

车网互动——新型电力系统下的产业机遇与挑战

一、时代背景：能源转型与电动汽车的交汇

当前，我国正处于深入推进能源转型的战略窗口期。落实“碳达峰、碳中和”目标，是推动经济社会高质量发展的必然选择。在此背景下，以风电、光伏为代表的新能源装机规模持续高速增长。截至2025年9月，我国新能源装机容量已达17.1亿kW，历史上首次超过煤电，成为第一大装机电源。这一里程碑式的转变，标志着我国电力系统已正式步入新能源主导的新时代。

随着新能源占比的不断提升，新型电力系统呈现出显著的“两高”特征：高比例新能源接入，以及高比例新负荷与电源互动。各国电力系统的风电日前预测误差标准差普遍在装机容量的5%–12%之间[1]，光伏发电受云层遮挡等气象因素影响，秒级功率下降幅度可达70%以上[2]。据《2025年高比例新能源电网稳定性分析》（未来智库）测算，极端气象条件下10分钟内光伏出力下降幅度可达79%，进一步印证了新能源出力的高波动特征。这种大规模、高频率的功率波动，要求电网必须具备更强的灵活性调节能力。传统以煤电为主的调节手段已难以满足日益增长的灵活性需求，挖掘需求侧灵活性资源成为构建新型电力系统的迫切需求。

与此同时，我国新能源汽车产业经过十余年培育，已从政策驱动转向市场驱动。截至2024年，全国新能源汽车保有量已突破3000万辆。预计到2030年，全国新能源汽车保有量将达到1亿辆；

[1] B.-M. Hodge et al., *Wind Power Forecasting Error Distributions: An International Comparison*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA, Rep. NREL/CP-5500-56130, 2012.

[2] K. Lappalainen and S. Valkealahti, "Output power variation of different PV array configurations during irradiance transitions caused by moving clouds," *Applied Energy*, vol. 190, pp. 902–910, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.01.013.

到 2035 年，这一数字将进一步攀升至超过 2 亿辆。伴随着整车规模的扩大，2024 年全国动力电池装车量为 5.48 亿 kWh，预计到 2035 年将超过 33.85 亿 kWh，这一体量远超目前的抽水蓄能装机容量，是未来电网中规模最大、分布最广、响应最灵活的分布式储能资源。能源转型与电动汽车的爆发式增长，在一个关键节点上交汇：如何将海量的电动汽车转化为电网的“柔性海绵”，而非电网的负担。车网互动（Vehicle-to-Grid, V2G）正是解决这一矛盾的最佳方案。

二、车网互动的战略价值

车网互动是指通过充放电装置，将电动汽车作为分布式储能单元，实现电动汽车与电网在能量与信息上的高频、双向交互。电动汽车天然具备“电源”和“负荷”的双重属性，95%以上的停驶时间使其有充足的时间与电网进行互动。

车网互动的战略价值可从三个维度理解。

第一，容量足够大。中国电动车保有量 2025 年预计超 2000 万辆，总电池容量超 1200GW。2035 年全球电动车保有量将达 2 亿辆，可调度电量相当于 1500 座大型抽水蓄能电站。单城市 10 万辆电动车即可提供 1–2GW 的灵活调节能力。

第二，响应速度够快。V2G 集群的响应性能优于传统机组：响应时间小于 100 毫秒，频率偏差 ±0.1Hz，而燃气轮机需 10–15 分钟，抽水蓄能需 1–3 分钟。在新能源波动平抑方面，山东风光基地配套 V2G 系统已将弃风率从 12%降至 3%。

第三，互动模式多样。包括 V1G（有序充电）、V2G（双向互动）、V2B（车对楼宇）、V2H（车对家）等多种模式。商业模式可进阶至虚拟电厂（VPP）、碳资产开发和电池梯次利用等领域。

然而，车网互动也面临其特有的挑战。单台电动车电池容量仅 40–100kWh，仅相当于电网调节需求的百万分之一，需要大量聚合；不同用户的充电行为差异巨大，80%用户担忧电池损耗；收益分配机制、技术标准体系尚未完善。这些挑战意味着，车网互动虽然战略价值巨大，但从技术可行性到产业规模化之间，仍有一段路要走。

三、八大应用场景与产业蓝图

车网互动的产业蓝图可归纳为三大核心领域、八大典型场景。根据行业测算，到 2035 年，车网互动产业有望为相关方带来 5000 亿元以上的巨大价值。

1.分布式储能服务

公共快充场景。利用 V2G 充电桩的双向能力，在电网低谷时段引导车辆充电储能，在高峰 时段引导车辆放电支撑电网。对于充电运营商而言，这创造了除充电服务费之外的“电力差价”收益。通过精准的价格信号引导，场站可以实现从单纯的“用电大户”向“虚拟电厂”的转变。

