

新能源汽车公共充电桩消费者满意度研究

——基于模糊综合评价的分析

李嘉伟^{1,2}, 陈颖欣¹, 陈凤杨¹

¹江西理工大学经济管理学院, 江西 赣州

²赣州市高质量发展研究院, 江西 赣州

收稿日期: 2024年6月16日; 录用日期: 2024年7月30日; 发布日期: 2024年8月8日

摘要

新能源汽车及其消费产业的高质量发展离不开广大消费者的支持。文章通过线上问卷调查消费者满意度, 并运用模糊综合评价模型进行评价, 找出提升用户充电满意度的关键改进因素。研究表明: “充电价格”和“充电桩选址”等因素是关键弱势区域, 需重点关注并进行改善; “软件服务质量”和“配套服务质量”处于机会区域, 可在适当时机进行改进。最后, 根据研究结果, 给出提升电动汽车用户充电满意度的对策建议。

关键词

新能源汽车公共充电桩, 消费者满意度, 模糊综合评价

Research on Consumer Satisfaction of New Energy Vehicle Public Charging Pile

—Analysis Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

Jiawei Li^{1,2}, Yingxin Chen¹, Fengyang Chen²

¹School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

²Ganzhou High Quality Development Research Institute, Ganzhou Jiangxi

Received: Jun. 16th, 2024; accepted: Jul. 30th, 2024; published: Aug. 8th, 2024

Abstract

The high-quality development of EV and their consumer industries cannot be separated from the

support of consumers. This paper investigates consumer satisfaction through online questionnaires, and uses fuzzy comprehensive evaluation model to evaluate, to find out the key improvement factors to improve user satisfaction with charging. The results show that the factors such as “charging price” and “charging pile location” are key weak areas, which need to be paid attention to and improved; “Quality of Software Service” and “quality of supporting service” are in the opportunity area and can be improved at the right time. Finally, according to the research results, the countermeasures and suggestions to improve the charging satisfaction of EV users are given.

Keywords

EV Public Charging Pile, Consumer Satisfaction, Fuzzy Comprehensive Evaluation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

双碳目标下,我国新能源汽车产业驶入快车道,各地政府相继出台奖补政策,支持各类市场主体适度超前建设充换电基础设施[1]。根据公安部发布的统计数据,截至2023年底,我国新能源汽车保有量达到2041万辆,其中纯电动汽车保有量1552万辆,占新能源汽车保有量的76.04%。目前,我国大部分城市的充电服务市场已经摆脱野蛮生长期,进入精细化运营阶段。然而,市场上依然存在着大量“占位不充电、忙闲不均、乱收费”等问题,公共充电桩的消费者体验受到显著影响。

为了优化充电桩的布局选址和运营服务水平,学者们从服务半径、行驶特性、奖励机制和用户满意度等多个角度开展了深入的研究。王玉生、张庆泽(2021)指出目前学界对电动公交充电站优化布局缺乏对定量和定性因素的综合考量,并设计电动公交充电站布局的评价指标体系,使用层次分析法-模糊综合评价法对充电站布局方案进行综合评估[2]。韩一鸣等考虑电动汽车用户行为特性,以最小化电动汽车充电站和联合电池储能系统综合成本、用户等待时间和系统电压波动为目标,通过对电动汽车充电站和联合电池储能系统进行规划实现经济性与稳定性的最佳权衡[3]。谌微微等[4]充分考虑充电站服务半径和用户充电需求概率,把概率覆盖引入到充电站布局优化中,建立充电站随机概率覆盖模型,对充电站综合效用进行了敏感性分析。张建宏等[5]提出一种考虑奖励机制的电动汽车充电优化引导策略,在分时电价的基础上,计入用户在降低电网负荷波动中的奖励机制,能够提升用户满意度。然而,现有文献较少从消费者本身出发,考虑影响消费者满意度的因素,缺少对用户在使用充电桩的过程中的一手数据的采集。本文将通过线上问卷调查消费者满意度,并运用模糊综合评价模型进行评价,找出提升用户充电满意度的关键改进因素。

