
中文标题:

充电需求估计与市场势力分析——基于公用充电桩市场订单数据

英文标题:

Charging demand estimation and market power analysis:
Based on public charging pile market order data

作者简介:

1. 居恒, 上海财经大学商学院副教授(常任教职)、产业经济系主任、反垄断与竞争经济学研究中心主任, 博士生导师;
2. 肖正, 上海财经大学商学院博士研究生(通讯作者);
3. 易媛, 上海联联睿科能源科技有限公司数据服务中心副总监。

通信作者及地址:

肖正, 上海市杨浦区国定路 777 号, 200433; 联系电话: 13012862589; 电子信箱: ahxz1995@163.com

基金项目:

中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(CXJJ-2021-384);
上海联联睿科能源科技有限公司与上海财经大学商学院校企合作项目。

致谢:

非常感谢“上海联联睿科能源科技有限公司”的数据支持。

充电需求估计与市场势力分析

——基于公用充电桩市场订单数据

内容摘要: 在充电桩行业的转型期,解决建设结构失衡、运营质量低下等问题尤为关键,而厘清充电运营商的竞争行为是重要前提。本文基于上海市 2021 年 2000 多万条电动汽车充电订单数据,采用实证产业组织中嵌套 Logit 模型,详细描述了电动车主的充电需求行为,并深入分析了充电运营商市场势力现状。研究发现:公用充电站市场需求的加权自价格弹性约为-1.9,这表明充电运营商拥有较为显著的市场势力。具体而言,大型快充站、头部运营商、营运车辆订单占比高以及选址附近人流量较大的站点,其市场势力更强。最终的福利损失测算结果显示,由于垄断造成的无谓损失总额达到 1.37 亿元,相当于订单总额的 31.8%,这揭示出当前市场竞争存在一定程度的低效率问题。本研究具有重要的理论意义与现实价值,不仅主体分析框架适用于其他行业市场势力的研究,同时为充电桩行业监管部门提供政策启示,也为反垄断执法机构提供参考依据。

关键词: 公用充电桩; 嵌套 Logit 模型; 市场势力; 福利损失

Charging demand estimation and market power analysis:

Based on public charging pile market order data

Abstract: During the transitional period in the charging station industry, there are development bottlenecks such as unbalanced construction structure and low operation quality. Clarifying the competitive behavior of charging operators is an important prerequisite for solving industry problems. This study benefits from the data of more than 20 million electric vehicle charging orders in Shanghai in 2021. Based on the nested Logit model in the empirical industrial organization, we describe the charging demand behavior of electric vehicle owners in detail, and deeply analyze the market power of charging operators. The empirical results show that the self-price elasticity of demand in the public charging pile market is about -1.9, which means that charging operators have significant market power. Specifically, when the scale of the charging station is large, the speed is fast, the operator belongs to the top, the proportion of operating vehicle orders is high, and the flow of people is large, its market power is stronger. The final welfare loss calculation results show that the annual loss amounted to 137 million yuan, equivalent to 31.8% of the total order revenue. This shows that there is a certain degree of inefficiency in the current market competition. This paper has important theoretical significance and practical value. Not only is the main body analysis framework applicable to the research of market power in other industries, but the research conclusions provide

policy inspiration for the charging pile supervision department and provide a reference for anti-monopoly law enforcement agencies. This study has important theoretical significance and practical value. The research framework is applicable to the research on market power in other industries. The research conclusions provide policy inspiration for charging pile supervision departments and provide reference for anti-monopoly law enforcement agencies.

Keywords: public charging pile; nested Logit model; market power; welfare loss

JEL Classification: D22 L62

一、引言

近年来，全球范围内的汽车产业正经历着电动化转型的浪潮。中国新能源汽车发展历经十余年的市场培育期，三电技术不断突破，产品品质全面提升，目前正进入市场化、规模化发展新阶段。作为新能源汽车能源补给装置的重要组成部分，汽车充电桩被视为新型城市基础设施，也是新能源汽车产业链上不可或缺的关键环节。随着消费端的财税政策逐步收紧，解决“充电问题”成为新能源汽车市场持续扩张的新引擎。此外，2020年3月，新能源汽车充电桩建设被纳入中央政府确定的“新基建”七大领域之一。不同于此前“跑马圈地”抢占地盘的非理性阶段，在“新基建”的引领下，充电桩行业呈现出更加有序和规范的发展态势。

然而，充电基础设施仍然存在布局不够完善、结构不够合理、服务不够均衡、运营不够规范等问题，亟需得到解决。新能源车主经常遭受找桩难、充电慢、收费贵，投资运营商长期面临高成本、低回报。政府部门不仅需要兼顾充电桩的建设规模与运营效率，还需确保市场保持公平竞争的环境。具体而言，在建设端有不同功率的设备、不同场景的选址；在运营端有不同类型的用户、不同性质的企业，如何设计合理的补贴结构尤为重要。此外，公用充电桩市场始终面临运营商之间的互通互联问题，甚至出现过价格战、横向合并、平台二选一等涉嫌不正当竞争事件。因此，如何监管企业竞争行为也成为一项紧迫的任务。

有鉴于此，本研究利用上海市公用充电桩市场2021年全年超过2000万条订单数据，研究充电运营商的竞争行为。首先，基于实证产业组织领域的嵌套Logit模型，以描绘电动车主充电需求。其次，基于需求估计结果，我们能够计算出各充电站的需求自价格弹性以及站点间的交叉价格弹性。最后，我们进一步探讨了影响公用充电站市场势力的因素，并计算了由此引发的福利损失。综上所述，本研究不仅系统地展示了公共充电桩市场的竞争现状，还为解决公共充电桩行业问题提供了经济学分析的有力支持，进而有助于构建智能高效的充电基础设施体系。值得强调的是，本研究所采用的以需求为基础的市场势力分析框架，同样适用于其他产品市场。

与本文相关的第一类文献是关于新能源汽车产业研究。目前此类研究集中于新能源汽车市场，具体围绕市场扩张因素与相关政策评估两个方面展开。新能源汽车市场扩张不仅得益

于汽油价格上升 (Beresteanu and Li, 2011)、消费者环保意识提高 (Kahn, 2007), 更离不开各国政府有力的财税政策 (Chandra et al., 2010; Muehlegger and Rapson, 2022; Guo and Xiao, 2022), 中国政府更是推出“绿牌”措施 (李国栋等, 2019; Li et al., 2022)。更进一步, 这些政策背后的经济价值是实务界的关注点, 也是学术界的研究重点。Holland et al. (2016) 评估了美国各地区推行电动汽车的环境外部性, 并提出地域差异化的补贴可以减少无谓的损失。Chen et al. (2021) 评估了中国政府于 2009 年开展的“节能产品惠民工程”, 研究表明该政策虽然拉动了受补车型的销量, 但对高效燃料汽车产生的替代效应大大降低了补贴效益。Hu et al. (2021) 基于动态需求模型验证了中国“退坡式”补贴结构对拉动新能源汽车扩张更有优势。此外, 由于电动汽车市场与充电桩市场之间存在间接网络效应, Springel (2021) 在双边市场的框架下检验出网络外部性对挪威电动汽车市场推广的积极作用, 反事实结果显示桩补单位补贴收益约为车补的 2.16 倍, Beresteanu and Li (2011) 使用美国电动汽车数据以及 Li et al. (2022) 使用中国电动汽车数据都得到类似的结论。由此可见, 虽然现实中的充电桩建设和运营是服务于电动汽车市场增长, 但学术界对此主要将充电桩市场规模纳入了电动汽车需求的研究范畴, 对充电桩市场的细分研究尚未展开。然而, 充电桩市场作为新兴市场, 近年来一直保持着持续增长的趋势, 其市场竞争问题逐渐引起政府部门的关注, 并且运营效率也在电动汽车需求的影响下变得愈发重要。

与本文相关的第二类文献是: 市场势力测度与分析。测算垄断势力和界定垄断行为是反垄断过程中的两个核心 (曲创和刘重阳, 2016), 早期限于数据匮乏和方法欠缺, 实证研究一直未能进行, 而会计方法测度市场势力具有严重缺陷, 因为不仅依赖于直接可观察到的毛利率, 而且需要对公司层面的成本结构强加限制 (边际成本=平均成本)。自 20 世纪 80 年代以后, 随着新实证产业组织理论 (NEIO) 的兴起, 有关市场势力测度的实证文献开始涌现, 具体可归为生产法与需求法两个方向。生产法的前提假设是厂商遵循成本最小化原则, Hall (1986) 和 Klette (1999) 等学者提出了估计框架, 但研究范围仅限于行业层面。De Loecker et al. (2012) 开创了企业层面的成本加成估计法 (简称 DLW 法), 并得到广泛运用。该方法的主要思路是先通过生产估计得到任意可变投入的产出弹性, 再结合数据中可观测的该要素支出在总收入中的占比, 最终得到微观企业的成本加成率。尽管这种估算方法对数据要求较为简单, 仅需利用上市公司的财务数据即可满足 (De Loecker et al., 2020; 邓忠奇等, 2022), 但是生产函数的内生性问题很容易引起估计偏误 (尹恒和张子尧, 2019)。需求法是从消费者效用最大化出发, 结合厂商利润最大化假设, 通过最优定价的一阶条件即可反推出产品的边际成本, 从而进行市场势力评估及福利损失测算。在过去二十多年, 需求法在 Bresnahan (1989) 以及 Berry et al. (1995) 的引领下日益成熟。但是, 这种方法高度依赖于详细的消费需求数据 (包括价格、数量、产品特征等) 和特定的价格竞争模型, 因此仅适用于特定产品市场, 如麦片市场 (Nevo, 2001)、电影市场 (Davis, 2006)、航空市场 (Berry and Jia, 2010)、啤酒市场 (Miller and Weinberg, 2017) 等, 这也限制了其在宏观经济问题中的适用性。

本文的边际贡献主要体现在三个方面。其一，目前有关新能源汽车产业的学术研究主要集中于新能源汽车市场推广措施及相关政策评估，少许文献虽然也验证了充电基础设施建设规模对于新能源汽车推广的积极影响，但是尚未对充电桩市场进行深入研究。本研究填补了关于充电桩市场的研究空白。其二，随着新产业组织实证方法的日益完善，需求法估计更有优势但受限于数据要求，生产法测度市场势力受到广泛运用（陈甬军和周末，2009；周末和王璐，2012；黄枫和吴纯杰，2013；曲创和刘重阳，2016）。本研究借助高质量的微观数据，通过测算充电站的需求价格弹性，揭示了公用充电桩市场势力，这极大地丰富了需求法的应用领域。其三，本研究具有非常重要的理论价值和现实意义。需求估计是研究市场竞争问题的先决条件，本研究构建的充电需求模型为后续相关研究奠定基础，研究结论为充电桩行业发展提供了政策启示。此外，随着第三方聚合平台陆续参与市场竞争，公用充电桩市场或许会成为平台垄断竞争的新战场，因此本研究也为反垄断执法提供了重要的依据。

本文剩余章节内容安排如下：第二章介绍中国充电桩市场概况；第三章阐述实证策略，并描述数据结构；第四章汇报估计结果，并分析需求价格弹性；第五章分析公用充电桩市场势力的影响因素，同时对福利损失进行测算。最后，我们将进行结论阐述并提供政策启示。

