

# 基于感性工学的框架眼镜造型意象研究

付成杰, 毕延刚, 沈学会

(齐鲁工业大学(山东省科学院), 济南 250353)

**摘要:** **目的** 分析现有框架眼镜的造型要素, 调查使用者对于框架眼镜的感性认知, 研究眼镜造型要素和感性意象的相关性, 为眼镜设计提供参考数据。**方法** 基于感性工学理论, 分析眼镜的造型要素, 采用形态分析法确定产品的造型要素与类目特征, 并进行感性评估; 调查受测者对于眼镜的意象认知, 采用因子分析、K-means 集群分析法筛选符合产品意象的感性词汇, 运用灰关联分析法对满足顾客感性需求的造型要素进行评比; 归纳出框架眼镜的形态要素, 运用灰关联分析法评比造型要素的优先度。**结果** 得出框架眼镜造型要素和产品意象之间的相关程度。**结论** 帮助设计师了解使用者对于产品的感性认知, 理解产品意象与造型之间的相关性, 给出产品设计依据, 从而提高产品设计的效率和效果。

**关键词:** 意象; 感性工学; 灰关联分析法; 形态解构法

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)02-0269-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.02.041

## The Shape Image of Frame Glasses Based on Kansei Engineering

FU Cheng-jie, BI Yan-gang, SHEN Xue-hui

(Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Jinan 250353, China)

**ABSTRACT:** The work aims to analyze the shape elements of existing frame glasses, investigate users' perception of frame glasses, and research the correlation between shape elements and kansei image of glasses, so as to provide reference for the glasses design. The shape elements of glasses were analyzed based on kansei engineering theory. The shape elements and category features of products were determined by the method of morphological analysis for perceptual evaluation. The participants' image cognition of glasses was investigated. Factor analysis and K-means cluster analysis were used to screen the kansei words that met the product image. Grey relational analysis was applied to evaluate the shape elements that met customers' emotional needs. The shape elements of frame glasses were summarized, and then, by grey relational analysis, the priority of shape elements was evaluated. The degree of correlation between shape elements of frame glasses and product image was concluded. This work can help designers understand the users' perception of the product and the correlation between product image and shape, give the basis of product design, and thus improve the efficiency and effect of product design.

**KEY WORDS:** image; kansei engineering; grey relational analysis; morphological deconstruction

随着生活水平的提高带来消费品质的提高, 传统的基于科技导向的产业制造观点与设计手法已经无法满足人们在感性层面上的需求<sup>[1-3]</sup>。21 世纪, 整个消费市场以消费者为主, 在产品设计领域, 满足用户的感情需求成为关键<sup>[4]</sup>。产品的技术日趋深入, 人们

在注重框架眼镜的使用功能之外, 将更多的关注点转向由审美功能引起的造型样式, 因此眼镜的使用者已不再仅仅局限于近视者, 眼镜逐渐上升为一种重要的面部装饰品<sup>[5-6]</sup>, 成为日常生活用品, 因此在整个设计过程中除了考虑功能外, 满足不同使用者的审美需

收稿日期: 2019-10-18

作者简介: 付成杰(1992—), 女, 山东人, 齐鲁工业大学(山东省科学院)硕士生, 主攻人机工程与产品设计。

通信作者: 毕延刚(1988—), 男, 山东人, 硕士, 齐鲁工业大学(山东省科学院)工程师, 主要研究方向为地域文化、文创产品、产品工艺。

求也成为必要的设计方面。以眼镜为例，基于感性工学(Kansei Engineering)理论，以灰关联分析法(Grey Relational Analysis)为基础，对眼镜形态要素进行评比，提取产品的造型意象，最终为眼镜造型设计提供符合用户审美需求的可选方案。

### 1 文献探讨

#### 1.1 感性工学

对于新产品来说，感性工学是一个以消费者为导向的发达技术。长町三生把感性工学定义为：将消费者的感觉翻译成产品设计元素的一种技术。感性工学系统<sup>[7]</sup>见图1。感性工学将研究重点放在量化用户情感与产品要素之间的关系上，为了有依据地把握消费者无法预估的感性心理需求，它运用理性思维进行定性、定量的分析<sup>[8]</sup>。

#### 1.2 灰关联分析法

灰关联分析法(Grey Relational Analysis, GRA)是根据各因素之间的相似性或差异性来确定各因素之间的相关程度，并利用各因素之间的相关系数来评价子因素与参考因数的方法<sup>[9]</sup>。

