

# 基于感性工学与 AHP 的老年人电动自行车造型设计

宋端树<sup>1</sup>, 辜俊丽<sup>1</sup>, 候宏平<sup>2</sup>, 韩继光<sup>1</sup>

(1.江苏师范大学 机电工程学院, 徐州 221116; 2.江苏师范大学 科文学院, 徐州 221116)

**摘要:** **目的** 针对电动自行车造型设计的审美缺失及对使用人群的感性需求考虑, 提出基于感性工学及层次分析法结合的电动自行车造型设计。**方法** 通过资料收集法确定电动自行车的感性词汇及造型特征要素, 运用层次分析法确定感性词汇与造型特征的关联性。运用语义差分法得到符合用户喜好的造型特征要素, 验证数据分析结果与用户调研结果是否具有相合性。**结果** 数据分析与用户调研结果具有相合性, 以此为指导, 以老年人群的需求为基础, 实现电动自行车造型设计。**结论** 感性工学能够捕捉用户的主观需求, 层次分析法将主观性量化表达。两者的结合使用使电动自行车造型在科学、系统的设计过程中, 能够最大限度满足用户的情感需要。

**关键词:** 感性工学; 层次分析法; 电动自行车; 造型设计

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)08-0130-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.08.022

## Design of Electric Bicycle for Seniors Based on Perceptual Engineering and AHP

SONG Duan-shu<sup>1</sup>, GU Jun-li<sup>1</sup>, HOU Hong-ping<sup>2</sup>, HAN Ji-guang<sup>1</sup>

(1.School of Mechanical and Electrical Engineering, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China;

2.Kewen College, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

**ABSTRACT:** In view of aesthetic missing for electric bicycle styling design and considering the emotional needs of the users, the paper aims to propose an electric bicycle design based on the combination of perceptual engineering and analytic hierarchy process. The electric bike sensual vocabulary and the modeling features of electric bicycle was determined through data collection. The analytic hierarchy process was applied to determine the relevance between emotional terms and modeling features. The semantic difference method was used to get the styling feature elements that met the users' preferences in order to verify the results of professional data analysis and analysis results of user research are consistent. Data analysis and user research had consistency. Guided by this, the design of electric bicycles was achieved based on the needs of the elderly population. The perceptual engineering can capture the subjective needs of users. The analytic hierarchy process quantifies the subjective expression. Combination of the two makes the product modeling in the scientific and systematic design process maximizes the emotional needs of users.

**KEY WORDS:** perceptual engineering; analytic hierarchy process; electric bicycle; styling design

随着城市用地紧张、交通拥挤, 便携小巧的电动自行车越来越受到消费者的青睐<sup>[1]</sup>。电动自行车的安全性能及功能虽已完善, 但其造型设计仍处于较低水平, 缺乏美感及原创性, 并未真正考虑用户对产品形态的感性追求。产品核心技术及性能日趋同质化, 企

业想要在市场竞争中脱颖而出, 就必须提高造型设计的美学要求<sup>[2]</sup>。本文将借助感性工学研究用户对产品造型的心理喜好, 并运用层次分析法将模糊的心理喜好评价转化为客观的数学依据, 指导电动自行车造型设计。

收稿日期: 2018-12-24

基金项目: 徐州市科技计划项目(KC17138); 江苏省重点研发项目(BE2016651); 江苏省大学生创新训练项目(201613988011X)

作者简介: 宋端树(1982—), 男, 江苏人, 江苏师范大学机电工程学院副教授, 硕士生导师, 主要从事工业设计、通用设计方面的研究。

## 1 感性工学与造型意象

感性工学<sup>[3]</sup>在 1986 年由日本学者首次提出，是一种感性意象与工学结合的设计技术，其核心是用户导向<sup>[4]</sup>，旨在探讨用户的感性认知与产品设计要素的相关性。感性工学以定性、定量的方法表现用户对产品的感受评价，并将结果转化成设计要素。通过对用户的感性分析，在产品使用性能不受损害的前提下，设计出符合用户喜好的产品。

