

## 基于方差分析的轮毂造型特征显著性研究

魏君, 韩颖, 苏畅, 张英朝  
(吉林大学, 长春 130012)

**摘要:** **目的** 探讨差异化的轮毂造型、受试者年龄、感知意象的显著程度, 确定符合目标人群的电动车轮毂造型方案。**方法** 完成各有 5 组轮辐的 8 种不同风格的轮毂造型方案。获取与电动车整体造型风格一致的 8 个感知意象词汇, 采用 5 段语义差分法对 102 名目标人群进行感知意象实验。采用单因素方差分析法, 对主成分分析确定的“个性的”等 6 个重要的感知意象词汇进行比较分析, 分别求得 8 种轮毂造型, 以及高中低 3 个年龄层次的目标人群对电动车轮毂造型特征的感知意象的显著结果。**结果** 获得不同感知意象对差异化的电动车轮毂造型显著性的影响程度, 掌握具有倾向性的感知意象对特定年龄层次人群的敏感程度, 总结市场细分条件下的电动车轮毂造型特征的倾向性, 并呈现各轮毂造型显著性的影响程度。**结论** 通过方差分析找到指定感知意象词汇中最敏感的受试者年龄层次, 以及造型特征显著性最强、感知意象最突出的轮毂造型, 为确保轮毂与整车造型风格的统一性, 提供科学依据。

**关键词:** 电动车轮毂; 造型特征; 感知意象; 方差分析; 显著性

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)10-0115-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.10.013

### Statistical Significance of the Wheel Hubs Styling Features Based on Variance Analysis

WEI Jun, HAN Ying, SU Chang, ZHANG Ying-chao  
(Jilin University, Changchun 130012, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to determine the electric wheel hub's modeling feature which matches the preferences of target users via the method of variance analysis (VA), and explore the significance of the wheel hub's modeling feature, the age of customers, and the perception images. Completing 8 different styles of wheel hub modeling feature with 5 sets of spokes. Obtain 8 perception image vocabularies which are consistent with the overall style of the electric vehicle, and use the 5-stage semantic difference (SD) method to conduct perception image experiments on 102 target persons. Apply variance analysis method to proceed a comparative analysis of 6 important perception image vocabularies which are determined by principal component analysis (PCA). Calculate the significance of 8 wheel hub stylings and target population of 3 age levels on the perception image of electric vehicle wheel hub modeling features. The degree of influence of different perception image on the significance of differentiated electric wheel hubs is obtained. The significance of perception image on differentiated design of electric wheel hub is grasped, along with the sensitivity to the specific age group. The trend of electric wheel hub modeling feature which is under of market segmentation conditions is summarized. And the degree of influence which has the feature of each wheel hub with distinctiveness is presented. The most sensitive age level of the subject in the specified perception image vocabularies, as well as the most significant modeling feature and prominent perception image of wheel hubs' feature are carried out by variance analysis, which provides scientific basis to guarantee the unity of the wheel hub and the vehicle style.

**KEY WORDS:** wheel hub of electric vehicle; modeling feature; perception image; variance analysis; significance

收稿日期: 2021-12-30

基金项目: 国家留学基金资助项目 (201806175118); 国家自然科学基金项目 (11772140)

