

# 基于质感要素的产品材质意象设计研究

张秦玮<sup>1,2</sup>, 刘志峰<sup>2</sup>, 穆春阳<sup>1</sup>, 吕硕<sup>1</sup>

(1.北方民族大学, 银川 750021; 2.合肥工业大学, 合肥 230009)

**摘要:** **目的** 为了探讨产品材质意象设计的有效方法, 研究利用质感要素来构建材质意象评价体系。**方法** 利用色彩理论、主成分分析法等方法, 确定产品色彩、材料、表面处理工艺的质感要素、质感要素评价等级和质感要素评价系数。利用质感要素定量描述确定材质、质感要素、材质意象的数学表达式, 并构建三者之间的关系模型。**结果** 以水杯为例, 利用最小二乘法确定水杯材质意象评价模型。经验证, 水杯材质意象评价模型的准确率为 80%。**结论** 质感要素评价等级、质感要素评价系数为材质意象设计提供了参数化方法。产品材质意象关系模型较好地反映了材质、质感要素、材质意象之间的内在关系。利用提出的材质意象设计方法, 可计算任意产品的材质意象值, 为产品材质意象设计提供理论指导。

**关键词:** 质感要素; 主成分分析; 材质意象; 最小二乘法

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)08-0034-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.08.006

## Product Material Image Design Based on Texture Elements

ZHANG Qin-wei<sup>1,2</sup>, LIU Zhi-feng<sup>2</sup>, MU Chun-yang<sup>1</sup>, LYU Shuo<sup>1</sup>

(1.North Minzu University, Yinchuan 750021, China; 2.Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**ABSTRACT:** To analyze the effective method of product material image design, the paper uses the texture element to construct the material image evaluation system. Texture element and texture element evaluation level of color, material and surface treatment process were determined by color theory and principal component analysis. The mathematical expressions of the material, the texture element, and the material image were determined by quantitative description of the texture elements, and the relationship model between the above three was constructed. Taking the cup as an example, the image estimation model of the cup material was determined by the least square method. It was verified that the accuracy of the cup image evaluation model was 80%. The texture element evaluation level and the texture element evaluation coefficient provide a parameterization method for the material image design. The relationship model of product material image better reflects the intrinsic relationship between materials, texture elements, and material images. The material image value of any product can be calculated using the proposed material image design method. It provides theoretical guidance for product material image design.

**KEY WORDS:** texture element; principal component analysis; material image; least squares method

材质包括材料本身的肌理和质感<sup>[1]</sup>。产品材质意象是用户凭借自身视觉等感觉通道, 对产品材质的直觉联想和感性认知, 能够表达用户对产品材质的情感

需求。研究产品材质意象对设计师理解用户的情感认知思维具有重要意义。只有准确掌握用户的意象认知, 才能缩小设计师与用户的情感认知差距, 进一步

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 宁夏高等学校科学技术研究项目 (NGY2018-151); 国家自然科学基金资助项目 (51465037); 北方民族大学中央高校基本科研业务费专项资金资助 (2018XYZJD03); 宁夏回族自治区高等学校科技创新平台“先进装备关键零部件及系统创新产学研合作基地”

作者简介: 张秦玮 (1988—), 男, 陕西人, 博士, 北方民族大学助教, 主要从事感性工学、情感化设计、智能设计方面的研究。

通信作者: 刘志峰 (1963—), 男, 陕西人, 博士生, 合肥工业大学教授, 主要从事绿色设计理论与方法等方面的研究。

设计出满足用户情感需求的产品,提高设计效率<sup>[2-4]</sup>。

产品材质意象是目前产品意象设计研究的热点。洪歆慧等人<sup>[5]</sup>以 Apple Watch 为研究对象,验证了不同材质选择和搭配方式中用户认知与产品定位的匹配性。汪颖等人<sup>[6]</sup>提出了一种基于基因表达式编程的材料质感偏好意象进化认知算法。Wei W 等人<sup>[7]</sup>基于进化算法进行了产品色彩设计研究。周小溪等人<sup>[8]</sup>运用描述统计、探索性因子分析、多元回归分析等数理方法,挖掘了色织面料的材质特征。李孟山、苏畅等人在产品色彩意象设计方面展开了研究<sup>[4,9]</sup>。已有产品材质意象研究,多数是直接分析产品材质与感性意象的关系,存在一定的局限性。本文在分析产品质感要素的基础上,提取产品在色彩、材料、表面处理工艺方面的质感要素,构建材质—质感要素—感性意象之间的关系模型,为产品材质意象设计提供有效的手段。

