

基于感性意象的 SUV 前脸造型设计

陈金亮, 赵锋, 廖浩勤, 张曼茹, 万恪睿, 逯帅, 刘卓
(西安建筑科技大学, 西安 710055)

摘要: **目的** 为明确汽车造型对用户情感产生的影响, 辅助汽车意象造型设计, 提出一种基于感性意象的运动型多用途汽车 (Sport Utility Vehicle, SUV) 前脸造型设计方法。**方法** 以典型的 SUV 为研究对象, 收集并筛选出具有代表性的 SUV 样本和感性意象语义空间, 使用语义差分法获取用户对代表性样本的感性意象评价; 利用 SPSS 软件对感性意象语义空间进行因子分析, 提取出主意象因子; 运用形态分析法从比例关系、相对位置关系和形态方面进行 SUV 前脸造型设计要素分解; 通过数量化理论 I 建立感性意象与 SUV 前脸造型设计要素之间的映射关系, 并将研究结果运用到 SUV 前脸造型设计方案中。**结论** 运用该方法, 可将用户模糊的意象和情感体验转化为真实的汽车前脸造型设计要素, 提高用户的认同感, 使汽车造型设计更加人性化, 为 SUV 造型设计提供参考。

关键词: 感性意象; 汽车造型; 形态分析法; 数量化理论 I

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)20-0102-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.20.017

SUV Front Face Styling Design Based on Perceptual Image

CHEN Jin-liang, ZHAO Feng, LIAO Hao-qin, ZHANG Man-ru, WAN Ke-rui, LU Shuai, LIU Zhuo
(Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a method of SUV front face styling design based on perceptual image, in order to identify the influence of vehicle styling on users' emotions and assist the imagery styling design. Taking typical SUV as the research object, representative SUV samples and perceptual image semantic space were collected and selected and semantic differential method was used to obtain users' perceptual image evaluation on representative samples. Through the factor analysis on the perceptual image semantic space with SPSS software, the main image factors were extracted. Morphological analysis was used to study the design elements of SUV front face styling from proportion relationship, relative position relationship and form. The mapping relationship between perceptual image and the design elements of SUV front face styling was established through quantification theory I. The research results were integrated into the SUV front face styling design. This method can transform the users' fuzzy image and emotional experience into the real design elements of SUV front face styling, improve the users' sense of identity, make vehicle styling design more humanized and provide references for SUV styling design.

KEY WORDS: perceptual image; vehicle styling; morphological analysis; quantification theory I

随着技术高度同质化和人们对生活品质要求的不断提升, 越来越多用户更加重视产品所带来的精神层面上的满足^[1]。汽车是一种高情感、高技术、高个性化、高人性化的多属性、复杂性产品, 展现了艺术与科技的融合、美学与技术的和谐统一。人们常说汽车的性能主要取决于发动机和底盘, 但留给人们第一

印象的却是汽车的造型。汽车造型设计虽然要遵循空气动力学, 但是汽车在外观上不会一模一样。正如鱼是流线型的, 但是人们能够区分出鲤鱼与草鱼的不同; 鸟也是流线型的, 但人们不会把画眉鸟和百灵鸟搞混。汽车前脸蕴含了丰富的情感信息, 是体现汽车整体造型风格和传达品牌特征的关键部位^[2]。造型各

收稿日期: 2020-07-09

基金项目: 陕西省软科学研究计划项目 (2020KRM140); 校青年科技基金项目 (QN1643)

作者简介: 陈金亮 (1981—), 男, 陕西人, 博士, 西安建筑科技大学讲师, 主要研究方向为工业设计、感性工学。

异的汽车前脸给人们带来不同的心理感受和情感体验。为了达到以用户为中心的创新设计,需要在汽车造型设计与用户之间进行沟通,了解和预测用户的行为以及对汽车感性意象的评价。因此,如何将汽车前脸造型设计要素与用户的情感意象偏好相匹配,设计出满足用户心理感知需求的汽车前脸造型是汽车造型设计的重中之重。本文以整合了轿车舒适性和越野车通过性的运动型多用途汽车(Sport Utility Vehicle, SUV)这一热门车型为例,基于用户对SUV造型的感性意象认知,建立用户感性意象与SUV前脸造型设计要素的映射关系,将主观的感性意象信息量化,帮助设计师设计出符合用户情感需求的SUV前脸造型。在构建感性意象与产品造型设计要素的映射关系时,可采用灰色关联分析^[3]、数量化理论I^[4]、BP神经网络^[5]、偏最小二乘法^[6]、支持向量机^[7]等方法,其中数量化理论I是最常用的方法。

