

可持续设计视角下新能源充电系统设计策略研究

赵志勇¹, 陆诗雨², 姚旭鹏³, 丁伟², 张耀引^{4*}

(1.上海师范大学 美术学院, 上海 200234; 2.华东理工大学 艺术与传媒学院, 上海 200237;
3.齐鲁工业大学 艺术设计学院, 济南 250300; 4.南京工业大学 艺术设计学院, 南京 211899)

摘要: **目的** 以可持续设计的有关理论作为指导, 以木马设计集团的新能源充电桩产品设计为样例, 降低产品使用过程中的人为损耗, 为共享汽车的充电问题提出智慧化解决方案。**方法** 首先, 以“DfS”(Design for Sustainability)方法为指导, 通过用户访谈构建动态用户画像, 挖掘传统充电桩各阶段存在的痛点, 并从可持续设计的视角建立新能源充电产品服务系统的理论框架; 其次, 通过定性及定量的方法挖掘用户显性与隐性需求, 总结新能源充电系统的设计策略; 最后, 利用该策略指导设计新能源充电系统, 并利用可持续性晴雨表进行设计验证。**结果** 提出可持续设计视角下新能源充电系统的设计原则; 基于用户需求设计出自动化新能源充电系统, 解决传统手动充电带来的过程繁琐的问题。**结论** 新能源充电系统设计策略的构建能够推动自动化、智能化、网联化和共享化深度融合, 实现城市交通体系智慧化发展。

关键词: 可持续设计; DfS方法; 新能源充电系统; 层次分析法(AHP); 可持续性晴雨表

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)18-0448-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.18.053

New Energy Charging System from the Perspective of Sustainable Design

ZHAO Zhi-yong¹, LU Shi-yu², YAO Xu-peng³, DING Wei², ZHANG Yao-yin^{4*}

(1.Fine Arts College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2.School of Art Design and Media, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 3.School of Art and Design, Qilu University of Technology, Jinan 250300, China; 4.College of Art & Design, Nanjing Tech University, Nanjing 211899, China)

ABSTRACT: The work aims to take the relevant theories of sustainable design as guidance and the product design of new energy charging pile of Moma Design Group as an example, to effectively reduce the artificial loss during the use of products, and propose intelligent solutions for the charging problem of shared cars. Firstly, the "DfS" (Design for Sustainability) method was used as a guide to build a dynamic user portrait through user interviews, excavate the pain points of traditional charging piles at each stage, and establish the framework of the new energy charging product and service system from the perspective of sustainable design. The design strategy of the new energy charging system was summarized through qualitative and quantitative methods, which guided the design of the new energy charging system, and the design verification was carried out by the sustainability barometer. The design principles of the new energy charging system from the perspective of sustainable design were proposed and an automated new energy charging system was designed based on user requirements to solve the problem of cumbersome process brought by traditional manual charging. The construction of the new energy charging system can promote the deep integration of automation, intelligence, networking and sharing, and realize the intelligent development of urban transportation system.

KEY WORDS: sustainable design; Design for Sustainability; new energy charging system; analytic hierarchy process (AHP); sustainability barometer

随着全球对环境可持续发展的日益关注和对传统燃油车辆排放的担忧, 新能源汽车的普及正迅速加

速。在《中国制造 2025》汽车领域规划中, 针对重点领域之一的节能与新能源汽车, 明确提出了到 2025

年新能源汽车在国内汽车市场占比达 15% 的发展目标^[1]。从国内市场看, 我国新能源汽车销量全球占比达到 63.5%, 市场渗透率达到 25.6%, 连续 8 年全球第一^[2]。这一背景下, 新能源汽车的充电系统变得至关重要。传统手动充电方式已经难以满足用户的实际需求, 因此需要从可持续设计的视角出发, 重新思考新能源充电系统的设计策略, 以提供更便捷、更安全的充电体验, 并有效降低产品使用过程中的人为损耗。

新能源汽车充电系统的研究和设计在可持续发展的背景下具有重要的理论和实践意义。本研究将以可持续设计理论为支撑, 以“DfS”方法为框架, 通过挖掘用户需求, 设计新能源充电系统, 旨在提供更便捷、更安全的充电体验, 降低人为损耗, 为共享汽车的充电问题提供智能化解决方案, 推动城市交通体系的智慧化发展。通过本研究的探索和实践, 为新能源充电系统的可持续发展和未来研究提供有益的借鉴和启示。

1 国内外新能源充电系统研究现状

新能源充电系统的研究是推动电动汽车发展和可持续交通的关键领域, 国内外学者在新能源充电系统的研究方面取得了丰富的成果, 主要包括充电基础设施建设、充电技术和充电管理等三个方面^[3]。

1.1 充电基础设施建设

充电基础设施建设包括充电站、充电桩和充电网络等应用要素, 国内外研究者通过调查分析和模型模拟等方法, 研究充电设施的布局 and 分布策略, 以满足用户的充电需求。Zhou 等^[4]描述了多功能超级电容器在材料设计、器件配置、系统集成和应用方面的最新进展。王欣^[5]从优先发展区、快速发展区、积极推进区和城际电动汽车快充网络 4 个空间区域层面出发, 将设施的类型划分为以充电站、充电群、充电桩, 对大连市的电动汽车集中式充电站、合建式公共桩群和用户专用及分时共享充电桩进行科学合理的布局。李子等^[6]采用 AHP 分析法对电动汽车保有量、年充电量和需新建充电站数量进行预测, 并通过泰森多边形图发现多场景充电基础设施规划方法的科学性、合理性。

