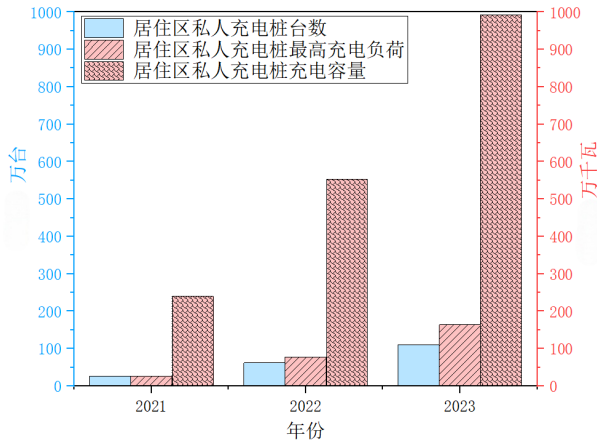


图2 2021年—2023年居住区私人充电桩台数、充电容量、最高充电负荷对比

Fig.2 Comparison of the number of private charging piles, charging capacity and maximum charging load in residential areas from 2021 to 2023

2021年—2023年，典型日最高充电负荷占比从0.43%升至2.11%，年均增长121%。2023年典型日中，除当日11时、13时电网常规高峰外，22时因谷电政策出现充电尖峰，且该时段充电负荷占比最高（图3），未来晚峰趋势将随充电桩数量增加更显著。

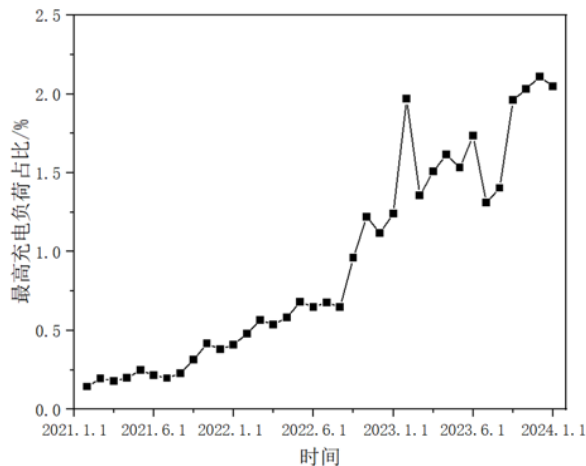


图3 居住区私人充电桩典型日最高充电负荷占比

Fig.3 Proportion of typical daily maximum charging load of private charging piles in residential areas

按当前最高充电负荷增长率4折测算，2030年居住区最高充电负荷预计达4 564万千瓦，占电网最大负荷的30.2%，将成为电网削峰填谷的重要资源。

2 有序充电理论及实施

有序充电是运用经济或技术措施，引导和协调

电动汽车改变充电时间或充电速率，实现削峰填谷，确保电网安全、经济运行，继而实现电动汽车与电网协调发展。

电动汽车有序充电主要通过价格引导与技术调控实现。价格引导利用分时电价、峰谷电价等政策，激励用户自主在低谷时段充电以节省费用。技术调控则依托统一平台，由电网机构根据系统需求向运营商或充电桩下发指令，直接调节充电时间或功率。典型方案如分层分布式控制框架（用户提交计划→本地审核→电网调度），能兼顾用户需求与电网安全，并提升调度效率^[8]。

当前国内外主要通过分时电价引导与市场机制激励实现有序充电。国内在分时电价方面已有19省市实施居民峰谷电价，显著推动充电负荷向夜间谷段转移，有效削峰填谷；技术调控以杭州物联电表方案为代表，通过车-桩-网通信实现柔性调控，试点区域峰谷差降低50%，台区承载力提升2倍~4倍；新能源协同方面，山西“新能源+电动汽车”模式及清华四方合作机制，成功利用弃风弃光资源，年消纳电量近千兆瓦时。

