

# 基于仿拟及用户情感认知的陶瓷日用品造型设计研究

沈自瑶, 杨思凝

(内蒙古科技大学 艺术与艺术学院, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** **目的** 使陶瓷日用品更好地满足用户情感认知和现代室内设计要求, 同时赋予陶瓷日用品现代元素, 使其便于推广和使用。**方法** 以仿鹅卵石陶瓷调料罐为例, 采用多指标正交试验结合仿拟设计及用户情感认知评价对调料罐外观造型进行设计研究。首先, 依据鹅卵石外观及产品要素建立四因素三水平的等水平正交表; 其次, 利用感性工学方法筛选出两个最贴切的词汇, 采用 Likert7 级量表对各个方案进行用户情感认知量化; 最后, 以用户情感认知的量化数据为基准, 将极差分析结果与方差分析结果相结合, 得到满足用户情感认知的最佳外观造型方案。**结果** 完成仿鹅卵石陶瓷调料罐外观造型设计, 建立一种结合仿拟设计和用户情感认知的陶瓷日用品外观造型设计研究思路。**结论** 将仿拟设计与用户情感认知相结合, 可以使产品、设计师和用户三者紧密相连, 更精确地对陶瓷日用品进行优化处理, 得到优化后的外观造型设计参数, 同时为今后的陶瓷日用品造型设计提供可靠的参考。

**关键词:** 仿拟设计; 情感认知; 陶瓷; 外观造型

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)18-0087-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.18.012

## Modeling Design of Ceramic Daily Supplies Based on Simulation and User Emotional Cognition

SHEN Zi-yao, YANG Si-ning

(College of Art and Design, Inner Mongolia University of Science and Technology,  
Inner Mongolia Baotou 014010, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to better meet the emotional cognition of users and modern interior design requirements of ceramic daily necessities, as well as to promote the usage, making ceramic daily necessities possess modern elements. Taking cobblestone-like ceramic batching tank as an example, the appearance design of batching tank is studied by using multi-index orthogonal test combined with imitation design and user emotional cognitive evaluation. First of all, according to cobble appearance and product elements, four factors and three levels of orthogonal table are established. Secondly, Kansei Engineering is used to select two most appropriate vocabulary, and Likert 7 scale is used to quantify the users' emotional cognition of each scheme. At last, based on the quantitative data of users' emotional cognition, the range analysis results and variance analysis results are combined to obtain the best appearance modeling scheme to meet users' emotional cognition. The imitation cobble ceramic dressing tank appearance design is completed, and a research idea of appearance design of ceramic daily necessities combining imitation design and user emotional cognition is established. Through the combination of imitation design and user emotional cognition, the product, the designer and users can be closely linked, the ceramic daily necessities can be more accurately optimized, and the optimal appearance design parameters can be obtained. At the same time, it provides a reliable reference for

收稿日期: 2022-04-04

基金项目: 内蒙古教育厅“十三五”高等教育规划立项课题: 高校工业设计专业理论教学与实践教学深度融合的探索与创新主持 (NGJGH2018118); 包头市科技计划项目: 科普和科技培训-包头非物质文化遗产衍生产品普及与传播主持 (2019C3003-1-9)

作者简介: 沈自瑶 (1996—), 女, 研究生, 主攻工业设计。

通信作者: 杨思凝 (1985—), 女, 副教授, 主要研究方向为民族文化产品设计。

the future ceramic daily necessities design.

**KEY WORDS:** imitation design; emotional cognition; ceramics; appearance modeling

陶瓷日用品的造型设计是整个设计过程中最为重要的一步<sup>[1-2]</sup>，随着室内设计的多元化发展，陶瓷日用品在设计中逐渐彰显出其独特的质感，用户也进一步对其造型提出更高层次的审美需求，因此在陶瓷日用品的外观设计中必须满足用户对产品的需求以及与室内整体风格相适应这两方面因素。仿拟设计目前在建筑设计<sup>[3]</sup>、室内陈列设计<sup>[4]</sup>中的应用较为广泛，但仿拟设计在陶瓷产品中应用较少，因此将仿拟设计与陶瓷日用品外观造型设计相结合，不仅有益于陶瓷产品的推陈出新，还更有益于满足用户需求。用户作为陶瓷日用品的使用者其情感认知是决定造型设计的主要评价标准之一，因此设计师们将产品的造型设计与用户情感认知纳入设计重点<sup>[5]</sup>。