在国内外,各类用户群体的满意度研究始终是社会热点问题。近年来,大量学者采用结构方程模型或模糊综合评价,对社会上各类产品和服务展开了卓有成效的研究,学者们在消费体验评价的研究主要集中在银行服务、医疗服务等领域,而较少有研究关注电动汽车用户充电消费体验问题。胡珊(2018)在PSSUQ问卷的基础上,设计基于用户体验的城市充电桩服务质量影响因素初始集合,通过问卷调查获取城市充电桩服务质量用户体验数据,结合用户访谈方法提取基于用户体验的城市充电桩系统服务质量主要影响因素[6]。廖雨婷(2022)则在ACSI理论上构建了顾客评价体系,并采用层次分析法-模糊综合评价法,找出了充电服务的弱势区域和机会区域[7]。

2. 研究背景

面对日渐庞大的新能源汽车保有量，充电桩的建设需要政府、车企、车主、充电基础设施运营商等相关方的共同努力。从城市整体基础设施的层面，针对充电桩的数量和布局进行科学合理规划，如果盲目追求数量的扩大，将造成巨大的资源闲置和浪费。根据中国充电联盟统计数据，截至 2023 年底，全国公共充电桩保有量达到 272.6 万台，然而由于“占位不充电、忙闲不均、乱收费”等问题突出，加之充电桩适度超前布局，目前全国公共充电桩平均利用率仅 4% 左右。

虽然不少企业如星星充电、特来电、云快充等已经在试点推广共享私桩、V2G 等充电服务模式，但在充电使用体验、充电 APP 体验、充电功能完善性、充电安全与稳定性、充电网络建设和充电站管理等方面还存在以下几个主要问题[8]。

一是充电桩使用过程体验不佳，消费者反馈的常见现象如：充电桩启动故障、充电中途跳枪、车辆与充电接口不匹配、无法正常充电、充电排队等待时间过长、支付流程繁琐、充电枪难以拖动、预先充值占用资金等；二是在充电 APP 数据不互通，各大运营商的充电 APP 存在数据壁垒，充电桩及场站信息内容覆盖度不高和充电桩参数信息、位置信息、使用指南均存在不准确或不详实；三是充电功能完善性不强，充电桩故障告知及充电故障预警功能需完善，发生故障时没有及时告知故障原因及处理办法，也没有充电预约功能；四是充电安全与稳定性不高，不少场站周边缺少消防安全设备及充电中途意外断电；五是充电网络建设与市场需求不匹配，目前快、慢充建设比例与消费者实际需求不匹配，充电时常出现“快充桩空闲少、慢充桩无人使用”的情况、充电场站周边环境不佳、充电场站周边缺乏相应配套设施、建桩位置偏远、充电桩安装布局不佳；六是充电场站运营管理水平较低，主要问题是在燃油车占充电车位、设备缺乏维护、场站环境脏乱、充电设备缺乏日常维护、时常遇到设备磨损、极端天气缺乏应急保障、充电枪未放回原位。

3. 数据收集与分析

3.1. 问卷设计与发放

问卷设计参考了中国充电联盟发布的《2022 中国电动汽车用户充电行为白皮书》和中国消费者协会发布的《新能源电动汽车消费与公共充电桩体验式调查》，首先在学校范围内针对驾驶新能源汽车教师 and 附近的网约车司机开展预调查和个人访谈，并阅读有关文献中设计的问卷。

通过线上和线下方式走访了江西省有关企业和政府主管部门，了解江西省新能源汽车及其消费产业发展现状，主要研究范围是南昌市及赣州市中心城区，本问卷针对不同用户群体设计了车主类型筛选、用户行为习惯、顾客充电服务满意度、用户意愿和诉求等模块的问题。大部分问题采用五点式量表、优先级排序等形式，数据具有较高的分析价值。同时根据新能源汽车公共充电桩服务特性，从消费者感知角度设计调查问卷，从以下八个维度调查消费者对充电桩服务质量的满意度：充电设备质量、用户期望、软件服务质量、配套服务质量、运维服务质量、充电场站选址、充电便利性、充电价格。