作者简介: 魏君 (1979—), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向为应用数学。

轮毂是介于轮胎与车桥之间的旋转件,是具有承载功能的重要安全部件<sup>[1]</sup>。轮毂造型是整车外观设计的重要表现之一,精准的轮毂造型对有效地传达整车设计风格、明确市场定位等具有重要影响。主成分分析法,是把给定的相关变量通过线性变换转化成另一组不相关的新变量,新的变量能够解释原始数据的大部分信息。通过主成分分析可以将多个变量转化为优选的综合变量,以实现降维的目标<sup>[2-3]</sup>。方差分析是对测试结果进行分析,从而鉴别各种因素效应的一种统计分析方法,常用于检验具有方差齐性的若干个相互独立的正态总体的均值是否相等<sup>[4-5]</sup>。范大伟等<sup>[6]</sup>运用主成分分析法建立了汽车轮毂的数据分析模型,得到了年轻人对汽车轮毂造型的感知偏好。陈永超等<sup>[7]</sup>采用主成分分析法,对热销洗发水的外观造型进行主观评价分析,基于层次分析法构建综合语义指标的主观评价矩阵,得到综合性的语义表达。徐江华等<sup>[8]</sup>通过方差分析预测出经济舱乘客更满意的座椅间距、显示器高度的方法。陶辉等<sup>[9]</sup>采用简单描述统计、T检验及单因素方差分析法,得出不同性别因素对人群服装色彩偏好的影响。罗文斌<sup>[10]</sup>在其硕士论文中采用单因子变异数分析、回归分析等方法,得出“益品书屋”的优质服务对其顾客的性别比例、顾客满意度的显著影响。沈琼等<sup>[11]</sup>以钳子为研究对象,进行视觉及触觉的体验测试,运用因子分析和方差分析得出钳子的评价语义因子,发现了钳子的可用性和便携性的感知差异的显著特性。此外,Hyun等<sup>[12]</sup>使用混合样式量化的测量和计算,找出针对不同品牌、拥有独特设计元素的汽车产品的快速识别方法。Luo等<sup>[13]</sup>通过参与性实验进行轮毂造型与汽车类型的匹配研究,采用感性工学中的语义差分法及对应分析法,获得轮毂与相应车型之间的关联强度。综合显示,采用语义差分、主成分分析、方差分析等方法,可以展开基于受众性别、年龄层次、研究对象的造型特征与受众感知特性之间显著性关系的研究,从而快速、准确地把握消费者感知需求,并明确造型定义。文中主要采用单因素方差分析,来探讨电动车轮毂造型感知意象在不同年龄层次受众中的显著性差异问题。

## 1 电动车轮毂造型的感知意象设计定位分析

以合众汽车公司的哪吒U型电动车为研究对象(以下称U型车),见图1。结合整车外观设计风格和市场定位,逐步对差异化的轮毂造型特征的显著性展开研究。

根据U型车“凸显情感科技,以用户为中心,赋予智能科技更多温度”的定位目标,结合2019年2个主要车展中呈现的整车外观造型流行因素,共完成40个各有5组轮辐,以及具有清晰的感知意象的轮毂造型方案,邀请10名汽车领域专家,以U型车

的设计定位为评价基准,进行轮毂造型方案的主观评价,最终筛选出8种轮毂造型方案,感知意象分别体现为情感科技的、个性的、前卫的、犀利的、运动的、硬朗的、轻盈的及精致的<sup>[14-15]</sup>,见图2。将这8种感知意象形容词作为轮毂造型感知评价的度量标准,以开展目标人群的感知意象实验。



图1 U型车  
Fig.1 U-Type vehicle



图2 U型车轮毂造型设计方案  
Fig.2 Wheel hub design of U-Type vehicle

## 2 针对目标人群的电动车轮毂造型特征的感知意象实验

### 2.1 U型车轮毂造型的感知意象实验

采用“问卷星平台”对U型车轮毂造型进行在线调查,并完成感知意象实验的数据采集和分析。结合上文中的8个感知意象词汇,采用五段式语义差分法,对图2中的轮毂造型样本集所包含的8个轮毂方案(记为 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ ... $X_8$ )的造型特征进行目标人群的感知意象实验。每个感性词汇所存在的整个区间被分为5个等级,分别对应分值1、2、3、4、5,感知程度逐级增强<sup>[16-17]</sup>。请受试者对8个感知意象词汇所呈现出的轮毂造型特征的意象进行逐一评价。

### 2.2 目标人群的年龄层次分析

通过上述感知意象实验获得102个受试者的感性认知数据,并将全部受试者按照低、中、高3组年龄层划分为 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ ... $G_6$ 共6个群组,见表1。考虑到各年龄群组所包含的受试者人数不同,因此对每一个感知意象的具体得分进行对应数据的标准化处理,即采用该年龄组全部受试者的感知意象平均值来作为指定词汇的感知意象得分。

表 1 受试人群的年龄层次分组及人数比例  
Tab.1 Levels of age group and proportion of the test population