国外则依托开放协议与成熟市场实现多元协同：丹麦V2G调频、意大利虚拟电厂聚合、荷兰即插即充系统等案例，覆盖配网优化（阻塞管理、现货平衡）至全网调控（新能源消纳、系统备用）全场景。参与主体涵盖车企、充电商、电网公司、科研机构等多方，应用深度与广度领先。

3 居住区有序充电典型方案分析

基于前述国内外有序充电实践的分析，本文进一步聚焦居住区场景，系统地调研、梳理并归纳了现有8种典型有序充电实施方案。方案依据其核心实现路径（通信信道、控制装置及系统平台）可划分为5类：基于分时电价引导、基于营销设备资源、基于配电设备资源、基于新建设备资源及基于云云对接方式等。

3.1 基于分时电价引导的方案

该方案依托现有居民分时电价政策，通过价格信号引导用户主动调整充电时段，实现错峰与低谷充电。其核心优势在于无需额外硬件投入，仅需调整营销系统电费结算模块，具有成本低、普适性高、易于推广的特点。

目前全国已有19个省（市）实施，适用于居住区私人与公共充电桩。典型案例如浙江调整谷电时段（22:00—8:00至23:00—8:00）以平缓负荷曲

线，以及山东增设深谷时段并建立峰谷时段的年度预告与灵活月度调整机制。

然而，该方案存在显著局限性：调控时间灵活度低（电价与时段相对固定），区域精准度不足（难以依据电网拓扑精准定位响应区域），且用户难以常态化参与市场化交易。规模化推广需解决两大关键问题：一是推动政府细化政策，引入尖峰/深谷电价；二是建立基于电力系统实时状态（供需、负荷特性、新能源占比）的峰谷时段动态调整机制。

3.2 基于营销设备资源的方案

基于营销设备资源的方案包括：基于费控电表和基于分布式电源接入单元等2种。

3.2.1 基于费控电表的方案

该方案基于现有用电信息采集系统与费控电表技术架构（如图4），通过定时通断控制实现对居住区私人充电桩的有序充电管理。用户通过网上国网APP提交参与意愿及充电需求信息。新型电力负荷管理系统依据电网调控需求生成充电调控方案，并将指令传输至用电信息采集系统。用电信息采集系统通过集中器将指令下发至费控电表，最终由费控电表执行分合闸操作，控制充电桩的电源通断。

其优势在于硬件（复用计量设施）与信息化改造成本低。但该方案存在老旧电表需现场复电、复电后常需用户重新鉴权或手动插拔充电枪唤醒、仅支持启停控制灵活性差，以及潜在远程复电安全风险等局限。推广需在报装阶段签署协议、验证复电成功率并攻克自动鉴权与唤醒技术。