仿拟设计主要包括仿生设计、仿物设计和仿文化设计<sup>[6]</sup>，目前仿拟设计在机械设计与工业设计中应用最广，余云娴等<sup>[7]</sup>将拓扑性质的形态研究和仿生对象的形态分析相结合，为电动物流车形态仿生设计提供了新的思路；罗仕鉴等<sup>[8-9]</sup>将行为动态仿生的产品设计方法用于空气净化器设计中；同时为了解决产品形态仿生设计中的各种问题，从计算机图形学与工业设计角度出发，提出将产品仿生设计与形态匹配相融合的方法。而仿拟设计在陶瓷日用品的设计中应用较少，因此仿拟设计在陶瓷日用品外观造型设计中具有广泛的发展空间。

当今陶瓷日用品外观造型设计如果仅满足功能上的需要是远远不够的，用户的情感认知逐步成为决定产品设计优劣的重要评判标准之一，唐刚等<sup>[10]</sup>为了使陶瓷日用品满足用户的情感认知，以陶瓷清酒壶为例，利用响应面法对陶瓷清酒壶的外观造型进行优化设计。为符合陶瓷日用品造型的使用功能及室内装修设计需要，同时满足用户的情感认知，以陶瓷调料罐外观造型设计为例进行研究。

## 1 研究思路及方法

### 1.1 研究思路

陶瓷日用品主要是指饮食用陶瓷，如盘、碗、杯、碟等，其外观造型相对比较简单，依据这一特点首先根据陶瓷日用品的使用功能，将产品划分为各个部分，同时需要符合室内设计风格，确定仿拟设计的研究思路。根据这一思路对陶瓷日用品的外观造型进行设计，确定各个因素和水平；利用正交试验设计方法及用户情感认知的量化评价对方案进行优化，选择最优外观造型设计方案，见图1。

采用仿拟设计与正交试验设计相结合的设计方法，既可以满足在产品功能上的需要，也可以将用户对产品的感性认知充分发挥，使设计的产品更加符合现代大众的需要。

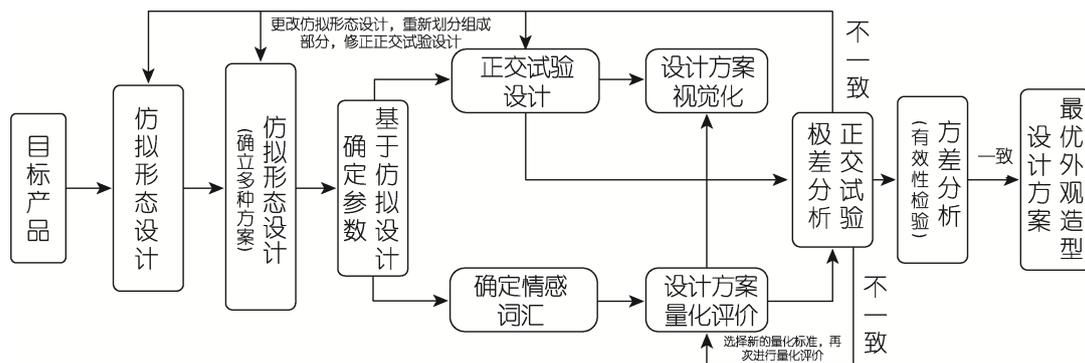


图1 研究思路  
Fig.1 Research ideas

### 1.2 研究方法

正交试验设计目前在机械设计领域被广泛使用<sup>[11]</sup>，其主要是利用正交表来安排和分析多因素试验的一种方法，该方法主要是进行合理的试验设计，选取具有代表性的试验点进行分析，不仅可以达到减小试验量的目的，还可以提高结论的可靠性。利用极差分析进行数据分析，选取最优的水平组合。极差分析是指在考虑一种因素的影响时，认为其他因素对其结果的

影响可以忽略不计，认为这种因素产生的结果是由其水平的变化引起的。而极差分析无法估计试验数据误差的大小，因此使用方差分析，验证其有效性。

将正交试验设计用于外观造型设计中的重点在于对产品的造型进行量化评价，本文以陶瓷调料罐为例，在正交试验设计的基础上首先采用因素分析法萃取出适合陶瓷调料罐的形态意象词汇，进而归纳出陶瓷调料罐的3种视觉形态意象类型，其次利用 Likert7级量表进行用户评价，最终利用极差分析和方差分析