1 理论基础

1.1 感性意象

意象是人们对事物空间、形象大小的视觉感知进行的描述、加工与联想,反映的是人们的心理感受和心理变化。感性意象是用户凭借自身的感官对产品所产生的感觉,是对产品心理上的期待感受。感性意象能充分传达用户的情感需求,是设计师准确掌握用户真实的感受与期望,理解用户对产品情感认知的重要媒介^[1]。感性意象的形成过程为,用户根据个人的知识与经验,经过大脑加工综合处理后在思维空间中形成的有关产品的意象描述,例如用“科技的”、“益智的”、“柔和的”等感性形容词进行描述。

1.2 形态分析法

产品由一系列造型设计要素构成,各种类型的造型设计要素会影响用户的感性意象认知。形态分析法就是将产品分成若干个独立的设计项目,寻找分解后各独立设计项目的可变要素,即设计类目,建立产品的设计要素体系^[8]。形态分析法遵循的基本原则为完整性、独立性、典型性。

1.3 数量化理论I

数量化理论是根据观测数据研究多个随机变量之间的规律及关系的多元统计分析的一个分支。在多个变量中常可分为说明变量和基准变量,被视为变化的原因的变量称之为说明变量;被视为变化的结果的变量称之为基准变量。数量化理论按其所研究问题的不同,分为数量化理论I, II, III, IV。数量化理论I是用于基准变量是定量变量时,说明变量是定性变量的因素分析与预测问题。在数量化理论I中,把定性变量称为项目,定性变量的各种取“值”称作类目,假设预测问题的说明变量涉及 x 个项目,第 i

个项目有 n 个类目,建立数学模型,对基准变量 y 进行预测。数量化理论I所建立的预测模型是线性模型,可将难以详细定量研究的问题量化,从而揭示事物间的联系和规律^[9]。

2 基于感性意象的SUV前脸造型设计过程

2.1 代表性SUV样本选定

多数人在观察SUV外观时,视点主要停留在进气格栅、发动机盖、前保险杠、照灯、前雾灯、后视镜、车窗、裙面、车顶、轮毂、后保险杠、后雾灯、尾灯等造型特征上。当车辆呈前脸大概 45° 角时能涵盖上述较多的造型特征。因此,选择SUV前脸 45° 角左右拍摄的照片作为样本图片收集的参考标准。通过各大汽车网站、汽车杂志、汽车广告等途径,按照样本图片收集标准,广泛搜集品牌知名度靠前的奥迪、宝马、大众、奔驰、本田、福特、雷诺等二十个SUV品牌发布的量产型和概念型SUV汽车图片,共计二百三十一张。为避免其他因素对于造型感觉的影响,对样本图片进行处理。图片背景均为白色,图片亮度接近,图片的大小和像素一致。经聚类分析、问卷调查和专家访谈,在保证SUV品牌差异性和SUV样本前脸造型区分度的基础上,最终选取十二个代表性SUV样本作为本文的研究对象,将这十二个样本随机编号为Y01~Y12,见图1。

2.2 感性意象语意空间建立

为了反映用户对SUV造型的感性认知,通过网络、汽车杂志、汽车广告、文献资料和问卷调查等多种渠道,广泛搜集描述SUV造型的感性意象形容词,例如商务的、动感的、休闲的等形容词,统计出一百二十五个感性意象语意词汇^[10]。其中会存在无意义、相近或相似的词汇,经聚类分析、频数分析、专家访谈和问卷调查,最终确定出十个主要感性意象语意词汇,即时尚的、动感的、硬朗的、商务的、生物形态的、经典的、斯文的、简洁的、廉价的、轻巧的。将这些形容词进行反义词配对,即时尚的一复古的、动感的一稳重的、硬朗的一柔和的、商务的一家用的、生物形态的一几何形态的、经典的一创新的、斯文的一狂野的、简洁的一复杂的、廉价的一昂贵的、轻巧的一厚重的,也称为感性意象语意空间。