灰关联分析法是一种将系统数据投影到几何空间中的方法，其主要有以下步骤<sup>[10-11]</sup>。

1) 设序列决策矩阵。

$$M = [x_i(k)]_{i,k}, \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n, n \in N) \quad (1)$$

参考数列：

$$x_0 = \{x_0(k) | k = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

2) 定义正规化矩阵。

$$D = [x_i^*(k)]_{i,k}, \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n, n \in N) \quad (3)$$

采用平均法并设求平均值的公式：

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_i(k)} \quad (4)$$

3) 计算差矩阵。通过求算距离的方法<sup>[9,12]</sup>，即求参考序列  $x_0$  和对比序列差的绝对值，进而获取差矩阵  $\Delta$ ：

$$\Delta = [|x_0^*(k) - x_i^*(k)|] \quad (5)$$

4) 计算灰关联系数。设对比序列与参考序列之间的相关系数：

$$\partial(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \varepsilon \Delta_{\max}}{\Delta_i(k) + \varepsilon \Delta_{\max}} \quad (6)$$

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0^*(k) - x_i^*(k)| \quad (7)$$

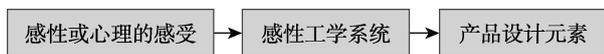


图1 感性工学系统  
Fig.1 Kansei engineering system

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_k |x_0^*(k) - x_i^*(k)| \quad (8)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k |x_0^*(k) - x_i^*(k)| \quad (9)$$

其中： $\Delta_{\min}$ 和 $\Delta_{\max}$ 分别表示第*i*列所有因子的加权绝对值与参考序列之间的差的最小值和最大值； $\varepsilon \in [0,1]$ 是调整分辨率的显著系数，也叫辨识系数(Distinguished Coefficient)，其值不固定，可根据实际需要适进行调整，通常取 $\varepsilon=0.5$ <sup>[13]</sup>。

5) 计算灰关联度。在每个因子具有相同权重的情况下，求取灰关联系数的平均值，即为灰关联度<sup>[10]</sup>：

$$\partial(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \partial(x_0(k), x_i(k)) \quad (10)$$

6) 对灰关联度进行排序。假设灰关联空间中有参考数列：

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)) \quad (11)$$

比较序列：

$$x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)) \quad (12)$$

当 $\partial(x_0, x_i) > \partial(x_0, x_j)$ 成立时，则表示 $x_i(k)$ 对 $x_0(k)$ 的灰关联度大于 $x_j(k)$ 对 $x_0(k)$ 的灰关联度<sup>[14]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 研究流程

利用感性工学的优点，建立感性词汇与框架眼镜造型的对应关系，主要针对框架眼镜的造型意象进行深入探讨，通过客观的实验样本和感性词汇的筛选机制，结合问卷调查、语义差异法等进行面向用户意象的评价实验，并对框架眼镜进行形态解构，目的是把挑选出的形容词，作为表现人们对于受测物的意象认知；通过因子分析、灰关联分析等方法进行意象与造型设计元素的结合，目的在于探讨感性词汇与造型设计元素之间的相关性，并将其关系以数量化的形式表现出来，以作为设计知识库的基础。研究流程与步骤见图2。

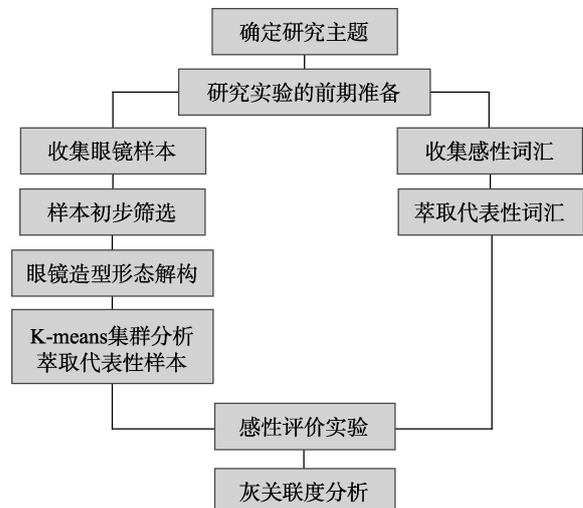


图2 研究流程与步骤  
Fig.2 Research process and steps

### 2.2 眼镜样本初步筛选

从国内外眼镜品牌官网上，选择正面拍摄的眼镜照片共二百三十张，然后由五位具有五年设计经验的设计人员组成焦点小组，去除外形上重复或相似，以及在大众心中已形成固定样式的样本后，得到五十六个眼镜样本，由于研究范围的局限性，色彩将不被列入研究范围，因此使用 Adobe Photoshop CC 软件去除样本图片的表面色彩。