年龄层次群组	年龄分布/岁	人数 (人/组)	人数比例/%
低年龄	$G_1$ 21~25	21	20.59
	$G_2$ 26~30	39	38.24
中间年龄	$G_3$ 31~35	13	12.75
	$G_4$ 36~40	10	9.80
高年龄	$G_5$ 41~45	12	11.76
	$G_6$ 46 及以上	7	6.86

### 2.3 U 型车轮毂造型的感知意象的主成分分析

采用 Alpha 信度系数法, 利用 SPSS (22.0 版本) 软件对有效的 102 份感知意象实验数据进行整理和计算, 信度系数为 0.954, 表明该实验结果具有很强的可靠性。通过主成分分析, 确定了影响 U 型车轮毂造型感知意象的最为突出的 6 个重要的感知意象词汇分别为“个性的、前卫的、犀利的、情感科技的、精致的、硬朗的”<sup>[15]</sup>, 并以此作为轮毂造型的感知评价指标, 从而获知受试者对不同轮毂造型的感性认知结果。

### 3 基于方差分析的轮毂造型特征的显著性分析

方差分析的目的是同时处理多个平均数的比较, 通过  $k$  组观测值来检验因素的影响是否显著, 即为检验假设:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \quad (1)$$

$$H_1: \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k \text{ 不全相等}$$

在原假设下, 所有数据  $X_{ij} (j=1, 2, \dots, n_i, i=1, 2, \dots, k)$  可以看成是来自同一正态总体  $N(\mu, \sigma^2)$  的总离差平方和

$$S_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})^2$$

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 + \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

记

$$S_E = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2, S_A = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad (3)$$

由于

$$\frac{S_E}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-k), \frac{S_T}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-1) \quad (4)$$

可以证明

$$\frac{S_A}{\sigma^2} \sim \chi^2(k-1) \quad (5)$$

从而, 统计量

$$F = \frac{\text{组间平均离差平方和} \bar{S}_A}{\text{组内平均离差平方和} \bar{S}_E} = \frac{\frac{S_A}{\sigma^2(k-1)}}{\frac{S_E}{\sigma^2(n-k)}} \sim F(k-1, n-k) \quad (6)$$

可以针对指定的显著性水平  $\alpha$ , 利用  $F$  值的大小来检验原假设。如果观测值满足  $F \geq F_\alpha(k-1, n-k)$ , 在显著性水平  $\alpha$  下拒绝原假设, 认为因素对试验指标有显著影响, 反之, 认为因素对试验指标的影响不显著。在众多因素中找出对试验目标影响最显著的因素, 并通过对结果的分析, 挑选出最优的因素水平<sup>[18]</sup>。

### 3.1 针对特定感知意象的 U 型车轮毂造型特征的方差分析

对通过主成分分析筛选并确认的 6 个重要的感知意象代表词汇展开进一步研究, 分析轮毂造型特征及受试者的年龄层次对感知意象词汇的影响程度。从 2 个角度进行分析: 不同轮毂造型特征与感知意象词汇之间的显著性关系; 受试者的年龄层次与感知意象词汇之间的显著性关系。以感知意象评价指标“个性的”为例。为了检验 8 种轮毂造型对“个性”这个词的表达是否具有显著性差异, 将“轮毂造型”当作一个考察因素, 它有 8 个水平, 分别对应 8 种轮毂造型样本, 对这 8 个水平进行单因素方差分析, 由于每个水平对应的轮毂造型样本都有 6 组观察值, 所以试验总次数为  $n=8 \times 6=48$ 。用  $X_{ij} (1 \leq i \leq 8, 1 \leq j \leq 6)$  表示轮毂造型第  $i$  个样本的第  $j$  个观察值, 则有公式 (7) — (10):

总离差平方和:

$$S_T = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^6 (X_{ij} - \bar{X})^2 \quad (7)$$

组间离差平方和:

$$S_A = \sum_{i=1}^8 6(\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad (8)$$

组内离差平方和:

$$S_E = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^6 (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (9)$$

统计量:

$$F = \frac{\bar{S}_A}{\bar{S}_E} = \frac{S_A/7}{S_E/40} \sim F(7, 40) \quad (10)$$

