

# 基于情感分析的汽车造型设计感性评价方法

孔德洋, 黄偲蕊, 麻殊捷

(同济大学 汽车学院, 上海 201804)

**摘要:** 针对分析用户感性评价时出现的数据采集范围不够广、成本高、数据准确性低、非结构化数据利用率低等问题, 提出一种基于情感分析的工业设计感性评价方法, 以纯电动汽车为例, 构建电动汽车造型感性意象的预测模型。首先基于情感分析量化用户的主观评论, 获得感性意象评分, 然后针对纯电动汽车的造型特征, 提取了与传统内燃机汽车存在差异的主要设计要素, 最后通过数量化理论 I 建立感性意象评分与设计要素的映射模型。以电动汽车设计方案优化为例, 证明了该方法的可行性, 预测结果的相对误差为 5.41%。该方法符合用户的主观认知, 能够有效预测用户对方案的感性评价, 从而辅助设计师根据感性评价优化产品设计, 具有实际应用价值。

**关键词:** 工业设计; 汽车造型; 情感分析; 数量化理论 I; 感性工学; 电动汽车

中图分类号: TB472; TP391. 1

文献标志码: A

traditional internal combustion engine vehicles are extracted. Finally, the mapping model between perceptual image score and design elements is established through quantitative-I theory. Taking the optimization of electric vehicle design scheme as an example, the feasibility of this method is proved, and the relative error of the prediction result is 5.41%. This method conforms to the user's subjective cognition and can effectively predict the user's perceptual evaluation of the scheme, so as to assist the designer to optimize the product design according to the perceptual evaluation. It has practical application value.

**Key words:** industrial design; car styling; sentiment analysis; quantification-I theory; Kansei engineering; electric vehicle

## Perceptual Evaluation Method of Automobile Styling Design Based on Sentiment Analysis

KONG Deyang, HUANG Sirui, MA Shujie

(School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of insufficient data collection range, high cost, low data accuracy and low utilization rate of unstructured data when analyzing user perceptual evaluation, a perceptual evaluation method of industrial design based on sentiment analysis was proposed. Taking battery electric vehicle as an example, the prediction model of perceptual image of electric vehicle modeling was constructed. Firstly, the subjective comments of users are quantified based on sentiment analysis to obtain the perceptual image score. Then, according to the modeling characteristics of battery electric vehicles, the main design elements different from

工业设计是一门包括应用美学、心理学、工程技术等多方面知识的综合性学科, 需要设计师通过理性的设计知识分析以及感性的创造手法呈现最终的设计方案, 从而满足用户的需求。由于文化、价值观、心理活动等方面的影响, 用户需求是笼统且模糊的<sup>[1]</sup>, 给相关研究带来了一定的困难。随着工业的发展, 用户对功能、审美等方面的要求逐渐提高, 设计师仅靠知识经验和定性判断已不能满足设计需求, 使用定量的研究方法将需求外显化, 是工业设计方法学的发展 AA 趋势<sup>[2]</sup>。因此, 研究用户认知的设计方法被提出。感性工学可以获取用户对特定产品属性的感性意象并将二者进行联系<sup>[3]</sup>。运用感性工学可以对用户认知进行了解与定向, 设计师方能将用户需求与造型设计进行良好的对接。

在运用感性工学的过程中, 建立设计要素与感性评价映射模型是核心步骤。学者们获取用户感性评价的方法大多依靠问卷调查、焦点小组访谈、专家打分等, 比如, Jia 等<sup>[4]</sup>学者通过问卷调研让 144 位用

收稿日期: 2021-11-05

基金项目: 上海市科委科普项目(20DZ2306500)

第一作者: 孔德洋(1973—), 男, 副教授, 管理学博士, 主要研究方向为汽车产品管理、汽车产业制造模式、产业战略与政策研究。E-mail: kongdeyang@tongji.edu.cn



用户对8款腕表的感性意象按照七级里克特量表进行打分,从而获得用户对腕表设计的偏好。也有一些学者通过爬虫等方式获取到类似的结构化数据。这些方式获得的数据具有固定结构,但结构化数据仅占的网络数据体量的5%,绝大多数是自然语言构成的非结构化数据<sup>[5]</sup>。传统的方式从数据获取难度上来看,存在调查范围不够广、人力与时间成本高的问题,从获得的数据来看,也存在量表细分度不够、数据真实性不高等多方面的问题<sup>[6]</sup>。

针对以上问题,本文提出一种基于情感分析的产品设计感性评价方法,通过用户的自然评论获取感性意象评分,并以电动汽车为例进行分析。

## 1 基于情感分析的感性评价方法

### 1.1 基于感性工学的造型设计评价方法

就汽车造型而言,感性意象就是设计师进行汽车造型设计时的情感表达,和用户看到汽车造型的情感体验。以感性意象为中心的设计可以更好地满足用户的情感需求,从而提高产品的竞争优势。