由于抽取样本的随机性特性，抽样调查中不可避免会产生样本值与总体值之间的差异，在其他条件相同的情况下，样本量越大，抽样误差越小。为进一步完善问卷设置，查缺补漏，同时保障样本代表性，通过对回收问卷的分析与被调查者反馈的信息，从问题的特殊性及其问卷的排版考虑。我们对问卷进行了四次修订，最终确定了线上发布到平台收集的电子问卷。截至 2022 年底，江西省新能源汽车保有量为 10.5 万辆，因此估算样本量为千分之五，确定有效样本容量为 500 份。根据消费者充电满意度指标评价体系设计调查问卷。问卷发放主要采用线上方式进行，为提高数据有效性、节约调查成本，考虑到新能源汽车特性，避开节假日出行高峰期和冬季低温环境影响因素，于 2023 年 2 月 13 日发布问卷，截至 2023 年 3 月 16 日期间共 5 个特征周，完成对问卷调查数据的收集工作。线上累计收回 732 份，剔

除问卷中不符合样本要求、填写时间过短、答案乱填等无效样本,有效问卷共计 572 份,有效率为 78.1%。问卷的平均答题时间为 2 分 47 秒,基本符合问卷设计的正常答题情况。

3.2. 信度和效度分析

采用克朗巴哈系数信度分析,从检验结果中可以看出江西省有效问卷的 Cronbach's α 系数值均高于 0.7,说明各问卷设置的变量具有很高信度,且各个变量之间具有很高的内部一致性,测量结果具有较强的稳定性(检验结果见表 1)。

Table 1. Cronbach coefficient reliability coefficient test

表 1. 克朗巴哈系数信度系数检验

有效问卷样本量	项目数	Cronbach's α 系数
572	10	0.889

采用 KMO 值和巴特利球形检验进行问卷的效度分析,问卷均通过了巴特利特球形检验,且 KMO 值均大于 0.8,表明问卷具有较高的结构效度,且问卷数据可以进行有效的因子分析(检验结果见表 2)。

Table 2. KMO value and Bartlett sphericity test

表 2. KMO 值和巴特利特球形检验

KMO 值	巴特利特球形检验		
	近似卡方	自由度	显著性
0.917	781.427	129	0.001

总体来看,问卷所设计的变量内部具有一致性,测量结果稳定性较强,问卷结构效度良好。

4. 消费者充电满意度综合评价

4.1. 模糊综合评价模型应用

新能源电动汽车消费者充电体验满意度指标评价有较强的模糊性,在评估时决策者更喜欢自然语言表达而不是精确数字。模糊评价法可以根据模糊数学的隶属度理论将定性评价转为定量评价,在处理定性的、不确定及信息不完善的问题上有较大的优越性。因此,本文采用模糊综合评价法对电动汽车用户充电满意度进行定量分析。

4.1.1. 指标集的设置

建立评价集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$, 由各种可能的结构组成。

假设评价指标集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i\}$ 。

根据用户充电情况,确定 5 个级别,即非常不满意、不满意、一般、满意、非常满意。为将上述定性的评价集定量处理,将评价集 U 按百分制量化等级分别赋值 60, 70, 80, 90, 100, 组成量化评价集: $U = \{60, 70, 80, 90, 100\}$ 。

4.1.2. 评价矩阵的建立

确定模糊隶属度,用 r_{ij} 表示第 i 个指标评价为第 j 个级别的概率,即 i 对 j 的隶属度,可简记为模糊隶属度矩阵 R_i 。

$$R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{im}], j = 1, 2, \dots, m \tag{1}$$

这 m 个向量组成一个 $m \times n$ 的模糊向量矩阵, 称作评判矩阵, 记为:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