式 (7) 中  $\bar{X} = \frac{1}{48} \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^6 X_{ij}$  是全部轮毂造型样本的总平均值, 式 (8) 中  $\bar{X}_i = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 X_{ij}, 1 \leq i \leq 8$  是轮毂造型第  $i$  个样本的组平均值。

针对轮毂造型样本的显著性水平, 选取  $\alpha=0.05$ , 并通过 SPSS 软件进行计算。

由于方差分析要求样本方差相同,即方差齐性,所以需要进行轮毂造型样本的方差齐性检验。首先,通过SPSS软件将8种轮毂造型样本所对应的 $G_1$ — $G_6$ 年龄组的平均值(见表2)<sup>[15]</sup>进行方差齐性检验,检验结果详见表3。

表2 U型车轮毂造型样本与对应的各年龄群组的平均值统计结果

Tab.2 The average scoring among U-Type wheel hub styling models and all the age groups

轮毂造型样本	年龄组 $G_1$	年龄组 $G_2$	年龄组 $G_3$	年龄组 $G_4$	年龄组 $G_5$	年龄组 $G_6$
$X_1$	3.571	4.231	3.462	3.700	3.417	3.857
$X_2$	3.762	3.615	3.077	3.700	3.250	3.429
$X_3$	3.238	3.590	3.385	3.600	3.083	3.143
$X_4$	4.048	4.128	3.385	3.900	3.250	3.429
$X_5$	3.810	3.692	3.154	3.600	3.500	3.429
$X_6$	3.333	3.615	3.462	3.700	3.417	2.429
$X_7$	3.190	2.974	2.692	3.600	2.333	2.143
$X_8$	3.905	3.667	3.000	3.700	3.083	3.286

表3 误差方差等同性的 Levene 检验 a

Tab.3 Test of homogeneity of variances based on Levene statistic

F	df1 值	df2 值	Sig.值
1.403	7	40	0.231

表3显示了计算后的 Levene 的方差同质性检验未达到显著,说明各组方差相近, $X_1$ — $X_8$ 这8个轮毂造型方案的离散情形并无明显差别,表明该检验结果有效。

表4中的整体检验结果显示:显著性水平达到0.005,受试者对8种不同的轮毂造型方案中体现“个性的”感知意象的差异极大,表明人们确实会因为电动车轮毂造型的不同而对“个性的”感知产生差别极为明显的感受。

表4 主体间效应的检验

Tab.4 Test of intersubjective effects

源	III型平方和	df 值	均方	F	Sig.值	偏 Eta 方
校正模型	3.256	7	0.465	3.531	0.005	0.382
截距	560.071	1	560.071	4 252.289	0.000	0.991
Model	3.256	7	0.465	3.531	0.005	0.382
误差	5.268	40	0.132	—	—	—
总计	568.595	48	—	—	—	—
校正的总计	8.524	47	—	—	—	—

其次,通过事后比较检验(Honestly Significant Difference, HSD)发现,轮毂造型样本 $X_7$ 与其他样本

在该感知意象词汇下的差异均达到显著,而其他样本之间均不存在显著差异,且样本 $X_7$ 的平均值明显低于其余所有样本。表明受试者广泛地认为轮毂造型样本 $X_7$ 在所有测试样本中关于“个性的”造型特征的表达最差,排除样本 $X_7$ 之外的其余样本在“个性的”造型特征的表现则基本保持一致,并没有引起受试者的其他特别感受。由于样本 $X_1$ — $X_5$ 与其他样本均未达到“显著效果”,所以只列出样本 $X_6$ 、样本 $X_7$ 和样本 $X_8$ 分别与除了其自身以外的样本之间进行成对比较,见表5。