2006年,黄琦等<sup>[7]</sup>学者结合专家访谈与眼动实验将汽车造型的设计要素拆解为车灯、侧面轮廓线与进气格栅,再通过专家分析将汽车造型的感性意象进行分类,最后通过问卷调研获得用户对汽车造型的感性打分,从而获得了感性工学与各关键造型特征的可能性分布。2019年,Lin等<sup>[8]</sup>学者通过主成分分析将前大灯造型与感性意象联系,从美丽、独特、华丽、动感、狂野五个突出的感性意象评价得分相加算出综合吸引力分数,得出愤怒的意象最具吸引力的结论。2021年,王鹏等<sup>[9]</sup>学者提出了一种从文本中挖掘感性意象词汇,再将其对应汽车前脸造型进行专家打分,得出综合得分的方法,从而将得分最优的设计元素组合,根据组合方案进行相应的造型设计的设计方法。在这些研究中,学者们虽然将造型设计的感性意象与设计要素关联,但尚未得出两者间的直接联系。2009年,胡伟峰等<sup>[10]</sup>学者选取汽车的主特征线E1为研究对象,确定了主特征线E1的敏感感性意象形容词,并使用回归模型求出了敏感感性意象形容词与主特征线E1的定量关系。该文章使用的意象形容词仅一组,证明了主观意象对造型设计提供帮助的可行性。在该研究基础上,陆续有学者基于感性工学对汽车造型设计进行研究,并逐渐开始采用多种数学方法来建立感性意象与产品设计要素间的联系<sup>[11]</sup>。2016年,Chang等<sup>[12]</sup>学者采用多元线

性回归的方式比较各要素与方向盘设计,得出美学、操作强度和现代性是用户对方向盘设计的感性认知和偏好中最关键的三个因素,并且据该回归模型可以预测用户对方向盘设计的喜好。2018年,Yuhazri等<sup>[13]</sup>学者将汽车造型分解为12条曲线并使用贝塞尔曲线方程进行建模。2019年,曹越等<sup>[14]</sup>学者对汽车内饰色彩设计进行分析,使用主成分分析法将感性意象空间中的数据降维处理,得出单个内饰色彩的意象贡献值。2020年,程永胜等<sup>[15]</sup>学者则结合车型、品牌、风格特征确定感性词对,使用层次分析法获得汽车造型意象评价指标体系,并通过专家打分对汽车造型模糊综合评价,从而获取最佳设计方案。

在众多的数学方法中,数量化理论I适用于处理定性数据与定量数据的关系,是建立感性意象与设计要素联系的重要方法<sup>[16]</sup>。李明珠等<sup>[17]</sup>学者通过数量化理论I建立模型,获得了汽车前脸各设计要素对感性意象的影响程度与方向。陈金亮等<sup>[18]</sup>学者也通过数量化理论I对SUV前脸进行分析,从而获取最佳设计要素组合方案。这种方法能够有效提取对感性意象贡献度较大的设计项目,从而辅助指导新产品开发。

### 1.2 基于情感分析的感性评价方法

自然语言处理是人工智能中一种语言信息挖掘技术,该技术能够对语言进行分析、处理并从中提取隐性信息。它涉及到多个领域,如语义语法分析、信息检索、信息抽取、情感分析、机器翻译等<sup>[19]</sup>。情感分析可以识别出用户评论中的情感趋向及演化趋势,本文也将使用情感分析量化用户评论中的情感倾向。

情感分析需经过中文分词、词性标注、特征提取、情感计算等多个步骤,本质上是提取特征后分类的问题,常以句子为单位、以分词的形式进行分类与分析<sup>[20]</sup>,常用的分类模型是朴素贝叶斯模型。假设有两个类别 $c_1$ 和 $c_2$ 的分类问题,情感分析通过分词提取文本特征,即把关键词向量化,记为 $w_1, \dots, w_n$ 且特征之间相互独立,属于类别 $c_1$ 的贝叶斯模型建立过程如式(1)所示。

$$P(c_1|w_1, \dots, w_n) = \frac{P(w_1, \dots, w_n|c_1)P(c_1)}{P(w_1, \dots, w_n)} \quad (1)$$

其中,

$$P(w_1, \dots, w_n) = P(w_1, \dots, w_n|c_1)P(c_1) + P(w_1, \dots, w_n|c_2)P(c_2) \quad (2)$$

