

基于用户体验的电动滑板车设计研究

陈治灸¹, 陈洋¹, 李倩倩¹, 陈治町²

(1.贵州大学 机械工程学院, 贵阳 550025; 2.黑龙江东方学院, 哈尔滨 150100)

摘要: **目的** 为电动滑板车的设计提供理论依据, 提升电动滑板车的设计水平以及用户体验舒适度。**方法** 对电动滑板车用户人群进行用户体验问卷调查分析, 提炼出典型用户体验要素。并基于 SPSS 软件对调查所得数据进行主成分因子分析, 根据相关性大小将用户体验要素分组并根据每组特点命名, 每组变量代表一个基本结构, 基本结构称为公因子。计算公因子指标权重与综合模型中的系数, 解释多变量的方差贡献。**结果** 根据分析得到电动滑板车用户体验要素特征分类及各要素权重分配, 并结合用户需求分析与确定电动滑板车改进方向与要素, 以此进行电动滑板车的设计。**结论** 对优化后的电动滑板车设计方案进行用户满意度任务测试, 结果表明用户满意度得到明显提升, 验证了此方法能够应用于电动滑板车的设计研究。

关键词: 用户体验; 电动滑板车设计; 主成分分析; 用户需求

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)18-0207-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.18.026

Design of Electric Scooter Based on User Experience

CHEN Zhi-jiu¹, CHEN Yang¹, LI Qian-qian¹, CHEN Zhi-ding²

(1.School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2.East University of Heilongjiang, Harbin 150100, China)

ABSTRACT: The paper aims to provide a theoretical basis for the design of electric scooters, improve the design level and user experience comfort of electric scooters. A user experience questionnaire analysis of the electric scooter users was conducted to extract typical user experience elements. Based on the SPSS software, the principal component factor analysis was carried out on the surveyed data. The user experience elements were grouped according to the correlation degree and named according to characteristics of each group. Each group of variables represented a basic structure, which was called common factor. The weights of the common factor indicators and the coefficients in the comprehensive model were calculated, and the variance contribution of the multivariate was explained. According to the analysis, the characteristics of the user experience elements of the electric scooter and the weight distribution of each element were obtained. Combined with the analysis of user requirements, the direction and elements of the electric scooter need to be optimized were determined, and the optimal design of the electric scooter was carried out. The user satisfaction task test of the optimized electric scooter design scheme is carried out. The test results show that the user satisfaction is significantly improved, and the method can be used to optimize the design of electric scooter.

KEY WORDS: user experience; electric scooter design; principal component analysis; user requirements

随着人们生活水平逐步提高, 自身需求得到了一定程度的满足。生活水平决定购买力, 购买力促进社会与科技的发展。当下, 各种各样的代步工具随处可

见, 并且种类越来越丰富, 电动滑板车作为一种新型代步工具由此诞生。电动滑板车最近几年才普遍出现在国内大众视野中, 尚且处于起步阶段, 以其绿色环

收稿日期: 2020-06-14

作者简介: 陈治灸(1995—), 女, 贵州人, 贵州大学机械工程学院硕士生, 主攻产品创新设计。

通信作者: 陈洋(1973—), 男, 贵州人, 贵州大学机械工程学院副教授, 主要研究方向为产品创新设计、交互设计。

保、便于携带、操纵简洁、速度快等优点,在代步工具中占据一定地位。但仍存在许多问题,尤其是在人机交互方面需要改进优化^[1]。而用户体验设计则是通过改善和优化用户与产品的交互过程,从而提升用户的满意度。本文旨在以用户体验研究为核心,结合用户需求及任务转化,指导电动滑板车的可用性设计,对电动滑板车进行改进设计。

1 电动滑板车现状分析

对当下国内外现有电动滑板车的功能层面进行分析,根据有无座椅分为以下两类:有座椅类和无座椅类;根据承载空间的大小,分为单人类和双人类;根据能否折叠,分为折叠类和不可折叠类。与功能层面多样化不同的是,电动滑板车外观造型上大同小异,结构单调乏味,一味追求速度而忽略了安全与舒适性^[2]。另外,现有电动滑板车在人机交互方面比较薄弱,车载信息载体主要是LED显示屏,多用以显示电量、速度、距离等基本信息。另一类则是通过在手机端安装APP达到了解电动滑板车基本信息的目的。对于电动滑板车车载信息系统的分析设计还不够完善,在人机交互与界面交互方面,用户需求得不到较好的满足。为提高用户体验,应对电动滑板车进行研究与优化设计。