2.3 感性意象评价调查

利用语义差分法进行感性意象评价调查。将选取的十二个代表性SUV样本分别与感性意象语意空间建立7级语义量表(-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3),感性意象语意词汇对(如时尚的一复古的)位于量表的左右两端,形成SUV前脸造型感性意象认知调查问卷。被调查者根据自己的主观感受作出评价,选择-3, -2, -1表示认为此样本的感性意象符合左边的形容



图1 代表性SUV样本
Fig.1 Representative SUV samples



图2 针对SUV样本Y08的调查问卷
Fig.2 Questionnaire for SUV sample Y08

时尚的	-3	-2	-1	0	1	2	3	复古的
动感的	-3	-2	-1	0	1	2	3	稳重的
硬朗的	-3	-2	-1	0	1	2	3	柔和的
商务的	-3	-2	-1	0	1	2	3	家用的
生物形态的	-3	-2	-1	0	1	2	3	几何形态的
经典的	-3	-2	-1	0	1	2	3	创新的
斯文的	-3	-2	-1	0	1	2	3	狂野的
简洁的	-3	-2	-1	0	1	2	3	复杂的
廉价的	-3	-2	-1	0	1	2	3	昂贵的
轻巧的	-3	-2	-1	0	1	2	3	厚重的

词(如时尚的), -3为最符合左边的形容词;选择1, 2, 3表示认为此样本的SUV造型感性意象符合右边的形容词(如复古的), 3为最符合右边的形容词;选择0表示认为此样本的感性意象既不符合左边的形容词, 也不符合右边的形容词, 见图2。

采用现场调查和网络调查相结合的方式开展SUV感性意象评价调查。被调查者在进行感性意象评价时, 被告知忽略SUV的功能性和驾驶性等相关因素, 只针对SUV前脸造型感觉来打分。被调查者均为具有SUV驾驶经验的用户或SUV的潜在用户, 共发放调查问卷一百五十份, 收回一百四十二份, 经筛选得到有效调查问卷一百三十一份。经统计, 代表性SUV样本感性评价平均值见表1。

2.4 感性意象语意词汇因子分析

因子分析法是一种用较少公共因子去描述多个变量间相关性的多元统计方法, 可对数据进行降维处理^[11]。通过因子分析可以在感性意象语意空间中提取出能够代表绝大部分感性意象的少量感性意象语意

词汇。使用SPSS软件对感性意象语意空间进行因子分析, 总结出主意象因子为: 时尚的-复古的、硬朗的-柔和的、经典的-创新的。

2.5 SUV前脸造型设计要素分析

采用形态分析法提取SUV前脸造型设计要素, 将SUV前脸造型划分为不同的设计项目及对应的形态要素。选取四十五名SUV车主、二十名潜在用户、十名汽车设计师进行调研, 对不同品牌车型以及同品牌不同车型进行横向与纵向对比研究, 最终发现进气格栅、下进气格栅、前大灯、雾灯等对SUV前脸造型的影响最大。因此, 从比例关系、相对位置关系和形态方面提取与进气格栅、下进气格栅、前大灯、雾灯相关的造型设计要素。比例关系包括进气格栅长宽比和进气格栅与下进气格栅面积比; 相对位置关系包括前大灯与进气格栅水平位置、前大灯上沿与进气格栅上沿线垂直位置、雾灯上沿与下进气格栅上沿线垂直位置; 形态包括前大灯形态和雾灯形态, 并总结出各个类别的要素类目, 见表2。

表 1 代表性 SUV 样本感性评价平均值
Tab.1 Average perceptual evaluation value of representative SUV samples