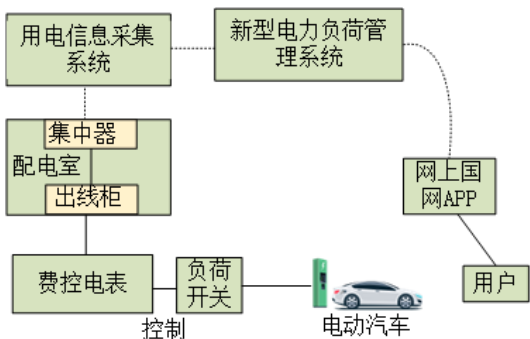


图4 基于费控电表的方案架构

Fig.4 Scheme architecture based on cost control meter

3.2.2 基于分布式电源接入单元的方案

该方案以分布式电源接入单元为核心，依托新型电力负荷管理系统、用电信息采集系统及网上国网APP构建技术架构（图5），可实现对居住区私

人充电桩的定时控制、启停控制、功率数字控制及功率百分比控制。指令下达路径与费控方案类似，用户交互通过网上国网APP完成。

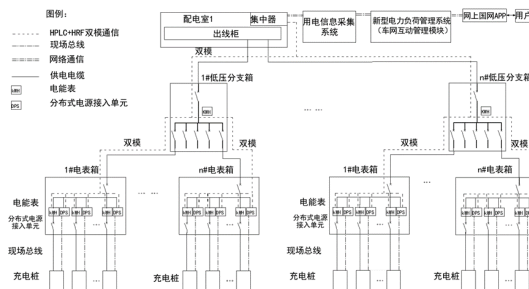


图5 基于分布式电源接入单元方案架构

Fig.5 Scheme architecture based on distributed power access unit

此方案控制更灵活，利于负荷聚合，且便于兼容多协议。然而，DAU需额外防护与安装空间增加成本，表后安装易引发表后产权与电费结算争议，部分省份数据延迟（T-1日冻结）影响实时评估。其推广需制定DAU-充电桩通信标准，推动地方政策出台，报装签约并明确运维责任。

3.3 基于配电设备资源的方案：智能融合终端

该方案以台区智能融合终端为核心，采用“一对多”方式接入充电桩，配电主站根据电网以及台区状态结合用户的充电需求，通过智能融合终端对充电负荷进行调控，实现电动汽车充电的定时控制、启停控制、功率数字控制、功率百分比控制。本方案仅适用于居住区公共运营的充电设施。方案架构如图6所示。

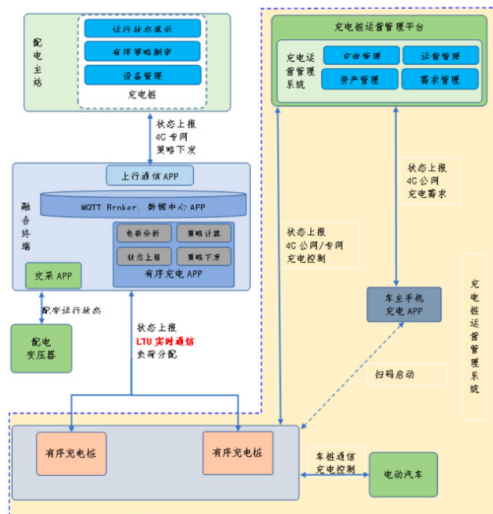


图6 基于智能融合终端方案架构

Fig.6 Scheme architecture based on intelligent fusion terminal

其优势在于融合终端的边缘计算能力支持就地决策。但 LTU 显著推高单桩成本，且需充电桩运营商平台对接配电主站，协调难度大；非“一桩一表”场景下无法监测单桩调控效果，策略对用户需求考虑亦显不足。规模化需制定终端-充电桩通信及运营商-电网交互标准，协调运营商建设表后分桩计量，解决 LTU 运维与取电问题，明确责任主体并推动配套政策，如调控授权、用户功率约定。

3.4 基于新建设备资源的方案

基于新建设备资源的方案包括：基于智慧能源单元、基于能源控制器/能源路由器、基于智能充电控制器等3种。

3.4.1 基于智慧能源单元的方案

该方案通过智慧能源单元将公共运营的充电资源接入新型电力负荷管理系统，并同运营商签署调控、补贴协议，通过直控或者邀约的方式实现电动汽车充电定时控制、启停控制、功率数字控制、功率百分比控制。本方案仅适用于居住区公共运营的充电设施（专变接入）。方案架构见图7。

智慧能源单元的优势在于可扩展接入多种用户侧资源进行综合优化。但其适用场景单一（仅专变运营商），多品牌充电桩协议对接复杂，且缺乏表后分桩计量能力制约效果评估。推广需制定 SEU 接入标准与协议，协调分桩计量建设，明确转换器运维界面并完善配套政策。