1.2 充电技术

充电技术包括充电模式、功率管理、充电安全、充电速度和充电互操作性等要素, 通过对不同充电模式的比较和优化, 李杰等^[7]总结了三种常见的无线充电技术, 并发现在新能源汽车领域内最适合应用的无线充电技术是磁耦合共振式。邓明阳等^[8]则提出了一种基于插补耦合技术的电动汽车无线充电方法, 目的在于解决电池续航能力对电动汽车充电桩定点设置的限制问题。Hu 等^[9]提出了一种使用电容式功率传输 (CPT) 技术的新型非接触式电池充电系统。Wu 等^[10]

提出了用于电动汽车 (EVs) 的 5 千瓦感应充电系统的设计方案。这种充电延迟为部署无线充电传感器网络带来了独特的设计挑战。Fu 等^[11]通过规划移动 RFID 阅读器的最佳移动策略来解决这一问题, 从而使网络中所有节点充电时间超过其能量阈值的时间最小化。Covic^[12]则描述了一种非接触式电力传输系统, 可为专门设计的低重量电动汽车提供免干预的电池充电, 该系统已在新西兰历史悠久的国家公园中使用。Mubarak 等^[13]基于伊利诺伊州芝加哥市的城市网络数据进行案例研究, 提出了说明该方法算法效率的计算结果, 并分析了不同系统和新技术相关参数 (即产品设计) 对最终网络设计的影响。

1.3 充电管理

充电管理是指对电动汽车充电过程进行监控、控制和优化的管理方法, 是新能源充电系统研究的另一个重要方向, 旨在提高充电效率、充电桩利用率和用户充电体验。张捷等^[14]面向以未来 6G 为承载的交通物联网应用, 提出了一项考虑充电优先级 (Charging Priority, CP) 的抢占式充电调度策略, 并在此基础上进一步结合预约信息对充电站选择方案进行优化, 为电动汽车选择充电行程时长 (含一次充电行为) 最短的充电站, 从而高效地调配充电资源。Rouindej 等^[15]则以安大略省为研究案例, 分析了以用户为中心的方法为未来电网设计压缩空气储能 (Compressed Air Energy Storage, CAES) 系统, 提出基于用户为中心的设计 (User Centred Design, UCD) 方法, 为定制化 CAES 开发了一种新的设计方法。Liu^[16]将 EVCS 问题表述为一个分层混合变量优化问题, 考虑了站点选择、每个站点的充电选项和充电量设置之间的依赖关系。

综上所述, 国内外新能源充电系统研究致力于提高充电设施的布局 and 分布策略、优化充电技术和实现智能化的充电管理, 以推动新能源充电系统的可持续发展和实现清洁能源的广泛应用。然而, 仍然存在一些问题和挑战, 如充电基础设施建设的滞后、充电效率和充电安全等问题, 需要进一步的研究和探索。

2 基于“DfS”方法的新能源充电系统研究

“DfS” (Design for Sustainability) 方法是由代尔夫特大学提出的, 将可持续发展概念纳入公司设计和产品创新过程中的一个关键工具^[17], 它包含 10 个步骤——创建团队和规划产品、公司的 SWOT 驱动因素和目标、产品选择、被选产品的 DfS 驱动力、DfS 影响评估、建立 DfS 策略、创意产出、概念发展、DfS 评估及实施和跟进, 并将该步骤分成 4 个部分, 对应产品开发和产品—服务系统 (Product Service System) 设计的流程, 见图 1。