确定最终设计方案。

## 2 研究过程

### 2.1 仿拟形态设计及各因素的确定

产品的功能要求决定了产品外观造型的主要形式, 而仿拟设计可以在产品主要外观造型的基础上, 结合室内设计风格给予其多元化因素, 使其更加美观实用, 传统调料罐多以小盖罐的造型进行设计, 由于 3D 打印技术的兴起, 使陶瓷日用品的外观日益丰富<sup>[12]</sup>。参照鹅卵石的外观, 将其与陶瓷调料罐造型设计相结合, 既满足了调料罐的功能要求, 又符合了现代简约这一装修风格, 因此更符合现代人的消费需求。鹅卵石是在流水搬运和山洪冲击的过程中受到外力作用自然形成的观赏石, 由于其外观多种多样, 设计者依据对陶瓷调料罐外观的主观意向以扁球形、椭球形和不规则球形这三种形状鹅卵石进行仿拟形态设计, 见图 2。

根据陶瓷调料罐的使用功能要求, 确定其主要组成部分, 这也是正交试验中影响用户情感认知的主要因素。调料罐主要由罐身与罐盖两部分组成, 见图 3。调料罐主要组成部分皆符合仿拟形态设计, 排除对用户情感影响较弱的因素, 最终确定四个主要影响因素分别为罐身整体外观、开口角度、调料罐高度和罐盖造型, 同时结合仿拟形态设计, 各因素选取三个水平属性进行分析。



图 2 三种鹅卵石外观

Fig.2 Three kinds of cobblestone appearance

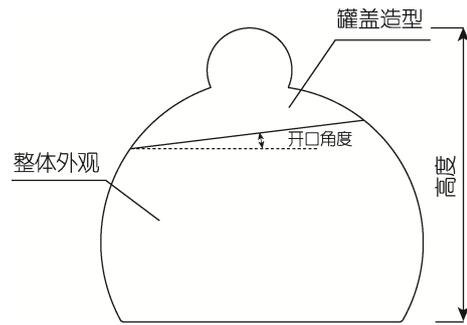


图 3 陶瓷调料罐各因素划分

Fig.3 Division of various factors of ceramic batching tank

### 2.2 正交试验设计及各方案可视化

将根据陶瓷调料罐的使用功能和用户情感认知提取出的四个主要因素组成参数单元集  $X$ 。假定各因素之间互不干涉, 并且又各自具有不同的水平属性, 由此可以得出产品各因素水平矩阵。

$$X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\} \quad (1)$$

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & \dots & X_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & \dots & X_{ij} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中:  $i$  为陶瓷调料罐外观造型主要影响因素的数量;  $j$  为各因素具有水平的数量,  $i$  和  $j$  均为正数, 且都大于 1。由此可以确定陶瓷调料罐外观造型设计的各因素水平表, 见表 1。

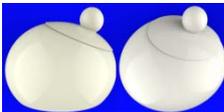
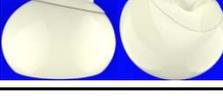
由表 1 可知, 正交试验参数为四因素三水平, 建立  $L_9(3^4)$  正交表, 其中  $L$  表示根据因素和水平确立的正交表; 9 表示正交表的行数, 即正交试验次数, 3 表示正交试验的因素数, 4 表示正交试验各因素的水平数, 利用 Rhinoceros 和 Keyshot 对 9 种方案进行可视化建模, 见表 2。由于正交表具有整齐划一和均匀分布等特点<sup>[13]</sup>, 表 2 中的 9 种正交试验组合可以取代全试验的  $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$  种组合, 实现对所有因素和水平的均匀覆盖。

表 1 因素与水平

Tab.1 Factors and levels

因素 \ 水平	1	2	3
整体外观 (A)			
高度 (B) /mm	65	85	105
开口角度 (C)	0°	10°	20°
罐盖造型 (D)			

表2  $L_9(3^4)$ 视觉化正交表  
Tab.2  $L_9(3^4)$  visualized orthogonal table

编号	因素				方案视觉图	编号	因素				方案视觉图
	A	B	C	D			A	B	C	D	
1	1	1	1	1		6	2	3	1	2	
2	1	2	2	2		7	3	1	3	2	
3	1	3	3	3		8	3	2	1	3	
4	2	1	2	3		9	3	3	2	1	
5	2	2	3	1							