### 2.3 眼镜造型的形态解构与描述

对眼镜样本进行形态要素分析，将眼镜的形态特征解构出十个项目和二十九个类目，形态解构特征<sup>[9]</sup>见表 1。

### 2.4 眼镜样本最终筛选

将五十六个眼镜样本结合表 1，建立形态要素矩阵，以数值 1 或 0 进行打分，1 和 0 分别代表受测样本具备此项特征和不具备此项特征，然后对样本进行集群分析。在实验过程中，考虑到受测者在实验中的负荷量，最后挑选出二十个代表性样本，最终样本见图 3。

### 2.5 感性词汇的筛选

首先通过阅读相关文献以及各大眼镜品牌网站，广泛收集感性词汇共一百三十四个，然后由焦点小组

表 1 形态解构特征

Tab.1 Morphological deconstruction feature table

项目	类目
S <sub>1</sub> 镜框纹路	印花、拼合形、无
S <sub>2</sub> 镜腿形态结合	有段差、无段差
S <sub>3</sub> 镜框造型	方形、长方形、圆形、飞行员形、多边形、有机形
S <sub>4</sub> 鼻托设计	可调节、不可调节
S <sub>5</sub> 镜框透明度	透明、不透明
S <sub>6</sub> 镜框类型	全框、半框、无框
S <sub>7</sub> 镜框长宽比	2.7 : 1~3 : 1、4 : 1、5 : 1
S <sub>8</sub> 中梁连接	一体式、粘合式
S <sub>9</sub> 镜腿造型	流线形、拼合形、装饰造型拼合
S <sub>10</sub> 中梁造型	弧形、一字形、n 字形

对形容词进行评估，删除意思相近或不符合眼镜样式的词语，最终得到感性词汇二十五个。将这二十五个感性词汇制成问卷，感性词语意象调查问卷见图 4，并由十位受测者（五位具有五年以上设计经验的受测者，五位没有设计背景的受测者）填写问卷。受测者根据自己对眼镜的了解选出符合自己对眼镜认知的感性词汇，最终挑选出的八个感性词汇，即时尚的、复古的、文艺的、商务的、学院的、成熟的、潮流的、知性的。



图 3 最终样本  
Fig.3 Final sample

#### 眼镜感性意象调查表

请您从以下词汇中选出八个适合描述眼镜的形容词

1.时尚的	2.古典的	3.清新的	4.复古的	5.文艺的
6.华丽的	7.前卫的	8.运动的	9.精致的	10.休闲的
11.商务的	12.轻盈的	13.学院的	14.经典的	15.大牌的
16.成熟的	17.奢华的	18.潮流的	19.活泼的	20.大众的
21.几何的	22.高贵的	23.摩登的	24.知性的	25.普通的
1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____				

图 4 感性词语意象调查问卷  
Fig.4 Questionnaire survey of kansei word image

最后根据SD法,将二十个眼镜样本与八个形容词制作成五个等级的Likert量表,符合程度用1~5(1代表该样本最不符合,5代表该样本最符合)表示,由十位具有设计背景的和十位完全没有设计背景的受测者,根据自己的经验和心理感受对实验样本进行评价,感性评量矩阵得分见表2。

将实验结果进行因子分析,得到八个因子与形容词间的因子负荷量,见表3,并依照因子特性原则得到表3的三个共同因子。值越大证明形容词和各个因

子之间的相关性越高,因子分析后得到三个因子的累计贡献度分别为46.382%、64.386%、81.996%。此外,也可以看出三个因子的贡献度之比为46.382%:18.004%:17.610%≈3:1:1。

为了使所选择的形容词更具有客观性,将八个词汇与因子分析的结果结合起来并进行集群分析,得到八个感性词汇的集群分析树状图,见图5,将因子贡献度之比作为依据,最后共挑选出感性词汇五个:商务的、成熟的、知性的、学院的、文艺的。