2 用户体验研究

2.1 用户体验概述

用户体验五要素由上到下,由具体到抽象分别是表现层、框架层、结构层、范围层和战略层,而用户体验设计是自下而上地进行建设,每一层的建立由下一层决定^[3]。由此可见,最底层战略层的建立显得尤为重要,最底层(战略层)的建立包括用户需求与产品目标两个方面。通过研究分析发现,两者之间存在的一定联系,用户需求与产品目标关系见图1。用户需求体现在多方面、多层次,结合实际与马斯洛需求模型将用户需求分为三个层面,分别是物理层面、生理层面和主观情感层面。根据用户对产品的要求将用户需求与产品目标联系起来,用户需求是产品目标实现的基础,产品目标的实现是用户需求得到满足的最终体现。根据用户需求层次,产品目标可分为:

(1) 基本型目标,满足用户基本使用需求,用户满

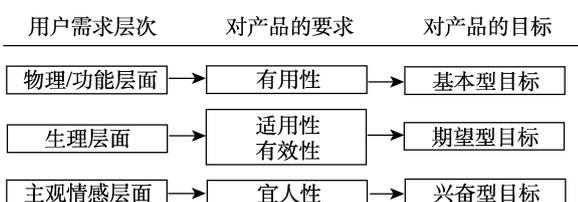


图1 用户需求与产品目标关系

Fig.1 Relationship between user demands and product targets

意度较高;(2)期望型目标,产品具有一定创新点,但仍有不足,用户满意度一般低于基本型目标;(3)兴奋型目标,具有高附加值或高性能,由于市场份额较小,研究开发不足,用户满意度低。

2.2 用户体验调查

根据访问分析电动滑板车用户的使用体验,并结合电动滑板车自身特点,提取出两类用户体验要素,第一类提取于用户对电动滑板车自身性能的体验感受,第二类提炼于用户对操作界面的体验感受,具体用户体验要素见表1。并建立总用户样本,样本总人数二百一十人,年龄分布在16~50岁,男女比为6:5,其中专业研究员八人,有足够经验用户三十人,一般经验用户一百三十人,无经验用户四十二人,调查获得有效问卷一百六十一份。用户体验调查采用线上线问卷调查法,并以Likert五级量表作为影响电动滑板车使用因素的评价标准,分为非常满意、比较满意、一般满意、不大满意和很不满意,共五级态度,并依次赋值为5,4,3,2,1^[4],让体验者对十五个最能代表电动滑板车的用户体验要素打分。

表1中,序号01~11属于第一类用户体验要素,序号12~15是第二类用户体验要素。可乘坐空间充足要素的关键点在于用户可驾驶电动滑板车的空间范围在整车中的比例,讲究合理性;体量大小要素是指电动滑板车整车的体积与重量;操作简单易学要素的重点在于用户直接对电动滑板车车体的基本操作(如方向改变、刹车等);界面可操作性要素是指用户对界面的操作。

2.3 调查数据分析

将十五个用户体验要素依次命名为 A_1 — A_{15} ,以现有电动滑板车为测试对象,根据问卷调查数据统计得到该电动滑板车用户体验要素满意度评分,由SPSS软件分析得到满意度均值^[5]。电动滑板车用户体验要素满意度均值见表2。

调研分析结果以Likert五级量表作为参照,显示电动滑板车用户体验要素满意度在3.28~3.82,说明电动滑板车用户体验满意度不太理想。由此可见,

表1 典型用户体验要素

Tab.1 Typical user experience elements

序号	用户体验要素描述	序号	用户体验要素描述
01	续航性能	09	操作简单易学
02	防盗性能	10	外观造型
03	减震性能	11	体量大小
04	安全性能	12	界面可操作性
05	可折叠/收缩	13	界面功能可视性
06	舒适性	14	信息架构逻辑性
07	可乘坐空间	15	界面元素一致性
08	多功能		

表 2 电动滑板车用户体验要素满意度均值
Tab.2 Average satisfaction degree of electric scooter user experience factor