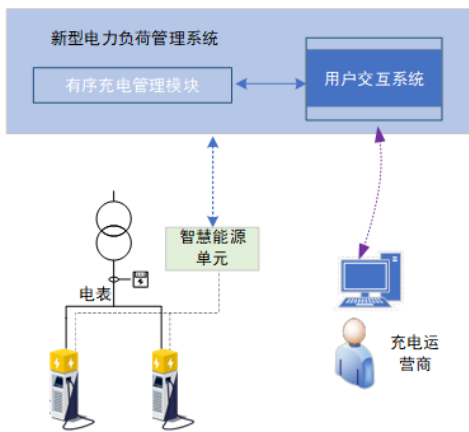


图7 基于智慧能源单元方案架构

Fig.7 Scheme architecture based on smart energy unit

3.4.2 基于能源控制器/路由器的方案

该方案通过省级智慧能源服务平台、能源控制器及能源路由器，实现对居住区公共运营充电设施的定时、启停、功率数值及百分比控制（方案架构见图8）。用户可通过手机 APP 直接与云端主站交

互充电需求，或通过蓝牙连接能源路由器（需求经能源控制器上传至主站）。主站有序充电模块或能源控制器（依据订单计划及台区负荷）制定策略，经能源控制器下发至能源路由器，最终由路由器控制充电桩执行指令。

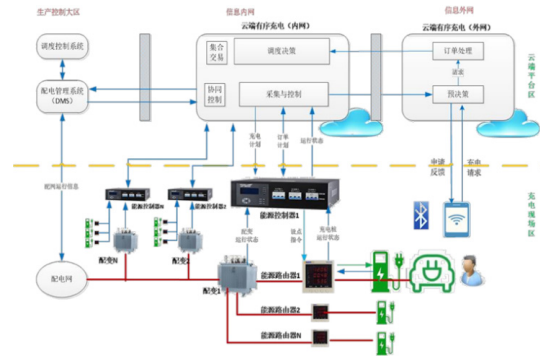


图8 基于能源控制器/路由器方案架构

Fig.8 Scheme architecture based on energy controller / router

尽管本方案在技术架构上具备优势（如主站至能源路由器的双通道互备份数据传输、“运营平台-能源控制器-能源路由器”三级策略部署保障通信中断时的调控可靠性），但单桩成本高昂、系统集成复杂（多平台升级对接）、缺乏专业运维队伍及运营商配合风险使其目前暂不具备规模化条件。

3.4.3 基于智能充电控制器的方案

该南网方案适用于居住区公共运营充电设施（方案架构见图9）。用户通过手机 APP 提交充电需求至运营平台。平台将需求同步传输至充电桩及充换电能源管理平台。能源管理平台依据电网和台区状态制定有序充电策略，或由智能充电控制器（SCC）基于站内情况就地生成策略。策略最终由 SCC 控制充电设备执行，实现定时、启停、功率数值或百分比控制。

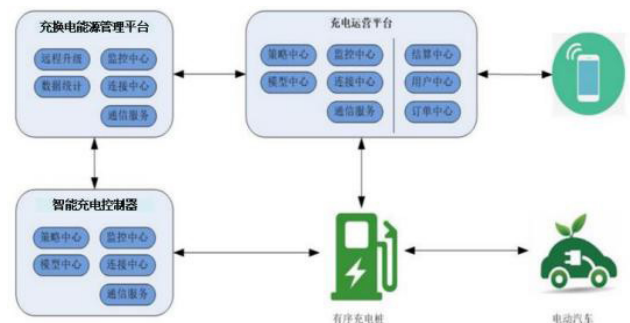


图9 基于有序充电控制器的方案架构

Fig.9 Scheme architecture based on ordered charging controller

该方案核心优势在于智能充电控制器（SCC）具备边缘计算能力，可离线执行策略确保可靠性。然而，其单站装置成本高昂（约8万元），且需打通运营商与电网平台接口并协调多品牌桩协议，系统集成复杂且存在运营商配合风险；非“一桩一表”场景下缺乏表后分桩计量能力，制约精细化调控效果评估，策略亦未充分纳入用户需求。推广亟须制定 SCC 技术及通信标准、协调运营商建设分桩计量系统、落实电网调控授权及用户功率约定政策。