表2 感性评量矩阵得分  
Tab.2 Kansei scoring matrix score table

序号	时尚的	复古的	文艺的	商务的	学院的	成熟的	潮流的	知性的
1	2.55	2.85	3.70	4.40	2.80	4.05	2.25	3.95
2	2.25	4.50	2.55	3.60	2.80	2.75	1.25	3.50
3	1.55	3.65	2.75	4.25	2.80	4.80	2.35	3.70
4	1.60	4.55	3.60	3.25	1.45	4.30	1.25	2.55
5	3.35	3.45	3.15	2.30	2.70	3.90	2.10	2.75
6	4.10	2.30	4.05	2.60	3.45	1.55	2.20	2.65
7	3.70	1.05	2.95	2.65	4.20	1.85	3.75	2.35
8	3.40	3.25	3.50	1.80	3.25	1.90	3.45	2.60
9	4.15	2.80	3.55	1.75	3.10	2.00	3.55	2.65
10	4.10	2.00	2.05	1.95	1.80	1.35	4.15	1.10
11	1.50	2.65	2.50	4.80	3.90	3.70	1.50	2.80
12	4.70	4.15	3.40	1.35	3.20	2.65	3.70	2.60
13	3.15	3.45	4.05	2.15	3.40	2.30	3.00	2.25
14	2.20	2.25	3.15	3.90	2.95	4.05	1.95	3.65
15	2.15	1.90	2.65	1.70	3.10	1.25	3.05	1.85
16	3.75	3.95	3.20	2.95	3.40	2.80	3.70	3.05
17	3.50	3.25	3.05	3.45	3.10	3.70	3.05	3.25
18	3.95	3.30	3.75	2.20	3.40	2.00	3.65	2.30
19	4.25	4.00	3.75	1.35	2.80	1.70	3.80	1.85
20	3.15	3.20	2.90	3.05	3.20	2.85	3.60	2.55

表3 八个因子与形容词间的因子负荷量  
Tab.3 Factor load between 8 factors and adjectives

	成分		
	1	2	3
商务的	0.920	0.127	-0.208
时尚的	-0.796	0.195	0.370
潮流的	-0.818	0.248	0.031
成熟的	0.874	-0.229	0.100
知性的	0.856	0.179	0.302
学院的	-0.026	0.925	0.133
复古的	0.218	-0.613	0.588
文艺的	-0.119	0.095	0.873
贡献度/%	46.382	18.004	17.610
累计贡献度/%	46.382	64.387	81.996

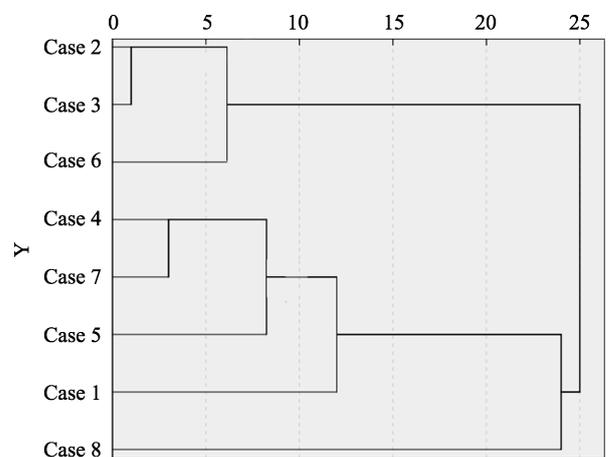


图5 八个感性词汇的集群分析树状图  
Fig.5 Dendrogram for cluster analysis of 8 kansei words

### 2.6 法则建立

为建立眼镜形态要素与感性意象之间的关系，采用灰关联分析法，针对感性词汇“学院的”进行语意评量问卷调查。首先将二十个代表性的眼镜样本与“学院的”这一感性词汇进行搭配，制作 Likert 量表，给予 1~5 分的分数。在这个阶段中，包括十六位设计

专业相关的受测者与十四位非设计专业的受测者，共三十位，最终形态要素和感性评量见表 4。

### 3 研究结果与分析

研究目的是探讨眼镜框造型的感性意象，根据眼镜样本的形态解构特征表，建立原始决策序列矩阵  $M$ ：

$$M = \begin{matrix} & x_0 & 0.427 & 0.319 & 0.403 & 0.353 & 0.397 & 0.303 & 0.462 & 0.235 & 0.260 & 0.172 & 0.193 & 0.372 & 0.274 & 0.198 & 0.310 & 0.139 & 0.310 & 0.340 & 0.216 & 0.259 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \left[ \begin{matrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 2 & 5 & 6 & 5 & 1 & 4 & 6 & 4 & 2 & 4 & 3 & 2 & 2 & 2 & 5 & 6 & 4 & 6 & 5 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 3 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 & 1 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (13)$$