编号	感性意向									
	生物形态的— 几何形态的	时尚的一 复古的	动感的一 稳重的	硬朗的一 柔和的	轻巧的一 厚重的	商务的一 家用的	经典的一 创新的	廉价的一 昂贵的	斯文的一 狂野的	简洁的一 复杂的
Y01	0.95	-0.50	0.36	-0.88	1.12	0.54	-0.50	0.15	-0.02	-0.44
Y02	-0.49	0.37	-0.05	0.51	-0.15	1.34	0.49	-1.22	-0.63	-0.90
Y03	0.59	-0.51	0.44	-0.76	0.44	-0.17	-0.90	1.00	0.24	-0.22
Y04	0.88	0.32	0.51	-1.39	1.05	-0.66	-1.17	1.17	1.22	0.68
Y05	1.00	1.68	0.68	-1.85	1.90	-1.41	-0.15	1.98	0.15	0.10
Y06	-0.07	-0.78	0.50	0.50	0.80	0.41	-0.50	1.00	0.12	0.24
Y07	-0.17	-0.5	-0.50	0.80	-0.83	1.10	-0.29	0.51	0.05	-0.15
Y08	1.50	0.02	1.50	-1.60	1.99	-1.08	-0.97	1.38	0.54	-0.85
Y09	1.66	-1.97	-0.87	-2.10	1.44	-0.30	1.53	2.10	2.00	1.54
Y10	-0.15	-0.52	0.50	0.73	0.50	0.01	-1.29	0.44	-0.58	-0.97
Y11	-0.51	-0.37	-0.03	0.48	0.43	0.18	-0.58	1.14	-0.11	-0.30
Y12	-0.46	1.19	0.04	0.50	-0.39	0.86	-0.50	-0.20	-0.99	-0.20

表 2 SUV 前脸造型设计要素分解
Tab.2 Design elements of SUV front face styling

设计项目	类目			
上进气格栅长宽比 (A1)	≤2.5 : 1 (A11)	≥6 : 1 (A12)	2.5 : 1~6 : 1 (A13)	—
上进气格栅与下进气格栅面积比 (A2)	≤1 : 1 (A21)	1 : 1~3 : 1 (A22)	≥3 : 1 (A23)	—
前大灯与上进气格栅水平位置 (B1)	水平相接 (B11)	水平不相接 (B12)	—	—
前大灯上沿线与上进气格栅上沿线竖直位置 (B2)	齐平 (B21)	先齐平渐高于 (B22)	高于 (B23)	—
雾灯上沿线与下进气格栅上沿线竖直位置 (B3)	齐平 (B31)	低于 (B32)	高于 (B33)	—
前大灯形态 (C1)	柳叶形 (C11)	圆形 (C12)	梯形 (C13)	椭圆形 (C14)
雾灯形态 (C2)	圆形 (C21)	方形细长条 (C22)	不规则四边形 (C23)	—

表 3 项目、类目反应
Tab.3 Response of item and category

样本号	基准变量	项目			
		类目			
		x_1	x_2	...	x_b
		$z_{11}, z_{12}, \dots, z_{1m_1}$	$z_{21}, z_{22}, \dots, z_{2m_2}$...	$z_{b1}, z_{b2}, \dots, z_{bm_b}$
1	y_1	$\delta_1(1,1), \delta_1(1,2), \dots, \delta_1(1,m_1)$	$\delta_1(2,1), \delta_1(2,2), \dots, \delta_1(2,m_2)$...	$\delta_1(b,1), \delta_1(b,2), \dots, \delta_1(b,m_b)$
2	y_2	$\delta_2(1,1), \delta_2(1,2), \dots, \delta_2(1,m_1)$	$\delta_2(2,1), \delta_2(2,2), \dots, \delta_2(2,m_2)$...	$\delta_2(b,1), \delta_2(b,2), \dots, \delta_2(b,m_b)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	y_a	$\delta_a(1,1), \delta_a(1,2), \dots, \delta_a(1,m_1)$	$\delta_a(2,1), \delta_a(2,2), \dots, \delta_a(2,m_2)$...	$\delta_a(b,1), \delta_a(b,2), \dots, \delta_a(b,m_b)$

2.6 感性意象与 SUV 前脸造型设计要素映射关系构建

根据数量化理论 I 的思想，将 SUV 前脸造型设计要素作为说明变量 x ，感性意象评价价值作为基准变

量 y ，建立数学模型。设有 a 个代表性 SUV 样本， b 个设计项目，第 1 个项目 x_1 有 m_1 个类目，第 2 个项目 x_2 有 m_2 个类目，第 b 个项目 x_b 有 m_b 个类目，总共有 q 个类目，项目、类目反应见表 3。

表4 代表性SUV样本设计要素编码
Tab.4 Codes of design elements of representative SUV samples

样本	A11	A12	A13	A21	A22	A23	B11	B12	B21	B22	B23	B31	B32	B33	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23
Y01	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Y02	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Y03	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Y04	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Y05	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Y06	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Y07	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Y08	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Y09	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Y10	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Y11	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Y12	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0