3.5 基于云云对接的方案

该方案基于新型电力负荷管理系统的有序充电模块，通过与充电运营商（车企）平台协同，实现对公用运营充电桩及互联私人充电桩的定时控制、启停控制、功率数字控制及功率百分比控制（方案架构见图 10）。针对私人充电桩，通过负荷管理系统与运营商平台交互单桩调控计划，由运营商平台下发至充电桩执行，并依托现有用电信息采集系统及计量表计实现响应监测。

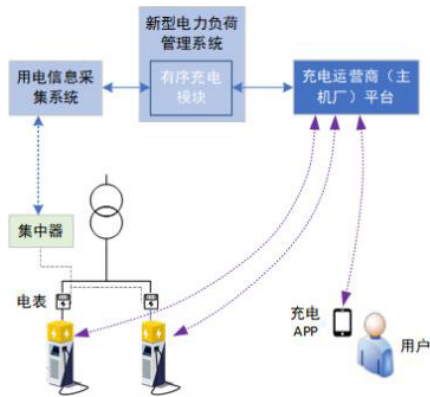


图 10 基于云云对接的方案架构

Fig.10 Scheme architecture based on cloud-cloud docking

其核心优势在于零硬件投入对用户影响小、系统扩展性强，并能复用现有通信链路。然而，多异构平台对接改造工作量大，运营商因缺乏可持续商业模式而主动性不足，电网调控自主性受限，以及依赖第三方平台引致的计量数据可信度风险是其主要局限。推广需制定平台间信息交互技术标准，构建运营商可持续商业模式，并建立可信计量结算体系。

4 居住区有序充电创新方案：“云-表-桩-车”一体化平台

相较于前述方案，由国网浙江电力有限公司杭州供电公司提出的基于物联电表的“云-表-桩-车”

一体化平台展现出显著特色与潜力。该方案以加装有有序充电模组（约200元）的智能物联电表（约500元）为核心控制单元，方案架构见图 11。



图 11 基于物联电表的方案架构

Fig.11 Scheme architecture based on internet of things electric meter

用户充电需求可通过多种途径灵活提交：私家桩用户使用网上国网 APP，公共桩用户则通过微信小程序或车载终端（车桩交互模块）。用电信息采集系统综合用户需求、车辆状态信息（如 SOC、出发时间、目标电量）及电网运行情况生成智能精准的调控策略，并下发至物联电表。电表通过通讯接口直接控制充电桩的功率与时间，且能在调控过程中维持低功率充电，有效避免车辆无法二次唤醒的问题。

该方案与 V2G 技术结合后，可进一步通过分时电价引导充放电行为^[9]，在台区重过载时段调用电动汽车储能资源，实现负荷峰值削减。国际权威研究表明，协调式 V2G 调度能够实现电网负荷方差最小化：通过动态切换负荷均衡（充电）与削峰填谷（放电）模式，在满足电网安全约束的前提下，显著平滑区域负荷曲线，并有效消除无序充电引发的负荷尖峰^[10]。“云-表-桩-车”方案的物联电表架构为这一技术路径提供了低成本、高可靠性的落地支撑。

该方案经济性突出：硬件成本相对较低，信息化层面充分复用现有用电信息采集系统与网上国网平台（仅需功能升级），施工与运维则依托成熟的装表接电专业队伍及管理体系，显著降低了建设与运维成本。

其优势体现在多个维度：①高度复用现有计量链路与人力资源，用户侧改造极小，施工运维便捷高效，综合成本优势明显；②兼容性与扩展性优异，不仅满足当前有序充电需求，更能无缝支持未来 V2G 双向计量结算、电能质量管理、漫游充电