## 1 质感要素评价标准

### 1.1 质感要素

质感是用户对材质做出的生理反应以及心理共鸣<sup>[10]</sup>。质感要素是用户通过视觉、触觉等感觉通道,对产品材质进行感性认知的材质感觉评价要素。产品可分为色彩、材料和表面处理工艺 3 个方面的质感要素。

色彩方面,人对色彩的情感体验来自对色相、纯度、亮度物理属性的直观感知而导致的心理变化。色相是色彩的主要特征,是颜色划分的标准。纯度是色彩的饱和度,单一颜色的色彩为高纯度色彩。亮度是色彩明亮程度,是由色彩中白色和黑色的比例决定的,影响着人们对物体的重量和体积的感受。基于以上特征,色彩有冷暖、软硬、轻重的属性,因此产品的色彩质感要素包含冷暖度、软硬度和轻重度 3 种。

材料、表面处理工艺方面,产品的材料种类一般分为金属、塑料、玻璃、木材、陶瓷、布、皮革、橡胶等。不同的材料因物理性能、化学性能、机械性能的差异性,会产生不同的情感认知。此外,与产品感性意象认知相关的表面处理工艺有喷漆、电镀、磨砂、喷涂、抛光、喷砂、拉丝、压花等。为了研究材料、表面处理工艺的感性意象质感要素,需分析用户对产品材料、表面处理工艺质感要素的认知。收集粗糙度、冷暖度、软硬度、光泽度、透明度、轻重度、脆韧度、干湿度等产品质感要素表达词汇,结合材料样本、表面处理工艺样本,通过专家访谈和调查问卷,确定材料质感要素为软硬度、轻重度和冷暖度,表面处理工艺质感要素为粗糙度、光泽度和软硬度。

### 1.2 质感要素定量描述

为了对质感要素进行参数化,需建立质感要素评价等级,以对质感要素进行定量描述。定量描述采用

七级评价,分别用-3、-2、-1、0、1、2、3 来表示。

研究利用 HSB 色彩理论对色彩质感要素进行定量描述,其中, H、S、B 分别表示色相、纯度和亮度。H 在 0°~360°的标准色轮上按位置度量,取值范围 0°~360°,色相环及色彩温度见图 1<sup>[11]</sup>。S 取值 0 时纯度最小,表示灰色,取值 100%时纯度最大,是该色相最纯的色光,取值范围 0~100%。B 取值 0 时表示黑色,取值 100%时亮度最大,取值范围 0~100%。可利用色彩温度表示冷暖度质感要素。纯度是软硬度的主要影响因素,亮度是轻重度的主要影响因素,因此用纯度、亮度分别表示产品感性意象的软硬度、轻重度质感要素。

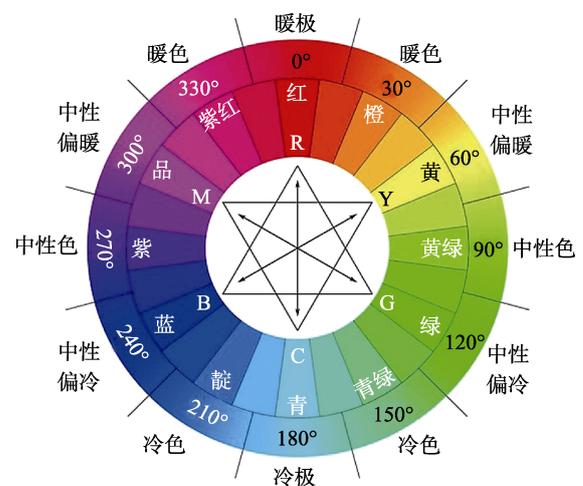


图 1 色相环及色彩温度  
Fig.1 Hue ring and color temperature

不同文献对色相冷暖度的划分略有不同,根据图 1 色相环及色彩温度对色彩冷暖度进行划分。软硬度、轻重度质感要素评价等级按照取值范围进行等分。最终确定产品色彩质感要素的冷暖度、软硬度、轻重度的评价等级,见表 1。