除此之外, Chick^[18]展示了可持续性人体工程学设计的理论和方法研究的早期结果, 讨论了可持续性

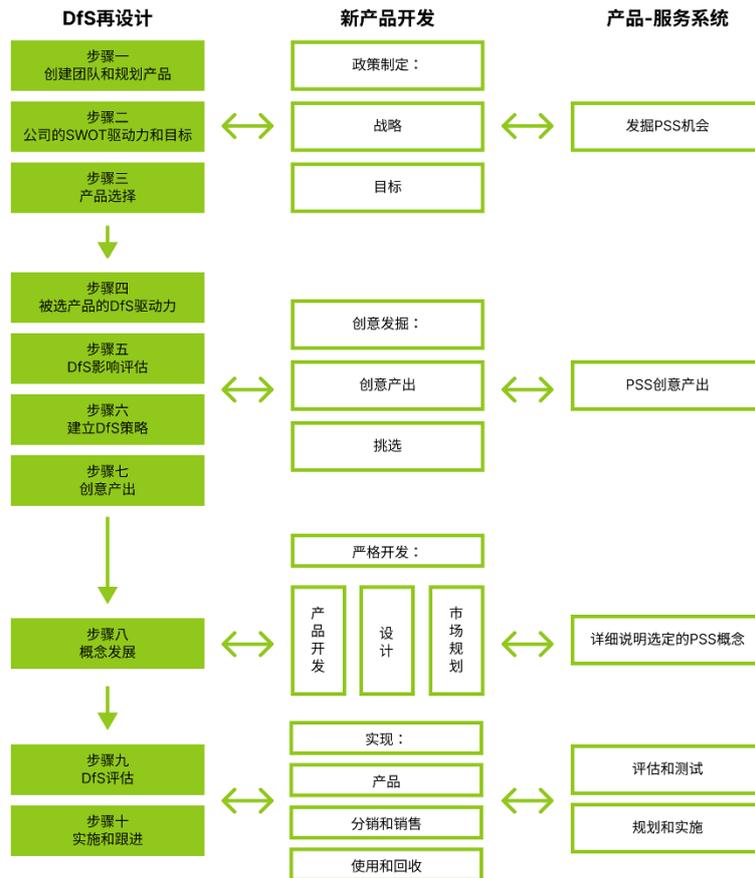


图1 再设计、新产品开发和 PSS 的渐进式方法

Fig.1 Progressive approach to redesign, new product development and PSS

模型的衡量标准,认为可持续性不是单一问题,可持续性设计其实是设计一个设计以生产另一个设计。Gaziulusoy 等^[19]则通过整合可持续发展科学和系统创新及转型理论的相关见解,为可持续发展领域的设计和 innovation 做出了初步的理论贡献。因此, Ceschin 等^[20]将经过审查的 DfS 方法映射到该框架上,这是一种重新构想不同未来的过程,而不是仅专注于重新设计更具生态效率的人工制品,成为了在可持续设计中引入创造力的一个切入点。Cucuzzella^[21]提出了一系列设计项目,以说明在不同的时间和空间角度考虑可持续性设计时,思维和结果的差异。从近 5 年来看, Battistoni 等^[22]旨在通过定义和评估执行整体诊断 (HD) 的结构化流程,将系统设计 (SD) 作为未来可持续设计的替代设计模型。这个新兴领域被称为可持续转型设计或转型设计。为了解这一领域, Gaziulusoy^[23]根据关键贡献,概述了可持续转型设计的起源、发展和现状。Gaziulusoy 等^[23]还对这些关键贡献的理论基础、可持续性的定义、设计者角色的概念框架及方法和应用的前提进行了比较分析。Hakio^[24]重点探索需要什么样的方法和能力来访问和处理内部维度,作为旨在实现可持续和深度变革的协作设计实践的一部分。Zhan^[25]提出了探索工艺与可持续性相关的实践和意义,阐述了工艺与当代可持续发

展理解之间关系的理论框架。Rocha 等^[26]提出,如果借鉴企业可持续发展管理和设计管理理论, DfS 采用更有可能取得成功。

2.1 新能源充电系统服务机会点识别

用户作为产品服务系统的关键内容^[27],需要从其角度去挖掘需求,并通过产品和服务更好满足用户的需求^[28]。据此,本研究通过深度访谈 6 位新能源汽车用户,构建了动态用户画像(见图 2),从而有效帮助后续的设计决策与方案完善。

在用户需求的基础上,以用户旅程图的方式重点梳理了用户在传统充电桩的选购阶段、安装阶段、使用阶段及售后阶段中的影响要素和机会点,见图 3。

1) 在选购阶段,用户常常面临产品功能不健全和因品牌认知低下只追求低价等痛点。新能源充电服务系统可以建立 PI 语言,通过设计独特的品牌印记和外观,打造出科技感与品质感的形象,以提高用户的品牌认知度和产品价值感。此外,在市场推广中,可以采用线上、线下相结合的方式,通过广告宣传、社交媒体营销和参与展会等活动,增加产品曝光度和用户的了解度。

2) 在安装阶段,用户常面临包裹占地较大、安装繁琐的问题。为解决这些问题,应注重包装设计,将送货与安装结合起来。通过优化包装形式和材料,

设计紧凑且易于携带的包装,减少运输空间 and 环境影响。同时,提供详细的安装指导和视频教程,让用户能够轻松、准确地完成安装过程。

3) 在使用阶段,用户可能会遇到各种问题,例如充电速度慢、操作复杂、安全隐患等。为提供更好的使用体验,可以从软件和硬件两方面进行优化。在软件方面,可以开发智能手机应用程序,提供实时充电桩状态、充电速度控制、预约充电等功能,让用户能够方便地监控和控制充电过程。在硬件方面,可以改进充电桩的设计,增加用户友好的操作界面、智能化的充电接口和安全保护机制,以提升用户的使用便利性和安全性。

4) 在售后阶段,用户可能会遇到维修服务响应慢、售后支持不足等问题。对此应简化售后流程,迅

速响应用户的需求。建立完善的售后服务体系,提供快速响应的维修服务、在线客服支持和常见问题解答等,以确保用户在使用过程中能够获得及时、有效的帮助和支持。

2.2 新能源充电产品服务系统设计策略

通过前期调研分析的基础,本研究着重构建新能源充电产品服务系统设计策略。在新能源充电产品服务系统设计中,充电桩的外观与功能等属于实体产品设计范畴,而购买、安装、使用和售后则属于服务和系统设计的范畴。PSS 的本质是“产品服务化”和“服务产品化”的结合,因此需要在产品和服务两个层面上制定系统设计策略^[29]。