在本文情景下, $c_1, c_2$ 代表着积极情绪和消极情绪,基于式(1)~(2),对正情绪与负情绪进行训练,将

语料库进行分词与标注、特征提取、计算 $P(c_i)$ 与 $P(w_k|c_i)$ ( $k=1, \dots, n; i=1, 2$ ),得到训练好的贝叶斯分类模型。将待测文本带入该模型即可实现情感值预测,将结果 $P(c_i|w_1, \dots, w_n)$ 称为情感值sentiment。

然后,将sentiment的值域由 $[0, 1]$ 放缩为 $[-5, 5]$ ,该值的正负代表了情感极性,正数代表积极情绪,负数代表消极情绪,而绝对值则代表了情感强度,绝对值越大,情绪越激烈。通过情感值为用户的评价本文赋予分值,基于情感分析的感性意象评分如式(3)所示。

$$\text{score} = \sum_{x=a}^y \frac{\sum_1^b \text{frequency}_{xy} \times \text{sentiment}_{xy}}{a} \quad (3)$$

式中:score为感性意象评分;a为总评论条数;b为该感性意象所含的形容词个数;frequency为单条评论中某一形容词出现的频次;sentiment为单条评论的情感值。

感性评价过程步骤如下:首先,可通过爬虫获取多家网站用户对产品设计的评论,将评论进行情感分析,获得每条评论的情感向量;然后通过词频统计选出主要的形容词,并对相近的形容词按照感性意象进行归类,从而获得感性词对;最后,通过评论的情感向量为感性词对赋值,得出感性意象评分。

由此可将非结构化数据转化为相对客观的数值,该方法考虑了用户的情绪强度与极性,能够从综合多面的评价中提取出情感方向,减少了数据的主观性、模糊性以及不确定性。

## 2 电动汽车差异化设计要素提取

造型既是实现功能的基石,也是设计师向用户传递设计思想的桥梁,通过造型设计能够传达精神、文化等层面的价值<sup>[21]</sup>。以电动汽车为例,许多款电动汽车的造型设计承接于传统内燃机汽车,设计师能够感知到电动汽车与传统汽车之间的细节差异,用户则聚焦在宏观造型上<sup>[22]</sup>,这导致了用户与设计师对产品认知的不统一,设计意图无法触达用户。因此设计师需了解用户与电动汽车造型设计间的互动,这才能在设计领域表现出更贴合用户想法的造型设计。

电动汽车的造型设计在功能与需求的双重驱动下,正逐渐打破传统内燃机汽车的造型桎梏。电动汽车与传统内燃机汽车的能源储存方式与驱动形式不同,导致在整车结构上存在着较大的差异,比如,动力电池系统体积较大,需改变车身的地板结构,车身高度增加<sup>[23]</sup>;因电机等零部件纵向尺寸小于发动机,电动汽车可增

大轴距、减小前后悬长度<sup>[24]</sup>。同时,用户需求的改变也导致电动车造型发生改变。用户对电动汽车的里程焦虑,使得他们更倾向于看起来轻便、风阻低的造型,比如A柱倾斜角更小的设计。随着智能网联浪潮的涌来,人们不再将车看作单纯的机械产品,而是看作一个电子产品<sup>[25]</sup>。这就需要使汽车的造型更像一个整体,更强调它的舒适度、科技感,而不是运动感、机械感。相应的,电动汽车造型则会采用去脸化、一体化等设计,强调了产品属性。

本文将汽车造型分为比例姿态、线面处理以及细节设计三部分分析。

### 2.1 比例姿态

#### (1) 轴距占车长比例

电动汽车的轴距占车长比例相对大于传统内燃机汽车。电池布置在前后轮之间,为了满足电池容积的功能需求,电动汽车偏向于增加轴距所占车长比例。

#### (2) 整车宽高比例、整车长高比例

由于电动汽车电池的布置,电动汽车的整车高度相较传统内燃机汽车增加。客舱的空间随之增大,更适宜乘坐。

#### (3) A柱倾斜角

电动车的前舱布置所需空间小于传统内燃机汽车,因此A柱有了适当前移的空间。同时,为了降低风阻,A柱可以通过增大倾斜角度尽量减少车身曲面的转折。

### 2.2 线面处理

#### (1) 线型

线型对汽车造型的风格有着极大的影响。比如,当腰线前低后高时,那么汽车就会有一种前冲的运动感;而腰线平行时,则汽车更接近于视觉上的静态。唐崇智<sup>[26]</sup>根据弯曲度、曲率的变化率将特征线的线型与特征面截面线型分为四类:直线型、张力型、流动型和圆润型。