意象是一种主体意识的思考活动，但与理性思考不同，它是客观物象经过主体独特的情感活动而形成的一种形象<sup>[5]</sup>。产品造型意象是指用户对所见产品形态的直观感受。这种感受是通过视觉传递客观形态到大脑，使大脑作出主观反应而产生的。产品造型意象可以通过形容词表达，形容词表示事物的形状、性质和状态，是对产品评价的语言尺度<sup>[6]</sup>。就电动自行车造型而言，意象体现的是设计师进行设计时的情感，以及用户所获得的视觉体验，因此，若能了解用户对电动自行车造型的感性意象，并将其融入到造型设计中，就能尽量满足用户对产品造型的情感需求。这对于电动自行车造型设计具有非常重要的意义。

## 2 层次分析法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP) 作为评估方法反映人的主观判断，它将用户的主观评价以数据形式进行处理和表达<sup>[7]</sup>，能以更严谨、客观的依据辅助产品设计开发及帮助设计决策。其数学模型为：(1) 建立目标层、准则层、指标层的递阶层次结构。(2) 构造判断矩阵。(3) 单层次权重计算及一致性检验，利用公式  $\overline{w}_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n$ ) 将矩阵 A 列向量归一化，对

向量  $\overline{w}_{ij}$  按行求和得到向量  $\overline{w}_i$ ，利用公式

$w_i = \overline{w}_i / \sum_{i=1}^n \overline{w}_i$  将向量  $\overline{w}_i$  归一化，得到特征向量。判

断矩阵的特征值由  $\lambda = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$  得到，CR 由一致性比例公式  $CR = CI/RI$  求出，其中  $CI = (\lambda - n)/(n - 1)$ ，RI 为平均随机一致性指标，取值查表可知，当  $CR < 0.1$  时，满足一致性，此时，特征向量可作为权向量。(4) 综合权重计算，将每个指标层的权重值分别和与之对应的准则层的权重值相乘，则得到指标层相对于目标层的综合权重<sup>[8]</sup>，权重值越高，越符合选择要求。

## 3 电动自行车造型意象研究

### 3.1 电动自行车感性意象词汇的获取

为获取用户的产品真实情感诉求，需要获取用户对产品的感性评价。通过电动车卖场宣传册、网络、杂志等途径获取描述电动自行车造型的形容词，获取低层次水平词汇组 60 个。通过设计学院 30 名学生的集体讨论，对这 60 个低层次水平词汇组进行初步筛选，除去意义相同和与造型无关的感性词汇组，获得中等层次水平词汇组共 15 个。最后利用专家论证法，邀请设计学院专业老师和设计师，进行讨论、筛选，最终确定了 4 个最高层次水平词汇组，分别为：“时尚-传统”、“简约-复杂”、“轻盈-厚重”、“动感-安静”。

### 3.2 电动自行车样本空间的建立

通过对网络店铺电动自行车图片的搜集和走访电动自行车卖场，以及对专业杂志的图片搜集等方式，初步获取 135 个电动自行车样本，排除色彩、材质的影响，利用图片分类法将外观形态相似的图片分为一类，再从中选出更具代表性的样本图片。最终，共选取 32 个样本图片。样本图片选择及编号见图 1。



图 1 样本图片选择及编号

Fig.1 Selection and numbering of sample picture

### 3.3 设计要素的确定

#### 3.3.1 设计项目的筛选

通过文献研究和技术专家访谈获得电动自行车

可独立设计的项目 16 项，制作评分表，将 16 项设计项目按 1~5 分进行打分，数值越大则该项目越重要。调研对象为设计学院学生、老师、路人，年龄在 15~75 岁之间，男女比例为 2:3，发放问卷共 150 份，回收

的有效问卷为 131 份。可设计项目及其均值见表 1。前叉、制动器、座管、挡泥板、车筐分值较低，不是电动自行车造型设计的主要因素。对其他设计项目进

行分析，得到对电动自行车造型设计起决定作用的 6 项设计项目，分别为车架、车轮直径、轮胎宽度、车把、车座、电池盒。

表 1 可设计项目及其均值  
Tab.1 Designable projects and their means














部件	车把	手刹	前叉	轮胎宽度	车轮直径	辐条	制动器	车筐	车座	座管	车架	链罩	链条	脚踏	挡泥板	电池盒
均值	3.75	2.44	1.95	3.97	4.39	2.61	1.78	2.06	3.92	1.48	4.59	3.05	2.81	3.13	2.01	3.56