为了分析色相、纯度、亮度对应的冷暖度、软硬度、轻重度对产品色彩质感要素的感性意象影响,设置问卷,通过被试评价冷暖度、软硬度、轻重度对产品色彩感性意象认知的影响,见表 2。为了使被试对色彩质感要素有直观的感受,设置色彩质感要素样本。在冷暖度质感要素样本中,取纯度、亮度值分别为 100%,按照色相环 0°~360°间隔 30°取 1 色,共取 12 色;软硬度质感要素样本中,以 H 取 0°、90°、180°、270°, B 取 100%, S 取 93%、79%、64%、50%、34%、20%、6%,共取 28 色(H 取 4 个值, B 取 1 个值, S 取 7 个值,可以组合为 28 色,具体见表 2 的软硬度);与软硬度质感要素同理,取轻重度质感要素样本 28 色。

共收回有效问卷 29 份,通过数据分析冷暖度、软硬度、轻重度质感要素的重要性分别为 4.31、3.72、3.93。

表1 色彩质感要素的评价等级  
Tab.1 Evaluation level of color texture elements

等级	-3	-2	-1	0	1	2	3
冷暖度	特别冷	冷	比较冷	中性冷暖	比较暖	暖	特别暖
色相 (H)	165°~195°	135°~164° 194°~225°	105°~134° 224°~255°	74°~104° 254°~284°	44°~75° 285°~314°	14°~45° 315°~344°	-15°~15°
软硬度	特别软	软	比较软	中性软硬	比较硬	硬	特别硬
纯度 (S)	0~13%	14%~27%	28%~42%	43%~57%	58%~72%	73%~86%	87%~100%
轻重度	特别轻	轻	比较轻	中性轻重	比较重	重	特别重
亮度 (B)	87%~100%	73%~86%	58%~72%	43%~57%	28%~42%	14%~27%	0~13%

表2 色彩质感要素重要性调查问卷  
Tab.2 Questionnaire on importance of color texture element

**冷暖度**

1. 结合日常对产品色彩的理解, 结合下列图片, 请评价色相(冷暖度)、纯度(软硬度)、亮度(轻重度)三要素中色相(冷暖度)对产品色彩感性意象评价的重要性。

色相是色彩的主要特征, 是颜色划分的标准。色相在0°~360°的标准色轮上按位置度量。

重要程度: 不重要 一般重要 比较重要 重要 十分重要

**软硬度**

2. 结合日常对产品色彩的理解, 结合下列图片, 请评价色相(冷暖度)、纯度(软硬度)、亮度(轻重度)三要素中纯度(软硬度)对产品色彩感性意象评价的重要性。

纯度是色彩的饱和度, 单一色彩为高度色彩。

重要程度: 不重要 一般重要 比较重要 重要 十分重要

**轻重度**

3. 结合日常对产品色彩的理解, 结合下列图片, 请评价色相(冷暖度)、纯度(软硬度)、亮度(轻重度)三要素中亮度(轻重度)对产品色彩感性意象评价的重要性。

亮度是色彩明亮程度, 它能影响人们对物体的重量和体积的感受。明亮程度由色彩中白色和黑色的比例决定, 黑色越多, 越暗淡。

重要程度: 不重要 一般重要 比较重要 重要 十分重要

用户对产品材质感觉要素的理解与产品材质特性存在差异性, 如软硬等材质物理特性与用户对产品软硬的感觉认知不完全一致, 因此, 不能利用产品材质特性参数确定质感要素评价等级。这里利用问卷方

式分析用户对产品质感要素的评价标准, 调查问卷通过被试日常对产品材料、表面处理工艺的理解, 结合样本图片, 评价对各质感要素的感性意象理解, 调查问卷示例见图2。

1. 根据日常对金属材料相关产品的理解, 结合样本图片, 请评价金属材料相关产品的软硬度、轻重度、冷暖度感性意象。



提示: 材料包含金属、塑料、玻璃、木材、陶瓷、布、皮革、橡胶共8种。

软 ————— 硬

轻 ————— 重

冷 ————— 暖

-3    -2    -1    0    1    2    3

图2 材料和表面处理工艺质感要素调查问卷示例

Fig.2 Questionnaire sample of texture element of material and surface treatment process

经过对 31 份调查问卷的分析，确定了材料和表面处理工艺质感要素评价等级，见表 3。由表 3 可知，用户认为软硬度质感要素中最硬的材料为金属、玻璃和陶瓷，最软的材料为布；轻重度质感要素中最重的材料为金属，最轻的材料为布；冷暖度质感要素中最