表中 y_i 是基准变量 y 在第 i 个样本中的测定值, $\delta_i(j, f)$ 称为第 j 个项目第 f 个类目在第 i 个样本中的反应, 并按式(1)确定。

$$\delta_i(j, f) = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样本中第 } j \text{ 个项目的} \\ & \text{定性数据为 } f \text{ 类目时} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

由所有 $\delta_i(j, f)$ 构成的矩阵称为反应矩阵 A 。

$$A = \begin{bmatrix} \delta_1(1,1) & \cdots & \delta_1(1,m_1) & \delta_1(2,1) & \cdots & \delta_1(2,m_2) & \cdots & \delta_1(b,1) & \cdots & \delta_1(b,m_b) \\ \delta_2(1,1) & \cdots & \delta_2(1,m_1) & \delta_2(2,1) & \cdots & \delta_2(2,m_2) & \cdots & \delta_2(b,1) & \cdots & \delta_2(b,m_b) \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \delta_a(1,1) & \cdots & \delta_a(1,m_1) & \delta_a(2,1) & \cdots & \delta_a(2,m_2) & \cdots & \delta_a(b,1) & \cdots & \delta_a(b,m_b) \end{bmatrix} \quad (2)$$

对照表2和式(1), 得到十二个代表性SUV样本的设计要素编码表, 即反应矩阵, 见表4。表中0表示该样本无该设计项目中该类目的属性, 1表示该样本具有该设计项目中该类目的属性, 从而将用户对代表性SUV样本的定性描述转变为量化描述。

假定感性意象评价价值与SUV前脸造型设计要素各类目的反应之间有线性关系, 则可建立数学模型:

$$y_i = \sum_{j=1}^b \sum_{f=1}^{m_j} \delta_i(j, f) c_{jf} + \varepsilon_i \quad (i=1, 2, \dots, a; j=1, 2, \dots, b; f=1, 2, \dots, m_j) \quad (3)$$

式(2)中, c_{jf} 是仅依赖于第 j 个项目的第 f 类日常系数, ε_i 是第 i 次抽样中的随机误差。

根据最小二乘原理可求得系数 c_{jf} 的最小二乘估计值 \hat{c}_{jf} , 对 \hat{c}_{jf} 进行标准化处理, 可将数学模型转化为:

$$\bar{y}_i = \bar{y} + \sum_{j=1}^b \sum_{f=1}^{m_j} \delta_i(j, f) \hat{c}_{jf}^* \quad (i=1, 2, \dots, a; j=1, 2, \dots, b; f=1, 2, \dots, m_j) \quad (4)$$

式(3)中, \bar{y} 是常数项, 为感性意象评价值的平均值, $\bar{y} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a y_i$; \hat{c}_{jf}^* 是标准系数, 也称为类目得分,

$$\hat{c}_{jf}^* = \hat{c}_{jf} - \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a n_{jff} \hat{c}_{jf}; n_{jff} \text{ 表示在 } a \text{ 个样本中第 } j \text{ 个项}$$

目的第 f 类目反应的次数, 且有 $\sum_{f=1}^{m_j} n_{jff} = a$ 。

用复相关系数 d 或决定系数 d^2 来衡量数学模型精度:

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^a (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^a (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

用偏相关系数来衡量各项目对感性意象评价值的贡献。设感性意象评价价值 y 与设计项目的相关矩阵为 R , 其逆矩阵为 R^{-1} , 则感性意象评价价值 y 与第 j 个设计项目的偏相关系数为 e_{yj} , 按照式(6)进行计算。

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{y1} & r_{y2} & \cdots & r_{yb} \\ r_{1y} & 1 & r_{12} & \cdots & r_{1b} \\ r_{2y} & r_{21} & 1 & \cdots & r_{2b} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{by} & r_{b1} & r_{b2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad R^{-1} = \begin{bmatrix} r_{yy} & r_{y1} & r_{y2} & \cdots & r_{yb} \\ r_{1y} & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1b} \\ r_{2y} & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2b} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{by} & r_{b1} & r_{b2} & \cdots & r_{bb} \end{bmatrix} \quad (6)$$