因素	满意度	因素	满意度	因素	满意度
A ₁	3.71	A ₆	3.63	A ₁₁	3.77
A ₂	3.67	A ₇	3.28	A ₁₂	3.51
A ₃	3.67	A ₈	3.52	A ₁₃	3.43
A ₄	3.62	A ₉	3.81	A ₁₄	3.46
A ₅	3.82	A ₁₀	3.54	A ₁₅	3.42

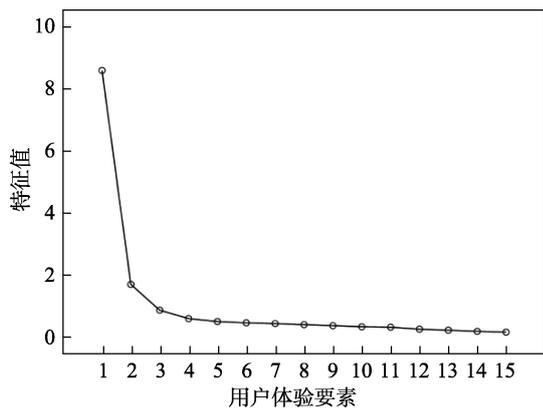


图 2 SPSS 碎石图
Fig.2 SPSS gravel map

电动滑板车设计有一定的提升与优化空间。

采用 SPSS 软件对问卷数据进行综合分析，结果显示 KMO 值为 0.932 (>0.7)，适合因子分析^[6]。因子分析的过程：通过主成分分析法进行公因子提取，SPSS 碎石图见图 2，其中两个特征值大于 1，考虑提取两个因子，但通过分析公因子方差图，减震性能、

便于携带、体量大小三个变量的信息丢失较为严重。因此，综合分析决定提取三个因子。

通过方差极大法对因子载荷矩阵实行正交旋转以使因子具有命名解释性，对于每一个变量，相应因子的载荷取值>0.5^[7]。根据数据分析结果并结合图 1 将联系较为密切的变量归为一类，因子 1 支配 A₁, A₂, A₃, A₄, A₆，包括续航性能，防盗性能等变量，将其命名为基本型目标。因子 2 支配 A₇, A₈, A₁₀, A₁₂, A₁₃, A₁₄, A₁₅，包括可乘坐空间、多功能、外观造型、界面可操作性等变量，将其命名为兴奋型目标。因子 3 支配 A₅, A₉, A₁₁，包括便于携带、操作简单易学、体量大小三个变量，将其命名为期望型目标。用户体验要素因子分析见表 3。

2.4 因子指标权重计算

各指标权重计算采用主成分分析方法，需获得指标在各主成分线性组合中的系数及主成分的方差贡献率，并将指标权重进行归一化^[8]。其中初始因子载荷数与解释总方差特征根满足式(1)给出的关系，可得到指标在线性组合中的系数。

$$u_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\lambda_j}} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b) \quad (1)$$

上式中： u_{ij} 表示第 i 个指标的第 j 个变量在线性组合中的系数； f_{ij} 表示初始因子载荷数； λ_j 表示解释总方差的特征根； a 表示指标个数； b 表示主成分个数。

将式(1)中 u_{ij} 值代入式(2)，可计算出各要素在各因子中的综合值。

$$v_i = \sum_{j=1}^b u_i * p_{ij} \quad (2)$$

表 3 用户体验要素因子分析
Tab.3 User experience factor analysis

用户体验要素	初始因子载荷矩阵			总方差解释 (初始特征值)		
	因子 1	因子 2	因子 3	特征根	方差百分比	累积/%
续航性能 (A ₁)	0.193	0.709	0.396	9.559	53.105	53.105
防盗性能 (A ₂)	0.297	0.717	0.295	2.67	14.836	67.941
减震性能 (A ₃)	0.281	0.759	0.153	1.84	10.222	78.163
安全性能 (A ₄)	0.205	0.803	0.248	0.57	3.165	81.329
可折叠/收缩 (A ₅)	0.176	0.287	0.812	0.476	2.645	83.974
舒适性 (A ₆)	0.514	0.503	0.349	0.435	2.414	86.388
可乘坐空间 (A ₇)	0.721	0.447	0.131	0.41	2.279	88.667
多功能 (A ₈)	0.844	0.237	0.073	0.376	2.088	90.755
操作简单易学 (A ₉)	0.230	0.342	0.779	0.343	1.905	92.66
外观造型 (A ₁₀)	0.833	0.139	0.151	0.308	1.711	94.371
体量大小 (A ₁₁)	0.388	0.254	0.647	0.294	1.631	96.002
界面可操作性 (A ₁₂)	0.815	0.258	0.21	0.23	1.276	97.278
界面功能可视性 (A ₁₃)	0.795	0.235	0.291	0.197	1.095	98.373
信息架构逻辑性 (A ₁₄)	0.811	0.243	0.332	0.158	0.879	99.251
界面元素一致性 (A ₁₅)	0.815	0.222	0.319	0.135	0.749	100