公交及重卡场站场景。公交车和电动重卡具有行驶路线固定、停放时间规律、电池容量大 （通常在 300kWh 以上）的特点，是最理想的集中式 V2G 场景。通过夜间低谷充电、 日间高峰时 段向电网反送电，不仅能大幅降低运营企业的电力成本，还能为电网提供稳定的调节能力。

换电站场景。换电站内常备有大量满电或待充电电池，存在大量闲置时间。通过 V2G 技术，换电站可将这些备用电池作为固定储能参与电网互动，盘活闲置资产，创造“换电服务+储能 服务”的双重商业模式。

2.用户侧能源管理

私桩场景。对于拥有私人充电桩的家庭用户，V2G 提供了最直接的经济激励。用户利用夜间谷电充满，白天高峰期向自家 负载供电或上网卖电，可显著降低家庭电费支出。

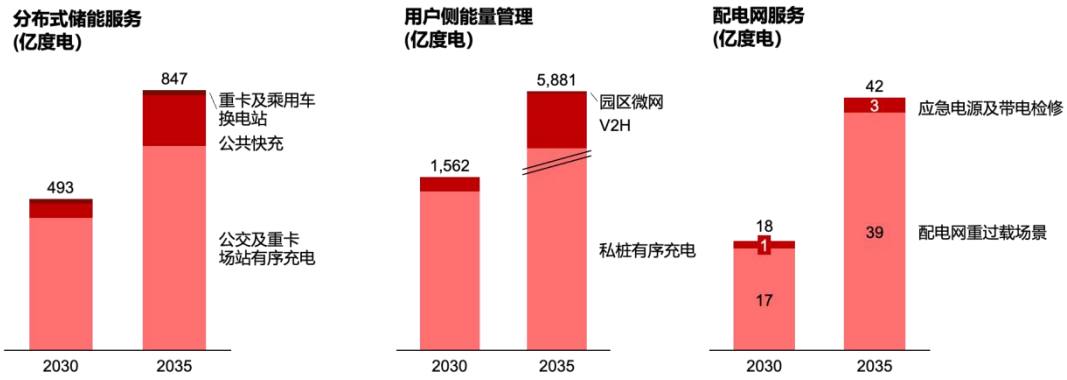
V2H（车对家供电）场景。V2H 技术使电动汽车成为家庭的“超级充电宝”。在突发停电或 电网检修时，电动汽车可作为应急电源为家庭关键设备供电。结合家庭光伏系统，V2H 可以最 大化光伏自发自用比例，构建小型家庭微电网。

园区微网场景。在工业园区和商业综合体，电动汽车集群可作为园区微网的重要调节资源 。通过 V2G 技术，园区可以优化内部电力负荷曲线，减少基本电费支出（需量管理），并平抑 园区内分布式光伏的波动，提升清洁能源消纳率。

3.配电网支撑服务

应急电源及检修场景。在自然灾害或重大活动保供电期间，具备 V2G 功能的电动汽车可以 作为移动应急电源，快速部署到指定地点。相比传统柴油发电车，V2G 车辆具有零排放、低噪 音、响应快的优势。

缓解配电网重过载场景。在夏季用电高峰，部分老旧小区或商业区配变往往面临重过载风 险。通过调度区域内的电动汽车反向放电，可以有效削减局部负荷尖峰，显著延缓配电网的扩 容升级需求。据测算，大规模车网互动应用可为全国节省配电网扩容投资约 5000 亿元。



四、产业链生态现状

车网互动产业链涉及车企、电网企业、电池厂商、充电桩企业、充电站运营商和终端用户 六大主体，各环节发展现状和挑战各不相同。

车企。国内车企在车网互动领域已进入规模化试点阶段，但市场普及度仍有待提高。部分 国产新车型已具备 V2G 功能，但实际支持该功能的车型数量仍然较少。一些头部车企已开始自 主部署 V2G 充放电站，积极探索商业化运营模式。

电网企业。电网企业在车网互动技术方面已完成关键突破，V2G 并网技术已具备可行性。 目前在试点阶段，技术层面已不存在障碍，但调度机制、交易规则和结算体系仍需进一步完善。

电池厂商。电池厂商正积极开展车网互动相关研发工作，但深入的量化研究仍显不足。当 前最大的技术障碍在于电池材料尚未实现突破性进展，电池在高频次充放电循环下的寿命衰减 问题仍未得到根本性解决。这是制约 V2G 技术大规模应用的核心瓶颈之一。