将形容词“学院的”的二十个样本的语意评量，作为此矩阵中的参考序列，其他为比较序列。

表 4 最终形态要素表和感性评量表  
Tab.4 Final form factor list and perceptual rating scale

形态要素										感性词汇
镜框 纹路	镜腿形态 结合	镜框 造型	中梁 连接	镜框 透明度	镜腿 造型	镜框 长宽比	鼻托 设计	镜框 类型	中梁 造型	学院的
1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	4.27
1	3	1	3	2	1	1	3	2	2	3.19
2	2	2	3	1	1	1	2	1	1	4.03
3	5	1	1	2	1	1	1	2	3	3.53
1	6	2	2	1	1	2	1	1	1	3.97
1	5	2	1	1	2	2	1	2	2	3.03
1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	4.62
1	4	2	2	2	1	1	1	2	1	2.35
1	6	2	2	2	1	2	1	2	1	2.60
2	4	1	3	2	1	1	2	2	1	1.72
2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	1.93
1	4	2	2	2	1	2	1	2	1	3.72
1	3	2	3	1	2	1	3	2	1	2.74
2	2	2	2	1	1	2	3	2	3	1.98
1	2	2	1	1	2	2	3	2	2	3.10
1	5	1	1	2	1	1	1	1	1	1.39
1	6	2	1	2	1	1	2	2	1	3.10
1	4	2	3	2	1	2	1	1	1	3.40
1	6	2	2	2	1	1	1	2	1	2.16
1	5	2	2	2	1	2	1	2	1	2.59

正规化决策序列矩阵  $D$ :

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1.437 & 1.074 & 1.356 & 1.188 & 1.336 & 1.020 & 1.555 & 0.791 & 0.875 & 0.579 & 0.650 & 1.252 & 0.922 & 0.666 & 1.043 & 0.468 & 1.043 & 1.144 & 0.727 & 0.872 \\ 0.769 & 0.769 & 1.538 & 2.308 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 1.538 & 1.538 & 0.769 & 0.769 & 1.538 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 0.769 & 0.769 \\ 0.519 & 0.779 & 0.519 & 1.299 & 1.558 & 1.299 & 0.260 & 1.039 & 1.558 & 1.039 & 0.519 & 1.039 & 0.779 & 0.519 & 0.519 & 1.299 & 1.558 & 1.039 & 1.558 & 1.299 \\ 1.111 & 0.556 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 \\ 0.526 & 1.579 & 1.579 & 0.526 & 1.053 & 0.526 & 0.526 & 1.053 & 1.053 & 1.579 & 1.053 & 1.053 & 1.579 & 1.053 & 0.526 & 0.526 & 0.526 & 1.579 & 1.053 & 1.053 \\ 1.250 & 1.250 & 0.625 & 1.250 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 1.250 & 1.250 & 1.250 & 0.625 & 1.250 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 1.250 & 1.250 & 1.250 & 1.250 & 1.250 \\ 0.833 & 0.833 & 0.833 & 0.833 & 0.833 & 1.667 & 1.667 & 0.833 & 0.833 & 0.833 & 0.833 & 0.833 & 1.667 & 0.833 & 1.667 & 0.833 & 0.883 & 0.833 & 0.833 & 0.833 \\ 0.690 & 0.690 & 0.690 & 0.690 & 1.379 & 1.379 & 1.379 & 0.690 & 1.379 & 0.690 & 0.690 & 1.379 & 0.690 & 1.379 & 1.379 & 0.690 & 0.690 & 1.379 & 0.690 & 1.379 \\ 1.250 & 1.875 & 1.250 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 0.625 & 1.250 & 0.625 & 0.625 & 1.875 & 1.875 & 1.875 & 0.625 & 1.250 & 0.625 & 0.625 & 0.625 \\ 1.111 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 0.556 & 1.111 & 1.111 \\ 1.333 & 1.333 & 0.667 & 2.000 & 0.667 & 1.333 & 0.667 & 0.667 & 0.667 & 0.667 & 2.000 & 0.667 & 0.667 & 2.000 & 1.333 & 0.667 & 0.667 & 0.667 & 0.667 & 0.667 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (14)$$