暖的材料为木材和布，最冷的材料为金属。同理，可分析用户对表面处理工艺质感要素的认知。调查问卷设置-3~3 七级评价等级，调查结果虽然未出现-3 与 3 两个极值，但是基本反映了用户对产品材料和表面处理工艺质感要素评价等级的认知。

表 3 材料和表面处理工艺质感要素的评价等级  
Tab.3 Evaluation level of texture elements of material and surface treatment process

材料	金属	塑料	玻璃	木材	陶瓷	布	皮革	橡胶
软硬度	2	1	2	1	2	-2	-1	-1
轻重度	2	-1	0	0	1	-2	-1	0
冷暖度	-1	1	0	2	0	2	1	0
表面处理工艺	喷漆	电镀	磨砂	喷涂	抛光	喷砂	拉丝	压花
粗糙度	1	2	0	1	2	0	2	-1
光泽度	1	2	0	1	2	0	1	0
软硬度	1	2	1	1	2	2	2	1

对调查数据进行主成分分析，材料的软硬度、轻重度、冷暖度和表面处理工艺的粗糙度、光泽度、软硬度因子载荷的共同度分别为 0.809、0.532、0.099、0.665、0.623、0.522，说明冷暖度项目与主成分的关系薄弱，因此材料冷暖度质感要素对产品感性意象影响小，将冷暖度质感要素删除。

删除冷暖度项目后，主成分分析 KMO 值为

0.605，Bartlett 检验  $p$  值为 0.047，说明数据适合进行主成分分析。同时得出材料软硬度、轻重度以及表面处理工艺粗糙度、光泽度、软硬度的成分得分分数。根据主成分分析材料、表面处理工艺质感要素权重以及色彩质感要素重要性评价价值，进行归一化得到产品质感要素评价系数，见表 4。

表 4 产品质感要素评价系数  
Tab.4 Evaluation coefficients of product texture factor

	色彩		材料		表面处理工艺		
冷暖度	软硬度	轻重度	软硬度	轻重度	粗糙度	光泽度	软硬度
0.360	0.311	0.329	0.151	0.849	0.347	0.310	0.344

## 2 构建材质、质感要素、材质意象的关系模型

设  $M_{cz}$  为产品的材质， $M_s$  为色彩， $M_c$  为材料， $M_g$  为表面处理工艺， $x_1, x_2, x_3$  分别为色彩的 H、S、B， $y$  为材料类型， $z$  为表面处理工艺类型， $m$  为产品或研究样本。则：

$$M_{cz}(m) = \{M_{sm}(x_1, x_2, x_3), M_{cm}(y), M_{gm}(z)\} \quad (1)$$

设  $N_{zgyx}$  为产品的质感要素， $N_s$  为色彩质感要素评价价值， $N_c$  为材料质感要素评价价值， $Z_g$  为表面处理工艺质感要素评价价值。则：

$$N_{zgyx}(m) = \{N_{sm}, N_{cm}, N_{gm}\} \quad (2)$$

设  $N_s(i), N_c(j), N_g(r)$  分别为色彩、材料、表面处理工艺质感要素评价等级； $a_i, b_j, c_r$  分别为色彩、材料、表面处理工艺质感要素评价系数； $I, J, R$  分别为色彩、材料、表面处理工艺的质感要素数量。则：

$$N_{sm} = \sum_{i=1}^I a_i N_{sm}(i) \quad (3)$$

$$N_{cm} = \sum_{j=1}^J b_j N_{cm}(j) \quad (4)$$

$$N_{gm} = \sum_{r=1}^R c_r N_{gm}(r) \quad (5)$$

设  $Z_{cgyx}$  为产品材质意象， $n$  为产品材质意象认知空间， $d_s, e_c, f_g$  分别为色彩、材料、表面处理工艺材质意象评价系数。则：

$$Z_{cgyx} = Z(m, n) = d_{sm} N_{sm} + e_{cm} N_{cm} + f_{gm} N_{gm} = d_{sm} \sum_{i=1}^I a_i N_{sm}(i) + e_{cm} \sum_{j=1}^J b_j N_{cm}(j) + f_{gm} \sum_{r=1}^R c_r N_{gm}(r) \quad (6)$$

可得到材质、质感要素、材质意象的关系模型，见图 3。关系模型通过质感要素构建了产品材质与材质意象之间的映射关系，揭示了产品材质意象设计中材质、质感要素、材质意象之间的内在关系。