3.3.2 设计项目要素的确定

根据得到的样本图片，分类 6 种设计项目的不同形态，确定其项目要素。设计项目要素的确定见表 2。

同形态，确定其项目要素。设计项目要素的确定见表 2。

表 2 设计项目要素的确定  
Tab.2 Determination of project design elements

设计项目	项目要素				
车架	 菱形	 脊梁偏上 U 型	 脊梁偏下 U 型	 三角式	 脊梁式
车轮直径	8~14 小轮	14~20 中轮	20~28 大轮	-----	-----
轮胎宽度	1.5~1.75 细轮	1.9~2.0 中轮	2.25~4.0 宽轮	-----	-----
车把	 直把	 雁把	-----	-----	-----
车座	 专业型	 普通型	-----	-----	-----
电池盒	 隐于车架内	 设于后轮上	 车座与后轮间	 设于车梁上	-----

4 数学模型与造型决策

4.1 构建递阶层次结构

确定评估目标为电动自行车造型设计，以感性词汇组“时尚-传统”为例，构建影响电动自行车“时尚-传统”感造型意象的设计要素层次分析图，“时尚-传统”造型意象的设计要素层次分析见图 2。

4.2 构造判断矩阵

根据层次结构来制作问卷，分别将准则层与指标

层的元素感性意象重要度两两对比。问卷的重要量表尺度分别用数字 19 及其倒数表示，数值 1、3、5、7、9 分别表示两两需求的比较，前者较后者一样重要、稍微重要、明显重要、重要得多或极端重要。数值 2、4、6、8 则为相邻尺度的中间值，数值的倒数为后者较前者的重要度<sup>[9]</sup>。选择 33 名设计学院老师及学生作为调研对象，让其根据筛选的样本图片进行问卷填写，以“时尚-传统”感电动自行车造型设计为例，以“时尚”感程度为标尺进行打分，得到准则层判断矩阵，见表 3。

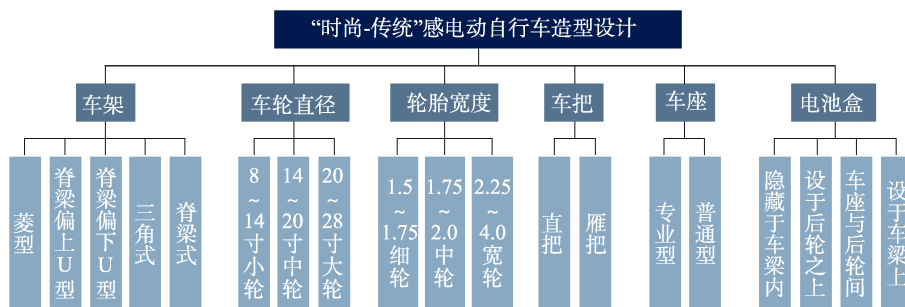


图 2 “时尚-传统”造型意象的设计要素层次分析

Fig.2 Analytic hierarchy chart on design elements of "fashionable - traditional" modeling image

表 3 准则层判断矩阵  
Tab.3 Criterion layer judgment matrix

	车架	车轮直径	轮胎宽度	车把	车座	电池盒
车架	1	8	3	7	6	5
车轮直径	1/8	1	1/6	1/2	1/3	1/5
轮胎宽度	1/3	6	1	5	4	2
车把	1/7	2	1/5	1	1/2	1/3
车座	1/6	3	1/4	2	1	1/2
电池盒	1/5	5	1/2	3	2	1

计算得到权向量  $w = [0.463 \ 0.035 \ 0.231 \ 0.053$

$0.082 \ 0.136]^T$ , 检验一致性得到特征值  $\lambda = 6.18$ ,  $CR = 0.029 < 0.1$ , 满足一致性。同理, 得到指标层 6 个判断矩阵权向量且结果满足一致性, 得到综合权重, “时尚-传统”感电动自行车造型设计要素权重见表 4。

指标层数据表明, 电动自行车造型设计中, 体现“时尚-传统”感的设计项目在重要性上依次为: 车架>轮胎宽度>电池盒>车座>车把>车轮直径, 因此, 在进行电动自行车造型设计时, 车架造型为设计主体, 其次考虑其他设计项目与车架造型的匹配。同理, 根据其他感性意象词汇组得出的权重系数可指导符合其他感性语意的电动自行车造型设计。

表 4 “时尚-传统”感电动自行车造型设计要素权重  
Tab.4 Weight of "fashionable - traditional" electric bicycle modeling design elements