2.3 确定形态意象词汇及量化评价

首先，通过论文、书籍、网络等资料进行调查研究找出与陶瓷调料罐形态意象相关的感性词汇，共得到52个与陶瓷调料罐形态意象相关的词汇，见表3。

将得到的52个词汇，通过Likert5级量表（等级尺度：符合5、有点符合4、一般符合3、有点不符合2、不符合1）进行评价，共发放100份问卷调查，收回问卷85份，收回有效样本率100%，所得数据可靠，将所得的数据用SPSS进行分析，发现“时尚”的评分最高为335分，“美观”的评分仅次于时尚的评分为321分，因此最终将“时尚”和“美观”这2

个能够密切体现用户情感的词汇作为评价陶瓷日用品外观造型的主要指标。

将上述的2个形态意象词汇作为主要评价指标，对 $L_9(3^4)$ 正交表中的9种组合进行量化评价作为正交试验中的输出结果，采用Likert7级量表（等级尺度：非常不符合1、不符合2、比较不符合3、一般符合4、比较符合5、符合6、非常符合7）对用户情感认知进行量化评价，选择200名用户，根据正交试验设计的9组方案和形态意象进行评价，本次发放问卷200份，收回194份，收回有效样本率98%，取各指标量化评价的平均值作为统计结果，再将“时尚”和“美观”的量化评价结果相加得到综合评价结果，见表4。

表3 形态意象词汇  
Tab.3 Morphological imagery vocabulary

序号	词汇										
1	精美	2	簇新	3	大方	4	创意	5	精简	6	简约
7	易用	8	朴素	9	功能	10	美观	11	时尚	12	创新
13	精细	14	适用	15	多样	16	另类	17	别致	18	绿色
19	现代	20	精湛	21	合理	22	坚实	23	天然	24	巧妙
25	淳朴	26	庄穆	27	明快	28	超凡	29	耐用	30	环保
31	实用	32	优质	33	新奇	34	异样	35	人性	36	优质
37	新颖	38	别致	39	质朴	40	漂亮	41	抽象	42	感性
43	独特	44	可靠	45	精巧	46	便捷	47	趣味	48	简洁
49	淡雅	50	品质	51	抽象	52	高雅				

表 4 用户情感认知量化评价结果  
Tab.4 Quantitative evaluation results of user emotional cognition

编号	因素				指标		综合评价
	A	B	C	D	时尚	美观	
1	1	1	1	1	5.32	3.81	9.12
2	1	2	2	2	5.13	4.87	10.01
3	1	3	3	3	4.96	4.21	9.17
4	2	1	2	3	5.66	5.02	10.68
5	2	2	3	1	4.03	3.66	7.69
6	2	3	1	2	3.71	4.02	7.73
7	3	1	3	2	4.55	5.18	9.73
8	3	2	1	3	6.15	5.62	11.77
9	3	3	2	1	5.50	6.37	11.87

### 3 结果分析

#### 3.1 各指标极差分析

通过多指标正交试验的极差分析方法, 进行数据分析, 从而确定最优组合及影响用户情感认知的主要因素; 极差分析又称直观分析, 该分析方法是指在考虑一种因素的影响时, 认为其他因素对其结果的影响可以忽略不计, 认为这种因素产生的结果是由其水平

的变化引起的; 其主要任务是分析各因素在不同水平作用下的总响应值  $K$  和平均响应值  $k$ , 根据所得  $k$  值大小来判断各因素在何种水平下最优, 同时将各因素在不同水平作用下  $k$  值的最大值减去其最小值求得效应极差  $R$ , 对比各因素的效应极差  $R$  值大小可以得出影响用户情感认知的各因素主次关系<sup>[14]</sup>。利用多指标正交试验的极差分析方法, 既可以在“时尚”和“美观”这两个指标下分别得到用户对陶瓷调料罐的情感认知量化评价结果(后文用“时尚”指标的量化评价结果和“美观”指标的量化评价结果简称), 又可以将两者相结合得到综合评价结果, 从而提高陶瓷产品设计的可靠性。对正交表中 9 组方案的各指标量化评价数据进行极差分析, 见表 5; 图 4 和图 5 分别为各指标平均响应值  $k$  结果分析和效应极差  $R$  值分析。

由图表可知, 各因素对“时尚”指标的量化评价结果影响的主次顺序为:  $D$  (罐盖造型)  $> A$  (整体外观)  $> C$  (开口角度)  $> B$  (高度)。其中罐盖造型 ( $D$ ) 对“时尚”指标的量化评价结果影响最大, 其效应极差  $R$  值是高度 ( $B$ ) 的效应极差  $R$  值的 2.5 倍, 整体外观 ( $A$ ) 与开口角度 ( $C$ ) 对“时尚”指标量化评价结果的影响几乎相同。对比各因素中平均响应值  $k$  值的大小, 选定在“时尚”指标下各因素中较好的水平为  $A3B1C2D3$ 。