二、中国充电桩市场概况

（一）发展脉络

电动汽车充电问题被认为是电动汽车推广的“最后一公里”，完善充电基础设施建设运营有助于缓解电动车主的里程焦虑。随着电动汽车市场不断增长，充电基础设施建设的关注度和支持度也在不断提升，已成为政策支持的重点领域。在电动汽车市场推广初期，充电站或者换电站只需单点建设。随着电动汽车推广从专用领域向公用领域深入，充电网络建设引起重视。自2014年国家出台《关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知》，首次将新能源汽车购置环节与充电设施补贴挂钩。2015年，国务院办公厅颁布了《关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》，国家发展改革委等四部门联合编制了《电动汽车充电基础设施发展指南（2015-2020年）》，两项文件均明确提出了“适度超前”的建设原则。此后，中央和各地政府纷纷出台政策，鼓励企业在居民区、停车场、公路沿线等区域建设充电桩。尤其是2019年国家政策调整中，国家强调“取消地方购车补贴，转为用于支持充电基础设施建设和配套运营服务”。随后在2020年，新能源汽车充电桩更是被列为七大“新基建”领域之一，首次写入《政府工作报告》，标志着充电桩行业发展的战略地位提升。2022年，《关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见》提出“形成适度超前、布局均衡、智能高效的充电基础设施体系”，为充电桩行业发展再次带来重要利好。而在2023年，充电桩行业开始进入战略调整阶段，针对现存问题提出“构建高质量充电基础设施体系”的指导意见。

在政策激励与市场需求的的双重推动下，我国新能源汽车产业正在迅速蓬勃发展，连续五

年的产销量均位居全球首位。与此同时，充电桩产业也在不断扩容和优化升级。目前，我国已经构建了全球最大规模、服务范围最广泛、类型最丰富的充电基础设施体系。根据中国充电联盟的数据，截至 2022 年底，全国共有充电桩达到 520.96 万台，年均增长率高达 90.34%。同时，结合公安部交通管理局的统计数据，我们可以计算出车桩比。如图 1 所示，自 2015 年以来，无论是新能源汽车的保有量还是充电桩的保有量都呈现出显著增长，然而车桩比却呈逐年下降的趋势。

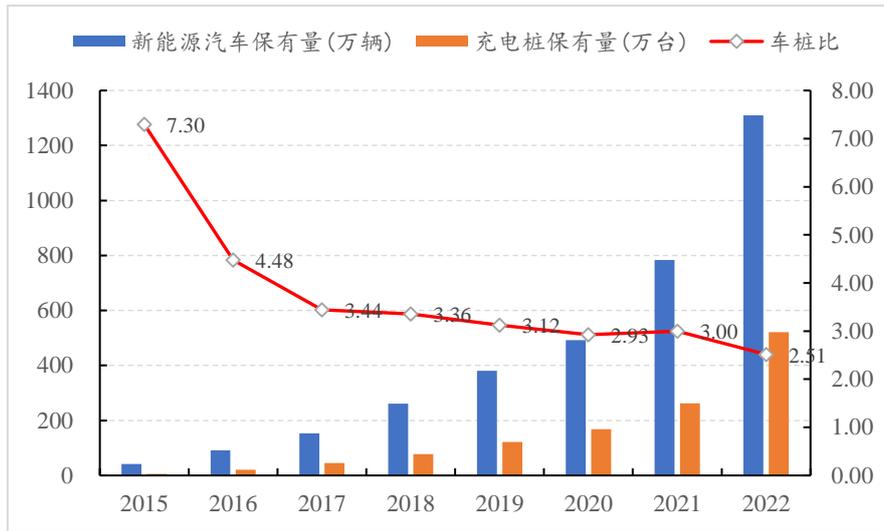


图 1 全国新能源车桩比变化趋势图

（二）现实问题

经过近十年的发展，充电桩行业取得了显著进展，部分缓解了电动汽车充电难的问题。尽管目前充电桩的总数量相当可观，但仍然存在一些明显的短板，主要体现在用户体验不佳和企业盈利困难两方面。家用充电桩和专用充电桩为电动车主提供了日常充电的便利，而公共充电桩则满足了电动车主临时补电的需求。当前，“有车无桩”的情况基本得到了解决，但是充电速度慢、充电费用高等问题逐渐凸显出来。此外，公用充电桩的利用率非常低，《2021 年中国主要城市充电基础设施监测报告》显示，在全国 25 座大型城市中，有 22 座城市公用充电桩的平均利用率仅为 6.7%，与 10%~15%¹的盈亏平衡点相差甚远。具体而言，着眼于建设与运营两个维度，均存在亟需解决的现实问题。

其一，在建设端，僵尸桩、破损桩占比高，充电网络布局结构失衡。十三五期间，在利好的政策支持下，大量社会资本开始涌入充电桩行业。在市场培育阶段，虽然充电设备研发水平较低，但得益于电动汽车的高速增长态势，电动汽车产业补贴开始向充电基础设施建设分流，在“政策+市场”双重驱动下形成了大规模的慢充桩。慢充桩在专用领域的服务对象较为固定，具有一定的生存空间，而在公用领域不受电动车主青睐，利用率很低，甚至长期处于闲置状态，最终可能演变成成僵尸桩或者破损桩。据中国充电联盟数据显示，交流慢充

¹ http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2020-08/05/nbs.D110000renmrb_18.htm（人民日报）

桩目前占到了充电桩总数的近六成。除此之外，空间布局不合理也会压缩充电网络的可用性。电动汽车市场的爆发带动了整个产业链的迅速发展，其中充电桩被业界视为“万亿级”蓝海市场，前期投资运营商倾向于“跑马圈地”，非理性的选址建站致使后期充电网络布局结构失衡。从全国范围来看，充电桩建设集中于东南沿海地区，集中于省会城市（见附图1），这严重限制了电动车主的跨区域出行，尤其在节假日高速公路排队充电现象相当普遍。同时，在城市内部，充电桩建设集中于城市中心、大型商圈等地（见附图2），这可能造成局部区域内充电供需资源错配，据新能源汽车国家大数据联盟的调研数据显示，有37%的新能源汽车用户需要驾驶超过3公里才能找到合适的充电设施。

其二，在运营端，成熟商业模式尚未形成，充电服务水平有待提升。充电运营服务商主要可分为四类：一是以特来电、星星充电为代表的资产型运营商，二是以小桔充电、云快充为代表的第三方充电服务商，三是特斯拉、蔚来为代表的车企充电运营商，四是以国家电网、南方电网为代表的上游能源供给企业。从保有量格局上看，基于中国充电联盟数据，充电运营商行业马太效应显著，前十名充电运营商控制着市场份额的90%。尽管目前大多数充电运营商都处于亏损状态，财政补贴也在逐渐减少，但市场竞争仍然非常激烈，甚至出现了许多恶性竞争事件。例如，新企业进入或者新站点建成采取打“价格战”的形式来引流，平台型运营商在接入其他运营商时提出“二选一”合同条款，头部运营商也纷纷试图通过兼并重组来扩大市场份额等。国家层面一直大力倡导互联互通，然而这一目标始终难以实现，也是导致充电基础设施的利用效率不高的原因之一。首先，自2016年新国标实施以来，充电设备接口已经实现了标准化，但特斯拉、小鹏等车企的充电桩对其他品牌车辆不开放或者有限开放。其次，各运营商独立运营且存在数据壁垒，尚未实现各类充电设施的互联互通、信息共享与统一结算。最后，由于充电桩是空间差异化产品，主要采取属地管理模式，地方保护主义也相对严重，因此很难形成“全国充电一张网”的目标。

（三）上海案例

作为我国经济发展的前沿城市之一，上海在汽车行业同样处于领先水平，已经成为中国的新能源汽车之都。新能源汽车在上海市场的渗透率达到了惊人的50.08%，远远超过全国平均水平（23.05%）。如果说上海市之所以能够在电动汽车领域迅速崛起，除了其消费能力和路权管制等天然优势外，其在充电基础设施建设和运营方面积累的经验同样值得其他地区借鉴与推广。目前全市已累计推广新能源汽车超过100万辆，共建成各类充电桩总量69.7万根，全市车桩比长期保持在2:1以内，充电桩布局正逐渐趋于完善。

前文提及全国范围内充电桩行业所面临的发展瓶颈同样会在上海市得以体现。“上海充换电设施公共数据采集与监测市级平台”（以下简称“联联充电”）于2016年底建成，成为了上海市政府完善充电基础设施建设运营的重要抓手。联联充电服务于政府主管部门的补贴审核、政策制定等，致力于充电运营商科学选址、合理定价等，并为电动车主提供更专业、便捷、高效的服务。根据联联充电公布的数据，图2显示2018-2022年上海市充电总量与运

营商数量均呈现爆发式增长。其中，运营商中既包括小桔充电、特来电等全国性企业，也涵盖了玖行能源科技、中恒电气等地方性企业，市场竞争异常激烈。同时，头部运营商聚集现象也十分明显，前6家运营商占据了近80%的市场份额，而前1000个充电站点的市场份额更高达96.2%。充电桩利用率也在稳步提升，虽然目前公用充电桩总体利用率只有6.6%，但直流充电桩利用率已增加至11.68%²。

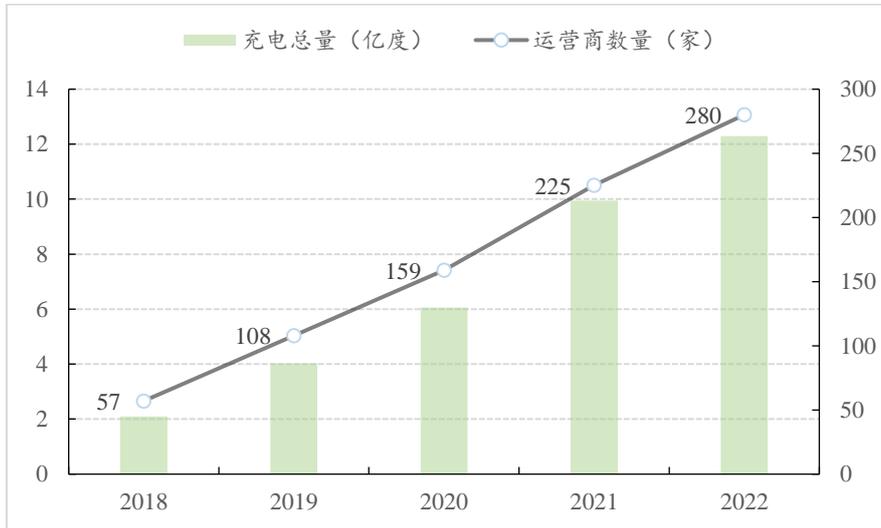


图2 上海市充电桩市场扩张情况

值得强调的是，上海市的众多政策举措都非常及时有效。在充电网络的初期构建阶段，注重同时兼顾建设和运营两个方面。2016年起，上海市便开始对充电设施运营企业发放充电设备补贴和充电运营补贴。在充电桩建成后，运营企业可一次性获得相当于设备购买成本30%的设备补贴。在运营期间，根据不同运营性质，运营企业可以享受相应的度电补贴。随着中期充电网络规模逐渐扩大，上海市开始努力提升运营质量。2020年5月，《上海市促进电动汽车充(换)电设施互联互通有序发展暂行办法》颁布，率先取消建设补贴(示范站除外)，同时也加大对充电桩运营考核及补贴力度。财政补贴逐渐逐渐从建设端转向运营端，这对充电场站的运营能力提出了高要求。在星级站点、差异化奖励政策驱动下，充电运营企业服务质量明显改善。目前，上海市正稳步扩大充电网络规模，努力提升充电运营能力和服务质量。上海市建立“僵尸桩”清查治理制度，并将“僵尸桩”数量纳入充电企业运营补贴评价体系。2022年9月，《上海市鼓励电动汽车充换电设施发展扶持办法》明确支持充电设施“从慢到快”的示范性改造，自2023年1月1日以来联联充电已完成连续第三季度的充电桩强制检定工作。