目标层	指标层	准则层	权重	综合权重
“时尚-传统”电动自行车造型设计	车架 0.463	脊梁式	0.492	0.228
		三角式	0.269	0.125
		菱形	0.124	0.057
		脊梁偏上 U 型	0.071	0.033
		脊梁偏下 U 型	0.045	0.021
		2.25~4 宽轮	0.581	0.134
	轮胎宽度 0.231	1.5~1.75 细轮	0.309	0.071
		1.75~2.0 中轮	0.109	0.025
		隐藏在车梁内	0.562	0.076
	电池盒 0.136	设于车梁上	0.288	0.039
		设于车座后	0.101	0.014
		设于车座与后座之间	0.049	0.007
	车座 0.082	专业型	0.89	0.061
		普通型	0.11	0.014
	车把 0.053	直把	0.8	0.042
		雁把	0.2	0.011
	车轮直径 0.035	20~28 寸大轮	0.634	0.022
		8~14 小轮	0.26	0.009
		14~20 中轮	0.106	0.004

由综合权重排序可以得出电动自行车造型设计要素与“时尚-传统”感性评价之间的关系。各项目中, 要素权重值越大, 时尚感越强; 要素值越小, 传统性越高, 可以看出脊梁式车架、2.25 以上宽度轮胎、隐于车梁内的电池盒、专业型车座、直把把手、20~28 寸大轮这些要素偏时尚, 而脊梁偏下 U 型车架、1.75~2.0 中等宽度的轮胎、设于后座与车座之间的电池盒、普通型车座、雁把把手、14~20 寸中等直径车轮这些要素更能体现传统感。

### 4.3 可靠性验证

为验证数据的分析结果是否符合用户心理喜好, 利用样本图片和最高层次水平词汇组, 建立感性评价矩阵。运用语义差分法<sup>[10]</sup>建立-3~+3 七级语义量表, 制作问卷表, 调查问卷设计见表 5。以词汇组“时尚-传统”为例, 正向数值越大, 样本的时尚感程度越

高; 负向数值越小, 传统性越高。将问卷发放到网络空间, 最终回收的有效问卷有 64 份, 受试者中男性 25 人, 女性 39 人, 均为有电动自行车使用经验者, 所得数据经处理得到感性评分均值折线图, 电动自行车“时尚-传统”感感性评价分值折线图见图 3。

由“时尚-传统”感折线图可知, 用户认为最能体现“时尚”感造型的是样本 2、22、26, 总结其共性造型特征为: 脊梁式、直把、专业型车座、隐藏在车梁内的电池盒。最能体现“传统”感电动自行车造型的是样本 12、18、19, 总结造型特征为: 脊梁偏下 U 型车架、普通型车座、雁把、14~20 寸中等直径车轮、设于车座与后座之间的电池盒。对比专业设计人员所得数据的分析结果与用户调研的分析结果, 层次分析法与用户调研结果重合率见图 4, 时尚感要素的重合率为 66.7%, 传统感要素的重合率为 83.3%, 具有相合性, 因此, 基于层次分析法所得结果是可靠的。

表5 调查问卷设计  
Tab.5 Design of questionnaire

语义差分法对样本图片相关感性意象打分								样本图片
传统	-3	-2	-1	0	1	2	3	时尚
复杂	-3	-2	-1	0	1	2	3	简约
厚重	-3	-2	-1	0	1	2	3	轻盈
安静	-3	-2	-1	0	1	2	3	动感

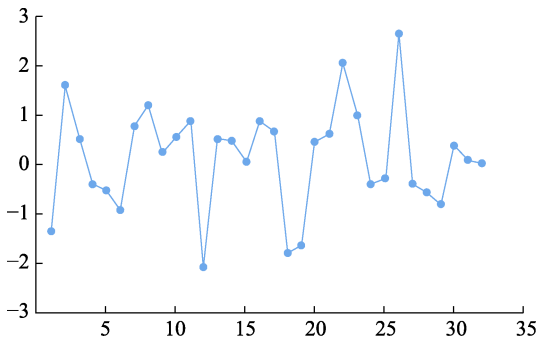


图3 电动自行车“时尚-传统”感性评价分值折线图  
Fig.3 Sensory evaluation score line chart of "fashionable - traditional" to electric bikes