表 5 各指标极差分析  
Tab.5 Range analysis of each index

分析	时尚				美观				综合评价			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
K1	15.4	15.5	15.2	14.8	12.9	14.0	13.4	13.1	28.3	29.5	28.6	27.9
K2	13.4	15.3	16.3	13.4	12.7	14.2	16.3	15.0	26.1	29.5	32.6	28.4
K3	16.2	14.2	13.5	16.8	17.2	14.6	13.1	14.9	33.4	28.8	26.6	31.6
k1	5.14	5.18	5.06	4.95	4.30	4.67	4.48	4.36	9.43	9.84	9.54	9.31
k2	4.47	5.10	5.43	4.46	4.24	4.72	5.42	5.00	8.70	9.82	10.85	9.46
k3	5.40	4.72	4.51	5.59	5.72	4.87	4.35	4.95	11.12	9.59	8.86	10.54
极差 R	0.93	0.45	0.92	1.13	1.43	0.15	0.94	0.64	2.42	0.02	1.99	1.23
主次顺序	D>A>C>B				A>C>D>B				A>C>D>B			
最优组合	A3B1C2D3				A3B3C2D2				A3B1C2D3			

注:  $K1$  为各因素水平为 1 的加和,  $k1=K1/3$ , 极差  $R=k_{max}k_{min}$ 。

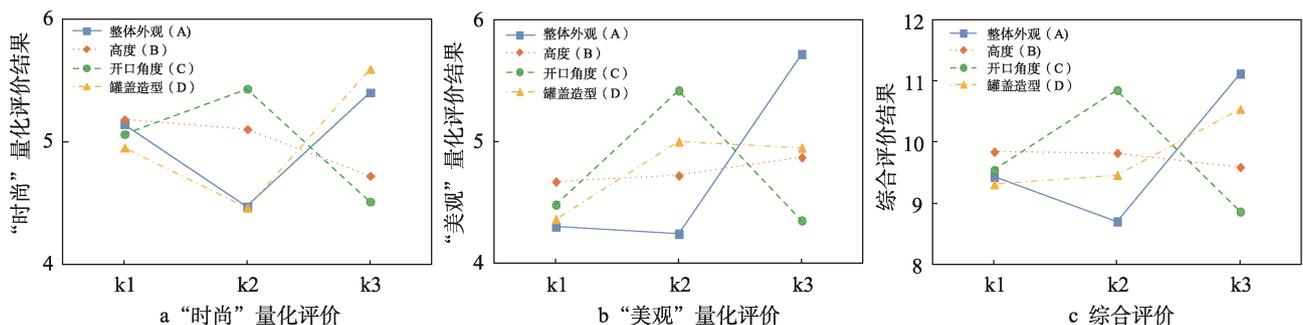


图 4 各指标平均响应值  $k$  结果分析

Fig.4 Analysis of results of average response value  $k$  of each index

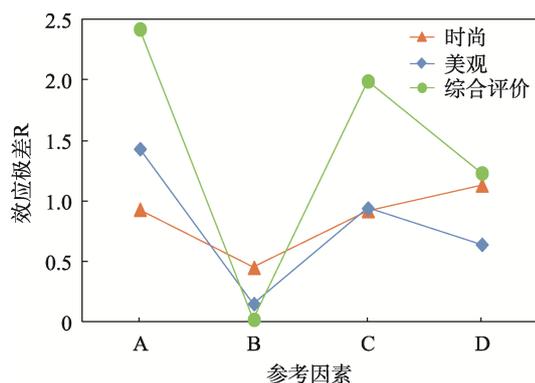


图5 各指标效应极差R值分析

Fig.5 Analysis of the range R of each index effect

通过对比发现各因素对“美观”指标的量化评价结果影响的主次顺序为：A（整体外观）>C（开口角度）>D（罐盖造型）>B（高度）。其中整体外观（A）对“美观”指标的量化评价结果影响最大，高度（B）对“美观”指标的量化评价结果影响甚微，整体外观（A）的效应极差R值是高度（B）的效应极差R值的9.5倍。对比各因素中平均响应值k值的大小，选定在“美观”指标下各因素中较好的水平为A3B3C2D2。