及私桩共享等高级应用；③基于丰富的车辆状态信息，可在电动汽车高渗透率台区制定兼顾电网安全与用户经济性的智能优化策略；④采用“电表-集中器-主站”三级策略部署架构，确保了在通信部分中断时调控指令的可靠执行；⑤提供了多元化的用户交互途径（运营平台、网上国网APP、车载终端），提升用户参与便利性。

当然，该方案当前也存在市场化交易接口缺失、多模式实施标准不一及用户体验待优化等局限。为推进规模化应用，亟须制定统一的技术规范并推动地方政府出台支持政策与标准协议。

5 结论及展望

居住区电动汽车有序充电作为平衡电网安全与用户需求的关键手段，其规模化发展需政策机制、市场引导与技术调控形成协同效应。具体而言，发展路径可沿3条主线推进：

价格引导作为市场驱动核心，通过深化分时电价机制（实施峰谷电价动态调整及季节性电价）引导用户低谷充电，并推动充电电价市场化——允许用户直接参与零售市场或通过具备能力的聚合商（如充电运营商、电网综合能源公司）参与辅助服务与现货市场交易。

技术调控构成电网主导的关键支撑，在电网紧张时段构建“策略生成-用户交互-桩端响应-效果验证”闭环，依托现有系统推动“车-桩-网”协议标准化，并依据设施接入能力分类施策（对无平台设施直连负荷管理系统调控，对有平台设施采用云云对接），实现低成本、可复制的规模化调控，与价格引导形成互补。

虚拟电厂则作为资源聚合的创新方向，通过整合分布式充放电资源并明确电网拓扑关系，以聚合商身份双向参与电力市场（购电/售辅助服务），基于资源特性与系统供需制定策略，融合价格引导与技术调控双重手段，最终实现居住区充放电资源的优化利用。需注意的是，用户参与虚拟电厂聚合的意愿受社会心理因素制约，例如社群影响（如亲友推荐）会显著提升其对技术效益的感知^[11]。因此，聚合商可结合线上线下社交网络推广成功案例，以增强用户信任。

尽管路径清晰，规模化推广仍需突破多维瓶颈：政策层面需健全有序充电强制准入标准与跨行业协同机制；技术层面需统一“车-桩-网”交互协议并研发自适应控制终端；市场层面需探索可持

续商业模式以激励多元主体参与；用户层面则依赖认知提升与行为引导。

综上，居住区有序充电的落地需政府、电网企业、市场主体及用户形成合力。通过政策保障机制、技术迭代升级与生态协同构建，最终可实现充电负荷与电网系统的动态互济，为新型电力系统建设提供关键支撑。

参考文献

- [1] 刘洪波, 刘坤诚, 盖雪扬, 等. 高比例新能源接入的主动配电网规划综述[J]. 发电技术, 2024, 45(1): 151-161. LIU H B, LIU S C, GAI X Y, et al. Overview of active distribution network planning with high proportion of new energy access[J]. Power Generation Technology, 2024, 45(1): 151-161.
- [2] 罗莎莎, 王玉越. 车网互动对城市电网负荷影响研究[J]. 红水河, 2025, 44(3): 118-124, 168. LUO Shasha, WANG Yuyue. Impact of Vehicle-to-Grid Interaction on Urban Power Grid Load[J]. Hongshui River, 2025, 44(3): 118-124, 168.
- [3] 张叶青, 陈文彬, 徐律军, 等. 面向多虚拟电厂的分层分区多层互补动态聚合调控策略[J]. 发电技术, 2024, 45(1): 162-169. ZHANG Y Q, CHEN W B, XU L, et al. Multi-virtual power plant-oriented dynamic aggregation control strategy based on hierarchical partition and multi-layer complementation[J]. Power Generation Technology, 2024, 45(1): 162-169.
- [4] 孙健浩, 初壮. 考虑碳交易和无功补偿的分布式电源优化配置[J]. 发电技术, 2024, 45(1): 142-150. SUN J H, CHU Z. Optimal configuration of distributed generation considering carbon trading and reactive power compensation[J]. Power Generation Technology, 2024, 45(1): 142-150.
- [5] AGON R, RAWN B. Optimizing Grid Performance through Vehicle-to-Grid Integration: a Comprehensive Review[C]//2024 IEEE PES 16th Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC). Oct. 25-27, 2024, Nanjing, China. IEEE, 2024: 1-5.
- [6] SAMI I, ULLAH Z, SALMAN K, et al. A Bidirectional Interactive Electric Vehicles Operation Modes: Vehicle-to-Grid (V2G) and Grid-to-Vehicle (G2V) Variations within Smart Grid[C]//2019 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET). Feb. 21-22, 2019. Lahore, Pakistan. IEEE, 2019: 1-6.
- [7] 薛金鑫, 沈锦璐, 曹明路. 双向车网互动: 可行性、发展现状、挑战及展望[J]. 智能网联汽车, 2025(3): 13-16. XUE Jinxin, SHEN Jinlu, CAO Minglu. Two-Way