图4 层次分析法与用户调研结果重合率  
Fig.4 Coincidence rate between AHP and user survey results

#### 4.4 电动自行车造型相关感性意象的总结

综合专业人员及用户的调研结果,分析得出最具“时尚”感的形态是脊梁式车架、直把、专业型座椅及隐藏于梁内的电池盒;最具“传统”感的形态是脊梁偏下U型车架、雁把、普通型车座、设于车座与后座之间的电池盒;最具“简约”感的形态是脊梁式、直把和隐藏于梁内的电池盒;最具“复杂”感的形态为雁把以及嵌于车座与后轮之间的电池盒;最具“轻盈”感的形态为脊梁式车架和细轮;最具“厚重”感的形态为2.25以上宽轮;最具“动感”的形态为脊梁偏上U型、20~28寸大轮、直把以及专业型车座;最具“安静”感形态为脊梁偏下U型车架和雁把。在此基础上,根据具体人群要求可以指导电动自行车造型设计。

### 5 电动自行车设计方案

#### 5.1 人群定位及感性要素确定

目前的社会环境中,老龄化进程加剧,老年人的衣食住行越来越受到社会关注,因此,将老年人定位为用户群体,并根据上述研究结果指导老年人电动自行车的设计。本次研究共走访20位老年用户。为排除环境干扰,分别对20位用户进行交流、访谈,以此确定用户需求,了解他们对电动自行车造型的认知感受。根据访谈结果,总结设计策略。由于对老年人来说,出行工具在视觉上要给人安全可靠感,冲击感不宜过于强烈,所以确定的感性要素为厚重、安静。由上文得到“厚重”感设计要素为宽轮;“安静”感设计要素为脊梁偏下U型车架和雁把把手。

#### 5.2 产品要素设计表现

以上述结果为指导,以脊梁偏下U型车架、雁把把手以及2.25以上宽轮的造型要素为主体,进行老年人电动自行车造型设计,借助头脑风暴进行构思,随后团队讨论、筛选,最终确定设计方案,电动自行车造型设计见图5。整体电动自行车造型见图5a和图5b,整体的造型组合协调统一,尽可能多用曲线造型以带来柔和感,代替刚硬的直线所带来的冲击感,视觉上体现出厚重与安静感。另外,可调节座椅高度以适应不同身高的老人。主要设计要素为车把、轮胎及整体车架。车把造型见图5c,考虑曲线造型带来柔和和稳重感的同时,注重人体工学,符合人手抓握的方向,减轻骑行时所带来的腕关节压力。轮胎形态见图5d,2.5宽轮在视觉上体现的厚重感可以给老年人安心感,同时也能够保证在湿滑路面骑行时的稳定性。后轮采用双轮的形式,免去老人停靠车的步骤,减少老人的体力活动,避免疲劳。车架造型见图5e,车架尽可能地减少整体造型的多余线条,呈现简洁干