表 5 数量化理论 I 分析结果
Tab.5 Analysis results of quantification theory I

时尚的一复古的				硬朗的一柔和的				经典的一创新的			
设计项目	类目	类目得分	偏相系数	设计项目	类目	类目得分	偏相系数	设计项目	类目	类目得分	偏相系数
A1	A11	0.120	0.312	A1	A11	-0.148	0.270	A1	A11	-0.06	0.324
	A12	-0.316			A12	-0.001			A12	0.09	
	A13	0.212			A13	-0.048			A13	0.001	
A2	A21	0.322	0.802	A2	A21	0.420	0.613	A2	A21	0.123	0.782
	A22	-0.984			A22	-0.031			A22	-1.201	
	A23	0.201			A23	-0.518			A23	0.872	
B1	B11	0.442	0.645	B1	B11	-0.981	0.601	B1	B11	0.010	0.613
	B12	-0.451			B12	0.917			B12	-0.002	
B2	B21	-0.008	0.469	B2	B21	-0.234	0.453	B2	B21	-0.003	0.621
	B22	-0.312			B22	-0.001			B22	-0.612	
	B23	0.325			B23	0.351			B23	0.579	
B3	B31	-0.532	0.213	B3	B31	0.001	0.281	B3	B31	-0.07	0.301
	B32	0.618			B32	-0.173			B32	-0.02	
	B33	0.210			B33	-0.121			B33	0.114	
C1	C11	-0.463	0.548	C1	C11	-0.186	0.521	C1	C11	-0.291	0.577
	C12	0.072			C12	0.253			C12	0.309	
	C13	0.153			C13	-0.879			C13	0.04	
	C14	-0.186			C14	-0.356			C14	-0.08	
C2	C21	-0.691	0.521	C2	C21	0.893	0.725	C2	C21	0.515	0.414
	C22	0.452			C22	-0.642			C22	0.302	
	C23	-0.241			C23	0.289			C23	-0.401	
常数项		-0.246	常数项		-0.423	常数项		-0.475			
复相关系数		0.896	复相关系数		0.875	复相关系数		0.887			
决定系数		0.803	决定系数		0.766	决定系数		0.787			

$$e_{ij} = \frac{-r_{ij}}{\sqrt{r_{ij}r_{yy}}} \quad (7)$$

利用 MATLAB 软件对数学模型求解，可得到常数项和类目得分的数值。采用 SPSS 软件进行多元回归分析，可得到复相关系数，决定系数和偏相关系数的数值。复相关系数或决定系数表示数学模型的精度，复相关系数大于 0.85 或决定系数大于 0.7 表明数学模型较理想。偏相关系数表示该设计项目对各感性意象的贡献，其值越大，贡献越大。类目得分表示各个类目对感性意象的影响及影响的方向。数量化理论 I 分析结果见表 5。

以“时尚的一复古的”为例，由表 5 可见，复相关系数为 0.896，决定系数为 0.803，表明数学模型较理想。设计项目“上进气格栅长宽比（A1）”、“上进气格栅与下进气格栅面积比（A2）”、“前大灯与上进气格栅水平位置（B1）”、“前大灯上沿线与上进气格栅上沿线垂直位置（B2）”、“雾灯上沿线与下进气格栅上沿线垂直位置（B3）”、“前大灯形

态（C1）”、“雾灯形态（C2）”的偏相关系数分别为：0.312、0.802、0.645、0.469、0.213、0.548、0.521，说明设计项目上进气格栅与下进气格栅面积比（A2）对感性意象语意词汇“时尚的一复古的”的贡献率最大，A2 的类目得分分别为 0.322、-0.984、0.201，说明上进气格栅与下进气格栅面积比约为 1：1 至 3：1 之间时与“时尚的”关联性强，上进气格栅与下进气格栅面积比小于等于 1：1 时与“复古的”关联性强；设计项目前大灯与上进气格栅水平位置（B1）对感性意象语意词汇“时尚的一复古的”的贡献率较大，B1 的类目得分分别为 0.442 和 -0.451，说明前大灯与上进气格栅水平位置不相接与“时尚的”关联性强，前大灯与上进气格栅水平位置相接与“复古的”关联性强。同理可以分析出各 SUV 前脸造型设计要素与感性意象之间的映射关系，从而指导 SUV 前脸造型设计。