充电桩企业。V2G 技术相对成熟，但尚未形成规模效应。部分领先企业已启动针对 V2G 通 信协议的专项研发，积极推动 ChaoJi 等新一代充电标准的落地应用。由于终端市场需求不足， V2G 充电桩的建设投资回报周期较长。

充电站运营商。由于终端车主对 V2G 服务的需求尚未充分释放，运营商主动配置 V2G 充电 桩的积极性相对较低，更关注短期投资回报，倾向于采取观望态度。

终端用户。用户对 V2G 技术的认知度普遍较低。电池寿命加速衰减是用户最大的使用障碍，许多车主担心频繁充放电会损害电池健康，影响车辆保值率。

五、 四大关键挑战

车网互动要实现规模化、经济化发展，仍需突破一系列关键瓶颈。我们将这些挑战归纳为 四个维度。

技术挑战

构建面向海量、分散、差异化电动汽车资源的智能聚合平台与高效调度算法是基础。目前面临资源整合复杂度高、通信协议与接口标准不统一导致平台互通成本高昂等问题。V2G 模式下电池的循环寿命衰减模型尚不完善，缺乏权威的电池健康度评估与质保标准。同时，存量充电桩设备双向充放电功能普及率低，跨品牌设备间的互操作性制约了规模化推广。

商业模式挑战

可持续商业模式尚不成熟。当前需求响应补偿等激励政策力度不均且稳定性不足，调峰收益结算周期长，难以满足运营主体对现金流的即时需求。V2G 桩的投资成本显著高于普通充电桩，但当前单桩利用率与收益水平普遍未达盈亏平衡点。商业模式涉及电力交易、用户运营、设备运维等多个环节，验证周期长，投资回收存在不确定性。

用户信任挑战

用户对频繁充放电可能影响电动车电池寿命的担忧普遍存在。当前放电补贴标准与用户普遍期望的收益水平仍存差距，加之缺乏权威的第三方电池健康监测和补偿机制，导致用户观望情绪浓厚。这是影响用户参与 V2G 放电的主要障碍，需要通过保险、电池健康度评估与补偿等方式减少用户顾虑。

市场机制挑战

V2G 灵活的调节特性与现有电力市场的分钟级出清、按月结算等交易规则存在一定适配性矛盾。实时、精准的价格信号传导机制尚待完善。电动汽车用户的出行与充电行为具有高度随机性和不确定性，给系统负荷精准预测带来困难。同时，V2G 资源作为分布式储能的容量、可靠性等价值评估体系尚未建立，影响其在市场中的公允定价和结算。

六、 国际经验与启示

国际先进案例为我国车网互动产业发展提供了宝贵的参考。英国 Sciurus 项目

英国 Sciurus 项目是全球车网互动虚拟电厂的标杆案例。该项目在 325 个家庭配备 V2G 充电桩，将家庭电动汽车聚合为虚拟电厂，参与英国电力市场交易。项目运行数据显示，单车年收益最高可达 340–725 英镑（约合人民币 3000–6400 元），收益构成包括峰谷套利收益、调频服务收益和动态遏制服务收益三部分。

英国 Powerloop 租赁模式

Powerloop 项目采用创新的“电动汽车租赁+V2G 服务”模式。用户每月支付 299 英镑租赁日产 LEAF 电动汽车，包含保险、维护等全部费用。如果用户同意参与 V2G，每月参与 12 次充放电可获 30 英镑现金返还，相当于月租金减少 10%。这一模式将 V2G 收益转化为用户购车成本的减免，而非直接给予现金补贴，大幅降低了用户的购车门槛。

特斯拉 Powerwall 模式

特斯拉采取了“车-储能-电网”的间接互动策略，以 Powerwall 户用储能系统作为中介和缓冲区。这一方面实现了能源的灵活调度，另一方面有效缓解了用户对车载动力电池寿命损耗的普遍焦虑。美国佛蒙特州等地的成功案例展示了一种可持续的商业闭环：由电网企业主导前期投入，通过为用户免费安装或提供储能设施及充电桩，换取对分布储能资源的调控权，进而通过峰谷套利或参与电力市场辅助服务获取收益。

核心启示

国际经验给予我们四点核心启示。第一，必须建立多重收益模式，单纯依靠峰谷套利难以覆盖成本，必须叠加辅助服务、需求响应、容量补偿等多重收益渠道。第二，必须具备毫秒级响应能力，电力辅助服务市场对响应速度要求极高，技术门槛高但市场价值也高。第三，必须完善市场机制，推动电力现货市场、辅助服务市场、容量市场等各类市场建设。第四，必须建立清晰的利益分配机制，确保电网公司、聚合商、运营商、车主等各方主体都能获得合理收益。