差序列矩阵  $\Delta$ :

$$\Delta = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.668 & 0.304 & 0.182 & 1.120 & 0.567 & 0.251 & 0.786 & 0.022 & 0.106 & 0.960 & 0.889 & 0.483 & 0.153 & 0.872 & 0.274 & 0.301 & 0.274 & 0.375 & 0.042 & 0.103 \\ 0.918 & 0.294 & 0.837 & 0.111 & 0.222 & 0.279 & 1.295 & 0.248 & 0.683 & 0.460 & 0.130 & 0.213 & 0.143 & 0.147 & 0.524 & 0.831 & 0.515 & 0.105 & 0.831 & 0.427 \\ 0.326 & 0.518 & 0.245 & 0.633 & 0.225 & 0.091 & 0.444 & 0.320 & 0.236 & 0.023 & 0.461 & 0.141 & 0.189 & 0.445 & 0.068 & 0.088 & 0.068 & 0.033 & 0.384 & 0.239 \\ 0.911 & 0.505 & 0.223 & 0.662 & 0.284 & 0.494 & 1.029 & 0.262 & 0.178 & 1.000 & 0.403 & 0.199 & 0.657 & 0.386 & 0.517 & 0.058 & 0.517 & 0.435 & 0.326 & 0.181 \\ 0.187 & 0.176 & 0.731 & 0.062 & 0.711 & 0.395 & 0.930 & 0.459 & 0.375 & 0.671 & 0.025 & 0.002 & 0.297 & 0.041 & 0.418 & 0.782 & 0.207 & 0.106 & 0.523 & 0.378 \\ 0.604 & 0.240 & 0.523 & 0.355 & 0.503 & 0.647 & 0.112 & 0.042 & 0.042 & 0.254 & 0.184 & 0.419 & 0.744 & 0.167 & 0.623 & 0.365 & 0.210 & 0.311 & 0.106 & 0.038 \\ 0.748 & 0.384 & 0.667 & 0.498 & 0.043 & 0.359 & 0.176 & 0.101 & 0.504 & 0.111 & 0.040 & 0.127 & 0.233 & 0.713 & 0.336 & 0.222 & 0.354 & 0.235 & 0.037 & 0.508 \\ 0.187 & 0.801 & 0.106 & 0.563 & 0.711 & 0.395 & 0.930 & 0.166 & 0.250 & 0.671 & 0.025 & 0.627 & 0.953 & 1.209 & 0.832 & 0.157 & 0.207 & 0.519 & 0.102 & 0.247 \\ 0.326 & 0.037 & 0.801 & 0.077 & 0.781 & 0.091 & 0.444 & 0.320 & 0.236 & 0.532 & 0.461 & 0.141 & 0.189 & 0.445 & 0.068 & 0.088 & 0.068 & 0.589 & 0.384 & 0.239 \\ 0.104 & 0.260 & 0.690 & 0.812 & 0.670 & 0.313 & 0.888 & 0.124 & 0.208 & 0.088 & 1.350 & 0.585 & 0.256 & 1.334 & 0.290 & 0.199 & 0.377 & 0.478 & 0.060 & 0.205 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (15)$$

其中:  $\Delta \Delta_{max}=1.350$ 、 $\Delta \Delta_{min}=0.002$ , 赋值  $\epsilon=0.5$ , 通过计算得到灰关联系数矩阵  $A$ :

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.504 & 0.691 & 0.790 & 0.377 & 0.545 & 0.732 & 0.464 & 0.972 & 0.867 & 0.414 & 0.433 & 0.585 & 0.818 & 0.438 & 0.713 & 0.694 & 0.713 & 0.645 & 0.944 & 0.871 \\ 0.425 & 0.698 & 0.448 & 0.862 & 0.755 & 0.710 & 0.344 & 0.734 & 0.499 & 0.597 & 0.841 & 0.762 & 0.828 & 0.824 & 0.565 & 0.450 & 0.569 & 0.868 & 0.450 & 0.615 \\ 0.676 & 0.568 & 0.736 & 0.518 & 0.752 & 0.884 & 0.605 & 0.680 & 0.743 & 0.970 & 0.596 & 0.830 & 0.784 & 0.605 & 0.912 & 0.888 & 0.912 & 0.956 & 0.639 & 0.741 \\ 0.427 & 0.574 & 0.754 & 0.507 & 0.706 & 0.580 & 0.397 & 0.723 & 0.794 & 0.404 & 0.628 & 0.774 & 0.509 & 0.638 & 0.568 & 0.923 & 0.568 & 0.610 & 0.677 & 0.791 \\ 0.785 & 0.795 & 0.482 & 0.919 & 0.489 & 0.633 & 0.422 & 0.597 & 0.645 & 0.503 & 0.968 & 1.000 & 0.696 & 0.945 & 0.619 & 0.465 & 0.768 & 0.867 & 0.565 & 0.643 \\ 0.530 & 0.740 & 0.565 & 0.658 & 0.575 & 0.512 & 0.861 & 0.944 & 0.945 & 0.729 & 0.789 & 0.619 & 0.477 & 0.804 & 0.522 & 0.651 & 0.765 & 0.687 & 0.867 & 0.949 \\ 0.476 & 0.639 & 0.505 & 0.577 & 0.943 & 0.655 & 0.796 & 0.872 & 0.574 & 0.862 & 0.947 & 0.844 & 0.746 & 0.488 & 0.670 & 0.755 & 0.658 & 0.744 & 0.951 & 0.573 \\ 0.785 & 0.459 & 0.867 & 0.547 & 0.489 & 0.633 & 0.422 & 0.805 & 0.732 & 0.503 & 0.968 & 0.520 & 0.416 & 0.360 & 0.450 & 0.814 & 0.768 & 0.567 & 0.871 & 0.735 \\ 0.676 & 0.950 & 0.459 & 0.900 & 0.465 & 0.884 & 0.605 & 0.680 & 0.743 & 0.561 & 0.596 & 0.830 & 0.784 & 0.605 & 0.912 & 0.888 & 0.912 & 0.536 & 0.639 & 0.741 \\ 0.869 & 0.725 & 0.496 & 0.455 & 0.504 & 0.685 & 0.433 & 0.847 & 0.766 & 0.888 & 0.334 & 0.537 & 0.728 & 0.337 & 0.702 & 0.775 & 0.644 & 0.587 & 0.921 & 0.769 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (16)$$