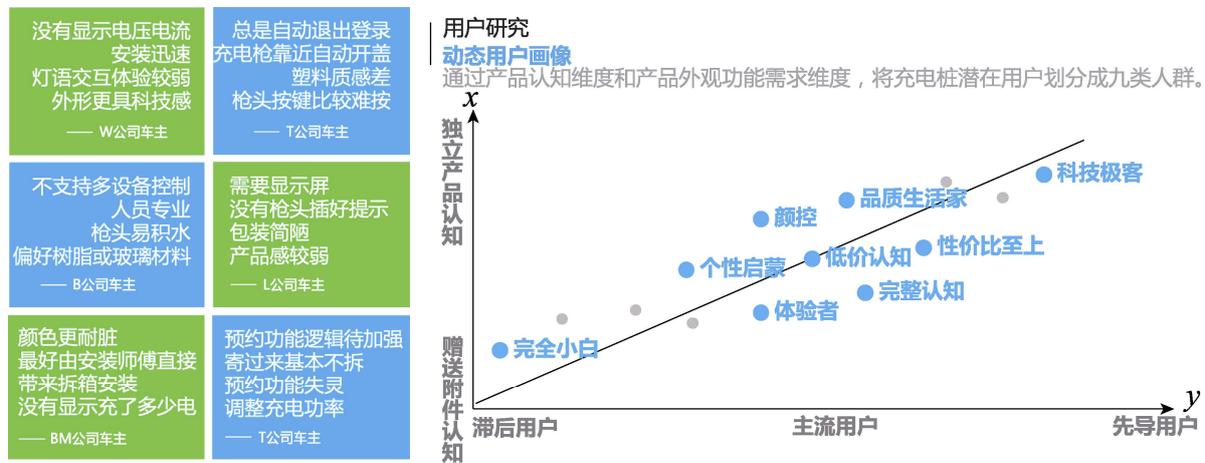


图 2 用户访谈
Fig.2 User interviews

用户研究 用户旅程图

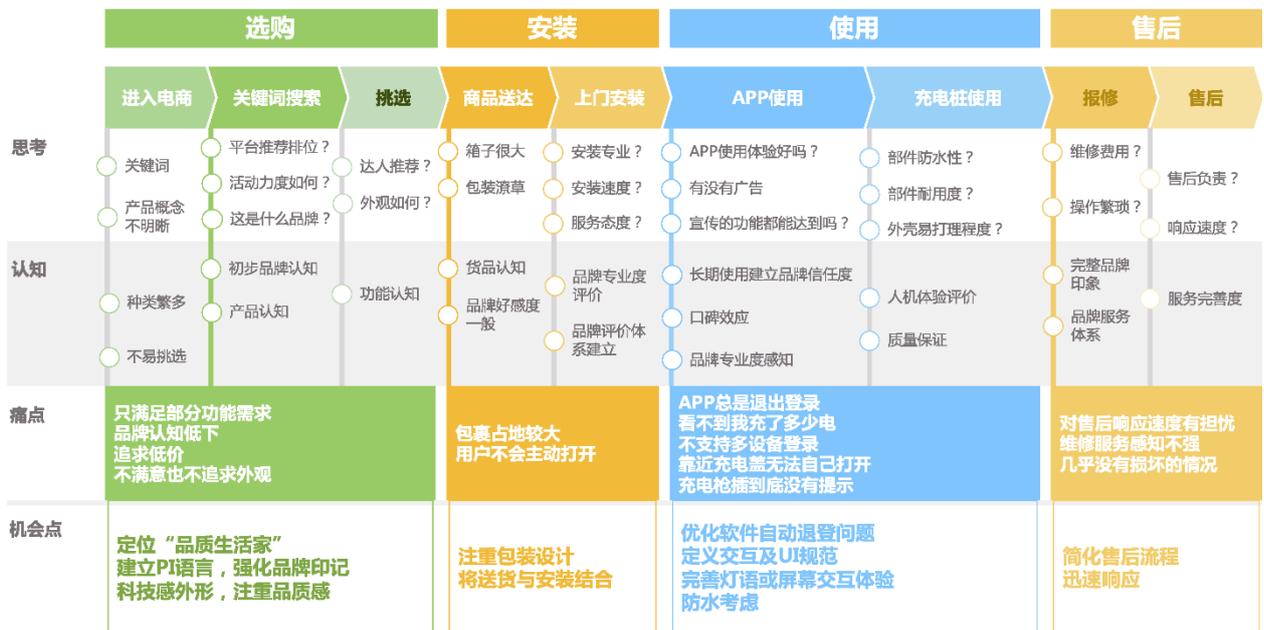


图 3 用户旅程图
Fig.3 User journey map

2.2.1 产品设计策略

通过研究市面现有的常见充电桩，邀请 10 位领域内的专家对 4 家知名品牌的充电桩，从产品设计审查、低能耗材料、材料使用、生产技术、分配系统、使用过程中的能耗、初始寿命和报废系统 8 个方面进行打分，探索传统充电桩的痛点并绘制可持续雷达图^[17]，见图 4。

据图 4 可知，4 家知名品牌的在材料使用方面存在可持续性方面的改进空间。为设计出更符合可持续发展原则的新能源充电桩，设计者需要针对材料使用方面进行重点关注和优化。在材料选择方面，应优先选择可再生材料或回收材料，以减少对有限资源的消耗和环境的负担，例如利用可再生能源生产的塑料、金属和其他组件，以及采用回收材料制成的外壳和配件。在材料使用效率方面，则需要优化设计和工艺流程，以减少材料的浪费和过度使用。通过精确的材料量计算和优化的制造过程，可以最大限度地降低材料的浪费，并确保每个组件和部件都得到有效利用，以达到减少原材料的需求，降低生产成本，并减少废弃物的产生的目的。

除此之外，充电桩的耐久性和可维修性也是可持续设计的关键考虑因素。选择耐用的材料和组件，确保充电桩能够经受长时间的使用和恶劣的环境条件。同时，设计易于维修和更换的部件，以降低维修成本并延长产品寿命。

外观和可视性也应被纳入考虑。通过选择具有良好视觉效果和触感材料，不仅可以提高充电桩的美观性，而且为用户提供更愉悦的使用体验。

在优化交互体验方面，设计者需要使用直观的界

面设计，简化操作流程，并提供明确的反馈和指导，使用户能够轻松理解和使用充电桩；同时结合智能技术，如语音识别和人机交互技术，为用户提供更智能化的充电体验；在充电桩周边设置信息展示屏或应用程序，向用户展示相关的环保知识、能源消耗情况等，以引导用户形成节能减排的行为习惯。

此外，可以提供充电桩使用情况的实时监测功能，让用户了解充电效率和能源利用情况。结合智能技术和物联网技术，实现远程监控和管理，提供个性化的充电建议和服务。

2.2.2 服务系统设计策略

在新能源充电服务系统的设计过程中，以服务蓝图为设计工具，找寻服务过程中用户和服务提供者之间的触点，以此对充电桩服务过程进行改良。服务蓝图（见图 5）从不同触点出发，探索流程阶段中的可见部分及隐藏部分，为充电桩服务系统设计提供清晰的规划。本研究根据调研将流程规划为选购、安装、使用和售后 4 个服务阶段。其中，选购阶段侧重于产品信息的传达及提高用户的购买意愿；安装和售后阶段侧重于提升用户体验，营造品牌形象；使用阶段则侧重于功能的完善和良好的交互体验。