#### (2) 边界轮廓

特征面的边界轮廓可分为明确型、渐消型、隐藏型三类。边界轮廓的风格影响着人们对形面转折程度的视觉感知。徐骞<sup>[27]</sup>认为渐消型具有未来感,符合一体化趋势,明确型则更具有运动感。

### 2.3 细节设计

#### (1) 格栅

电动汽车不再需要为发动机散热和进气,因此格栅的设计不再必需。同时,为了降低空气阻力,格栅的设计需改进,王波等<sup>[25]</sup>学者将电动汽车的格栅设计归类为3种,如图1所示:①封闭式格栅,保留原

有的格栅造型,将其封闭起来降低空气阻力;②平面化格栅,不再保留原有的格栅造型,而是通过一些平面化的设计,如灯带等,复现出格栅的形状;③无格栅设计,不再保留格栅元素,彻底放弃格栅造型。



图1 格栅分类示意图

Fig. 1 Grille classification diagram

## (2) 车轮

空洞面积更小的车轮受到的空气阻力更小<sup>[24]</sup>,因此为了提升电动汽车的续航里程,电动车会对车轮进行部分包覆的设计。文献[24]、[25]等认为常规型外露型车轮的运动感更强,封闭型车轮的整体感更强,如图2所示。

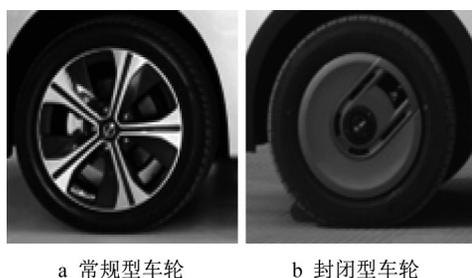


图2 车轮分类

Fig. 2 Wheel classification

## (3) 前大灯造型风格

电动汽车为了更贴近用户的产品期望,会将车灯设计得更加简洁、平面,或是更接近一体化,达到“去脸”的效果。根据以往的车灯造型风格<sup>[28]</sup>与如今的造型趋势,将其分为了常规型、平面型、整体型三种类型,如图3所示。平面型的前大灯是将常规的大灯改为平面发光体,多为简洁的几何状灯带。而整体型则使前大灯融入前脸。

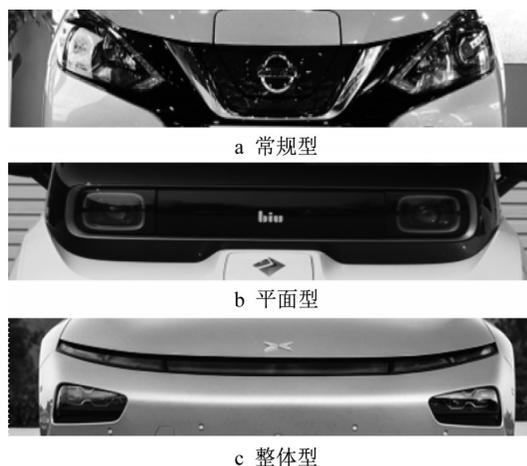


图3 前大灯分类示意图

Fig. 3 Headlight classification diagram

## (4) 尾灯造型

尾灯造型与前大灯造型有相同的趋势。为达到一体化的效果,近年来细长型灯带的造型较多<sup>[29]</sup>。相对而言,C型的尾灯造型会更具有动感,也是常见的造型之一。本文将尾灯造型大致分为常规型、细长型、C型三类,如图4所示。