表5 轮毂造型样本针对感知意象词汇的成对比较

Tab.5 Comparison of wheel model samples against perceptual image vocabulary

Model (I)	Model (J)	均值差 值(I-J)	标准 误差	Sig. <sup>a</sup>	差分得 95% 置信区间 <sup>a</sup>	
					下限	上限
$X_6$	$X_1$	-0.380	0.210	0.077	-0.804	0.043
	$X_2$	-0.146	0.210	0.489	-0.570	0.277
	$X_3$	-0.014	0.210	0.948	-0.437	0.410
	$X_4$	-0.364	0.210	0.090	-0.787	0.060
	$X_5$	-0.205	0.210	0.334	-0.628	0.219
	$X_7$	0.504	0.210	0.021*	0.080	0.927
	$X_8$	-0.114	0.210	0.589	-0.538	0.309
	$X_7$	$X_1$	-0.884	0.210	0.000*	-1.308
$X_2$		-0.650	0.210	0.004*	-1.073	-0.226
$X_3$		-0.518	0.210	0.018*	-0.941	-0.094
$X_4$		-0.868	0.210	0.000*	-1.291	-0.444
$X_5$		-0.708	0.210	0.002*	-1.132	-0.285
$X_6$		-0.504	0.210	0.021*	-0.927	-0.080
$X_8$		-0.618	0.210	0.005*	-1.041	-0.194
$X_8$		$X_1$	-0.266	0.210	0.211	-0.690
	$X_2$	-0.032	0.210	0.879	-0.456	0.391
	$X_3$	0.100	0.210	0.635	-0.323	0.524
	$X_4$	-0.250	0.210	0.240	-0.673	0.174
	$X_5$	-0.091	0.210	0.668	-0.514	0.333
	$X_6$	0.114	0.210	0.589	-0.309	0.538
	$X_7$	0.618	0.210	0.005*	0.194	1.041

注: \*为达到显著性。

最后,按照上述单因素方差分析方法,以“年龄层次”为因子,对“个性的”感知意象进行方差分析。检验结果发现,不同年龄层次的受试者对“个性的”感知意象的差异也达到了显著效果,显著性水平为0.003。多重比较结果也显示了 $G_1$ 和 $G_2$ (低年龄)及 $G_5$ 和 $G_6$ (高年龄)的受试者对“个性的”感知意象的显著不同。其中, $G_1$ 和 $G_2$ (低年龄)对“个性的”感知意象表现得更为积极, $G_5$ 和 $G_6$ (高年龄)对“个性的”这一感知意象则普遍表现出不认同的态度。 $G_3$ 和 $G_4$ (中间年龄)表现出两极分化的态势,表现

为  $G_4$  组更接近  $G_1$  和  $G_2$  (低年龄),  $G_3$  组则更倾向于  $G_5$  和  $G_6$  (高年龄)。

### 3.2 U 型车轮毂造型样本与感性意象词汇的方差分析及比较

针对 8 种轮毂造型样本, 采用相同的单因素方差分析法对感知意象词汇“精致的”“前卫的”“犀利的”“硬朗的”“情感科技的”分别进行方差分析, 结果表明, 对轮毂造型差异达到显著的感知意向包含“精致的”“犀利的”“硬朗的”。轮毂造型样本  $X_6$  和  $X_7$  在“精致的”这种感知意象的表现最弱, 并与除样本  $X_3$  以外的其他样本的差异均达到显著。最能突出“精致的”这种感知意象的是样本  $X_1$  和  $X_8$ , 对比样本  $X_3$ 、 $X_6$ 、 $X_7$  均表现出显著性差异。

对感知意象“犀利的”进行成对比较发现: 样本  $X_1$  的得分显著高于样本  $X_3$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ , 而样本  $X_7$  的得分显著低于样本  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$  和  $X_8$ 。由此表明, 样本  $X_1$  可以突出表现该感性词汇的主要特征, 而样本  $X_7$  在该词汇上的表现最不明显。

对“硬朗的”感性意象的分析显示: 样本  $X_5$  得分显著低于样本  $X_1$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_6$ 、 $X_8$ , 是几个样本中分数最低的, 样本  $X_7$  的得分显著低于样本  $X_1$ 、 $X_3$  和  $X_6$ , 可以认为样本  $X_5$  和  $X_7$  对该感性意象的表现都比较消极, 而该感性词汇对应得分最高的是样本  $X_3$ , 对比样本  $X_2$ 、 $X_5$  和  $X_7$  的差异均为显著, 由此可认为是该感知意象词汇的最佳代表。