3 可持续在新能源充电系统设计的应用

基于上述 DfS 方法的新能源充电服务系统优化策略，木马设计集团设计研发团队为擎达科技设计出一款新能源充电产品，以推动充电系统的自动化、智能化、网联化和共享化深度融合，实现城市交通体系的智慧化发展。

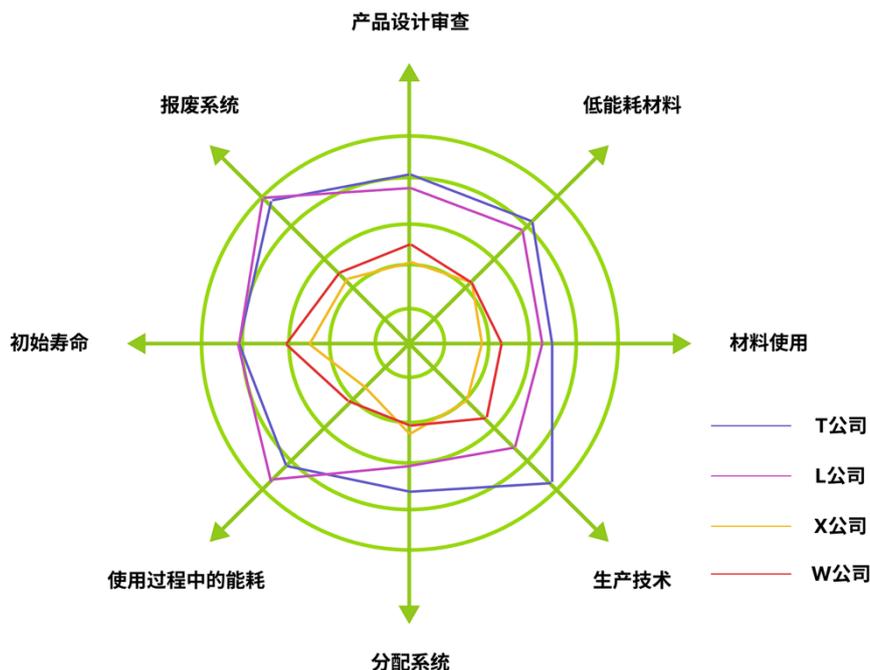


图 4 可持续雷达图

Fig.4 Sustainability radar chart



图 5 服务蓝图
Fig.5 Service blueprint

3.1 基于 AHP 的用户需求分析

为了获得真正满足用户需求的创意, 设计团队对 300 位新能源电动汽车用户进行问卷调查, 经分析整理, 得到新能源充电系统的用户需求。以优化原则为指导框架, 将准则层的评价指标定义为外观 (A_1)、功能 (A_2)、人机 (A_3)、操作 (A_4) 和价格 (A_5) 共 5 个需求层面, 并将得到的用户需求进行归纳总结, 得到 18 个具体指标层 (a_1 - a_{18}), 见图 6。

在此基础上, 设计团队运用 AHP 层次分析法^[30]对新能源充电系统的用户需求进行权重分析, 15 位专家以 9 个重要性等级为依据, 对新能源充电系统相关需求进行比较评价并构建相关判断矩阵, 经归一化

处理后计算对应的权重值, 并以此作为设计的依据。具体指标见表 1—6。

通过计算最大特性值和一致性比率, 以此判断矩阵的一致性^[30]可知, 一致性比率均小于 0.1, 故判断矩阵具有一致性, 权重有效, 将权重归一化处理后进行排序, 得到用户需求的优先级, 见图 7。

3.2 具体方案

木马集团设计研发团队基于 AHP 方法的分析, 以用户需求权重的优先级排序为依据, 对挚达科技新能源充电系统进行有侧重的设计, 在可持续视角下的优化思路与设计原则指导下, 完成设计方案见图 8—9。

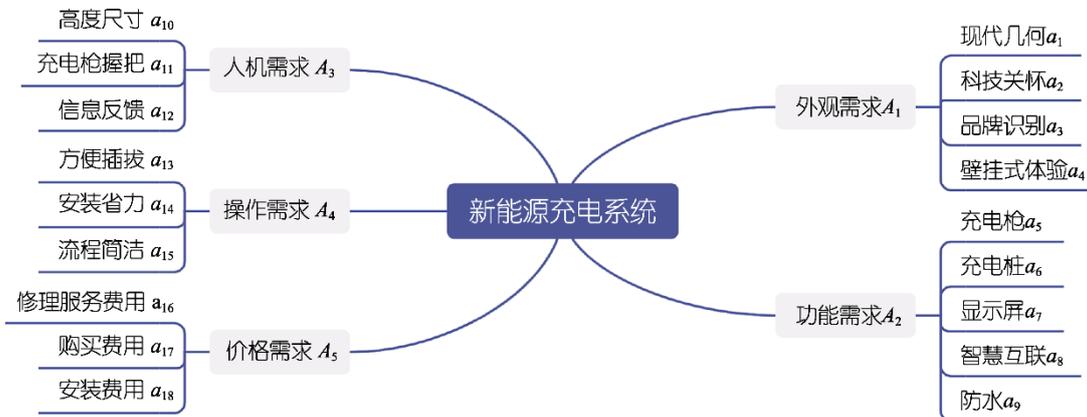


图 6 用户需求
Fig.6 User requirements

表 1 一级指标判断矩阵

Tab.1 Primary indicator judgment matrix

需求目标	外观需求	功能需求	人机需求	操作需求	价格需求	权重
外观需求	1	1/3	1	1/3	3	0.131 6
功能需求	3	1	3	3	5	0.421 6
人机需求	1	1/3	1	1/3	3	0.131 6
操作需求	3	1/3	3	1	3	0.254 3
价格需求	1/3	1/5	1/3	1/3	1	0.060 9