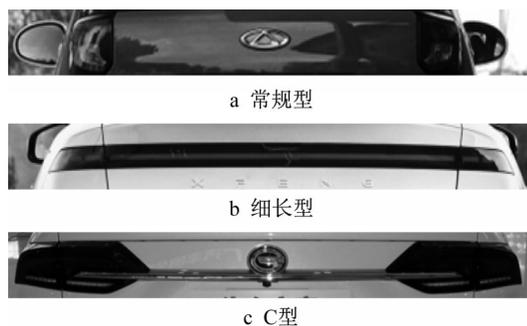


图4 尾灯分类示意图

Fig. 4 Taillight classification diagram

## 2.4 设计要素解构

根据上述对电动汽车与传统汽车造型设计差异的分析,将存在差异的主要设计要素解构在表1中,共有12个项目,33个类目。

## 3 数量化理论I模型的建立

### 3.1 数量化理论I

本文将电动汽车的差异化设计要素作为定性的自变量,将用户对电动汽车产品的感性意象评价作为定量的自变量,探索设计要素与感性意象间的联系,如式(4)~式(5)所示。

表 1 设计要素解构

**Tab.1 Deconstruction of design elements**

设计要素项目	要素水平类目	代码
轴距占车长比例 A1	>60%	A11
	≤60%	A12
整车长高比例 A2	>3	A21
	≤3	A22
整车宽高比例 A3	>1	A31
	≤1	A32
A 柱倾斜角度 A4	30°	A41
	35°	A42
	40°	A43
腰线线型 B1	直线型	B11
	张力型	B12
	流动型	B13
	圆润型	B14
腰线走势 B2	前低后高	B21
	平行	B22
侧面大围截面线型 B3	直线型	B31
	张力型	B32
	流动型	B33
	圆润型	B34
轮包边界轮廓 B4	明确型	B41
	渐消型	B42
	隐藏型	B43
格栅 C1	封闭式格栅	C11
	平面化格栅	C12
	无格栅设计	C13
车轮 C2	常规型	C21
	封闭型	C22
前大灯造型 C3	常规型	C31
	平面型	C32
	整体型	C33
尾灯造型 C4	常规型	C41
	细长	C42
	C 型	C43

表 2 设计要素定性分析

**Tab.2 Qualitative analysis of design elements**

	A11	A12	A21	...	C33	C41	C42	C43
样本 1	0	1	1	...	0	0	1	0
样本 2	1	0	1	...	0	1	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
样本 21	1	0	0	...	0	1	0	0
样本 22	0	1	1	...	0	1	0	0

感”、“去运动感”、“个性化”、“整体感”,对应选取了四对感性意象词对:“保守传统-时尚科技”、“运动性能-休闲居家”、“独特个性-普适大众”、“整体感-层次感”。根据词频统计进行聚类,将用户评论的形容词归入四组词对。比如,“时尚科技”包含的形容词有时尚、科技、前卫、潮流、新潮、流行、新颖、科幻、未来、很潮、现代感、时髦等。

3.4 样本的感性意象评分

根据表 3 中获得的感性意象词语,对每条评论中所含的相应词汇进行统计与加权。按式(3)进行计算,以词频 frequency、情感分析得到的情感值 sentiment 作为主要权重,由此得到一条评论的感性意象评分,求得所有评论评分的平均值,即为该样本最终的感性意象评分 score。

结果如表 3 所示,负数代表靠近“保守传统”、“运动性能”、“独特个性”、“整体感”,正数代表靠近“时尚科技”、“休闲居家”、“普适大众”、“层次感”,绝对值越大越靠近。

表 3 感性意象评分结果

**Tab.3 Perceptual image score results**

样本	保守传统-时尚科技	运动性能-休闲居家	独特个性-普适大众	整体感-层次感
样本 1	2.29	-0.92	-1.74	-1.93
样本 2	1.97	-0.43	-2.65	-1.57
...	...	...	...	...
样本 21	4.59	-0.13	-2.82	0.13
样本 22	0.57	-0.53	-1.33	-1.19

$$\delta_i(j, k) = \begin{cases} 1, i \text{ 样品中 } j \text{ 项目取为 } k \text{ 类目时;} \\ 0, \text{ 其他情况。} \end{cases} \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m; k=1, \dots, r) \quad (4)$$

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \delta_i(j, k) b_{jk} + \epsilon_i, \quad (i=1, \dots, n) \quad (5)$$

式中:n 为样品数;m 为项目数;r 为类目数;b<sub>jk</sub> 为未知系数,其最小二乘估计  $\hat{b}_{jk}$  称为 j 项目的 k 类目得分;ε<sub>i</sub> 为随机误差。

3.2 样本选取

选取在售纯电动轿车产品 30 个,进行设计要素定性分析后,剔除相似车型,得到 25 个,使用其中 22 个样本建模,22 个样本的设计要素定性结果如表 2 所示,剩余 3 个样本作为预测样本。

3.3 感性意象词语选择

文献[7]、[30]等对电动汽车造型的感性意象词进行了问卷调查、专家访谈、聚类分析等研究工作。综合文献得出,电动汽车的常见设计意象为“科技

3.5 数量化理论 I 模型构建与求解

由前文得到定性的设计要素自变量和定量的感性意象评分因变量,构建数量化理论 I 的数学模型,建立两者间的数学关系,得出结果如表 4 所示。其中的类目得分则为式(3)的未知系数的最小二乘估计。

3.6 预测结果

表 4 结果可转换为

$$\hat{y}_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \delta_i(j, k) \hat{b}_{jk} \quad (i=1, \dots, n) \quad (6)$$