式(2)中: v_i 表示单个要素在各因子中的得分综合值; P_{ij} 表示表 3 中三个因子的方差。在此基础上, 计算各要素在综合得分模型中的系数。

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^a v_i} \quad (3)$$

式(3)中: w_i 表示综合得分模型中的系数。

根据指标权重算法, 将表 2 中的值代入式(1)至式(3)。如续航性能 (A_1) 的线性组合中的系数为 $0.193/\sqrt{9.559} \approx 0.062$ 。

续航性能 (A_1) 综合模型中的系数为:

$$\frac{0.062 * 53.105 + 0.220 * 14.836 + 0.128 * 10.222}{53.105 + 14.836 + 10.222} \approx 0.144$$

同理, 可知其他各体验要素线性组合中的系数值与综合得分模型中的系数值^[9]。对综合模型中各要素系数进行归一化分析, 得到电动滑板车用户体验要素权重值, 见表 4。分析结果表明, 用户对现有电动滑板车的期望型目标与兴奋型目标两个方面具有较高的关注度, 并且兴奋型目标是三种目标满意度最低的。由此对兴奋型目标进行综合分析, 在兴奋型目标公因子中, 界面可操作性、界面功能可视性、信息架构逻辑性和界面元素一致性四项界面要素满意度最低, 且权重值最高, 说明电动滑板车界面设计方面的用户需求还未得到较好的满足, 有很大的提升与改进空间。兴奋型目标公因子的另外两个变量, 即外观造型和功能结构, 在满意度和权重值数据上紧随前四项界面要素, 可见在电动滑板车在外观造型与功能结构上也有可优化完善之处, 但其用户需求优先级次于界面设计。

3 电动滑板车改进设计方案

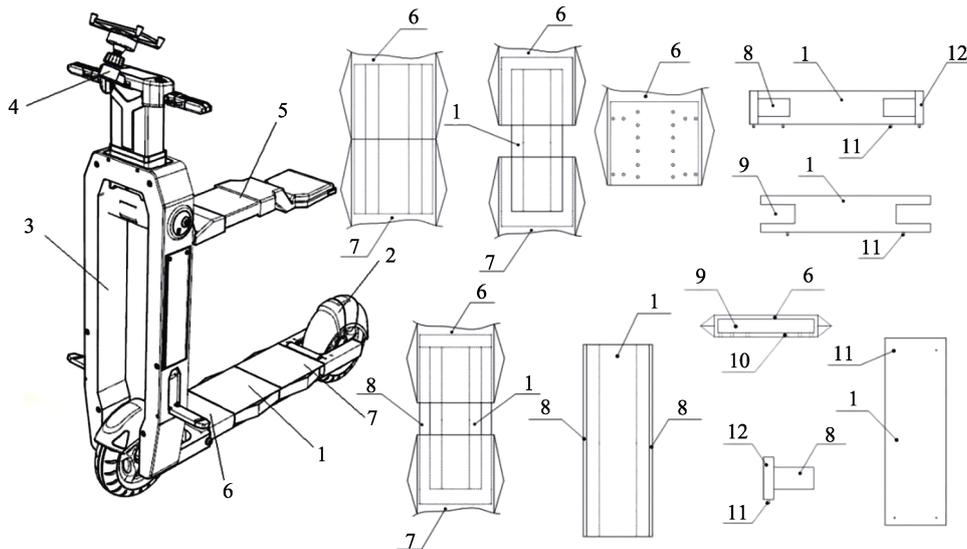
针对用户体验研究调查结果, 提出此电动滑板车的设计以重新设计定义用户界面为主, 优化电动滑板车整体外观造型与功能结构为辅。运用现代设计理念来处理造型与色彩、形式与功能、产品与人、环境和市场的关系, 并将这些关系统一表现在产品的设计上, 达到人、机(产品)、环境的和谐统一。