表 2 外观需求所属二级指标判断矩阵
Tab.2 Judgment matrix of secondary indicators of appearance requirements

外观需求	现代几何	科技关怀	品牌识别	壁挂式体验	权重
现代几何	1	1	3	3	0.364 8
科技关怀	1	1	3	3	0.364 8
品牌识别	1/3	1/3	1	3	0.171 6
壁挂式体验	1/3	1/3	1/3	1	0.098 8

表 3 功能需求所属二级指标判断矩阵
Tab.3 Judgment matrix of the secondary indicators to which the functional requirements belong

功能需求	充电枪	充电桩	显示屏	智慧互联	防水	权重
充电枪	1	1/3	3	3	3	0.246 6
充电桩	3	1	3	5	3	0.413 9
显示屏	1/3	1/3	1	3	3	0.167 8
智慧互联	1/3	1/5	1/3	1	1/3	0.060 0
防水	1/3	1/3	1/3	3	1	0.111 7

表 4 人机需求所属二级指标判断矩阵
Tab.4 Judgment matrix of the secondary indicators to which man-machine requirements belong

人机需求	高度尺寸	充电枪握把	信息反馈	权重
高度尺寸	1	3	5	0.633 4
充电枪握把	1/3	1	3	0.260 5
信息反馈	1/5	1/3	1	0.106 1

表 5 操作需求所属二级指标判断矩阵
Tab.5 Judgment matrix of secondary indicators to which operational requirements belong

操作需求	方便插拔	安装省力	流程简洁	权重
方便插拔	1	3	3	0.260 5
安装省力	1/3	1	1/5	0.106 1
流程简洁	3	5	1	0.633 4

表 6 价格需求所属二级指标判断矩阵
Tab.6 Judgment matrix of secondary indicators to which price requirements belong

价格需求	维修服务费用	购买费用	安装费用	权重
维修服务费用	1	5	3	0.633 4
购买费用	1/5	1	1/3	0.106 1
安装费用	1/3	3	1	0.260 5

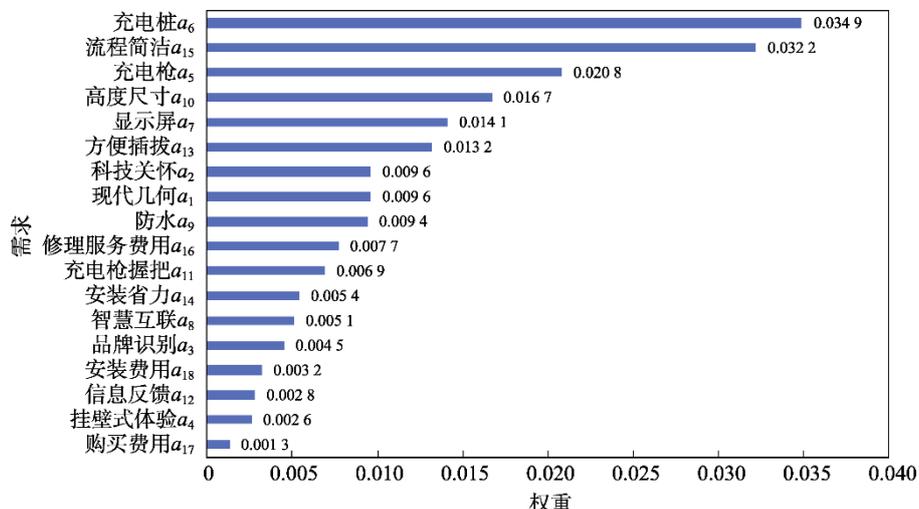


图 7 新能源充电系统用户需求权重优先级
Fig.7 User requirement weighting priority of new energy charging system

该设计方案在注重完善充电基础设施的建设的基础上, 采用极简曲面的设计风格, 尽可能减少产品的耗材。同时, 搭配循环呼吸灯光效, 蓝、红、绿三色渐变交互, 使用产品极具“温度感”和现代感; 产品表面显示屏可直观显示电量, 营造出科技感、产品感、品质感; 微笑曲线的视觉语言特征, 建立起产品的 PI 元素, 以传递挚达科技诚挚稳重的企业品牌形

象。同时, 为用户提供可持续的服务流程, 优化服务体验, 完善充电管理。选购时, 为用户提供清晰的产品展示和说明, 并提供产品配置建议和定制选项, 以增强用户的购买意愿; 安装时, 通过产品的人机尺寸研究^[31-32], 以成年男子为例, 选取人体最舒适精确的操作区作为充电桩的安装高度(见图 10), 简化安装流程, 为用户提供操作指导和安全培训; 使用时, 为