三、实证策略和数据描述

本文需要回答的问题是：公用充电桩行业中企业市场势力的大小、影响因素以及福利损

² 上海充换电设施公共数据采集与监测市级平台数据统计6月月报

失。为此，本文采用实证产业组织中嵌套 Logit 模型来刻画电动汽车车主充电需求行为，基于需求估计结果，再展开拓展分析。

在实证产业组织领域，需求模型被视为研究消费者行为与市场结构之间关系的重要工具。这些模型主要分为两类：第一类基于产品空间，假设产品价格与需求之间存在某种稳定的关联。例如，在双对数模型中，通常会对价格和数量取对数，以进行线性回归分析。然而，这类模型的主要弊端在于常弹性的假设和“参数诅咒”问题。尽管后来的 AIDS 模型可以考虑多种产品之间的相互替代和互补关系，但仍然难以摆脱参数过多的问题。第二类模型则基于特征空间，考虑了消费者面对多种选择时的决策过程。通过将产品映射到特征空间，这些模型成功地解决了“参数诅咒”问题。McFadden(1974)等人提出的离散选择模型(Discrete Choice Model)就具有最为广泛的应用，包括 Logit 模型、嵌套 Logit 模型、BLP 模型等。

在离散需求模型的假设框架下，Logit 模型的弊端在于新产品的进入永远带来消费者效用的增长，同时任意两个产品之间的市场份额比只与这两个市场有关而独立于其他产品(IIA 性质)，这种特征是明显背离现实的。本文采用的是嵌套 Logit 模型，该模型先将产品进行分组，让消费者先选择组，再在组里选择产品，包含了组别差异和组间产品差异。嵌套 Logit 模型既能克服 IIA 问题，又具有简单、有效的优势，在实证产业组织领域受到广泛使用，比如电影业(Einav, 2007)、银行业(Dick, 2008)、汽车业(Deng and Ma, 2010)、航空业(Shen, 2017)等，甚至在国际贸易领域也有所应用(施炳展等, 2013; 董银果和黄俊闻, 2016)。

(一) 充电需求模型

电动汽车车主选择充电桩充电的决策过程如图 1 所示。假设嵌套 Logit 模型存在三个层次的选择：第一层是选择站点类型，电动汽车充电桩按照服务对象可分为公用充电桩、专用充电桩和自用充电桩，本文将专用充电桩和自用充电桩视为外部选项(outside option)，即电动车主需要在外部选项($G=0$)与公用充电桩($G=1$)之间做选择。第二层是选择设备功率，公用充电桩按照充电速率可进一步分为直流快充和交流慢充。第三层是电动车主在其偏好的站点类型中选择具体站点完成充电行为。因此，若公用充电桩市场中总共有 J 个充电站，加上外部选项之后，那么电动车主的选择集合总共包含 $J+1$ 个元素。

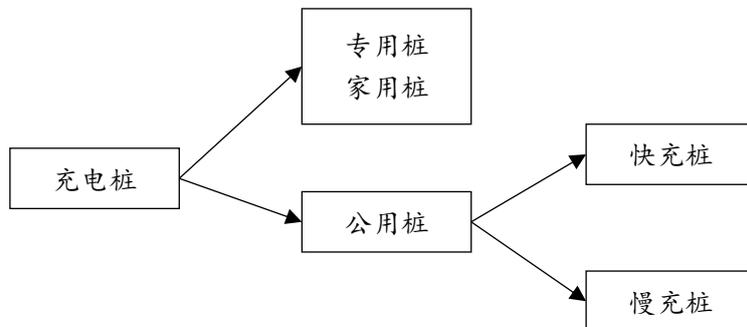


图 3 电动汽车代表性用户充电的决策过程

嵌套 Logit 模型中， i 表示电动车主， j 表示充电站。区别于简单 Logit 模型，每个充电站 j 归属于具体的分组 M_g ，其中 $j=0$ 表示外部选择集中的唯一元素。电动车主 i 选择在充电站 j ($j \in M_g$) 的充电效用为：

$$u_{ij} = \alpha p_j + X_j \beta + \xi_j + \zeta_{ig}(\sigma) + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij} \quad (1)$$

其中， p_j 是充电站的充电价格，包括电费和服务费两部分。 X_j 和 ξ_j 分别表示充电站能被研究者观察到的产品特征和不能被研究者观察到的产品特征。具体而言，可观测特征 (x_j) 包括充电设备的接口数量、充电设备的平均功率、快充桩口占接口总数的比例、是否停车收费、是否安装地锁或者道闸以及运营服务质量，具体的变量定义见表 1 的详细说明。不可观测特征 (ξ_j) 包括充电站的市场口碑（僵尸率、跳枪率、起火等）、运营能力（潜在的长期充电合约折扣等）等。

表 1 变量定义

变量符号	变量名称	变量定义	预期符号
<i>price</i>	充电价格	度电费用，充电订单金额（包含电费、服务费以及停车费）与充电量的比值	+
<i>ChargerNumber</i>	接口数量	站点所有设备的总接口数量	+
<i>ChargerPower</i>	设备功率	站点所有设备充电功率总和与接口数量的比值	+
<i>DC</i>	快充占比	直流快充接口数量与总接口数量的比值	+
<i>Park</i>	停车收费	虚拟变量，如果在站点充电需要额外支付停车费取值为 1，否则为 0	-
<i>Limit</i>	安装地锁或者道闸	虚拟变量，如果已安装地锁或者道闸取值为 1，否则为 0	+
<i>Service</i>	运营服务评分	分类变量，取五个虚拟变量（卫生间、便利店、餐厅、休息室、雨棚）的加总值	+

效用方程中由充电价格负效用、可观测特征以及不可观测特征带来的效用可归为电动车主可获得的平均效用，表示为 $\delta_j = \alpha p_j + X_j \beta + \xi_j$ ，充电效用函数可改写为：

$$u_{ij} = \delta_j + \zeta_{ig}(\sigma) + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij} \quad (2)$$

总效用中除了平均效用之外， $\zeta_{ig} + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij}$ 是随机效用。其中， ζ_{ig} 表示组间异质性，反映电动车主 i 对组 M_g 中所有充电站都一样但对不同组充电站不一样的效用， ζ_{ig} 的分布函数依赖于 σ 。 ε_{ij} 表示组内异质性，反映电动车主 i 对不同充电站 j 的效用。假定 ε_{ij} 均值为 0 且服从相同且独立的极值分布， ζ_{ig} 服从特殊分布使得 $\zeta_{ig} + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij}$ 也服从极值分布 (Cardell, 1997)。 σ 是嵌套 Logit 模型中特有的待估参数，是组内产品效用相关度的重要表征，当 $\sigma \rightarrow 1$ 时表明同一组内不同产品的效用趋近于完全正相关，反之当 $\sigma \rightarrow 0$ 时表明同一组内不同产品的效用趋近于不相关。

根据 Berry (1994) 的推导过程（见附录公式推导 1），可得：

$$\ln s_j - \ln s_0 = \alpha p_j + X_j \beta + \sigma \ln s_{j|g} + \xi_j \quad (3)$$

其中， s_j 为充电站 j 的市场份额， s_0 为外部产品的市场份额， $s_{j|g}$ 为充电站 j 的组内市场

份额。充电站不可观测特征 X_j 作为控制变量，充电站不可观测特征 ξ_j 作为随机扰动项。 α 是本研究最为关注的参数，也是计算需求弹性的重要变量。

在式（3）的基础上，加入相关市场的标识 t 得到实证估计模型。关于相关市场的界定，由于本研究聚焦于上海市公用充电桩市场，只在时间维度上划分相关市场。此外，加入时间固定效应以控制同一相关市场的共同趋势，加入街道固定效应以控制城市不同区域的人流量、车流量等。最终得到如下线性回归方程：

$$\ln(s_{jt}) - \ln(s_{0t}) = \alpha p_{jt} + X_{jt}\beta + \sigma \ln(s_{jlg,t}) + f_m + f_s + \xi_{jt} \quad (4)$$

（二）内生性讨论

在回归方程（4）中，涉及充电价格（ p_{jt} ）和组内市场份额（ $s_{jlg,t}$ ）两个内生变量，均与不可观测特征（ ξ_{jt} ）相关。虽然充电站的横向差异化特征在很大程度上能够由 X_{jt} 加以控制，但纵向差异化特征却难以控制。比如，研究者无法观察的充电站的质量和口碑等因素。当充电站的质量和声誉较佳时，其充电价格可能会相应增加，进而可能导致该站点在其所在组内获得更大的市场份额。由此可见，若直接采用普通最小二乘法（OLS）回归将会高估参数 α 和 σ 的值。其中，需求价格半弹性系数 α 的预期为负，这意味着忽略内生性问题会低估电动车主的价格敏感度；同时，组内市场份额系数预期为正，即忽略内生性问题会高估组内相关性。

针对以上模型中存在的遗漏变量问题进而导致的估计偏误，我们通过寻找工具变量（IV）的方式来剔除内生性影响。理论上，一个较好的解决价格内生性问题的IV是使用成本相关的变量，这些变量不仅直接影响成本，而且与需求无关。然而，在现实中，我们很少能够获得产品层面的成本数据。有鉴于此，本文借鉴Berry等（1995）在异质性产品需求模型中提出的方法，即利用可观测产品特征来构造IV。这种方法主要包括以下两种方式：①同一企业生产的其他产品特征的和；②其他企业生产的同一产品特征的和。这种IV构建方法的合理性在于，产品价格与市场上其他产品的特征相关，并且不可观察到的产品特征均值独立于可观测的产品特征。

具体而言，我们选取了接口数量、设备功率、快充占比、停车收费、安装地锁或者道闸，以及运营服务评分六个产品特征，第一组工具变量采用同一运营商建设其他站点的特征之和，第二组工具变量采用其他运营商所建设的全部场站的特征之和³。这些变量能够反映充电站运营成本，同时又不直接与当前充电站的市场份额相关。此外，参照Einav（2007）的构建思路，组内充电设备总数越多意味着更激烈的组内竞争，从而影响组内市场份额（ $s_{jlg,t}$ ）。因此，我们可采用采用组内充电设备总数作为组内市场份额（ $s_{jlg,t}$ ）的工具变量。