### 3.3 受试者年龄层次与感知意象词汇之间的方差分析及比较

以“年龄”为因子对感知意象词汇进行方差分析, 可以得出: 年龄层次的差异性有显著不同的感知意象词汇是“前卫的”“犀利的”和“情感科技的”。

在对感知意象词汇“前卫的”进行年龄层次的差异分析时, 因其不满足方差齐性的要求, 所以采用 Welch's anova 分析法, 并进行方差分析, 可知该词汇对轮毂造型的显著性比较突出, 具体结果见表 6。

表 6 均值相等性的显著性检验结果  
Tab.6 Robust tests of equality of means

分析法	统计量	df1 值	df2 值	显著性
Welch	6.215	5	19.381	0.001

通过 Games-Howell test 算法, 对该感知意象词汇与其对应的不同年龄组进行两两比较。结果表明, 年龄组  $G_5$  对比  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_4$ 、 $G_6$  的差异均达到显著, 平均值明显低于其他组别, 说明年龄组  $G_5$  相比上述 4 组对“前卫的”这种感知意象的体验最不明显, 其他年龄组的表现则大致相同。

对感性词汇“犀利的”达到显著差异的年龄组分别是  $G_1$  和  $G_5$ 、 $G_2$  和  $G_5$ 、 $G_4$  和  $G_5$  及  $G_3$  和  $G_4$ 。其中

$G_5$  对比其他组的分值明显偏低, 说明  $G_5$  对该感知意象词汇的感受相对更消极, 而  $G_4$  对该词汇的感受比较积极, 且显著高于  $G_3$  和  $G_5$ 。

采用相同的方法, 对“情感科技的”感知意象的分析结果表明:  $G_3$  对该感知意象词汇的评分明显低于  $G_4$  和  $G_6$ , 差异达到了极显著,  $G_5$  的评分也略低, 显著低于  $G_4$ 。由此可以认为,  $G_4$  最关注“情感科技的”这个感知意象词汇, 而  $G_3$  和  $G_5$  对该感知意象的感受比较模糊。

## 4 结语

电动车轮毂造型的差异化, 受试者年龄层次的区别, 都会使人对轮毂造型呈现出的特定感知意象的形容词产生不同的印象, 从而对电动车整体造型及风格定位产生不同的感想。方差分析是一种将不确定的造型感知意象进行量化计算, 进而获得目标人群的准确的造型感知意象倾向的有效手段。对目标人群进行设计调查, 通过统计计算和方差分析, 从而获知满足市场细分条件下的电动车轮毂的造型特征倾向性的具体表现及其显著性的影响程度。文中的研究方法及结论可以协助设计师迅速确定轮毂造型设计的主题, 并准确地把握不同年龄层次的目标客户对轮毂造型及整车设计风格的显著的感知意象, 从而为突出电动车的造型特征、强化品牌形象进行引导。后续可以根据不同的车型定位要求及市场反馈情况, 陆续增加轮毂造型的种类, 并完善轮毂造型样本库, 针对不同的消费群体的个性化感知, 建立电动车轮毂造型的感知意象细分化模块, 构建轮毂造型设计方案的多项选择数据库。也可将此方法推广至整车造型设计, 为整车设计和开发提供有益的参考, 以不断提升品牌认知度。

### 参考文献:

- [1] 姜龙. 轮毂造型设计对自主品牌 SUV 外观设计的影响探析[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 146-150.  
JIANG Long. Influence of Wheel Hub Design on the SUV Appearance Design of Self-owned Brand[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(4): 146-150.
- [2] 朱炜, 赵磊, 王小龙. 基于品牌意象的 SUV 造型设计方法[J]. 机械设计, 2017, 34(1): 118-121.  
ZHU Wei, ZHAO Lei, WANG Xiao-long. SUV Modeling Design Method based on Brand Image[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(1): 118-121.
- [3] 苏畅, 付黎明, 魏君, 等. 基于感性工学和主成分分析的车身色彩设计[J]. 吉林大学学报(工学版), 2016, 46(5): 1414-1419.  
SU Chang, FU Li-ming, WEI Jun, et al. Design Method in Exterior Color Based Kansei Engineering and Principal Component Analysis[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2016, 46(5):