图 8 新能源充电系统效果
Fig.8 New energy charging system effect



图 9 新能源充电系统不同配色
Fig.9 New energy charging systems with different color schemes

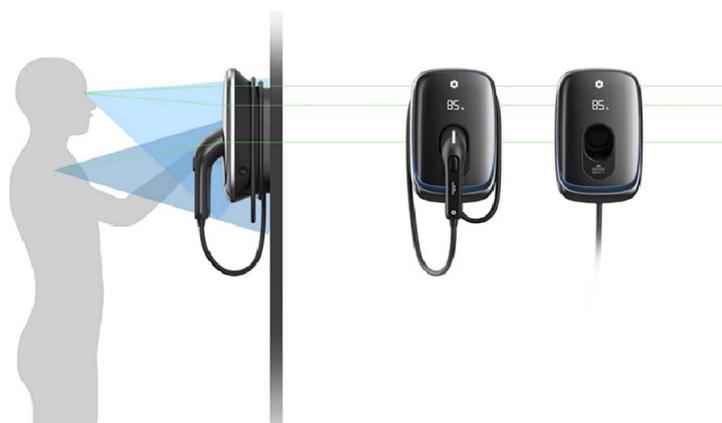


图 10 新能源充电桩人机交互
Fig.10 Human-computer interaction for new energy charging piles

用户提供友好的手机交互页面，实时监测充电状态，并及时提醒用户充电时的非可持续行为；售后方面，积极响应用户需求，迅速完成维修或升级服务，延长产品的使用寿命，提高产品的可持续性。

4 设计验证

针对以上设计方案,本研究借助可持续晴雨表^[33]

进行定量分析，以评估其可持续性表现。首先，建立新能源充电系统可持续发展评估模型，见图 11。该模型分为 2 个层次：第一层，经济与社会以及生态与环境；第二层，包括功能性、经济性、人性化、社会发展、资源保护、生态保护和环境保护，前四个指标属于经济与社会维度，后三个指标属于生态与环境维度。

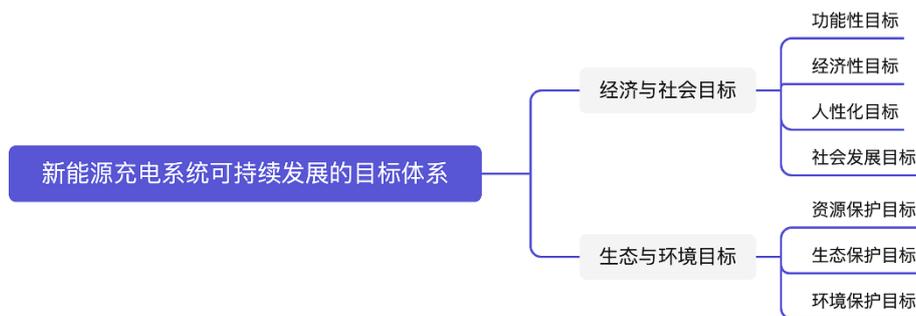


图 11 新能源充电系统可持续发展的目标体系评估模型

Fig.11 Assessment model of the target system for sustainable development of new energy charging system

本模型指标的数据通过对 5 位专家进行打分的方式获得，问卷题选项采用李克特量表，选项“1~5”分别代表“非常差”“较差”“一般”“较好”和“非常好”。基于问卷设计情况，建立新能源充电系统可持续发展的晴雨表评价模型，其中划分为 5 个等级，即可持续、潜在可持续、中间段、潜在不可持续和不可持续。

根据数据分析结果，得出“经济与社会目标”分值为 3.10，“生态与环境目标”分值为 3.93，据此画出新能源充电系统的可持续性晴雨表，见图 12。如图 12 可知，该设计方案目前处于潜在可持续发展水平。其中，“经济与社会目标”和“生态与环境目标”所处可持续性水平相当，并倾向于向可持续状态发展。

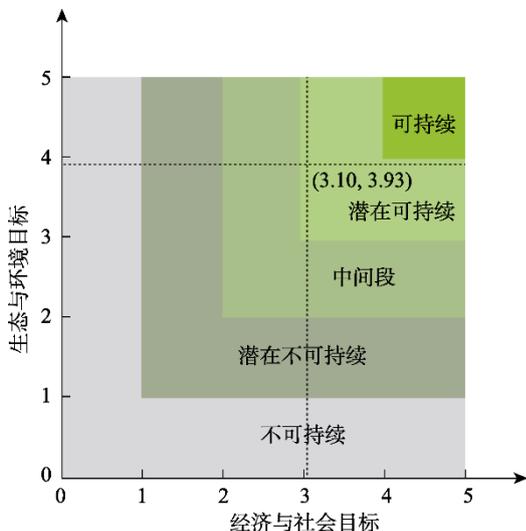


图 12 新能源充电系统的可持续性晴雨表
Fig.12 BTS for new energy charging systems

5 结语

本论文以可持续设计的视角，研究了新能源充电系统在共享电动汽车快速普及背景下的问题和解决方案。通过综合国内外研究现状的文献综述，并运用“DfS”方法，提出了新能源充电服务系统优化策略，为共享电动汽车的充电问题提供了智慧化解决方案。此策略将推动充电系统的自动化、智能化、网联化和共享化深度融合，实现城市交通体系的智慧化发展。然而，未来的研究仍需关注充电基础设施的布局规划、充电技术的创新和智能化管理系统的研发，以应对新能源汽车快速普及的挑战和需求。

参考文献：

[1] 赵世佳, 赵福全, 郝瀚, 等. 中国新能源汽车充电基础设施发展现状与应对策略[J]. 中国科技论坛, 2017(10): 97-104.
ZHAO Shi-jia, ZHAO Fu-quan, HAO Han, et al. The Current Situation and Countermeasures in Chinese Charging Infrastructure of New Energy Vehicles[J]. Forum on Science and Technology in China, 2017(10): 97-104.

[2] 王芳, 谢荣琼, 丁浩轩. 2023 年一季度新能源汽车发展现状及形势研判[J]. 汽车工业研究, 2023(2): 2-7.
WANG Fang, XIE Rong-qiong, DING Hao-xuan. Development Status and Situation of New Energy Vehicles in the First Quarter of 2023[J]. Auto Industry Research, 2023(2): 2-7.