2.7 SUV 前脸造型设计

在上述研究结果的基础上，按照各设计项目对感



图3 “时尚的”SUV前脸造型设计方案

Fig.3 Fashionable design scheme of SUV front face styling



图4 “硬朗的”SUV前脸造型设计方案

Fig.4 Hale design scheme of SUV front face styling



图5 “经典的”SUV前脸造型设计方案

Fig.5 Classical design scheme of SUV front face styling

性意象语意词汇的贡献大小,选择贡献率排在前四项的设计项目,相应的设计项目选择和感性意象语意词汇关联性强的类目,以期作为主要造型设计要素来指导SUV前脸造型设计的主要构思方向。“时尚的”SUV前脸造型设计要素包括:上进气格栅与下进气格栅面积比为2.5:1,前大灯与上进气格栅水平位置为水平不相接,前大灯形态为柳叶形,雾灯形态为圆形。“时尚的”SUV前脸造型设计方案见图3。

“硬朗的”SUV前脸造型设计要素包括:雾灯形态为方形细长条,上进气格栅与下进气格栅面积比为6:1,前大灯与上进气格栅水平位置为水平相接,前大灯形态为梯形。“硬朗的”SUV前脸造型设计方案见图4。

“经典的”SUV前脸造型设计要素包括:上进气格栅与下进气格栅面积比为2:1,前大灯上沿线与上进气格栅上沿线垂直位置为先齐平渐高于,前大灯与上进气格栅水平位置为水平不相接,前大灯形态为柳叶形。“经典的”SUV前脸造型设计方案见图5。

3 结语

以用户为中心的产品设计最终目的是为人服务的,要求产品不仅要满足用户的生理需要,而且要满足和体现用户的心理需要和情感价值。人们在购买汽车时,已不仅仅满足于汽车的使用性能,汽车造型所带来的情感偏好也越来越受到重视。汽车前脸是汽车造型视觉上的焦点。因此,汽车前脸造型与用户感性意象需求的匹配程度成为汽车造型设计的重要因素。本文以SUV前脸作为研究对象,提出一种基于感性意象的SUV前脸造型设计方法,通过感性意象研究、形态分析法、数量化理论I等方法,构建了感性意象与SUV前脸造型设计要素的对应关系,为设计人员更好地开展汽车前脸造型设计提供了有效的方法和评价依据,对推动和促进汽车造型的情感化设计研究也具有理论意义与应用价值。SUV的造型设计较为复杂,对前脸、车身和后围同时展开研究的难度较大,本文仅研究了SUV前脸意象造型设计,后续研究将

探讨其他视角的SUV意象造型设计,进一步完善基于感性意象的SUV造型设计方法,提升该方法的完整性和可行性。

参考文献:

- [1] LI Y F, SHIEH M D, YANG C C. A Posterior Preference Articulation Approach to Kansei Engineering System for Product Form Design[J]. Research in Engineering Design, 2019, 30(1): 3-19.
- [2] 周力辉, 高子强. 汽车前脸设计中的认知研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 193-197.
ZHOU Li-hui, GAO Zi-qiang. A Cognitive Study on the Front Design of Car[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 193-197.
- [3] SUTONO S B, ABDULRASHID S H, TAHA Z, et al. Integration of Grey-based Taguchi Method and Principal Component Analysis for Multi-Response Decision-Making in Kansei Engineering[J]. European Journal of Industrial Engineering, 2017, 11(2): 205-227.
- [4] 王年文, 王剑. 面向感性需求的家庭服务机器人造型设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(11): 111-116.
WANG Nian-wen, WANG Jian. Modeling Design of Family Service Robot Oriented to Perceptual Demand [J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(11): 111-116.
- [5] 李少波, 全华凤, 胡建军, 等. 基于在线评论数据驱动的产品感性评价方法[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(3): 752-762.
LI Shao-bo, QUAN Hua-feng, HU Jian-jun, et al. Perceptual Evaluation Method of Products Based on Online Reviews Data Driven[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(3): 752-762.
- [6] 周庆燕, 何利力, 郑军红. 产品造型设计中面向多维感知KE模型的构建[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 164-168.
ZHOU Qing-yan, HE Li-li, ZHENG Jun-hong. Construction of Multi-dimensional Perception KE Model in Product Modeling Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(22): 164-168.