3.1 功能结构优化

根据调研分析结果可知, 用户界面设计应是此次电动滑板车设计的首要任务。然而用户界面应是基于滑板车功能结构设计的再设计, 且电动滑板车是功能型产品, 因此功能的实现优先于用户界面与外观造型设计^[10]。针对调研分析结果提出的电动滑板车功能结构优化, 提出了用户体验模式多样化的概念, 即提供用户模式多种选择, 具体有: 双人与单人、站与坐等模式。为了满足以上需求, 踏板与坐垫板的结构设计成可调节, 即踏板包括中间踏板部、前端壳体部和后端壳体部, 前端壳体部上配套设置有适于容纳中间踏板部前端的前端滑移腔, 后端壳体部上配套设置有适于容纳中间踏板部后端的后端滑移腔, 中间踏板部前后两端分别可拆卸安装在前端滑移腔和后端滑移腔内, 通过调节前端壳体部、后端壳体部与中间踏板安装的相对距离来改变踏板的长度, 具体结构见图 3; 坐垫板结构与踏板原理一致。通过调节踏板与坐垫板的长度及宽度, 从而满足不同个体及数量的乘坐要求, 提高乘坐的舒适性。

表 4 用户体验要素权重系数
Tab.4 Weight coefficient of user experience element

用户体验要素	线性组合中的系数			综合模型中的系数	权重值
	因子 1	因子 2	因子 3		
续航性能 (A_1)	0.062	0.229	0.128	0.144	0.011
防盗性能 (A_2)	0.181	0.439	0.181	0.230	0.018
减震性能 (A_3)	0.207	0.560	0.113	0.205	0.016
安全性能 (A_4)	0.272	1.064	0.328	0.430	0.034
可折叠/收缩 (A_5)	0.255	0.416	1.177	0.484	0.038
舒适性 (A_6)	0.779	0.762	0.529	0.743	0.059
可乘坐空间 (A_7)	1.127	0.698	0.205	0.925	0.073
多功能 (A_8)	1.377	0.387	0.119	1.025	0.081
操作简单易学 (A_9)	0.392	0.584	1.329	0.551	0.044
外观造型 (A_{10})	1.504	0.251	0.273	1.105	0.087
体量大小 (A_{11})	0.716	0.469	1.194	0.732	0.058
界面可操作性 (A_{12})	1.698	0.538	0.438	1.313	0.104
界面功能可视性 (A_{13})	1.791	0.529	0.655	1.403	0.111
信息架构逻辑性 (A_{14})	2.042	0.612	0.836	1.639	0.129
界面元素一致性 (A_{15})	2.221	0.605	0.869	1.737	0.137



注：1 踏板，2 车轮，3 前叉架，4 操纵组件，5 坐垫板，6 前端壳体部，7 后端壳体部，8 踏板拓宽部，9 滑移腔，10 第一锁紧孔，11 第一弹性帽扣，12 第一滑移部