综合评价指标能充分反映用户对陶瓷调料罐的情感认知，通过分析发现各因素对综合评价结果影响的主次顺序为：A（整体外观）>C（开口角度）>D（罐盖造型）>B（高度）。其中整体外观（A）对“美观”指标的量化评价结果影响最大，高度（B）对“美观”指标的量化评价结果影响甚微，整体外观（A）的效应极差R值是高度（B）的效应极差R值的9.5倍。对比各因素中平均响应值k值的大小，选定在综合评价指标下各因素中较好的水平为A3B1C2D3。

综上所述，根据分析结果发现，对“时尚”指标而言，外观设计的最优组合为A3B1C2D3，而“美观”指标的外观设计最优组合为A3B3C2D2，综合评价指标与“时尚”指标的外观设计最优组合相一致，因此确定最优组合为A3B1C2D3，分析综合评价指标有效极差R值发现，四个因素对用户情感认知的主要影响关系为A>C>D>B，与“美观”指标的各因素影响关系一致，同时发现调料罐整体造型（A）在各个指标分析中的效应极差R值都相对较高，因此调料罐整体造型（A）是影响用户情感认知的主要因素；而且发

现在各指标中调料罐高度（B）对用户情感认知评价影响最小，对其研究意义不大。

极差分析方法可以直观地确定出各因素的主次关系及最优组合，但该方法无法区分试验结果中的数据波动是由条件改变引起的还是由误差引起的，而且各因素对试验结果的影响无法进行准确的数量估计，不能精确地判断出最大影响因素是否具有显著性，为弥补极差分析的这一缺点，同时验证极差分析结果的可靠性，需对试验结果进行方差分析<sup>[15]</sup>。

分析过程：确定各因素的偏差平方和 $SS_j$ ，见式（3）；根据各因素的偏差平方和 $SS_j$ 计算得出总偏差平方和 $SS_T$ ，见式（4）；确定总自由度 $df_T$ 及各因素自由度 $df_j$ ，见式（5）；根据各因素的偏差平方和 $SS_j$ 及自由度 $df_j$ 计算得出方差值，见式（6）；通过各因素方差及误差方差值得到各因素F值（F值=因素方差/误差方差），通过对比F值与 $F_a$ 的大小，最终确定其因素的显著性。

偏差平方和 $SS_j$ ：

$$SS_j = \sum_{i=1}^m K_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n} \quad (3)$$

总偏差平方和 $SS_T$ ：

$$SS_T = \sum_{i=1}^m x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n} \quad (4)$$

总自由度 $df_T$ ： $df_T = n - 1$ ，各因素自由度 $df_j$ ：

$$df_j = m - 1 \quad (5)$$

方差：

$$V_j = \frac{SS_j}{df_j} \quad (6)$$

式中： $x_i$ 为根据限定函数得到的正交试验结果； $n$ 为正交试验的组合方案总数； $m$ 为各因素水平数。

综合评价指标是指将“时尚”指标和“美观”指标相结合，对其进行方差分析，研究各因素的显著性，同时验证极差分析结果是否准确；通过对各指标极差分析发现调料罐高度（B）对用户情感认知评价影响最小，其影响可以忽略不计，在研究综合评价指标的方差分析时主要研究其他三个因素对用户情感认知量化评价影响程度的大小，方差分析详见表6。

表6 综合评价指标的方差分析

Tab.6 Variance analysis of comprehensive evaluation index

因素	偏差平方和 $SS_j$	自由度 $df_j$	方差 $V_j$	F值	$F_a$	显著性
A	9.902	2	4.951	115.134	$F_{0.05}(2,2)=19$	**
B	0.086	2	0.043	1.000	$F_{0.01}(2,2)=99$	
C	5.489	2	2.745	63.829		*
D	5.926	2	2.963	68.911		*
误差 e	0.086	2	0.043			
总偏差平方和 $SS_T$	21.403					

由表 6 可知, 罐整体造型 (A) 的 F 值大于  $F_{0.01}$ , 而开口角度 (C) 和罐盖造型 (D) 的 F 值均小于  $F_{0.01}$ , 同时大于  $F_{0.02}$ , 因此可以看出因素 A 对用户情感认知评价影响最为显著, 因素 C 和因素 D 对用户情感认知评价影响显著, 与极差分析结果一致。