(下转第144页)

- [5] 桑迪·尼尔曼, 纳米特·雅各布. 盲童早期教育指南——家庭和社会共同帮助视障儿童成长[M]. 南京: 江苏教育出版社, 2009.
NEELEMANS, JACOB N.Guidelines for Early Education of Blind Children: Families and Society Help Visually Impaired Children Grow up Together[M]. Nanjing: Jiangsu Education Press, 2009.
- [6] 陈禹安. 玩具思维[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
CHEN Yu-an. Toy Thinking[M]. Beijing: China Machine Press, 2015.
- [7] 税梦瑶. 学龄前儿童益智教育玩具研究[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 198-202.
SHUI Meng-yao. Educational Toys for Preschool Children[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(22): 198-202.
- [8] 刘焱. 儿童游戏通论[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2004.
LIU Yan. General Theory of Children's Games[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2004.
- [9] 费多益. 寓身认知心理学[M]. 上海: 上海教育出版社, 2010.
FEI Duo-yi. Embodiment Cognitive Psychology[M]. Shanghai: Shanghai Education Press, 2010.
- [10] 西恩·贝洛克. 具身认知——身体如何影响思维和行为[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
SIAN B. Possessing Cognition: How the Body Influences Thinking and Behavior[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2016.
- [11] 刘晨澎. 健康增进需求下村落开放空间的包容性设计策略——以上海朱家角镇淀山湖一村为例[J]. 装饰, 2016(6): 33-34.
LIU Chen-peng. Inclusive Design Strategy of Village's Open Space under the Demand of Health Promotion: Take Shanghai Zhujiajiao Town Dianshan Lake No.1 Village as an Example[J]. Zhuangshi, 2016(6): 33-34.
- [12] 董华. 包容性设计: 英国跨学科工程研究的新实践[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2011(3): 22.
DONG Hua. Inclusive Design: New Practice of British Interdisciplinary Engineering Research[J]. Engineering Research: Engineering from an Interdisciplinary Perspective, 2011(3): 22.
- [13] 李砚祖. 设计之仁——对设计伦理观的思考[J]. 装饰, 2007(9): 18.
LI Yan-zu. The Benevolence of Design: Reflections on Design Ethics[J]. Zhuangshi, 2007(9): 18.

(上接第 108 页)

- [7] 李文华, 余隋怀, 于明玖, 等. 支持向量机回归模型在航空座椅造型眼动评价中的应用[J]. 机械科学与技术, 2018, 37(11): 1768-1775.
LI Wen-hua, YU Sui-huai, YU Ming-jiu, et al. Application of Support Vector Machine Regression Model in Aircraft Seating Styling Eye Movement Evaluation[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2018, 37(11): 1768-1775.
- [8] 陈国东, 陈思宇, 王军, 等. 面向复合意象的产品形态多目标优化[J]. 中国机械工程, 2015, 26(10): 2763-2770.
CHEN Guo-dong, CHEN Si-yu, WANG Jun, et al. Multi-objective Optimization Method of Composite Imagery-oriented Product Form[J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(10): 2763-2770.
- [9] 张丙辰, 王艳群, 胥巧巧, 等. 视觉意象与列车内装产品造型特征元素的关联研究[J]. 包装工程, 2017, 38(14): 76-79.
ZHANG Bing-chen, WANG Yan-qun, XU Qiao-qiao, et al. Relationship between Visual Image and Morphological Feature Elements of Passenger Train Interior's Product[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(14): 76-79.
- [10] 罗仕鉴, 李文杰, 傅业焘. 消费者偏好驱动的 SUV 产品族侧面外形基因设计[J]. 机械工程学报, 2016, 52(2): 173-181.
LUO Shi-jian, LI Wen-jie, FU Ye-tao. Consumer Preference-driven SUV Product Family Profile Gene Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(2): 173-181.
- [11] 潘伟杰, 范灵秀, 吕健. 面向多维意象的产品设计方案评估研究[J]. 工程设计学报, 2017, 24(3): 250-255.
PAN Wei-jie, FAN Ling-xiu, LYU Jian. Research on Product Design Scheme Evaluation for Multi-Dimensional Imagery[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2017, 24(3): 250-255.