为验证该评价方法的预测效果,选择 3 个测试样本,采用焦点小组访谈法进行验证。

表4 数量化理论I建模结果

Tab.4 Quantification-I theory modeling results

设计 类目	保守传统—时尚科技		运动性能—休闲居家		独特个性—普适大众		整体感—层次感		
	类目得分	偏相关系数	类目得分	偏相关系数	类目得分	偏相关系数	类目得分	偏相关系数	
A11	0.735	0.005	1.232	0.005	1.407	0.645	0.272	0.365	
A12									
A21		0.06		0.259		0.541		0.031	
A22	-2.65				-0.777				0.147
A31	5.904	0.506		0.114		0.533		0.585	
A32					-0.055				-0.792
...	...	...	...	...	...	...	...	...	
C31		0.092		0.034		0.731		0.661	
C32	3.771				-0.319				-0.795
C33	2.348				-1.102				-1.557
C41		0.568		0.051		0.87		0.812	
C42	-1.47				-0.507				-0.627
C43	-0.078				-0.361				-1.481
常数项		-6.752		-2.13		-2.097		0.087	

预测评分,见表5,代表本文评价方法得出的预测结果,通过式(6)所示;评价评分则是通过4位业界专家、6名汽车消费者在焦点访谈中打分得出,在相关研究中常视作参考结果;相对误差如式(7)所示,代表预测结果与参考结果间的相对误差。

表5 预测结果相对误差

Tab.5 Relative error of prediction results

相对误差/%	保守传统—时尚科技	运动性能—休闲居家	独特个性—普适大众	扁平修长—立体方正	一体化—层次感
样本A	6.90	9.06	4.30	4.51	4.52
样本B	9.67	8.50	2.12	4.20	2.48
样本C	7.07	8.30	4.11	3.22	2.16
平均相对误差	7.88	8.62	3.51	3.97	3.05

$$\sigma = \frac{|X - Y|}{|Y|} \quad (7)$$

式中: $\sigma$ 为相对误差, $X$ 为预测评分, $Y$ 为评价评分。

由表(5)可知,关于“独特个性—普适大众”、“扁平修长—立体方正”、“一体化—层次感”的预测模型相对误差较小。原因可能是用户给出的是综合评价,其他两个意象还会受到车身颜色、性能配置等方面影响。

## 4 结果分析

根据数量化理论I的模型结果可进行以下角度分析:

(1)感性意象。以“整体感—层次感”的结果为例进行分析,A柱倾斜角度、腰线走势、轮包边界轮廓、前大灯造型、尾灯造型的偏相关系数较高。体现出一体化意象的类目有隐藏型轮包边界轮廓、平面型和整体型的前大灯造型、细长型和C型的尾灯造型;体现出层次感意象的类目有倾斜角度为35°和40°的A柱、平行的腰线走势、明确型轮包边界轮廓。保守传统与时尚科技更多的受比例姿态、细节处理影响,线面处理的作用相对不大;运动性能与休闲居家更

多的受比例姿态、线面处理的影响,细节设计作用相对不大。独特个性与普适大众、整体感与层次感这两组意象则与三部分的设计要素都有关。

(2)设计要素。将用户的感性认知与设计师的设计意图进行对比,需要注意的设计要素是:①较小的A柱倾斜角度更具有运动感,而A柱倾斜角度较大时会破坏车辆的整体型,视觉效果突兀。然而40°的A柱倾斜角度却比35°更具有科技感。40°A柱倾斜角度的设计非常少见,对于用户而言更加新奇,结合休闲的意象,40°的A柱倾斜角度能达到去机械感的效果。②腰线对造型的运动感与个性化意象有着较大的影响。明确型轮包边界轮廓更加大众,使车身层次分明;隐藏型轮包边界轮廓则独特、有个性,使车看上去更像一个整体。③车轮的结果与设计师设计意图相反,用户认为常规型的车轮缺乏运动感,但却有整体感。说明用户难以感知到封闭式车轮的设计语言。④前大灯造型与尾灯造型是消费者容易感知到的造型设计。平面型、整体型的前大灯与细长型、C型的尾灯更受欢迎,科技感、个性化、一体化均是用户感知到的主要意象。同时这些设计与运动感相关性不大,设计师认为具有运动感的C型尾灯在用户看来不是运动感的主导因素。

(3)电动汽车设计建议。电动汽车车身高度的增加不可避免,但应与其他尺寸协调,否则将破坏造型的整体感。电动汽车的A柱倾斜角度选择是在科技感与整体感之中做抉择,如需展现汽车产品的科技感可选择 $40^\circ$ ;如需展现汽车产品的整体性可选择更小的倾斜角。线型选择上,如需展现休闲居家的产品属性,直线型较为适宜。边界轮廓的处理上,如需展现造型的整体性可选择隐藏型。格栅中平面化格栅设计、无格栅设计均体现了较强的科技感,这说明电动汽车的格栅不应保留传统汽车的格栅设计,大胆地改动才能获得用户的青睐。目前的封闭式车轮不能满足用户对电动汽车的期待。放弃封闭式车轮设计或对封闭式车轮进行较大的造型改动,均是设计师可以尝试的方向。前大灯与尾灯需跳出常规套路,大胆尝试平面型、整体型的前大灯与细长型、C型的尾灯,用户对灯饰的造型极度敏感,设计师应把握该细节,输出对应的造型理念。因此,根据上述设计方向,设计师可将电动汽车造型向用户可感知的方向进行改动,减少不必要的设计。