（三）数据描述

本研究主要依托“上海充换电设施公共数据采集与监测市级平台”所提供的上海市公用

³ 基准回归中采用第一组工具变量，稳健性检验采用第二组工具变量。

充电桩市场的动态数据和静态数据。动态数据是 2021 年全年日度充电订单信息，包括充电量、充电时长、充电价格等多个指标，合计有 21114895 条订单。静态数据是截止于 2021 年 12 月 31 日所有已建立充电站，包括站点、设备、接口层面的参数信息。根据研究需要，我们在充电站层面将动态数据按照周数进行汇总处理，并匹配上静态特征指标，比如充电站的设备数量、平均功率等。由于价格数据是各家运营商自愿上报，部分价格缺失的订单我们通过爬取充电 APP 上的数据进行补充。最终，我们汇总了 52 个相关市场中的 2558 个充电站，合计得到了 97663 个样本数据，该研究样本的样本量较大、代表性较强。此外，我们还手工整理了站点的街道信息、运营商信息等。

需要说明的是，有关市场规模的计算思路如下：根据上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心（EVDATA）公开的乘用车出行特征数据计算出“乘用车月行驶距离”，我们手工收集了 EVDATA 月报中包含“乘用车月底接入数”，再结合行业新闻中的百公里平均能耗参数⁴，可计算每辆车日充电需求=月行驶距离×百公里平均能耗÷乘用车接入数÷30。进而可计算每周充电市场规模=日均每辆车充电需求×乘用车接入数×7。

对上述所有连续变量进行 1%水平的双侧缩尾处理，主要变量的描述性统计如表 2 所示。其中，累计充电量（*elect*）的均值为 3878 kW·h，但方差却高达 8773 kW·h，这表明不同充电站的充电量存在相当大的离散差异。另外，平均充电价格是 1.45 元/kW·h，最小价格 0.44 元/kW·h，最大充电价格 2.38 元/kW·h，这显示各充电站的定价水平也有较大差异，这可能与站点属性、运营质量、地理位置等因素有关。此外，我们也发现快充站数量略低于慢充站，67%的充电站需要额外收取停车费用，仅有 8%的充电站安装的地锁或者道闸，充电站运营能力整体处于较低水平。

表 2 主要变量的描述性统计

Variable	观测值	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
<i>elect</i>	97663	3878	399	8773	8	50453
<i>price</i>	97663	1.45	1.40	0.44	0.44	2.38
<i>lnsj</i>	97663	-10.59	-10.82	2.14	-14.78	-6.05
<i>lnsjlg</i>	97663	-8.06	-7.86	1.77	-12.29	-4.76
<i>ChargerPower</i>	97663	47.21	33.08	47.11	3.50	150.00
<i>ChargerNumber</i>	97663	16.44	10.00	19.36	1.00	111.00
<i>DC</i>	97663	0.48	0.40	0.45	0.00	1.00
<i>Park</i>	97663	0.67	1.00	0.47	0.00	1.00
<i>Limit</i>	97663	0.08	0.00	0.27	0.00	1.00
<i>Service</i>	97663	1.56	1.00	1.67	0.00	5.00

⁴ 根据乘用车市场信息联席会的数据，2021 年热销的紧凑型纯电动车百公里电耗基本为 12~15 千瓦时，不少中型及中大型纯电动车百公里电耗超过了 17 千瓦时。

四、充电需求价格弹性测度

(一) 模型估计结果

嵌套 Logit 模型的估计结果见表 3 所示。在第 (1) 列中, 我们仅考虑了价格、组内市场份额以及可观测特征变量, 结果显示价格的估计系数显著为负, 与需求定律相吻合, 组内市场份额的估计系数显著为正, 与模型设定相一致。在第 (2) 列中, 我们在第 (1) 列的基础上引入了时间固定效应和街道固定效应, 以克服部分遗漏变量的问题, 此时估计系数略有变化。第 (3) 列展示了采用工具变量后第二阶段的估计结果⁵。与第 (2) 列相比, 价格的系数负的更多, 组内市场份额的系数正的更少, 这与前文关于内生性讨论的结论相符。具体来说, 经过内生性处理后, 组内市场份额的系数为 0.33, 这意味着同类型站点之间的关联性更加显著, 从而支持以充电速率作为分组依据的合理性。此外, 可决系数均在 0.8 以上, 即模型的拟合优度较好。各控制变量的估计系数也基本符合预期, 设备平均功率、设备接口数量、快充占比以及服务评分均显著为正, 停车收费显著为负, 只有是否安装地锁或者道闸不显著。

表 3 需求估计结果

变量	(1)	(2)	(3)
	OLS $lns_j - lns_0$	FE $lns_j - lns_0$	IV1 $lns_j - lns_0$
<i>price</i>	-0.29*** (-50.79)	-0.31*** (-51.03)	-1.13*** (-50.80)
<i>lns_{j g}</i>	0.78*** (391.90)	0.79*** (392.36)	0.33*** (40.80)
<i>ChargerPower</i>	0.01*** (59.40)	0.01*** (54.45)	0.01*** (65.62)
<i>ChargerNumber</i>	0.01*** (43.38)	0.01*** (41.80)	0.02*** (60.06)
<i>DC</i>	2.45*** (203.41)	2.45*** (192.31)	1.21*** (46.56)
<i>park</i>	-0.22*** (-28.61)	-0.22*** (-27.69)	-0.52*** (-35.54)
<i>limit</i>	-0.08*** (-9.64)	-0.10*** (-12.80)	-0.01 (-0.46)
<i>service</i>	0.00 (0.43)	0.00** (2.57)	0.08*** (31.09)
时间固定效应	NO	YES	YES
街道固定效应	NO	YES	YES
R ²	0.896	0.909	0.820
N	97663	97663	97663

⁵ 其中第一阶段的回归结果见附表 1, 工具变量的回归系数显著性较高, 表明工作变量与内生变量的相关性很强。

注：*、**、*** 分别表示双尾检验中的 10%、5%、1%的显著水平，括号中为标准误。下表同。

（二）稳健性检验

为了确保上述估计结果的可靠性，我们从多个维度展开了稳健性分析，回归结果详见表 4。其一，由于在数据清洗过程中对部分价格缺失的订单采用本站点历史均价进行补充，此处我们删除这部分样本后重新回归，在列（1）中得到的估计结果与基准回归保持一致；其二，上海市公用充电桩市场拥有 100 多家运营商，实则充电量呈现长尾效应，因此我们截取 TOP10 运营商站点，列（2）的回归结果显示价格系数变化甚微，组内市场份额系数减小，这说明头部运营商站点的组内相关性不高；其三，采用第二组工具变量进行 2SLS 回归，列（3）的估计结果几乎没有发生变化；其四，基准回归中我们是按照将订单数据汇总到周，若以月为单位划分相关市场，列（4）的回归结果仍然表现出了稳健性。基于这些分析，我们得知基准回归结果具有非常强的稳定性和可靠性。因此，接下来的讨论将基于表 3 列（3）的估计结果展开弹性计算和市场势力分析。

表 4 稳健性结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	价格缺失 $lns_j - lns_0$	TOP10 $lns_j - lns_0$	IV2 $lns_j - lns_0$	月度数据 $lns_j - lns_0$
<i>price</i>	-1.23*** (-50.80)	-1.10*** (-42.23)	-1.17*** (-51.05)	-1.10*** (-25.17)
<i>lns_{j g}</i>	0.32*** (37.42)	0.18*** (18.83)	0.33*** (41.15)	0.37*** (21.70)
<i>ChargerPower</i>	0.01*** (62.33)	0.02*** (66.90)	0.01*** (65.02)	0.01*** (28.99)
<i>ChargerNumber</i>	0.02*** (59.81)	0.02*** (59.17)	0.02*** (58.96)	0.02*** (28.49)
<i>DC</i>	1.21*** (43.64)	0.61*** (19.15)	1.22*** (46.69)	1.36*** (25.51)
<i>park</i>	-0.55*** (-34.64)	-0.65*** (-36.94)	-0.51*** (-34.04)	-0.51*** (-16.69)
<i>limit</i>	-0.04*** (-2.76)	0.25*** (13.52)	-0.01 (-1.02)	-0.05* (-1.76)
<i>service</i>	0.08*** (30.19)	0.13*** (36.52)	0.08*** (30.35)	0.08*** (14.75)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
街道固定效应	YES	YES	YES	YES
R ²	0.818	0.773	0.821	0.819
N	92662	73324	97663	24005

（三）弹性计算及分析

需求价格弹性是指市场商品需求量对于价格变动做出反应的敏感程度，根据价格变动主

体可细分为两种：其一，自价格弹性（Own-price Elasticity）是 j 产品价格变动对 j 产品需求的影响；其二，交叉价格弹性（Cross-price Elasticity）是 k 产品价格变动对 j 产品需求的影响。需求弹性理论具备极其重要的意义，不仅有助于提升厂商策略的科学性，还能降低政府决策的盲目性。

1. 弹性计算

前文需求估计后得到价格系数（ α ）及组间相关性（ δ ），可用以计算各站点需求的自价格弹性以及站点间的交叉价格弹性。在回归模型（4）的基础上，根据需求价格弹性的定义，经过推导可以得出以下弹性计算公式：

$$\frac{\partial q_j}{\partial p_k} \cdot \frac{p_k}{q_j} = \frac{\partial s_j}{\partial p_k} \cdot \frac{p_k}{s_j} = \begin{cases} -\alpha p_j \left(\frac{\sigma}{1-\sigma} s_{j|g} + s_j - \frac{1}{1-\sigma} \right), & \text{if } j = k \\ -\alpha p_k \left(\frac{\sigma}{1-\sigma} s_{k|g} + s_k \right), & \text{if } j \neq k \text{ and } j, k \in M_g \\ -\alpha p_k s_k, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

其中，公式（5）中第一个是自价格弹性（ ϵ_{jj} ），反映的是当充电站 j 涨价 1% 所带来的充电站 j 充电量变化的百分比，根据表达式可知自身价格弹性的绝对值与充电站的市场份额成正相关。第二个是同组产品之间的交叉价格弹性（ ϵ_{jk} ），反映的是同一组别内当充电站 k 涨价 1% 所带来的充电站 j 充电量变化的百分比，同时随着充电站 k 的市场份额以及组间相关性增大而增大。第三个是不同组产品之间的交叉价格弹性（ ϵ_{jk} ），此时仅与充电站 k 的市场份额正相关。此外，无论是自价格弹性还是交叉价格弹性均与系数 α 密切相关，当系数 α 增大时弹性的绝对值也会随之增大。

2. 弹性分析

首先，根据公式（5）计算得到 52 个相关市场中各个站点的自价格弹性以及站点间的交叉价格弹性。为了便于对比，此处对某站点与其他所有站点的交叉价格弹性进行累加⁶。表 5 提供了关于弹性值的描述性统计，自价格弹性的均值为 -2.4297，这表明电动汽车充电需求富有弹性，最大值不足 1、最小值接近 4，也反映出各站点弹性差异较大。交叉价格弹性均值为 1.126，方差为 0.144，说明其差异较为有限。此外，我们采用站点充电量市场份额作为权重，计算了各相关市场加权平均弹性。结果显示，自价格弹性的绝对值更小，即公用充电桩市场的涨价能力更大，交叉价格弹性也变小，即充电站之间替代性有所下降。

表 5 弹性值的描述性统计

计算方法	弹性	观测值	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
算术平均	ϵ_{jj}	97663	-2.429	-2.348	0.736	-3.971	-0.741
	ϵ_{jk}	97663	1.126	1.110	0.144	0.840	1.375
加权平均	ϵ_{jj}	52	-1.908	-1.919	0.035	-1.967	-1.837
	ϵ_{jk}	52	1.017	1.020	0.088	0.849	1.209