灰色关联度表示每个造型元素和参考序列的相对贴近系数, 元素序列越趋近参考序列, 灰色关联度的值就越靠近数值 1<sup>[12]</sup>。将实验样本结合目标意象的灰关联系数值, 得到形态特征表中各造型元素与“学院的”的灰色关联度, 各形态要素的灰关联度见表 5。

可以看出  $S_7=0.714$  和  $S_8=0.718$  的数值接近, 在进行优劣程度的判断时容易产生误差, 因此对  $\epsilon$  分别赋值, 使  $\epsilon=0.5$ 、 $\epsilon=0.4$ 、 $\epsilon=0.3$ 、 $\epsilon=0.2$ 、 $\epsilon=0.1$ , 并重复上述步骤, 计算灰关联度, 对不同辨识系数下的计算结果进行排序: 除  $S_4$ 、 $S_7$ 、 $S_9$  略有差异外, 其余排名大致相同。由于数值为 0.2 和 0.1 的辨识系数的计算结果差异较大, 因此不予考虑。

对造型元素的关键性进行排序:  $S_3$  镜框造型 >  $S_9$  镜框类型 >  $S_7$  镜框长宽比 >  $S_6$  镜腿造型 >  $S_5$  镜框透明度 >  $S_1$  镜框纹路 >  $S_{10}$  中梁造型 >  $S_2$  镜腿形态结合 >  $S_8$  鼻托设计 >  $S_4$  中梁连接。造型排序的结果, 可作为设

计者掌握产品关键性造型要素、配置设计资源与预算并发展设计准则的重要依据。

### 4 结语

基于感性工学理论, 运用灰关联分析法探讨眼镜造型要素特性, 将眼镜的意象转化为具体的造型设计元素。使用形态解构法, 归纳出眼镜的形态要素: 十个项目和二十九个类目; 对感性词汇“学院的”进行灰色关联分析, 得出十个造型要素中“镜框类型”最为重要, “鼻托设计”最不重要的结论; 对框架眼镜造型元素与产品意象之间的相关性进行灰色关联分析, 结果可以在调研影响用户产品意象的形态要素阶段, 为设计师提供一定的帮助, 并且可以起到深化产品造型意象的作用。

以探索框架眼镜外观造型给用户带来的认知意

表 5 各形态要素的灰关联度 ( $\varepsilon=0.5, \varepsilon=0.4, \varepsilon=0.3$ )  
 Tab.5 Grey relational degree of all morphological elements ( $\varepsilon=0.5, \varepsilon=0.4, \varepsilon=0.3$ )

形态要素	辨识系数 $\varepsilon=0.5$	排名	辨识系数 $\varepsilon=0.4$	排名	辨识系数 $\varepsilon=0.3$	排名	辨识系数 $\varepsilon=0.2$	排名	辨识系数 $\varepsilon=0.1$	排名
S <sub>1</sub>	0.661	6	0.617	6	0.559	6	0.476	6	0.343	6
S <sub>2</sub>	0.642	8	0.596	8	0.534	8	0.447	9	0.306	9
S <sub>3</sub>	0.750	1	0.710	1	0.656	1	0.574	1	0.430	1
S <sub>4</sub>	0.628	10	0.579	10	0.514	10	0.424	10	0.284	10
S <sub>5</sub>	0.690	5	0.649	5	0.593	5	0.514	5	0.387	4
S <sub>6</sub>	0.709	4	0.667	4	0.610	4	0.525	4	0.385	5
S <sub>7</sub>	0.714	3	0.672	3	0.615	3	0.532	3	0.391	3
S <sub>8</sub>	0.635	9	0.590	9	0.531	9	0.447	8	0.315	8
S <sub>9</sub>	0.718	2	0.677	2	0.621	2	0.538	2	0.397	2
S <sub>10</sub>	0.650	7	0.606	7	0.546	7	0.460	7	0.322	7