### 3.2 优化方案的实物展示

依据上述的分析结果, 可得到既满足产品使用功能, 又符合用户情感认知的陶瓷调料罐最优组合, 即 A3B1C2D3; 根据正交试验最优组合, 设计者结合审美需要利用 Rhinoceros 和 Keyshot 建立优化后的 3D 渲染模型, 见图 6; 利用 3D 打印技术制作出符合用户情感认知的仿鹅卵石陶瓷调料罐成品, 见图 7。该陶瓷调料罐成品将仿拟形态设计与用户情感认知充分相结合, 符合正交试验结果, 既满足了产品在使用功能和室内装修风格上的要求, 也充分融合了广大用户的感性认知。

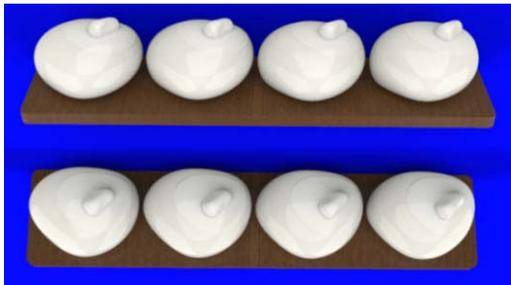


图 6 陶瓷调料罐模型  
Fig.6 Model of ceramic batching tank



图 7 陶瓷调料罐成品展示图  
Fig.7 Display of finished product of ceramic batching tank

## 4 结语

将仿拟形态设计与用户情感认知综合考虑, 采用正交试验与感性工学等理论相结合的设计方法, 以陶瓷调料罐外观造型设计为例, 研究了调料罐整体外观、高度、开口角度、罐盖造型 4 个主要因素与时尚、美观 2 个形态意象词汇之间的关系, 通过极差分析和方差分析发现陶瓷调料罐的整体外观 (A) 对用户情感认知的影响最大, 同时得到了既符合调料罐功能要求, 又满足用户情感认知的设计方案。

本文采用了多指标正交试验外观造型设计方法,

该方法可以有效将不同元素融合到各种陶瓷产品中, 同时可以降低设计师的工作量, 提高产品的设计效率, 在用户情感认知的基础上可以更有效推广陶瓷日用品的使用, 降低陶瓷日用品的同一化, 为陶瓷日用品的外观造型设计提供了可靠参考。

### 参考文献:

- [1] 孙金德. 基于情感诉求的日用陶瓷设计[J]. 中国陶瓷工业, 2012, 19(5): 39-41.  
SUN Jin-de. Domestic Ceramic Design as Expression of Emotion[J]. China Ceramic Industry, 2012, 19(5): 39-41.
- [2] 陈卢鹏. 日用陶瓷人性化设计进程与解析[J]. 中国陶瓷, 2011, 47(11): 46-47, 56.  
CHEN Lu-peng. On the Process and Analysis of Daily Ceramic Humanized Design[J]. China Ceramics, 2011, 47(11): 46-47, 56.
- [3] 赵继龙, 刘甦, 郑斐. 绿色建筑设计与评价——基于新兴生态理念的发展展望[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2011, 13(4): 385-388, 406.  
ZHAO Ji-long, LIU Su, ZHENG Fei. Design and Assessment of Green Architecture—Look into the Future Based on Emerging Ecological Idea[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University (Social Science), 2011, 13(4): 385-388, 406.
- [4] 冯卓茹, 覃大立. 仿生在陈设艺术设计中的意义[J]. 美术学报, 2013(4): 107-110.  
FENG Zhuo-ru, QIN Da-li. Significance in Bionic Display Art Design[J]. Art Journal, 2013(4): 107-110.
- [5] 万长林. 基于感性工学的日用陶瓷设计[J]. 中国陶瓷, 2011, 47(8): 39-40, 49.  
WAN Chang-lin. On the Design of daily-Used Ceramics Based on Perceptual Engineering[J]. China Ceramics, 2011, 47(8): 39-40, 49.
- [6] 陆爱群, 郝文胜. 仿拟设计在灯具设计中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 156-159.  
LU Ai-qun, HAO Wen-sheng. Application of Imitation and Simulation Design in Luminaire Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7): 156-159.
- [7] 余云娴, 彭婧, 尹欢. 基于拓扑性质分析的电动物流车形态仿生设计[J]. 太原理工大学学报, 2020, 51(6): 939-944.  
YU Yun-xian, PENG Jing, YIN Huan. Bionic Design of Morphology of Electric Logistics Vehicle Based on Topological Property Analysis[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2020, 51(6): 939-944.
- [8] 罗仕鉴, 单萍, 徐菲, 等. 基于行为动态仿生的产品设计方法研究[J]. 机械设计, 2019, 36(8): 110-114.  
LUO Shi-jian, SHAN Ping, XU Fei, et al. Study of Product Design Method Based on Behavioral Dynamic Bionics[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(8): 110-114.
- [9] 罗仕鉴, 边泽, 张宇飞, 等. 基于形态匹配的产品仿