⁶ 可理解为假定 A 站点之外的所有站点均涨价 1% 后，对 A 站点充电量的增加值进行累计。

⁷ 按照勒纳公式 $\frac{p-mc}{p} = -\frac{1}{\epsilon}$ ，我们可以计算出平均加价（ $p-mc$ ）与零售价格（ p ）的比率为 0.412。这一比率明显高于 BLP（1995）文章中对美国燃油汽车市场测得的 0.239。

其次，沿用前文电动车主充电选择行为的分组方式，我们对弹性值按照站点类型进行加权平均，见表 6。快充站的自价格弹性 (-1.88) 要大于慢充站的自价格弹性 (-2.52)，表明快充站的涨价能力要优于慢充站。根据交叉价格弹性的分解，快充站的交叉价格弹性几乎全来自于同组的快充站 (0.99)，这与嵌套 Logit 模型中 σ 的估计结果相一致。若在运营商层面取站点自价格弹性的均值 (见附表 2)，主营快充电站的运营商的自价格弹性更大。而慢充站的交叉价格弹性虽说多半来源于同组的慢充站，也有近 36% 的比例来源于跨组的快充站，表明慢充在一定程度上可以替代快充，但是快充对慢充的替代性几乎为 0。

表 6 弹性值的分组描述

站点类型	观测值	自价格弹性	交叉价格弹性	快充站	慢充站
快充站	53679	-1.88	1.01	0.99	0.02
慢充站	43984	-2.52	1.26	0.45	0.81

最后，基于市场加权平均弹性，绘制 2021 年 52 周上海市公用充电桩市场的弹性变化如图 4 所示。需要注意的是，站点进入退出现象比较频繁，其中某运营商在第 40 周关停 151 个站点。总体来看，站点总数呈现不断增加的趋势，可见市场竞争越发充分。然而，通过加权平均自价格弹性的拟合线斜率分析，我们发现自价格弹性不断增大，这意味着涨价能力逐渐增强，也暗示着市场中可能存在着更强的涨价动机。令人惊讶的是，尽管市场中竞争主体数量众多，但事实上运营商的市场势力反而更加强大，可能是运营商的不正当竞争行为所导致，此现象值得反垄断机构引起重视。

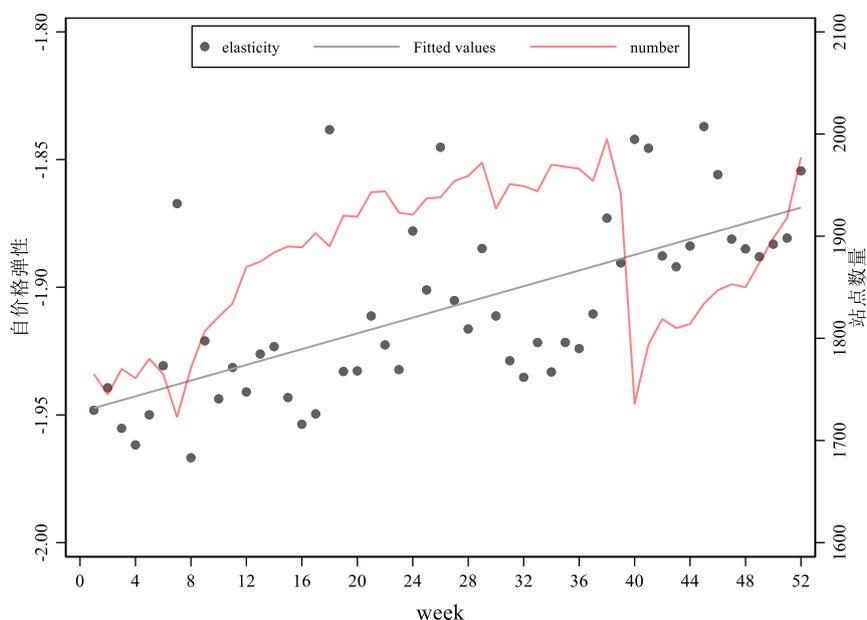


图 4 自价格弹性动态变化

五、公用充电桩市场势力分析

市场势力，指的是市场中各参与者对市场价格和供需关系产生影响的能力，是产业组织研究的核心议题。最早由 Lerner（1934）将垄断势力定义为垄断型企业能够将价格提高至边际成本之上的能力，然而实证研究中获取边际成本数据相对较为困难。当价格弹性较高时，这意味着消费者对价格变动更为敏感，消费者需求对价格上涨会做出更为显著的反应，从而导致购买量大幅下降。在这种情况下，企业提价的能力受到限制，因为他们可能会面临消费者减少购买或转向竞争对手产品的风险。因此，价格弹性成为评估企业提价能力的重要指标之一。若价格弹性较高，则企业的提价能力相对较低；反之，如果价格弹性较低，则企业的提价能力相对较高。本章将对影响价格弹性的因素进行详细分析，并评估当前公用充电桩市场中不完全竞争所造成的福利损失。

（一）影响因素分析

前文的弹性分析表明，公用充电桩市场展现出高度的弹性，并且市场中各点的自价格弹性差异较大。在这样的市场背景下，深入探讨各充电站点是否能够通过提价来获得更大收益，不仅仅涉及商业策略，更牵涉到政府如何确保市场竞争的公平性。因此，本文将从站点建设、运营属性以及地理位置等三个关键视角出发，分析不同因素对于各站点涨价能力的影响，分析结果将有助于政府制定合适的政策，以促进市场的公平竞争和可持续发展。

（1）站点建设角度。之前的实证模型将站点分为快充和慢充，并发现快充站的自价格弹性要大于慢充桩。此外，站点的充电接口数量越多，不仅可以降低站点充电高峰期的拥堵，也可产生规模效应。因此，在站点建设方面，我们选取了两个关键指标，即充电接口数量（CN）和设备功率（CP）。

（2）运营属性角度。当前，公用充电桩市场尚未出现大规模的市场整合，既有现有运营商新建站点，也有新进入的运营商加入竞争。以上海市为例，该市的充电桩市场涵盖了全国知名的运营商以及地方性专属运营商。为了考察运营属性的影响，我们引入了两个变量：一是年度充电总量是否超过 1000 万 kW·h 的虚拟变量（TOP6），二是出租车订单量占总订单量的比例的连续变量（Taxi）。

（3）位置特征角度。与传统燃油汽车需要在途中寻找加油站不同，电动汽车用户更多地在行程的起点或终点进行充电。不论是商用车辆还是私人车辆，核心商业区和大型办公区在白天呈现出较高的充电需求，而居住区则在夜晚充电需求相对较高。为了量化站点位置特征，我们采用了街道常住人口密度（PD）和通勤车辆密度（VD）来衡量相应街道的人流和车流情况。

为了验证上述影响因素的假设，进一步明确各因素对站点市场势力的影响程度和显著性，本文采用了多元回归计量模型进行分析。具体的模型设定如下：

$$\ln Y_{jt} = \alpha + \beta_1 CN_{jt} + \beta_2 CP_{jt} + \beta_3 TOP6_{jt} + \beta_4 Taxi_{jt} + \beta_5 PD_{jt} + \beta_6 VD_{jt} + \mu_{jt} \quad (6)$$

其中，被解释变量是市场势力指标，采用前文已测算的自价格弹性绝对值的倒数来度量（即勒纳指数的定义），其数值越大表示市场势力越强。解释变量包括接口数量（CN）等六个指标，连续变量均作了对数处理。 μ_{jt} 是残差项，并在回归分析中引入了时间固定效应，以控制同一相关市场中共同的趋势变化。在建立回归模型时，我们考虑到不同因素之间可能存在相互关联。多重共线性可能会导致模型估计产生偏差。为此采用逐步回归的方式⁸，具体回归结果见表7。

表7 市场势力影响因素回归分析结果

变量	(1) <i>lnY</i>	(2) <i>lnY</i>	(3) <i>lnY</i>
CN	0.172*** (54.81)	0.144*** (46.59)	0.129*** (42.07)
CP	0.329*** (110.92)	0.188*** (43.16)	0.167*** (38.26)
TOP6		0.052*** (20.62)	0.045*** (18.12)
Taxi		0.058*** (68.27)	0.066*** (76.15)
PD			-0.414*** (-28.62)
VD			-0.099*** (-15.15)
Week	YES	YES	YES
F	257	636	668
R ²	0.116	0.148	0.193
N	97663	97663	96337

根据模型估计结果，公用充电桩市场势力的主要影响因素及其显著性和影响程度归纳如下：首先，接口数量（CN）和设备功率（CP）的回归系数均显著为正，这印证了大型快充站在提升市场势力方面具有更强的能力。这印证了大型快充站在提升市场势力方面具有更强的能力。其次，头部运营商（TOP6）的存在和出租车订单占比（Taxi）的增加也与市场势力呈显著正相关。这表明头部运营商在市场中拥有更大的影响力。平均而言，TOP6运营商的市场势力较其他运营商高出4.5%；另一方面，出租车订单占比提高10%时，市场势力仅增加0.66%。最后，车流量和人流量指标的回归系数则呈现显著负相关。特别是人流量对市场势力的影响更为明显。这表明在人流量聚集程度更高的地段，充电站的市场势力较小。这可能的解释是，这些地段的充电需求较大，因此各大运营商会争夺这些重要区域，激烈的市场竞争会限制运营商的涨价能力。

（二）福利损失测度

在产业组织领域，企业拥有市场势力可能会导致社会福利损失，具体包括多方面原因。首先，企业在市场上拥有垄断地位或垄断竞争地位时，它们可以通过操纵供给量和定价来实施定价歧视、限制产量，甚至阻碍新进入者的进入，从而减少市场竞争，限制了消费者的选

⁸ 此外，回归后测算方差膨胀因子（VIF），列（3）的VIF均值为2，即不存在多重共线性问题。

择权，导致价格上涨。其次，市场势力的企业往往在寻求最大化自身利润的同时，可能忽视了消费者利益和社会效益。他们可能通过提高价格或减少产品质量来追求短期利润最大化，而不顾及长远的市场稳定和社会发展。此外，市场势力企业也可能通过垄断定价来限制市场上其他企业的竞争力，进而抑制了创新和技术进步的动力，阻碍了整个产业的发展进程。

因此，目前公用充电桩市场的运营商已经积累了相当可观的市场影响力。然而，如果这些运营商在市场竞争中滥用其市场地位，可能会导致充电价格上升、服务质量下降以及技术创新受阻等一系列问题。这些问题的出现将会削弱市场竞争性和社会的整体福利。反垄断政策和监管的重要性在于，通过维护市场竞争，可以有效地减轻企业市场势力带来的负面影响，保障公平竞争和消费者权益。

有关福利损失的估计，相关文献中的主要是通过生产估计得到价格—边际成本加成率（ $t = \frac{p-mc}{mc}$ ）或者直接使用会计利润率来替代，再结合 Lerner 等式得到需求价格弹性（ $\varepsilon = -\frac{1}{t}$ ），最后在 Harberger 社会成本模型（ $DWL = \frac{1}{2}P_m Q_m t^2 \varepsilon$ ）中测算福利损失。但是，此类方法有明显的不足之处：第一，会计利润率与价格—边际成本加成率并不完全等价，生产估计获取价格—边际成本加成率需要结合较强的假设条件；第二，由于缺乏替代品的交叉价格弹性数据，只能在局部均衡框架下进行福利损失估计，无法兼顾企业“大而不强”和“强而不大”的情况。以上问题都将致使福利损失低估（邓忠奇等，2022）。