[3] 仇成群, 胡天云. 新能源汽车创新创业基础[M]. 南京: 南京大学出版社, 2020.

- QIU Cheng-qun, HU Tian-yun. Innovation and Entrepreneurship Foundation of New Energy Vehicles[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2020.
- [4] ZHOU Yang, QI Hua-lei, YANG Jin-yuan, et al. Two-Birds-one-Stone: Multifunctional Supercapacitors beyond Traditional Energy Storage[J]. Energy & Environmental Science, 2021, 14(4): 1854-1896.
- [5] 王欣. 大连市电动汽车充电基础设施规划探讨[J]. 规划师, 2017, 33(2): 137-144.
- WANG Xin. A Discussion on Dalian Electric Cars Charging Facilities Specialty Planning[J]. Planners, 2017, 33(2): 137-144.
- [6] 李子, 刘亮, 丁玲, 等. 基于泰森多边图的分场景充电基础设施规划[J]. 电网与清洁能源, 2023, 39(3): 131-135.
- LI Zi, LIU Liang, DING Ling, et al. Scenario-Based Charging Infrastructure Planning Based on Tyson's Multilateral Graph[J]. Power System and Clean Energy, 2023, 39(3): 131-135.
- [7] 李杰, 张江林, 贺兴家, 等. 新能源汽车无线充电技术综述[J]. 南方农机, 2022, 53(20): 41-44.
- LI Jie, ZHANG Jiang-lin, HE Xing-jia, et al. Summary of Wireless Charging Technology for New Energy Vehicles[J]. China Southern Agricultural Machinery, 2022, 53(20): 41-44.
- [8] 邓明阳, 郭应时. 电动汽车插补耦合无线充电技术的研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2021, 40(6): 130-135.
- DENG Ming-yang, GUO Ying-shi. Interpolation Coupling Wireless Charging Technology for Electric Vehicles[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2021, 40(6): 130-135.
- [9] HU A P, LIU Chao, LI H L. A Novel Contactless Battery Charging System for Soccer Playing Robot[C]//2008 15th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice. Auckland, New Zealand. IEEE, 2009: 646-650.
- [10] WU H H, GILCHRIST A, SEALY K D, et al. A High Efficiency 5 kW Inductive Charger for EVs Using Dual Side Control[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2012, 8(3): 585-595.
- [11] FU Ling-kun, CHENG Peng, GU Yu, et al. Optimal Charging in Wireless Rechargeable Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 65(1): 278-291.
- [12] COVIC G A, ELLIOTT G, STIELAU O H, et al. The Design of a Contact-less Energy Transfer System for a People Mover System[C]//PowerCon 2000.2000 International Conference on Power System Technology. Proceedings (Cat. No.00EX409). Perth, WA, Australia. IEEE, 2002: 79-84.
- [13] MUBARAK M, ÜSTER H, ABDELGHANY K, et al. Strategic Network Design and Analysis for In-Motion Wireless Charging of Electric Vehicles[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2021, 145: 102179.
- [14] 张捷, 唐强, 刘朔晗, 等. 智能电网中基于优先级的预约式电动汽车充电管理研究[J]. 计算机科学, 2022, 49(6): 55-65.
- ZHANG Jie, TANG Qiang, LIU Shuo-han, et al. Priority Based EV Charging Management under Service Reservation in Smart Grid[J]. Computer Science, 2022, 49(6): 55-65.
- [15] ROUINDEJ K, SAMADANI E, FRASER R A. CAES by Design: A User-Centered Approach to Designing Compressed Air Energy Storage (CAES) Systems for Future Electrical Grid: A Case Study for Ontario[J]. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2019, 35: 58-72.
- [16] LIU Wei-li, GONG Yue-jiao, CHEN Wei-neng, et al. Coordinated Charging Scheduling of Electric Vehicles: A Mixed-Variable Differential Evolution Approach[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2020, 21(12): 5094-5109.
- [17] DIEHL J C, CRUL M R M, RYAN C. Design for Sustainability: A Step-by-Step Approach[M]. Nairobi: United Nations Environment Program, 2009.
- [18] CHICK A, MICKLETHWAITE P. Design for Sustainable Change: How Design and Designers Can Drive the Sustainability Agenda: Required Reading Range Course Reader[M]. Melbourne: AVA Academia, 2011.
- [19] GAZIULUSOY A I, BREZET H. Design for System Innovations and Transitions: A Conceptual Framework Integrating Insights from Sustainability Science and Theories of System Innovations and Transitions[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 108: 558-568.
- [20] CESCHIN F, GAZIULUSOY I. Evolution of Design for Sustainability: From Product Design to Design for System Innovations and Transitions[J]. Design Studies, 2016, 47: 118-163.
- [21] CUCUZZELLA C. Creativity, Sustainable Design and Risk Management[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 135: 1548-1558.
- [22] BATTISTONI C, GIRALDO NOHRA C, BARBERO S. A Systemic Design Method to Approach Future Complex Scenarios and Research towards Sustainability: A Holistic Diagnosis Tool[J]. Sustainability, 2019, 11(16): 4458.
- [23] GAZIULUSOY İ, ERDOĞAN ÖZTEKİN E. Design for Sustainability Transitions: Origins, Attitudes and Future Directions[J]. Sustainability, 2019, 11(13): 3601.
- [24] HAKIO K, MATTELMÄKI T. Future Skills of Design for Sustainability: An Awareness-Based Co-Creation Approach[J]. Sustainability, 2019, 11(19): 5247.
- [25] ZHAN Xiao-fang, WALKER S. Craft as Leverage for Sustainable Design Transformation: A Theoretical Foundation[J]. The Design Journal, 2019, 22(4): 483-503.