- 生设计融合[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(10): 2633-2641.
- LUO Shi-jian, BIAN Ze, ZHANG Yu-fei, et al. Product Bionic Fusion Design Based on Shape Matching[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2020, 26(10): 2633-2641.
- [10] 唐刚, 卜俊, 宋佳玮. 基于用户综合情感认知需求的日用陶瓷产品造型设计研究[J]. 中国陶瓷, 2019, 55(11): 71-76.
- TANG Gang, BU Jun, SONG Jia-wei. Research on Modeling Design of Daily Ceramic Products Dased on Users' Comprehensive Emotional Cognition Needs[J]. China Ceramics, 2019, 55(11): 71-76.
- [11] 曹凯, 赵静, 陈红玲. 基于正交设计的重卡造型设计方法[J]. 机械设计与制造, 2017(5): 41-43.
- CAO Kai, ZHAO Jing, CHEN Hong-ling. The Design Method of Heavy Truck Modeling Design Based on Orthogonal Design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2017(5): 41-43.
- [12] 龙洲. “工艺形气神论”在工艺品与设计产品对比研究中的运用——以传统陶瓷工艺品和陶瓷 3D 打印产品为例[J]. 陶瓷学报, 2020, 41(2): 282-286.
- LONG Zhou. Application of the Form-Qi-Spirit Craft Theory in Comparison between Crafts and Design Products: Ceramic Crafts and 3D Printing Ceramic Products[J]. Journal of Ceramics, 2020, 41(2): 282-286.
- [13] 徐江, 孙守迁. 基于正交—交互式遗传算法的产品造型设计[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(8): 1470-1475.
- XU Jiang, SUN Shou-qian. Product Form Design Based on Orthogonal Interactive Genetic Algorithm[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(8): 1470-1475.
- [14] 戴晓波, 关惠元. 正交实验设计方法在家具产品造型设计中的应用[J]. 家具, 2013, 34(3): 63-67.
- DAI Xiao-bo, GUAN Hui-yuan. The Application of Orthogonal Experimental Design Method in Furniture Modeling Design[J]. Furniture, 2013, 34(3): 63-67.
- [15] 刘瑞江, 张业旺, 闻崇伟, 等. 正交试验设计和分析方法研究[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(9): 52-55.
- LIU Rui-jiang, ZHANG Ye-wang, WEN Chong-wei, et al. Study on the Design and Analysis Methods of Orthogonal Experiment[J]. Experimental Technology and Management, 2010, 27(9): 52-55.

责任编辑: 马梦遥

(上接第 47 页)

- [29] 李静, 朱子源, 祖江颖, 等. 基于 AHP-FCE 的多动症儿童体能类玩具设计与评价[J]. 包装工程, 2021, 42(10): 144-150.
- LI Jing, ZHU Zi-yuan, ZU Jiang-ying, et al. Design and Evaluation of Physical Fitness Toys for Children with Adhd Based on AHP-FCE[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(10): 144-150.
- [30] DOHI T, ZHENG Jun-jun, OKAMURA H. Data-Driven Software Reliability Evaluation under Incomplete Knowledge on Fault Count Distribution[J]. Quality Engineering, 2020, 32(3): 421-433.
- [31] FINANDHITA A. Development of Software Quality Assessment Model for Mobile-Based Elderly Fall Detection Software[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 879(1): 012088.
- [32] KOPYLTSOV A V. Selection of Metrics in Software Quality Evaluation[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1515(3): 032018.
- [33] 李春霞. 基于软计算和集对分析的多媒体软件评价模型[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2020, 34(6): 87-91.
- LI Chun-xia. Multimedia Software Evaluation Model Based on Soft Computing and Set Pair Analysis[J]. Journal of Lanzhou University of Arts and Science (Natural Science Edition), 2020, 34(6): 87-91.
- [34] 王斌. 软件测试用例评价指标体系与评价方法研究[J]. 舰船电子工程, 2020, 40(11): 112-115.
- WANG Bin. Research on Evaluation Index System and Evaluation Method of Software Test Cases[J]. Ship Electronic Engineering, 2020, 40(11): 112-115.

责任编辑: 马梦遥