将各评价指标的权重放进每个二级评价指标中, 精准体现出所有评价指标的综合性影响。各因素综合评价模型为:

$$C_i = W_i * R_i \quad (3)$$

式中, C_i 为指标 A_i 的模糊隶属度矩阵, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 。

其中 “*” 为模糊合成算子, 对 W_i 和 R_i 之间进行模糊运算。 C_i 为第 i 个一级评价指标的评价结果矩阵; C_{ij} 为第 i 个一级评价指标隶属于第 j 个评价等级程度。

参考以上准则, 计算第 1 个一级评价指标隶属度的评价等级 C_{B1} :

$$C_{B1} = W_1 * R_{B1} = [0.667 \quad 0.333] \begin{bmatrix} 0.08 & 0.13 & 0.27 & 0.46 & 0.06 \\ 0.03 & 0.02 & 0.29 & 0.60 & 0.06 \end{bmatrix} \quad (4)$$

归一化特征向量为:

$$C_{B1} = [0.063 \quad 0.093 \quad 0.277 \quad 0.507 \quad 0.060] \quad (5)$$

同理, 可求解得 C_{B2} , C_{B3} , C_{B4} , C_{B5} , C_{B6} , C_{B7} , C_{B8} 。

4.2. 用户充电满意度影响因素分析

构建综合评价模型后, 采用模糊综合算子模型对用户充电满意度进行综合评价。结果表示如下:

$$C = W * R = W * (C_{B1}, C_{B2}, C_{B3}, C_{B4}, C_{B5}, C_{B6}, C_{B7}, C_{B8}) \quad (6)$$

归一化特征向量为:

$$C = [0.0817 \quad 0.2008 \quad 0.3205 \quad 0.3228 \quad 0.0742] \quad (7)$$

由此可看出, 评价为非常满意的隶属度为 0.0817, 评价为比较满意的隶属度为 0.2008, 评价为一般满意的隶属度为 0.3205, 评价为不满意的隶属度为 0.3228, 评价为非常不满意的隶属度为 0.0742, 反应出新能源汽车消费者充电满意度总体水平一般。

经由上述分析可计算出模糊评语集的最终评价结果及一级评价结果的综合评价结果, 将新能源汽车消费者充电满意度评价从定性分析转化为定量分析, 再由定量分析的结果推出定性分析的研究结论, 为了使结果更具有直观性, 对评价结果进行量化处理。根据评语集 $U = \{60, 70, 80, 90, 100\}$ 计算用户满意度的综合评价价值及一级指标评价价值。

各一级指标综合评价价值模型为:

$$D_i = C_i * U^T \quad (8)$$

参考以上模型, 计算第 1 个一级指标评价价值 D_{C1} , 可以得出:

$$D_{C1} = C_1 * U^T = [0.063 \quad 0.093 \quad 0.277 \quad 0.507 \quad 0.060] \begin{bmatrix} 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{bmatrix} = 84.07 \quad (9)$$

通过计算得到第一个一级指标的评价总体得分为 84.07 分,属于一般满意。同理,可求解得 D_{B2} , D_{B3} , D_{B4} , D_{B5} , D_{B6} , D_{B7} , D_{B8} 评价的总体得分。

最后计算新能源汽车消费者满意度的总分:

$$D = C * U^T = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8) \begin{bmatrix} 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{bmatrix} = 81.07 \tag{10}$$

计算得到新能源汽车消费者充电满意度的总体得分为 81.07 分(如表 3 所示),大部分新能源汽车消费者充电满意度的评价结果为一般,较为符合当前电动汽车用户充电满意度的基本现状,同时表明当前电动汽车充电服务的质量有待提高。

Table 3. Comprehensive evaluation of charging satisfaction
表 3. 充电满意度综合评价

一级指标项	综合得分
D_{C1}	84.07
D_{C2}	82.16
D_{C3}	79.70
D_{C4}	79.52
D_{C5}	78.37
D_{C6}	80.65
D_{C7}	81.31
D_{C8}	77.91