## 5 结论

(1)提出了基于情感分析的汽车造型设计感性评价方法。从用户非结构化的主观评价中获取到用户的感性认知信息,并转化为感性评价分数。扩大了数据采集的范围、覆盖了更多类型的用户、降低了获取数据的时间与人力成本,同时减少了用户打分的主观性与不准确性,更有效地提取信息。

(2)建立了电动汽车造型的感性意象预测模型。该模型建立了设计要素与用户评价的映射关系,可解释设计要素对造型感性意象的影响程度。该方法预测相对误差仅5.41%,准确度较高,可辅助判断电动汽车造型设计是否满足用户的产品需求,帮助设计师在初期确定合理方向,为设计方案提供数据支撑,减少产品开发过程中不必要的返工,增加工作效率与可行性。

### 作者贡献声明:

孔德洋:指导论文方向,提出总体思路,全文统稿;  
黄偲蕊:研究论文方法,构建模型,撰写部分章节;  
麻殊捷:完成验证部分,撰写部分章节。

### 参考文献:

- [1] 周将铭. 以用户为中心的新产品开发方法研究与应用[D]. 北京:清华大学, 2013.  
ZHOU Jiangming. Use-centered new product development method: research and application[D]. Beijing: Tsinghua University, 2013.
- [2] 罗仕鉴,潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007(3):8.  
LUO Shijian, PAN Yunhe. Review of theory, key technologies and its application of perceptual image in product design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2007(3):8.
- [3] PIERRE L. Beyond kansei engineering: the emancipation of kansei design[J]. International Journal of Design, 2013, 7(2):83.
- [4] JIA Liangming, TUNG Fangwu. A study on consumers' visual image evaluation of wrist wearables[J]. Entropy, 2021, 23(9):1118
- [5] 全华凤. 基于大数据的产品创新设计方法研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2019.  
QUAN Huafeng. Research on product innovative design method based on big data[D]. Guizhou: Guizhou University, 2019.
- [6] KEVIN Wright. Researching internet - based populations: advantages and disadvantages of online survey research, online questionnaire authoring software packages, and web survey services [J]. Journal of Computer Mediated Communication, 2005, 10(3):1
- [7] 黄琦,孙守迁. 基于意象认知模型的汽车草图设计技术研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2006(4):553.  
HUANG Qi, SUN Shouqian. Research on automobile sketch design based on image cognition model [J]. Journal of Zhejiang University(Engineering Science), 2006(4):553.
- [8] LIN Huan, LUO Shijian, ZHU Chen, *et al.* A preliminary study on the attractive factors of car headlight form design [C]// Proceedings of Man- Machine- Environment System Engineering [S.I.]:MMESE, 2020(576):257-264.
- [9] 王鹏,朱韦龙. 基于大数据的产品族本体造型意象挖掘方法研究 [EB/OL]. [2021-10-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1034.T.20210430.0951.002.html>.  
WANG Peng, ZHU Weilong. Research on product family ontology modeling image mining method based on big data [EB/OL]. [2021-10-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1034.T.20210430.0951.002.html>.
- [10] 胡伟峰,赵江洪,赵丹华. 基于造型特征线的汽车造型意象研究 [J]. 中国机械工程, 2009, 20(4):496.  
HU Weifeng, ZHAO Jianghong, ZHAO Danhua. Study on styling image of vehicle based on form feature lines [J]. China Mechanical Engineering, 2009, 20(4):496.
- [11] 苏建宁,王鹏,张书涛,等. 产品意象造型设计关键技术研究进展[J]. 机械设计, 2013, 30(1):97.  
SU Jianning, WANG Peng, ZHANG Shutao, *et al.* Review of key technologies of product image styling design [J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(1):97.
- [12] CHANG Yuming, CHEN Chunwei. Kansei assessment of the constituent elements and the overall interrelations in car steering wheel design[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2016, 56:97
- [13] YUHAZRI M Y, HIDAYAH W N, SIHOMBING H, *et al.* Kansei engineering approach for the customers preferences of car design [C]// Proceedings of the 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research, 2018 (739) : 289-295.