图 3 电动滑板车具体结构
Fig.3 Structure diagram of electric scooter

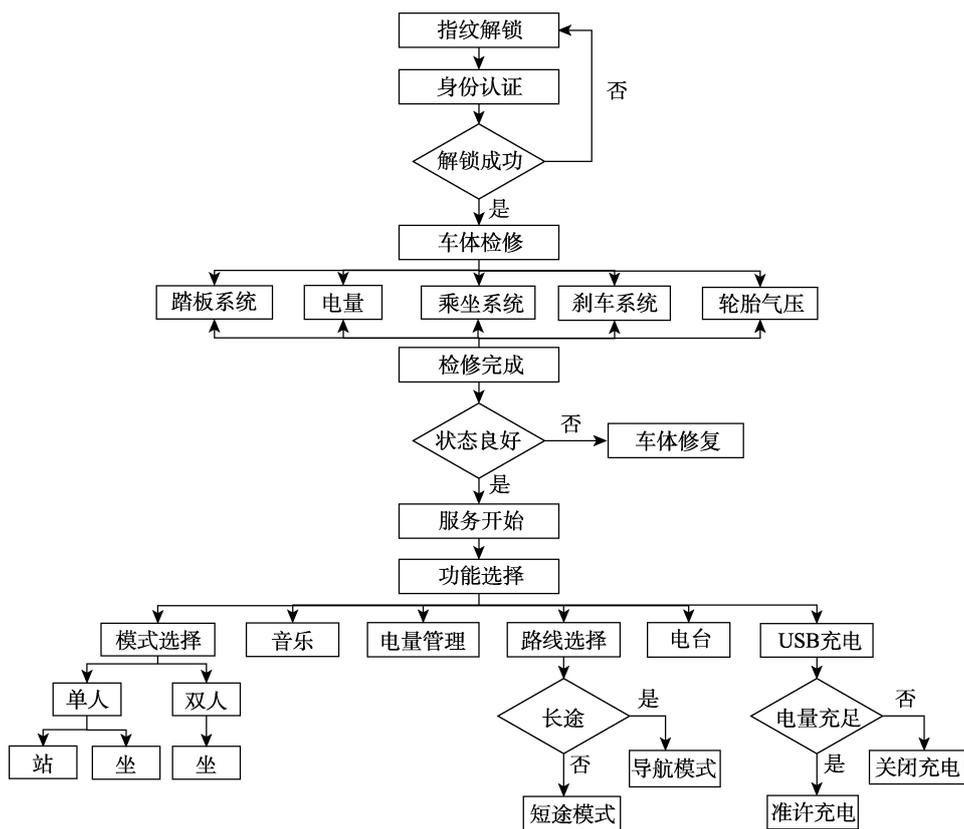


图 4 用户交互流程
Fig.4 Flow chart of user interaction

3.2 用户界面设计

由上述可知，用户界面设计是此电动滑板车设计的重点。用户界面最基本的效能是具备功效性和实用性^[11]，即用户体验调查提到的界面可操作性，信息架构逻辑性等，并将信息快速地传达给用户，这是交互界面存在的根本。然而由于用户的常识程度和文化背

景具备差异性，界面设计应当更国际化，客观地传递计划需要传达的信息。因此根据用户需求与具体实际相结合，拟定用户交互流程^[12]，见图 4。

此电动滑板车界面设计主要以功能实现、可操作、信息架构为主，并统一界面风格与元素，以满足用户需求，提高用户满意度。主要包括以下几个方面：

(1) 开机界面, 指纹解锁, 进行身份验证; (2) 过渡界面, 解锁界面与主界面的过渡页, 主要显示滑板车的所剩电量和能够行驶的路程; (3) 主界面, 主要由几个功能选择键组成, 例如“车体检修”、“模式选择”等, 选择其中一个功能, 会跳转到相应功能的子界面。操作界面见图 5。

3.3 外观造型及个性化

在满足功能的情况下优化外形, 使其有别于一般电动滑板车, 避免简单的功能外化形式^[10]。以几何体作为整车的主体造型, 线条简洁、有力, 整体采用深色, 在局部加入黄色, 达到对比的效果。车头设计的主要亮点在于, 大灯的外形采用字母“Y”形, 当左转向灯开启时, “Y”左半部分亮起, 右转向灯同理。开启大灯时, “Y”型大灯整个发亮, 且颜色与转向灯颜色不同, 大灯为白色, 转向灯为暖色。由于踏板设有扩展结构, 所以电池安放位置设在车身主体左右两边, 可以根据需要取出电池充电, 亦可更换备用电池。整体及细节见图 6。

4 用户体验满意度检验

由调研结果可知, 电动滑板车界面体验类要素满意度最低, 且结合现实因素, 遂决定对四项界面体验要素验证用户对方案的满意度, 进行用户任务测试。从总样本人群中抽取八十人, 测试年龄在 20~55 岁, 男女比例为 5 : 4, 被测试人均未参与过相同性质的可用性测试, 均有使用智能设备的经验。测试任务为以下几个流程: 指纹解锁、身份认证、车体检修、服务开始、功能选择、路线选择、设定完成、正式起步。测试完成后, 对各项用户界面体验要素进行满意度评分, 依据 Likert 五级量表法评分, 优化后的电动滑板车用户界面体验要素满意度均值见图 5。可得各要素满意度均值在 4.66 到 4.89, 与表 2 数据相比, 界面元素一致性的用户满意度提高幅度最大。改进后的设计方案在确保界面功能的基础上, 界面元素一致性与信息架构逻辑性用户满意度得到了一定的提高, 改进效果明显。