4.3. 基于四维矩阵法的满意度分析

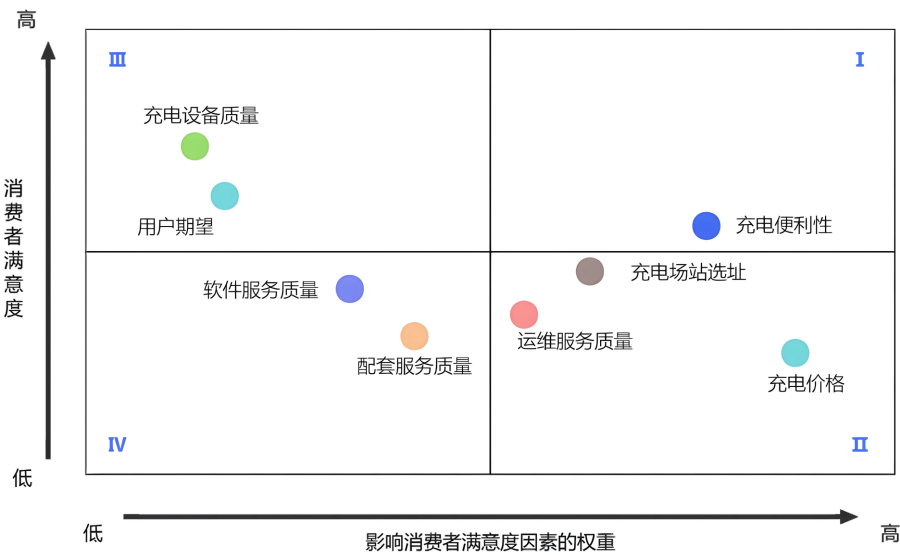


Figure 1. Four dimensional matrix analysis diagram
图 1. 四维矩阵分析图

四维矩阵法是衡量满意度的常用工具,其中I和II表示关键区,处在该区域的因素对整体满意度影响较为重要,处于I的因素是优势区,处于II的因素满意度相对较低,是需要提升用户整体满意度的关键区域。III和IV表示非关键区,处于该区域的因素对用户整体满意度的重要性低。处于III区域的因素是保持区,满意度较高且权重相对不高。处于IV区域的因素是易被忽视区域,是满意度提升的机会点。根据上文的计算结果,可绘制出各一级指标的四维矩阵图(如图1所示),直观分析充电运营商各指标的评价结果,并找出关键指标。

优势区:“充电便利性”处于需要继续保持消费者满意度的关键区。

关键区:“充电价格”和“运维服务质量”处于重要不满意区域,是充电服务运营商的弱势区域,对消费者满意度的提升至关重要,并且需要充电运营商重点关注并进行改善。

机会区:“软件服务质量”和“配套服务质量”落在非关键区,处于不重要也不满意区域,属于提升消费者满意度的机会区域,充电运营商可以在适当的机会进行改进。

保持区:“用户期望”和“充电设备质量”处于不重要但满意的非关键区,不是当前需要改善的因素,可以暂时维持原状。

5. 对策建议

5.1. 优化公共充电网络建设布局,提升服务保障能力

充分利用好各地支持政策,结合电动汽车增长规模、分布情况、充电需求及消费者需求,合理规划公共充电基础设施建设。进一步优化中心城区公共充电网络布局,优先提升公共停车场、大型建筑配建停车场、交通枢纽等核心使用场所充电设施配备率;通过新建、改建、扩容、迁移等方式,有效调整快、慢充比例。同时,加大高速公路服务区、城乡等区域公共充电设施建设力度,扩大充电网络覆盖范围,满足电动汽车消费者远距离行驶的需求,进而提升公共充电服务保障能力。