象为目的, 将人们对于眼镜的抽象的感觉转化为形状设计元素。通过形态解构法与灰色关联分析等方法的结合, 得到了形态元素与形容词之间的关联强度。结果可以应用于其他产品, 并可以在设计师与消费者的感性认知之间架起桥梁, 帮助设计师制定产品再设计方案或新设计的设计原则, 将顾客感知需求与产品造型意象之间的关联性整合起来, 从而更好地满足顾客的需求。

参考文献:

[1] NORMAN D A. The Design of Everyday Things[M]. New York: Basic Books, 2013.

[2] NORMAN D A. Things That Make Us Smart[M]. New York: Basic Books, 1994.

[3] 刘征宏, 谢庆生, 黄海松. 多维变量感性工学模型构建及其性能评估[J]. 四川大学学报, 2016, 48(2): 189-206.  
 LIU Zheng-hong, XIE Qing-sheng, HUANG Hai-song. Construction and Performance Evaluation for Multidimensional Variable KE Modle[J]. Journal of Sichun University, 2016, 48(2): 189-206.

[4] 苏建宁, 江平宇, 朱斌. 感性工学及其在产品中的应用研究[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(1): 60-63.  
 SU Jian-ning, JIANG Ping-yu, ZHU Bin. Kansei Engineering and Its Application in Product Design[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004, 38(1): 60-63.

[5] 张振中. 不同审美需求下的框架眼镜设计[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 173-177.  
 ZHANG Zhen-zhong. Framed Glasses Design with Different Aesthetic Needs[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 173-177.

[6] 彭聃龄, 张必隐. 认知心理学[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2004.  
 PENG Dan-ling, ZHANG Bi-yin. Cognitive Psychology[M]. Hangzhou: Zhejiang Education Publishing House, 2004.

[7] NAGAMACHI M. Kansei Engineering: a New Ergo-

nomnic Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15: 3-11.

[8] 程博, 林丽, 阳明庆. 感性工学技术下的产品意象设计研究现状[J]. 贵州大学学报, 2016, 33(2): 67-70.  
 CHENG Bo, LIN Li, YANG Ming-qing. Research Status of Product Intention Design under Kansei Engineering Technology[J]. Journal of Guizhou University, 2016, 33(2): 67-70.

[9] 付成杰. 软计算方法在产品意象设计中的应用研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2019.  
 FU Cheng-jie. The Application of Study on Soft Computing Method for Product Image Design[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2019.

[10] 王振琤. 灰关联分析与产品感性设计辅助造型要素评比之研究[J]. 明道学术论坛, 2007(1): 51-62.  
 WANG Zhen-zheng. Research on Grey Relational Analysis and Product Perceptual Design Aided Factor Evaluation[J]. Ming Dao Academic Forum, 2007(1): 51-62.

[11] 丁丽宏. 基于改进的灰关联分析和层次分析法的边坡稳定性研究[J]. 岩土力学, 2011, 11(11): 3437-3441.  
 DING Li-hong. Study on Slope Stability Based on Improved Grey Relational Analysis and Analytic Hierarchy Process[J]. Rock and Soil Mechanics, 2011, 11(11): 3437-3441.

[12] 刘征宏, 林芸, 徐玉梁. 基于 TOPSIS 和灰色关联分析的产品设计方案评价[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018, 6(6): 163-167.  
 LIU Zheng-hong, LIN Yun, XU Yu-liang. Evaluation of Product Design Schemes Based on TOPSIS and Grey Relational Analysis[J]. Modular Machine Tool and Automatic Machining Technology, 2018, 6(6): 163-167.

[13] DENG J L. Introduction to Grey System Theory[J]. The Journal of Grey System, 1989(1): 1-24.

[14] 刘思峰, 杨英杰, 吴利丰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2015.  
 LIU Si-feng, YANG Ying-jie, WU Li-feng. Grey System Theory and Its Application[M]. Beijing: Science Press, 2015.