- 1414-1419.
- [4] 刘伟涛, 李萍, 李德豪, 等. 方差分析数据处理系统的设计[J]. 计算机与应用化学, 2015, 32(5): 583-586.  
LIU Wei-tao, LI Ping, LI De-hao, et al. Design of Data Processing System about Analysis of Variance[J]. Computers and Applied Chemistry, 2015, 32(5): 583-586.
- [5] 牛凯. 数据分析之单因素方差分析[J]. 产业与科技论坛, 2019, 18(2): 57-58.  
NIU Kai. One-way Analysis of Variance in Data Analysis[J]. Industrial & Science Tribune, 2019, 18(2): 57-58.
- [6] 范大伟, 王新燕, 周美玉. 基于主成分分析法的汽车轮毂感性认知的研究[J]. 科技信息, 2010(10): 119-120.  
FAN Da-wei, WANG Xin-yan, ZHOU Mei-yu. Research on Perceptual Cognition of Automobile Wheel Hub Based on Principal Component Analysis[J]. Science & Technology Information, 2010(10): 119-120.
- [7] 陈永超, 邵永凯, 安琦. 基于主成分层次分析的产品设计语义差分评价研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 138-143.  
CHEN Yong-chao, SHAO Yong-kai, AN Qi. Semantic Differential of Product Design Evaluation Based on Principal Component Analysis and Analytic Hierarchy Process Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 138-143.
- [8] 徐江华, 桂翔先. 基于方差分析法的飞机乘客座椅IFE舒适性设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(14): 149-153, 173.  
XU Jiang-hua, GUI Xiang-xian. Comfort Design of Aircraft Passenger Seat IFE Based on Analysis of Variance[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(14): 149-153.
- [9] 陶辉, 朱佳媛. 基于问卷调查的近10年我国居民服装色彩偏好比较分析[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报, 2019(3): 41-45.  
TAO Hui, ZHU Jia-yuan. Comparative Analysis of Clothing Color Preferences of Chinese Residents in the Past Decade[J]. Journal of Zhejiang Textile & Fashion College, 2019(3): 41-45.
- [10] 罗文斌. 服务品质、消费体验对顾客满意度影响之研究[D]. 中国台中: 台中教育大学, 2020.  
LUO Wen-bin. The Examination of Service Quality and Experience Consumption on Customer Satisfaction, a Case Study of Ep-books[D]. China Taichung: National Taichung University of Education, 2020.
- [11] 沈琼, 王淑敏, 谢田甜. 基于用户分层的手持工具感知差异的研究[J]. 机械设计, 2018, 35(12): 116-119.  
SHEN Qiong, WANG Shu-min, XIE Tian-tian. Perception Differences of Handheld Tools based on User Layering[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(12): 116-119.
- [12] HYUN K H, LEE J H, KIM M, et al. Style Synthesis and Analysis of Car Designs for Style Quantification Based on Product Appearance Similarities[J]. Advanced Engineering Informatics, 2015, 29(3): 483-494.
- [13] LUO S J, FU Y T, ZHOU Y X. Perceptual Matching of Shape Design Style between Wheel Hub and Car Type[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012, 42(1): 90-102.
- [14] 吴俭涛, 孙利, 柳青英. 汽车轮毂仿生造型的参数化模型构建研究[J]. 机械设计, 2019, 36(8): 115-119.  
WU Jian-tao, SUN Li, LIU Qing-ying. Research on Parametric Modeling Construction of Bionic Modeling of Car Wheel Hubs[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(8): 115-119.
- [15] 韩颖. 基于技术美学的汽车轮毂造型设计研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.  
HAN Ying. Research on Automotive Wheel Hub Styling Design Based on Technical Aesthetics[D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [16] CHOU J R. A Kansei Evaluation Approach Based on the Technique of Computing with Words[J]. Advanced Engineering Informatics, 2016, 30(1): 1-15.
- [17] SU Chang, HAN Ying, WEI Jun, et al. Styling Study on Disc Wheel Design of an Electric Vehicle[C]//67th Spring Research Conference in 2020. Tokyo: Bulletin of Japanese Society for the Science of Design, 2020.
- [18] 孙毅, 高彦伟, 张静. 大学数学—随机数学(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.  
SUN Yi, GAO Yan-wei, ZHANG Jing. College Mathematics-Random Mathematics (Third Edition)[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014.

责任编辑: 马梦遥