图 5 操作界面

Fig.5 Operation interface



图 6 整体及细节

Fig.6 Overall and detail

表5 优化后的电动滑板车用户界面体验要素满意度均值
Tab.5 Average satisfaction degree of optimized user interface experience factor of electric scooter

因素	满意度	因素	满意度
A_{12}	4.75	A_{14}	4.71
A_{13}	4.73	A_{15}	4.89

5 结语

通过电动滑板车的用户体验调研,将用户体验要素以及各要素权重分配通过 SPSS 因子分析提取出来,并将结论运用于电动滑板车设计中,以滑板车功能完善为基础,对用户界面重新定义与再设计,同时结合相关结构优化外观造型,以满足用户需求,提高用户满意度。用户满意度测试与之前数据相比,满意度得到一定程度的提高,用户需求得到满足。说明该设计方法可适用于相关产品类或者相关人机界面交互设计,具有一定的指导作用与理论基础。然而,由于调查对象的自我意识与主观性,并且对各体验要素的理解存在差异性,所以今后须对用户体验调查数据进行深度量化分析和研究,发掘影响电动滑板车用户体验的更深层次要素。

参考文献:

- [1] 黄志东, 杜运普, 刘硕, 等. 一种新型便携式多功能滑板车的设计与实验[J]. 机械设计与研究, 2015, 31(1): 139-141.
HUANG Zhi-dong, DU Yun-pu, LIU Shuo, et al. Design and Experiment of a New Portable Multifunctional Scooter[J]. Machinery Design and Research, 2015, 31(1): 139-141.
- [2] 周小军, 杨勤. 基于 QFD 的产品两次创新设计方法[J]. 图学学报, 2016, 37(3): 394-399.
ZHOU Xiao-jun, YANG Qin. Two Innovative Design Methods for Products Based on QFD[J]. Journal of Graphics, 2016, 37(3): 394-399.
- [3] 吴春茂, 李沛. 用户体验地图与触点信息分析模型构建[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 172-176.
WU Chun-mao, LI Pei. User Experience Map and Contact Information Analysis Model Construction[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 172-176.
- [4] ROBERTSON J. Likert-type Scales, Statistical Methods, and Effect Sizes[J]. Communications of the ACM, 2012, 55(5): 6-7.
- [5] 张红坡. SPSS 统计分析实用宝典[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
ZHANG Hong-po. SPSS Statistical Analysis Practical Collection[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012.
- [6] 钟金文. 移动应用可用性计算模型[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
ZHONG Jin-wen. Mobile Application Usability Calculation Model[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [7] PARK J, HAN S H, KIM H K, et al. Developing Elements of User Experience for Mobile Phones and Services: Survey, Interview, and Observation Approaches[J]. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 2013, 23(4): 279-293.
- [8] 鲍学英, 李海连, 王起才. 基于灰色关联分析和主成分分析组合权重的确定方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(9): 129-134.
BAO Xue-ying, LI Hai-lian, WANG Qi-cai. Study on the Method of Determining Combined Weights Based on Grey Relational Analysis and Principal Component Analysis[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016, 46(9): 129-134.
- [9] 秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
QIN Shou-kang. Principles and Applications of Comprehensive Evaluation[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [10] 傅晓云, 李玮, 吴剑锋. 应用感性工学的老年人电动代步车车身造型设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 59-62.
FU Xiao-yun, LI Wei, WU Jian-feng. Research on the Design of the Body of the Electric Scooter for the Elderly Using Perceptual Engineering[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 59-62.
- [11] 孙博文, 杨建明, 孙远波. 汽车人机交互界面层级设计研究[J]. 机械设计, 2019, 36(2): 121-125.
SUN Bo-wen, YANG Jian-ming, SUN Yuan-bo. Research on Hierarchical Design of Human-Computer Interaction Interface in Automobile[J]. Mechanical Design, 2019, 36(2): 121-125.
- [12] 覃京燕. 人工智能对交互设计的影响研究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 27-31.
QIN Jing-yan. Study on the Influence of Artificial Intelligence on Interaction Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 27-31.