需求估计在微观企业福利损失测量方面提供了强有力的框架。本文从需求角度出发，对公用充电站市场的福利损失进行了测量，具体分为以下三个步骤：

第一步，构建需求模型，经估计可计算市场份额关于价格的偏导数矩阵 E_{kj} ；

第二步，构建供给模型，结合需求估计参数，得到价格成本差 PCM；

第三步，根据前两步的指标测算哈伯格三角面积，即垄断带来的福利损失。

1. 供给模型

公用充电站市场中有多家运营商，每家运营商同时运营多个充电站，故运营商的利润最大化是使其所有站点的利润之和最大化。本文沿用 Berry(1994)的方法，假设 F 个运营商进行价格博弈，运营商 f 的利润最大化方程为：

$$\text{Max } \Pi_f = \text{Max } \sum_{j \in F_f} (p_j - mc_j) M s_j(p) - C_f \quad (7)$$

其中，充电站 j 的市场份额 s_j 是运营商 f 价格向量 p 的函数， M 表示市场规模， C_f 是站点 f 建设运营的固定成本。假设存在纯策略伯川德-纳什均衡，并且支持它的价格是严格为正，那么 f 运营商的价格向量 p 应满足一阶条件：

$$s_j(p) + \sum_{r \in F_f} (p_r - mc_r) \frac{\partial s_r(p)}{\partial p_j} = 0 \quad (8)$$

由此得出 J 个充电站有 J 个方程，表明每个站点的价格-成本关系。定义 $J \times J$ 矩阵 E ，其中 $E_{jr} = -\frac{\partial s_r}{\partial p_j}$, $j, r = 1, \dots, J$ ，表示 r 站点市场份额关于 j 站点价格的偏导数。定义 $J \times J$ 站点所有权矩阵 Ω ，若站点 j 和站点 r 同属于一个运营商则 $\Omega_{jr} = 1$ ，否则 $\Omega_{jr} = 0$ 。在矢量表示

法中，一阶条件改写为

$$s(p) - \Omega E(p - mc) = 0 \quad (9)$$

其中 $s(\cdot)$, p , mc 分别表示市场份额向量、价格向量、边际成本向量，均为 $J \times 1$ 。据此可以得到运营商加价方程（10），即我们可以在不观察实际成本的情况下使用需求参数来估计价格成本差（PCM）：

$$p - mc = (\Omega E)^{-1} s(p) \quad (10)$$

此外，若将每个站点视为独立运营，所有权矩阵 Ω 变为单位矩阵，此时每个站点都有一个独立的一阶方程：

$$p_j - mc_j = -\left(\frac{1}{s_j} \frac{\partial s_j}{\partial p_j}\right)^{-1} \quad (11)$$

2. 哈伯格三角

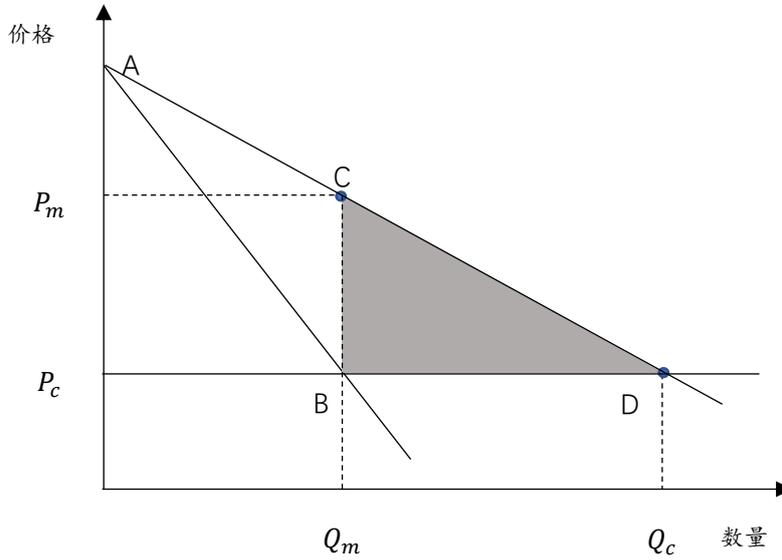


图 5 哈伯格社会成本模型示意图

1954 年，美国经济学家哈伯格开创了衡量垄断损失的社会成本模型（哈伯格三角形），图 5 是均衡示意图。在完全竞争条件下，产品的均衡价格等于边际成本，均衡利润为 0。然而，当市场处于不完全竞争时，具有市场势力的厂商将价格定在边际成本以上以获取垄断利润，但是这也会产生社会福利的净损失。相较于完全竞争情况下，由于垄断势力造成的无谓损失（Dead Weighted Loss，简称 DWL）大小可以用三角形 BCD 的面积来表示。计算这一面积的方法如下：

$$dW = \frac{1}{2} (P_m - P_c)(Q_m - Q_c) = \frac{1}{2} dP dQ = \frac{1}{2} (dP)^2 \frac{Q_m}{P_m} \frac{P_m dQ}{Q_m dP} \quad (12)$$

根据 $dP = PCM$, $\varepsilon = \frac{P_m dQ}{Q_m dP}$ ，最终得到充站点 j 的福利净损失表达式为

$$DWL_j = \frac{1}{2} PCM^2 \frac{q_j}{p_j} \varepsilon_{jj} = \frac{1}{2} \left(\frac{PCM}{p_j}\right)^2 \varepsilon_{jj} \cdot p_j q_j \quad (13)$$

将勒纳公式 $L_j = \frac{PCM}{p_j}$ 以及营业收入 $R_j = p_j q_j$ 代入公式（13）得

$$DWL_j = \frac{1}{2}PCM^2 \frac{q_j}{p_j} \varepsilon_{jj} = \frac{1}{2}L_j^2 \varepsilon_{jj} \cdot R_j \quad (14)$$

根据公式（8）可推导出站点 j 的勒纳公式

$$L_j = \frac{\Delta p}{p} = \frac{1}{-\varepsilon_{jj}} \left[1 + \sum_{r \in F_f} (p_r - mc_r) \cdot \varepsilon_{jr} \cdot \frac{q_r}{q_j p_j} \right], j, r \in F_f \quad (15)$$

由此可知，若将多产品企业视为单产品企业会低估勒纳指数 L_j ，进而低估福利损失 DWL_j 。

3. 估算结果分析

依据上述推导过程，我们能够测算出每个相关市场中各站点的福利损失额。通过公式（14）计算出每个充电桩的福利损失额，然后累加后得到总损失额约为 1.37 亿元，约占整个市场全年的订单额（4.3 亿元）的 31.8%。若用单站点定价方程，估计出的福利损失比例为 26.3%，低估了近 5.5%。与邓忠奇等人（2022）对中国化学药制剂制造业进行的研究相比，他们测算的福利损失占营业收入的 7%，可以看出公用充电桩市场所带来的福利损失更为严重。此外，按照四周的时间长度将样本区间划分为 13 个时间区间，累计各个时间区间的福利损失额，并绘制动态变化图。如图 6 所示，订单总额处于不断增长的趋势，福利损失也处于同步增长的趋势，这显示出公用充电桩市场的扩张不仅带来了商业机会，也引发了更多的福利损失。

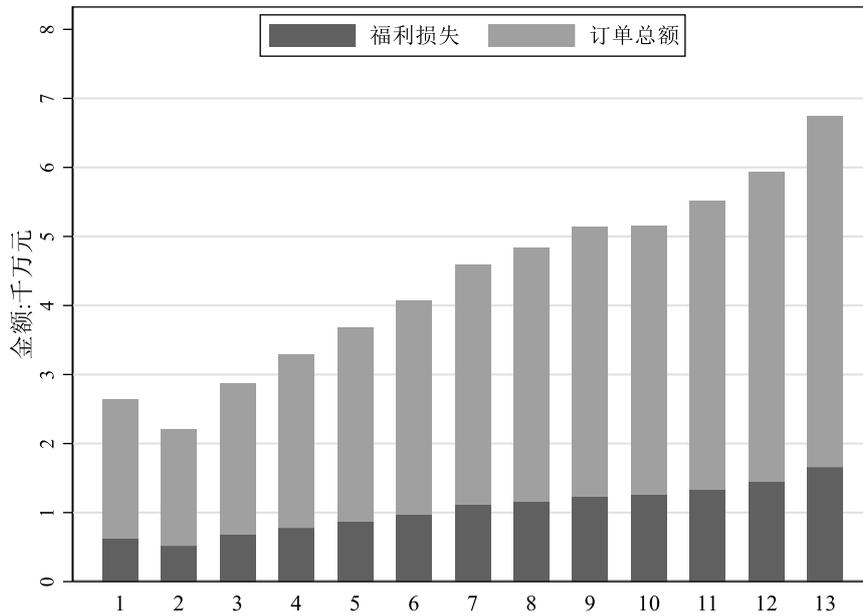


图 6 福利损失动态变化

除了市场总体的福利损失情况，各充电站市场势力大小差异较大，因此每个站点的福利损失也会有明细差异。为此，我们进一步定义福利损失比 ($ratio_j$)，即福利损失与销售收入之间的比值：

$$ratio_j = \frac{DWL_j}{R_j} = \frac{1}{2}L_j^2 \varepsilon_{jj} \quad (16)$$

根据公式(16)测算出每个相关市场中各站点的福利损失比,并据此绘制福利损失比的散点图。如图7所示,福利损失比整体上呈现右偏分布,其中20%~30%的样本占据相当大的比例,同时还有一部分样本的福利损失比超过50%。由此可见,公用充电桩市场竞争不充分较为明显,尤其是市场势力较大的头部运营商。