净的视觉风格。加粗加厚的形态都从视觉和实际性能上提升安全感。靠背的增加则为老年人停车休息提供便利,见图 5f。车架形态在原有脊梁偏下的基础上增

加可放置双腿的踏板,见图 5g。老人在依靠电力骑行时,踏板可为双脚提供稳定的放置点,提升老年人群骑行的舒适感及安全感。

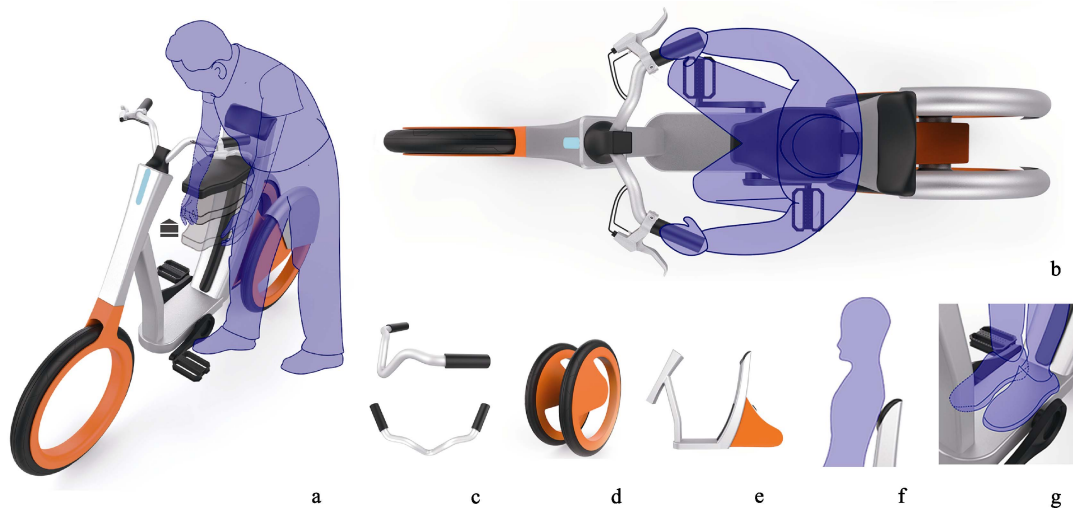


图5 电动自行车造型设计  
Fig.5 Design of electric bicycle

## 6 结语

在电动自行车的造型设计中,感性工学帮助建立了用户的感性需求与造型特征要素的相关性,构建了感性评价体系,并用层次分析法建立了两者之间的数学关系。其次,通过语义差分法验证了数学方法的可靠性,证明了感性工学与层次分析法结合应用于产品设计领域的可行性。最后,通过将研究结论应用到具体实例中,完成设计方案。实践证明,感性工学与层次分析法的结合使用,为指导设计师设计出符合用户需求的产品造型提供了客观、可靠的依据,能够让设计师有针对性地把握造型设计的重点,作出准确、高效的决策。

### 参考文献:

- [1] 夏瑜珠. 人机工程学在电动自行车设计中的应用[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014.  
XIA Yu-zhu. The Application of Ergonomics in the Design of Electric Bicycle[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2014.
- [2] 顾炎辉. 基于造型美学的清淤车外观设计方法研究[J]. 机械设计, 2013, 30(7): 121—123.  
GU Yan-hui. Research on Appearance Design of Dredging Vehicle Based on Modeling Aesthetics[J]. Machine Design, 2013, 30(7): 121—123.
- [3] Cheng Ta-yeh, Mu Chen-chen. Applying Kansei Engineering and data mining to design door-to-door delivery service[J]. Computers & Industrial Engineering, 2018(120): 401—407.
- [4] LORENZ R, LORENTZEN K, STRICKER N, LANZA G. Applying User Stories for a Customer-driven Industry 4.0 Transformation[J]. IFAC PapersOnLine, 2018, 51(11): 1335—1340.
- [5] 苏建宁, 张新新, 景楠, 陈肖. 认知差异下的产品造型意象熵评价研究[J]. 机械设计, 2016, 33(3): 105—108.  
SU Jian-nin, ZHANG Xin-xin, JING Nan, CHEN Xiao. Research on the Entropy Evaluation of Product Styling Image Under the Cognitive Difference[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(3): 105—108.
- [6] 周志勇, 程建新, 张新月. 感性工学在护理床护栏设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 98—100.  
ZHOU Zhi-yong, CHENG Jian-xin, ZHANG Xin-yue. Application of Kansei Engineering in Nursing Beds Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 98—100.
- [7] 康辉, 赵凯勋. 基于层次分析法的汽车设计方案评价模型[J]. 包装工程, 2014, 35(22): 53—57.  
KANG Hui, ZHAO Kai-xun. Evaluation Model of Automobile Design Scheme Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(22): 53—57.
- [8] 宋端树, 黄悦欣, 崔天琦, 等. 基于 AHP 和 PCA 的自理老人厨房需求权重研究[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2016, 34(4): 71—74.  
SONG Duan-shu, HUANG Yue-xin, CUI Tian-qi, et al. Research on Requirements of Kitchen for Elderly Based on AHP and PCA[J]. Journal of Jiangsu Normal University(Natural Science Edition), 2016, 34(4): 71—74.
- [9] 李江泳, 姚湘. 基于贝尔品牌形象模型的产品造型意象研究[J]. 包装工程, 2014, 35(20): 29—32.  
LI Jiang-yong, YAO Xiang. Product Modeling Imagery Modeling Design Based on Biel Model[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(20): 29—32.
- [10] 朱云峰, 刘李明, 周玮. 基于语义差别法的轿车家族特征演变模式研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 55—58.  
ZHU Yun-feng, LIU Li-ming, ZHOU Wei. Evolution Mode of Vehicle Family Characteristics Based on the Semantic Differential Methods[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 55—58.