5.2. 促进信息互联互通,形成能源补给网络

做好充电基础设施静态、动态、充电服务数据的互联互通,实现桩与桩、车与桩、各平台、各企业、全国范围的数据互联,有效满足消费者跨运营商、跨站、跨城市充电需求,为提升消费者充电便利性提供基础性保障。提升充电桩位置、基本参数信息等静态数据的有效性与一致性,加强充电桩、车辆实时动态数据的监控,确保充电价格、结算信息等充电服务数据的真实性,有效解决消费者面临的找桩难、充电难、支付难等问题。

5.3. 提升充电设施运维服务质量,加强安全监管

充电运营商应逐步由前期的“粗放式布局”转向“精细化运营管理”,提升自身服务保障能力,提高行业整体运营服务水平。加强场站设施运维管理,改善充电服务质量,重点解决消费者在充电桩使用过程中遇到的车辆占位不充电、充电设施故障、场站环境不佳等问题。同时,加强充电场站安全监管,做好充电设施运行数据动态监控,建立异常情况预警机制,提升遇到恶劣极端天气、突发安全事故的应急保障能力,为消费者提供安全稳定的充电服务。

5.4. 加强技术创新,提升行业智能化水平

在进一步提高交流慢充、直流快充技术水平的时候,加快大功率充电标准制定与推广应用,探索无线充电、自动无人充电等更多新技术。加速推进V2G标准化体系建设及推广应用,促进新能源汽车与电网高效互动。推动“光储充检”新型充电站技术创新与试点建设,打造光伏发电、储能、充电系统及电

池检测闭环生态系统，提升行业整体标准化、网络化、智能化水平，为消费者提供安全、智能的充电服务。

5.5. 构建综合能源服务体系，推动能源行业转型升级

以充电基础设施服务为核心，逐步扩大能源补给范围，构建电、油、气、氢等综合能源服务体系，满足消费者多场景、多样化补能需求，同时借助大数据、云计算、能源 5G 等数字化技术，提高能源综合利用效率，推动能源行业转型升级，赋能绿色低碳出行，从而加快交通出行领域“碳达峰、碳中和”进程。

5.6. 多业态融合共建，创新商业模式，打造充电服务生态

提高充电场站周边配套设施配备率，满足消费者多样化服务需求。以充电服务为入口，整合相关服务商资源开展异业合作，提供包含购物、餐饮、维保、洗车、无人零售等一站式补能服务。充分发挥增值服务价值，探索并创新更多商业模式，打造多种服务业态共生的充电服务生态圈。

基金项目

江西省研究生创新专项基金项目(编号：YC2022-S685)。

参考文献

- [1] 孟宪民, 王韬, 孙浩洋. 新能源汽车产业高质量发展及其财政支持政策探究[J]. 地方财政研究, 2023(11): 81-89.
- [2] 王玉生, 张庆泽. “双碳”目标下电动公交充电站优化布局研究[J]. 科学决策, 2021(10): 112-124.
- [3] 韩一鸣, 贺彬, 杨博, 等. 考虑行驶特性的电动汽车充电站联合电储能系统最优规划[J/OL]. 上海交通大学学报: 1-29. <https://doi.org/10.16183/j.cnki.jsjtu.2023.629>, 2024-06-16.
- [4] 谌微微, 张茜梅, 韦玉东, 等. 考虑服务半径的城市区域充电站布局优化研究[J/OL]. 重庆交通大学学报(自然科学版): 1-7. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1190.u.20240518.2110.002.html>, 2024-06-16.
- [5] 张建宏, 赵兴勇, 王秀丽. 考虑奖励机制的电动汽车充电优化引导策略[J]. 电网与清洁能源, 2024, 40(1): 102-108+118.
- [6] 胡珊, 蒋旭, 李兢. 基于用户体验的智能充电桩系统改良设计[J]. 包装工程, 2018, 39(16): 5-11.
- [7] 廖雨婷, 吴亮, 徐祥烽. 基于模糊综合评价法的电动汽车用户充电满意度分析[J]. 现代管理科学, 2022(5): 69-79.
- [8] 全宗旗. 车主充电焦虑情况如何? 这份白皮书有答案[J]. 汽车纵横, 2023(4): 49-54.