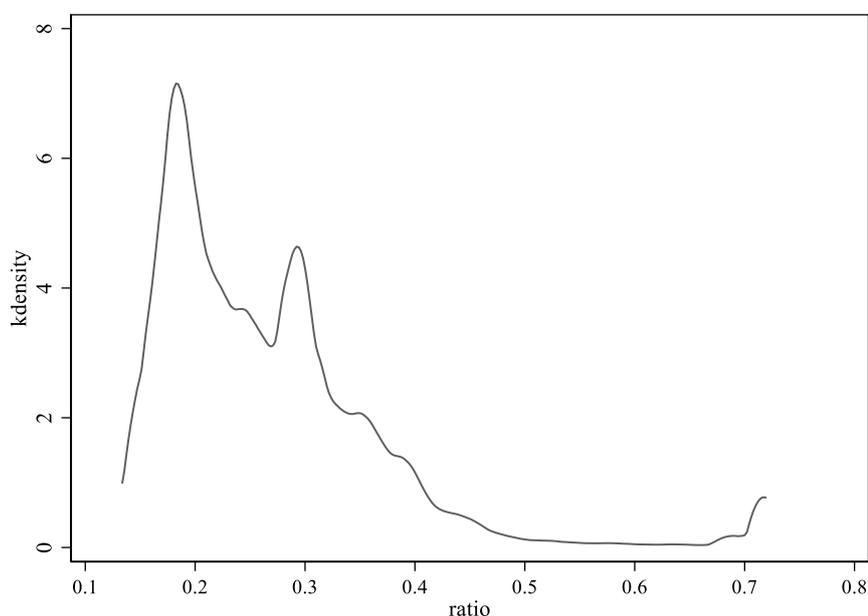


图7 核密度图：福利损失比

六、结论与政策启示

电动汽车的市场推广带动了充电桩行业的不断扩容与优化升级,构建“覆盖广泛、规模适度、结构合理、功能完善”的高质量充电基础设施体系也是电动汽车普及的重要保障。现如今,充电桩规模已基本达标,但其结构有待调整,效能亟需提升。本研究基于详实的充电订单数据,着眼于充电桩行业的微观企业行为,通过构建嵌套Logit需求模型,测度企业市场势力,并展开影响因素分析和福利损失测度。经总结,有以下四点研究结论:(1)需求估计结果显示电动汽车充电需求富有弹性,充电运营商具有较强的市场势力。充电站的平均自价格弹性的均值约为-2.4,其中快充站的自价格弹性要大于慢充站;(2)不同类型充电站之间的替代性主要体现在同一组内,同时组间的替代性呈现不对称性,特别是慢充桩可以对快充桩产生竞争替代;(3)对于公用充电桩市场势力影响因素分析结果显示,大型快充站的市场势力更大,头部运营商的市场地位更明显,营运车辆订单占比大或者建站区域人流量大的站点的涨价能力更强;(4)结合供给模型,测算出福利损失占比处于20%~30%的站点数量较多,2021年上海市公用充电桩市场福利损失的累计值为1.37亿元,相当于充电总费用的31.8%左右。

对此,我们也得到如下政策启示:首先,随着电动汽车的普及,公用充电桩的市场需求

不断增长。这些头部运营商拥有更多资源和先进的技术，使得他们在市场中占据较大份额，但过于集中的市场份额可能会导致某些问题，例如价格操纵、服务质量下降以及限制竞争等。因此，监管部门必须持续关注市场动态，确保公用充电桩市场的公平竞争环境。其次，我们应坚持“快充为主，慢充为辅”的建桩原则，以适应电动汽车市场规模的迅速扩张。为了保障用户充电体验，我们也将对市场中的“僵尸桩”进行大力清理，并积极推进慢充桩的升级工作。通过建立健全桩体管理与维护机制，确保用户能够获得可靠、高效的充电服务。同时，大数据在充电桩站点日常运营中也扮演着至关重要的角色。数据赋能管理，通过综合分析各类数据，如城市交通流量、用户出行习惯以及电动汽车的分布情况，对企业建站选址进行科学指导，对站点日常运营进行有效监督，维护好合理的充电供需结构。最后，可以预见的是，随着国内充电运营商数量的增加，互联互通将成为一种刚需。互联互通解决的不仅是用户身份的一致性问题，还将基于不同平台的用户数据向运营端反馈问题，在各个环节进行优化。运营商应充分发挥各自的优势，共同努力扩大市场规模，从而获得更好的盈利空间和发展空间。

需要指出的是，本文对充电桩行业发展现状进行了详尽的阐述，并初步探究了企业竞争行为。然而，本文仅为充电桩行业的经济学研究提供了一个起始点，其方法也适用于其他产品市场势力的研究。虽然有一些不足之处，但同时也引发了一些值得思考的问题。其一，在构建需求模型时，本文采用了代表性消费者，而若采用异质性消费者，则需要考虑度量交通成本的负效用。同时，也应该考虑充电站的空间信息，因为这可能不仅涉及替代效应，还可能引发需求溢出。这种需求溢出可能不仅仅发生在同一品牌内，还可能在同一区域内不同品牌之间产生。其二，本研究只是证实了公用充电桩行业的市场势力的存在性，加之目前行业中陆续出现很多不正当竞争的现象，建议反垄断部门予以重视。实际上，企业具备一定的市场势力有利于企业提升产品质量和增加创新投入，是否在竞争中滥用市场势力需要反垄断执法机构的审慎考虑。比如说，关于企业兼并重组的过程中不仅会增加市场势力，但也有潜在的成本效率改进、扩大市场规模等潜在好处。在今后的研究中，需要将个体异质性和空间差异化纳入模型，并综合考虑市场势力的利弊，以更全面地理解充电桩行业的市场行为。这样的研究将有助于提供更准确的市场预测和决策支持，对充电桩行业及其他产品市场的发展都具有重要的实践意义。

参考文献

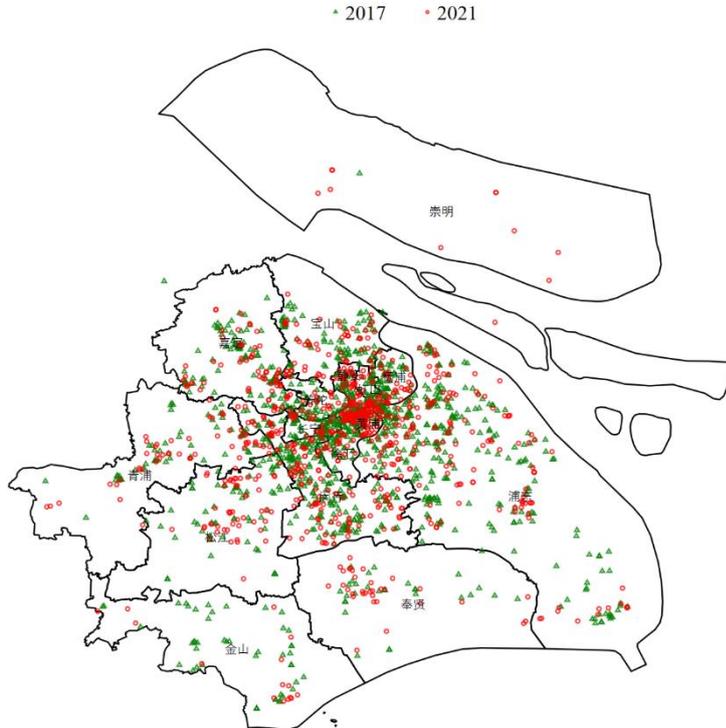
- [1] Beresteanu A, Li S. Gasoline prices, government support, and the demand for hybrid vehicles in the United States[J]. *International Economic Review*, 2011, 52(1): 161-182.
- [2] Kahn M E. Do greens drive Hummers or hybrids? Environmental ideology as a determinant of consumer choice[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2007, 54(2): 129-145.
- [3] Chandra A, Gulati S, Kandlikar M. Green drivers or free riders? An analysis of tax rebates for hybrid vehicles[J]. *Journal of Environmental Economics and management*, 2010, 60(2): 78-93.
- [4] Muehlegger E, Rapson D S. Subsidizing low-and middle-income adoption of electric vehicles: Quasi-experimental evidence from California[J]. *Journal of Public Economics*, 2022, 216: 104752.
- [5] Guo X, Xiao J. Welfare analysis of the subsidies in the Chinese electric vehicle industry[J]. *Journal of Industrial Economics* forthcoming, 2022.
- [6] 李国栋,罗瑞琦,谷永芬.政府推广政策与新能源汽车需求:来自上海的证据[J].*中国工业经济*,2019(04):42-61.
- [7] Li S, Zhu X, Ma Y, et al. The role of government in the market for electric vehicles: Evidence from China[J]. *Journal of Policy Analysis and Management*, 2022, 41(2): 450-485.
- [8] Holland S P, Mansur E T, Muller N Z, et al. Are there environmental benefits from driving electric vehicles? The importance of local factors[J]. *American Economic Review*, 2016, 106(12): 3700-3729.
- [9] Chen C W, Hu W M, Knittel C R. Subsidizing fuel-efficient cars: Evidence from china's automobile industry[J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2021, 13(4): 152-184.
- [10] Hu Y, Yin H, Zhao L. Subsidy phase-out and consumer demand dynamics: Evidence from the battery electric vehicle market in China[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2021: 1-50.
- [11] Springel K. Network externality and subsidy structure in two-sided markets: Evidence from electric vehicle incentives[J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2021, 13(4): 393-432.
- [12] Li S, Tong L, Xing J, et al. The market for electric vehicles: indirect network effects and policy design[J]. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 2017, 4(1): 89-133.
- [13] 曲创,刘重阳.平台厂商市场势力测度研究——以搜索引擎市场为例[J].*中国工业经济*,2016(02):98-113.
- [14] Hall R E. The relation between price and marginal cost in US industry[J]. *Journal of political Economy*, 1988, 96(5): 921-947.
- [15] Klette T J. Market power, scale economies and productivity: estimates from a panel of establishment data[J]. *The Journal of Industrial Economics*, 1999, 47(4): 451-476.
- [16] Loecker J D, Warzynski F. Markups and firm-level export status[J]. *American economic review*, 2012, 102(6): 2437-2471.
- [17] De Loecker J, Beechnut J, Unger G. The rise of market power and the macroeconomic implications[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2020, 135(2): 561-644.
- [18] 邓忠奇,庞瑞芝,陈甬军.从市场势力到有效市场势力——以中国化学药品制剂制造业为例[J].*管理世界*,2022,38(01):90-108.
- [19] 尹恒,张子尧.需求异质与企业加成率估计[J].*中国工业经济*,2019,No.381(12):60-77.
- [20] Bresnahan T F. Empirical studies of industries with market power[J]. *Handbook of industrial organization*, 1989, 2: 1011-1057.
- [21] Berry S T, Levinsohn J, Pakes A. Automobile Price in Market Equilibrium[J]. *Econometrica*, 1995, 63(4):841-890.
- [22] Nevo A. Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal Industry[J]. *Econometrica*, 2001, 69.
- [23] Davis P. Spatial competition in retail markets: movie theaters[J]. *The RAND Journal of Economics*, 2006, 37(4): 964-982.
- [24] Berry S, Jia P. Tracing the woes: An empirical analysis of the airline industry[J]. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2010, 2(3): 1-43.
- [25] Miller N H, Weinberg M C. Understanding the price effects of the MillerCoors joint venture[J]. *Econometrica*, 2017, 85(6): 1763-1791.
- [26] 陈甬军,周末.市场势力与规模效应的直接测度——运用新产业组织实证方法对中国钢铁产业的研究[J].*中国工业经济*,2009(11):45-55.【钢铁行业;产品差异较小】
- [27] 周末,王璐.产品异质条件下市场势力估计与垄断损失测度——运用新实证产业组织方法对白酒制造业的研究[J].*中国工业经济*,2012(06):120-132.【白酒行业;产品差异较大】
- [28] 黄枫,吴俊杰.市场势力测度与影响因素分析——基于我国化学药品制造业研究[J].*经济学(季刊)*,2013,12(02):511-526.
- [29] 曲创,刘重阳.平台厂商市场势力测度研究——以搜索引擎市场为例[J].*中国工业经济*,2016(02):98-113.【市场份额与市场势力之间具有明显的不对等性;均价比】
- [30] Deaton A, Muellbauer J. An almost ideal demand system[J]. *The American economic review*, 1980, 70(3): 312-326.
- [31] McFadden D. The measurement of urban travel demand[J]. *Journal of public economics*, 1974, 3(4): 303-328
- [32] Berry S T. Estimating discrete-choice models of product differentiation[J]. *The RAND Journal of Economics*, 1994: 242-262.