Vehicle-Network Interaction: Feasibility, Development Status, Challenges and Prospects[J]. Intelligent Connected Vehicles, 2025(3):13-16.

- [8] 陈静鹏, 朴龙健, 艾芊, 等. 基于分布式控制的电动汽车分层优化调度[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(18):24-31. 47. CHEN Jingpeng, PIAO Longjian, AI Qian, et al. Hierarchical Optimal Scheduling for Electric Vehicles based on Distributed Control[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(18):24-31. 47.
- [9] 沈润, 程晴, 陈业策, 等. 含 V2G 充电桩和储能的台区重过载风险评估与治理[J]. 供用电, 2025, 42(6):22-30. SHEN Run, CHENG Qing, CHEN Yecce, et al. Risk Assessment and Management of Heavy Overload in Terrace Area with V2G Charging Piles and Energy Storage [J]. Distribution & Utilization, 2025, 42(6):22-30.
- [10] LINGAM B, SAMYUKTHA P, VANDANA B. Vehicle to Grid Technology: EV Power Generation Analysis through Plug in Charging Method[C]//2023 3rd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT). June 23-25, 2023, Hubli, India. IEEE, 2023:1-5.
- [11] 李青, 刘雨婷, 刘超. 车网互动技术的用户接受度分析与对策建议[J]. 电力需求侧管理, 2025, 27(3):87-93. LI Qing, LIU Yuting, LIU Chao. User Acceptance Analysis and Strategy Recommendations for Vehicle-to-Grid Technology[J]. Power Demand Side Management, 2025, 27(3):87-93.

收稿日期: 2025-10-25



陈奕

陈奕(1989), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为车网互动、电力负荷管理、微电网调控技术等, 690035718@qq.com;



徐川子

徐川子(1985), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力负荷管理、分布式能源技术等, 389396733@qq.com;



向新宇

向新宇(1984), 男, 硕士, 正高, 研究方向为车网互动、双碳技术, 314394694@qq.com;



李昂

李昂(1988), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向电力系统及其自动化, 52656798@qq.com;



罗庆

罗庆(1990), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为新型电力系统, 446014545@qq.com;



徐靖雯

徐靖雯(1992), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为车网互动、综合能源技术, jingwenxu_1992@foxmail.com;



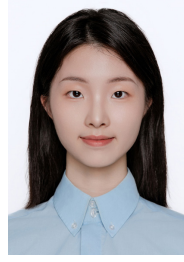
薛利

薛利(1987), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电动汽车充换电、车网互动、需求侧管理等技术, xueli4ever@163.com;



张屏

张屏（1978），女，学士，副研究馆员，研究方向为居民行为科学178675419@qq.com;



周忆文

周忆文（2003），女，硕士在读，跨文本信息提取与比较研究，zhou_iwen@163.com。