七、商业模式演进与政策框架

车网互动的商业模式演进可分为三个阶段。

第一阶段：有序充电为主。当前技术条件最成熟、商业模式最清晰的是有序充电（V1G）模式。运营商主要通过参加需求响应活动获取收益，技术门槛低、投资回报周期短。随着电力市场化改革深入，需求响应活动的开展频次将持续增加。

第二阶段：峰谷套利与配网服务。随着峰谷电价差持续拉大，参考上海等地经验，峰谷价差超过 1 元/千瓦时，峰谷套利将成为最基础且直接的商业模式。同时，V2G 可为居民区、工业园区提供台区变压器的重过载治理、应急备用电源、延缓配网升级投资等增值服务。

第三阶段：虚拟电厂与综合能源服务。聚合大量分散的 V2G 资源，作为虚拟电厂参与各类市场交易，获取规模效益。预计到 2030 年，智能有序充电基础设施的渗透率将大幅提升，聚合商市场将形成超 300 亿规模。同时，将 V2G 与光伏、储能等结合，形成光储充放一体化微网，参与内部能量优化和外部市场交易。

在政策框架方面，国家已将“加强电动汽车与电网融合互动”列为《加快构建新型电力系统行动方案（2024–2027 年）》的重点任务。广州、深圳、海口、昆明等城市已被列入首批国家级车网互动规模化应用试点城市名单。政策信号表明，车网互动已从“概念探讨”阶段迈入“实质性推进”阶段。

国际经验表明，政府支持机制对产业早期发展至关重要。参考深圳的“先培育，后市场化”的两步走战略，在培育期通过建设补贴和运营补贴快速构建基础网络并培养用户习惯，在成熟期建立退出机制，以“碳普惠”替代现金补贴，引入绿电交易提升环保价值，倒逼运营商参与负荷聚合与现货市场。补贴退出后，公共桩利用率仍保持 68%的高位，并成功孕化了超过 8 万 V2G 用户生态。

我们认为生态各方具体作用如下：政府通过顶层设计明确战略方向，出台建设补贴、运营补贴及碳普惠政策，并建立补贴退出机制，推动产业从政策驱动转向市场驱动；电网企业负责制定接入规范、建设统一调度平台、完善结算体系，并推动电力市场交易规则适配车网互动特征；整车及电池企业需加速具备 V2G 功能的车型量产，并开展高频充放电工况下的电池寿命与质保标准研发，降低用户顾虑；充电运营商需积极推进 V2G 充电桩部署，并通过用户运营提升车主参与度；聚合商承担资源聚合功能，将分散的电动汽车资源打包参与电力市场交易，提升规模效益；终端用户是车网互动的最终载体，需逐步建立互动意识，在保障自身出行需求的前提下积极参与放电响应。

八、结论与展望

车网互动正处于从技术验证走向产业规模化的关键窗口期。本文的核心判断是：车网互动 不是一个“是否会发生”的问题，而是一个“何时到来、谁能抢先”的问题。

从产业规模看，到 2035 年全国新能源汽车保有量将超过 2 亿辆，动力电池总装机量将超过 33.85 亿 kWh，车网互动产业规模可达千亿级别，并带动万亿级电动汽车产业增量。从技术路径 看，有序充电技术已趋成熟，V2G 双向互动技术将是未来主流方向，待电池技术实现升级、上 下游技术标准实现统一、峰谷电价差具备足够吸引力后，产业将迎来大规模发展的战略机遇期。

从生态协同看，车网互动产业的健康发展需要政府、整车及电池生产商、电网公司、电力 监管部门、聚合商、运营商和终端用户等全体生态伙伴的协同努力。

对于产业投资人而言，车网互动产业的核心逻辑是：它是一个由技术驱动和政策驱动双重 力量共同作用的产业。早期投资应关注技术壁垒较高的环节：聚合平台、双向充放电设备、 电池健康管理算法；中期投资应关注规模效应显著的环节：虚拟电厂运营、综合能源服务、 标准化解决方案输出。而无论何时，都应警惕纯红海竞争的风险，如果企业在技术、需求、 规模三个维度上都无法建立有意义的壁垒，就应果断回避。

来源：中国汽车工业协会、国家能源局、公开案头研究，科达理分析

关于作者

科达理咨询：

科达理咨询是具备国际视野、根植中国本土的精品管理咨询机构，我们的团队长期深耕先进制造业、半导体、新能源、新材料等高精尖产业。我们服务本土与跨国行业龙头企业、新锐创新企业、以及大型投资机构。我们致力于深刻分析产业壁垒，研判策略方向，量化潜在风险，推动举措落地，与客户共创长效价值。

联系方式：

网　址：www.kedaliconsulting.com

邮　箱：marketing@kedaliconsulting.com

更多讯息请关注公众号
或在公众号留言