-
- [33] Einav L. Seasonality in the US motion picture industry[J]. *The Rand journal of economics*, 2007, 38(1): 127-145. 【 $\sigma = 0.524$ 】
- [34] Deng H, Ma A C. Market structure and pricing strategy of China's automobile industry[J]. *The Journal of Industrial Economics*, 2010, 58(4): 818-845. 【大企业市场更大；公式推导；表格展示】
- [35] Shen C. The effects of major US domestic airline code sharing and profit sharing rule[J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2017, 26(3): 590-609. 【经济 Second Tier】
- [36] Zhou X. Welfare Analysis of Tacit Coordination in the US Airline Industry[J]. *Frontiers of Economics in China*, 2017, 12(1).
- [37] Network Effects and Business Diversification on a Digital Food Delivery Platform 【周晓岚】
- [38] Dick A A. Demand estimation and consumer welfare in the banking industry[J]. *Journal of Banking & Finance*, 2008, 32(8): 1661-1676. 【金融学 Second Tier】
- [39] 施炳展,王有鑫,李坤望.中国出口产品品质测度及其决定因素[J].*世界经济*,2013,36(09):69-93. 【NL 模型】
- [40] 董银果,黄俊闻.中国出口农产品质量测度——基于嵌套 Logit 模型[J].*中国农村经济*,2016,No.383(11):30-43. 【NL 模型】
- [41] Cardell N S. Variance components structures for the extreme-value and logistic distributions with application to models of heterogeneity[J]. *Econometric Theory*, 1997, 13(2): 185-213.
- [42] Lerner, A. P. (1934). The Concept of Monopoly and the Measurement of Monopoly Power. *The Review of Economic Studies*, 1(3), 157-175.
- [43] Harberger, A. C. (1954). Monopoly and Resource Allocation. *The American Economic Review*, 44(2), 77-87.

附录



附图 1 全国头部运营商充电站地理分布（数据来源：充电吧）



附图 2 上海市充电站空间地理分布（数据来源：联联充电）

公式推导 1: 需求估计模型

- 消费者 i 选择在产品 j ($j \in M_g$) 的效用方程:

$$u_{ij} = \delta_j + \zeta_{ig}(\sigma) + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij} \quad (1.1)$$

- 其中, $\zeta_{ig}(\sigma)$ 是消费者选取组内所有产品所获取的共有的效用值, 根据 ε_{ij} 服从第一类极值分布, 可得出产品 j 的组内市场份额为:

$$s_{j|g}(\delta, \sigma) = \frac{e^{\delta_j/(1-\sigma)}}{\sum_{l \in M_g} e^{\delta_l/(1-\sigma)}} \quad (1.2)$$

- 令组 g 内的所有产品效用之和为 $D_g = \sum_{l \in M_g} e^{\delta_l/(1-\sigma)}$, 公式 (2) 可改写为

$$s_{j|g}(\delta, \sigma) = \frac{e^{\delta_j/(1-\sigma)}}{D_g} \quad (1.3)$$

- 对组 g 内的所有产品效用进行加总, 根据 $\zeta_{ig}(\sigma) + (1 - \sigma)\varepsilon_{ij}$ 服从第一类极值分布可得组 g 的总效用 (D_g):

$$s_g(\delta, \sigma) = \frac{D_g^{(1-\sigma)}}{\sum_g D_g^{(1-\sigma)}} \quad (1.4)$$

- 联立公式 (1.3) 和公式 (1.4), 可得产品 j 的市场份额为

$$s_j = s_{j|g}(\delta, \sigma) \times s_g(\delta, \sigma) = \frac{e^{\delta_j/(1-\sigma)}}{D_g^\sigma \sum_g D_g^{(1-\sigma)}} \quad (1.5)$$

- 此外, 外部产品的平均效用设为 0, 则 $\delta_0 = 0, D_0 = e^0 = 1$, 因此外部产品的市场份额为:

$$s_0 = \frac{1}{\sum_g D_g^{(1-\sigma)}} \quad (1.6)$$

- 联立公式 (1.5) 和公式 (1.6), 并取对数可得:

$$\ln s_j - \ln s_0 = \frac{\delta_j}{1-\sigma} - \sigma \ln(D_g) \quad (1.7)$$

- 对公式 (1.3) 也取对数可得:

$$\ln s_{j|g} = \frac{\delta_j}{1-\sigma} - \ln(D_g) \quad (1.8)$$

- 联立公式 (1.7) 和公式 (1.8), 可得:

$$\ln s_j - \ln s_0 = \delta_j + \sigma \ln s_{j|g} \quad (1.9)$$

- 最后将 $\delta_j = X_j \beta - \alpha p_j + \xi_j$ 代入公式 (1.9), 得到估计的线性回归模型:

$$\ln s_j - \ln s_0 = \alpha p_j + X_j \beta + \sigma \ln s_{j|g} + \xi_j \quad (1.10)$$

公式推导 2: 弹性计算公式

- 对公式 (1.10) 两边对 k 产品价格 (p_k) 求导:

$$\frac{\partial(\ln s_j - \ln s_0)}{\partial p_k} = \frac{\partial(\alpha p_j + X_j \beta + \sigma \ln s_{j|g} + \xi_j)}{\partial p_k} \Rightarrow \frac{\partial \ln s_j}{\partial p_k} = \alpha \frac{\partial p_j}{\partial p_k} + \sigma \frac{\partial \ln s_{j|g}}{\partial p_k} + \frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k} \quad (2.1)$$

- 对公式 (2.1) 变形后等式左边是弹性形式:

$$\frac{\partial s_j}{\partial p_k} \cdot \frac{p_k}{s_j} = \left[\alpha \frac{\partial p_j}{\partial p_k} + \sigma \frac{\partial \ln s_{j|g}}{\partial p_k} + \frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k} \right] \cdot p_k$$

$$= \left[\alpha \frac{\partial p_j}{\partial p_k} + \sigma \left(\frac{\partial \ln s_j}{\partial p_k} - \frac{\partial \ln s_g}{\partial p_k} \right) + \frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k} \right] \cdot p_k = \frac{1}{1-\sigma} \left[\alpha \frac{\partial p_j}{\partial p_k} - \sigma \frac{\partial \ln s_g}{\partial p_k} + \frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k} \right] \cdot p_k$$

- 根据 s_g 和 s_0 的表达式，分别求出 $\frac{\partial \ln s_g}{\partial p_k}$ 和 $\frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k}$ ：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln s_g}{\partial p_k} &= \frac{1}{s_g \left[\sum_g D_g^{(1-\sigma)} \right]^2} \left[D_g^{-\sigma} e^{\delta_l/(1-\sigma)} \alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} \sum_g D_g^{(1-\sigma)} - D_g^{(1-\sigma)} D_g^{-\sigma} e^{\delta_l/(1-\sigma)} \alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} \right] \\ &= \alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} [s_{l|g} - s_{l|g} s_g] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln s_0}{\partial p_k} &= -\frac{1}{s_0} \left(\frac{1}{\sum_g D_g^{(1-\sigma)}} \right)^2 \cdot (1-\sigma) D_g^{-\sigma} \cdot e^{\delta_l/(1-\sigma)} \frac{1}{1-\sigma} \alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} \\ &= -\alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} \cdot \frac{1}{s_0} \cdot s_0 \cdot \frac{e^{\delta_l/(1-\sigma)}}{D_g} \cdot \frac{D_g^{(1-\sigma)}}{\sum_g D_g^{(1-\sigma)}} = -\alpha \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_l \end{aligned}$$

- 代入后可得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial s_j}{\partial p_k} \cdot p_k &= \alpha p_k \left[\frac{\partial p_j}{\partial p_k} \frac{1}{1-\sigma} - \frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{\partial p_l}{\partial p_k} (s_{l|g} - s_l) - \frac{1}{1-\sigma} \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_l \right] \\ &= \alpha p_k \left[\frac{\partial p_j}{\partial p_k} \frac{1}{1-\sigma} - \frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_{l|g} + \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_l \left(\frac{\sigma}{1-\sigma} - \frac{1}{1-\sigma} \right) \right] \\ &= \alpha p_k \left[\frac{\partial p_j}{\partial p_k} \frac{1}{1-\sigma} - \frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_{l|g} - \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_l \right] \\ &= -\alpha p_k \left[\frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_{l|g} + \frac{\partial p_l}{\partial p_k} s_l - \frac{\partial p_j}{\partial p_k} \frac{1}{1-\sigma} \right] \end{aligned}$$

- 因此，有以下三种形式：

- 当 $k = j$ 时，表示为产品 j 的自身价格弹性

$$\varepsilon_{jj} = -\alpha p_j \left[\frac{\sigma}{1-\sigma} s_{j|g} + s_j - \frac{1}{1-\sigma} \right]$$

- 当 $k \neq j$ ，且 $k, j \in M_g$ 时，表示为同组产品 j 对产品 k 的替代价格弹性

$$\varepsilon_{jk} = -\alpha p_k \left[\frac{\sigma}{1-\sigma} s_{k|g} + s_k \right]$$

- 当 $k \neq j$ ，且 $k \in M_g, j \in M_h, g, h \in G$ 时，表示为不同组产品 j 对产品 k 的替代价格弹性

$$\varepsilon_{jk} = -\alpha p_k s_k$$

附表1 嵌套 logit 需求模型 2SLS 估计的第一阶段回归结果

变量	(1) <i>price</i>	(2) <i>lns_{jlg}</i>
iv1_charger_number	-0.00*** (-62.20)	0.00*** (28.07)
iv1_charger_power	0.00*** (95.43)	-0.00*** (-27.31)
iv1_DC	-0.01*** (-104.55)	0.01*** (24.55)
iv1_service	0.00*** (35.55)	0.00*** (20.69)
iv1_park	0.00*** (51.78)	-0.01*** (-39.27)
iv1_limit	0.00 (0.29)	-0.03*** (-28.23)
charger_gsum	0.00*** (25.24)	0.00*** (53.62)
charger_power	-0.00*** (-44.65)	0.02*** (67.76)
charger_number	-0.00*** (-16.18)	0.03*** (102.60)
DC	0.27*** (37.05)	-1.78*** (-58.29)
park	0.21*** (55.28)	-0.94*** (-68.30)
limit	-0.10*** (-21.38)	0.27*** (10.94)
service	-0.02*** (-27.87)	0.15*** (46.09)
时间固定效应	YES	YES
街道固定效应	YES	YES
R ²	0.433	0.447
N	97663	97663

附表2 TOP30 运营商站点平均自价格弹性

运营商排名	站点平均规模	设备平均功率	平均自价格弹性
1	10	119	-2.67
2	21	58	-4.00
3	11	46	-3.83
4	29	81	-2.95
5	9	114	-2.59
6	11	52	-2.89
7	28	10	-4.45
8	21	39	-4.17
9	7	95	-3.75
10	12	78	-3.17
11	7	89	-3.14
12	13	27	-3.57
13	14	34	-4.22
14	14	72	-3.18
15	8	72	-4.41
16	5	112	-2.82
17	28	50	-3.39

18	27	4	-3.21
19	34	58	-3.48
20	50	62	-5.93
21	7	120	-2.53
22	12	119	-3.09
23	19	48	-3.06
24	3	106	-2.85
25	28	117	-2.82
26	9	66	-2.76
27	6	5	-4.93
28	8	96	-4.20
29	11	120	-2.46
30	5	120	-4.01