- [14] 曹越,苏畅,魏君,等.汽车内饰色彩感性意象综合评价研究[J].机械设计,2019,36(3):129.  
CAO Yue, SU Chang, WEI Jun, *et al.* Synthetic evaluation research on kansei images of automotive interior color [J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(3):129.
- [15] 程永胜,徐骁琪,卜俊,等.基于KE和AHP理论的汽车造型意象评价方法研究[J].现代制造工程,2020(7):102.  
CHENG Yongsheng, XU Xiaoqi, PU Jun, *et al.* Evaluation method of automobile modeling image based on KE and AHP [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2020(7):102.
- [16] 林丽,郭士恩,阳明庆.面向产品感性意象的造型优化设计研究现状及趋势[J].包装工程,2020,41(2):65.  
LIN Li, GUO Zhuen, YANG Mingqing. Current research situation and trend of product image-based modeling optimization [J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2):65.
- [17] 李明珠,何灿群,卢章平,等.基于数量化理论I类的汽车意象造型设计研究[J].机械设计,2016,33(4):105.  
LI Mingzhu, HE Canqun, LU Zhangping, *et al.* Research on car image modeling design based on quantification theory type I [J]. Journal of Machine Design, 2016,33(4):105.
- [18] 陈金亮,赵锋,廖浩勤,等.基于感性意象的SUV前脸造型设计[J].包装工程,2020,41(20):102.  
CHEN Jinliang, ZHAO Feng, LIAO Haoqin, *et al.* SUV front face styling design based on perceptual image [J]. Packaging Engineering, 2020, 41(20): 102.
- [19] 赵京胜,宋梦雪,高祥.自然语言处理发展及应用综述[J].信息技术与信息化,2019(7):142.  
ZHAO Jingsheng, SONG Mengxue, GAO Xiang. Development and application of natural language processing [J]. Information Technology and Informatization, 2019(7):142.
- [20] 徐翼龙,李文法,周纯洁.基于深度学习的自然语言处理综述[J].计算机科学,2018(45):202.  
XU Yilong, LI Wenfa, ZHOU Chunjie. Review of natural language processing based on deep learning [J]. Computer Science, 2018(45):202.
- [21] SU Jianning, JIANG Pingyu, LI Heqi. Research on Kansei image-driven method of product styling design [J]. International Journal of Product Development, 2009,7(1):113.
- [22] 胡婷婷,赵江洪,赵丹华.设计师和用户的汽车造型意象认知差异研究[J].包装工程,2015,36(24):33.  
HU Tingting, ZHAO Jianghong, ZHAO Danhua. Imagery cognition differences between designers and users automobile modeling [J]. Packaging Engineering, 2015,36(24):33.
- [23] 李仲奎,夏卫群,樊树军,等.纯电动汽车车身结构特点分析与研究[J].汽车工程学报,2019,9(5):385.  
LI Zhongkui, XIA Weiqun, FAN Shujun, *et al.* Analysis and research on the characteristics of body structure for pure EVs [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2019, 9(5): 385.
- [24] 李彦龙,朱晖,杨志刚.基于低风阻的电动汽车造型设计[J].同济大学学报(自然科学版),2017,45(9):1366.  
LI Yanlong, ZHU Hui, YANG Zhigang. Electric car design based on low drag [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2017, 45(9): 1366.
- [25] 王波,耿硕晨.电动汽车外饰造型设计发展趋势研究[J].汽车工程学报,2019,9(4):285.  
WANG Bo, GENG Shuochen. Research on development trends of electric vehicle exterior design [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2019,9(4):285.
- [26] 唐崇智.互联网汽车外饰造型设计研究[D].长春:长春工业大学,2019.  
TANG Chongzhi. Research on the exterior styling design of internet vehicle [D]. Changchun: Changchun University of Technology, 2019.
- [27] 徐骞.基于用户认知的智能化汽车造型设计研究[D].镇江:江苏大学,2018.  
XU Qian. Research on intelligent automobile styling design based on user cognition [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2018.
- [28] 姚湘,余祥杰.情境语义下的汽车前车灯造型特征与用户意象映射研究[J].包装工程,2020,41(2):154.  
YAO Xiang, YU Xiangjie. Mapping of vehicle headlamp modeling characteristics and user image based on situational semantics [J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 154.
- [29] 刘佳欣.面向年轻群体的自动驾驶汽车设计趋势探究[D].大连:大连理工大学,2020.  
LIU Jiaxin. Research on the design trends of self-driving cars for young groups [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2020.
- [30] 张学东.造型要素对感性意象认知差异影响的比较[J].机械设计,2013,30(8):110.  
ZHANG Xingdong. Comparison on perceptual image cognition differences influenced by modeling elements [J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(8): 110.