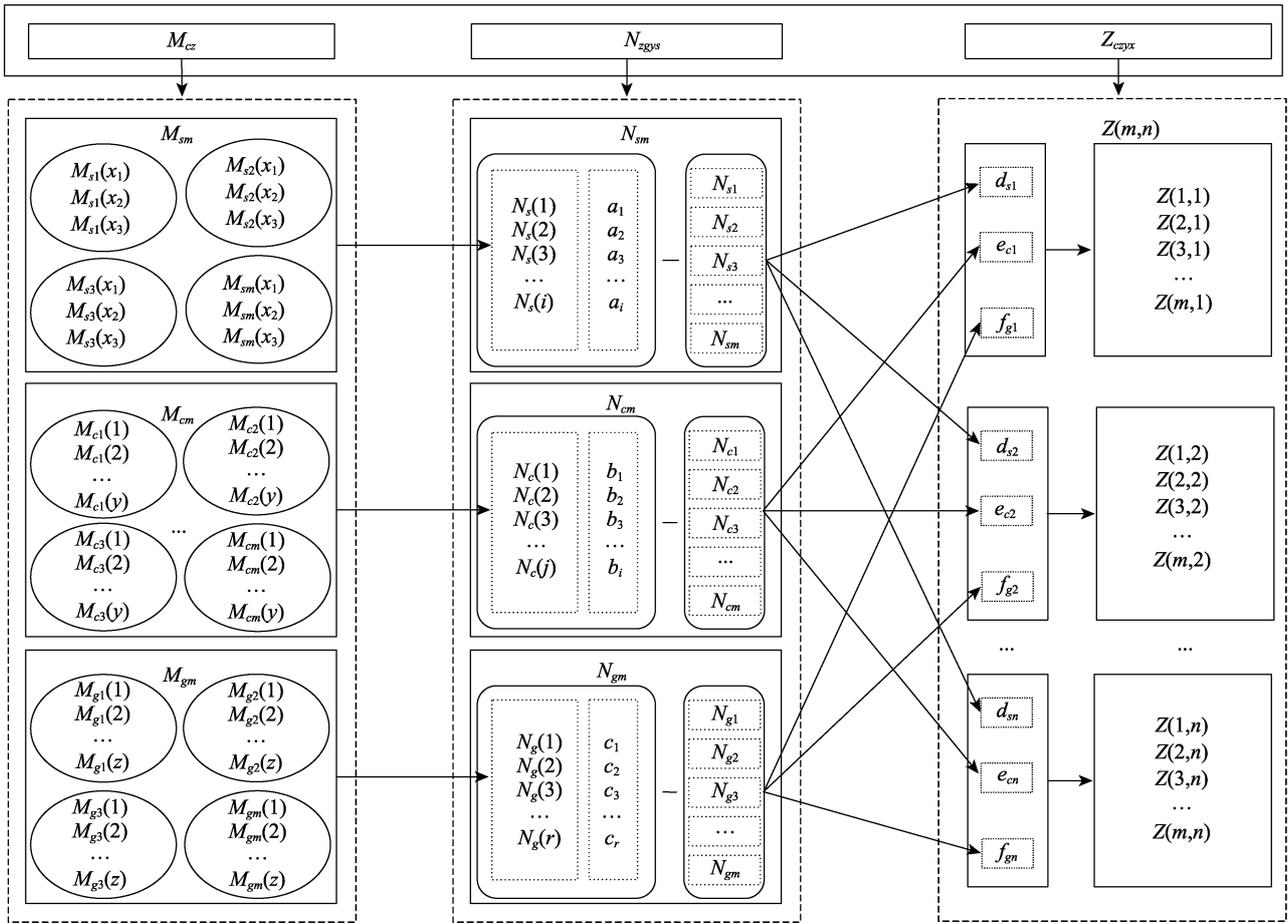


图3 材质、质感要素、材质意象的关系模型

Fig.3 Relationship model between material, texture element, and material image

### 3 实例研究

#### 3.1 确定目标意象和研究样本

实例研究以水杯为例，通过色彩、材料、表面处理工艺分析用户对水杯的材质感性意象评价。首先，确定水杯材质意象认知空间，通过网络、宣传册、访谈等渠道收集水杯相关的材质意象词汇 30 个。对收集的意象词汇进行分析和比较，删除明显不符合或具有贬义的词汇，最终获得 20 个意象词汇。对 20 个意象词汇利用同义词词林数据库进行相似度计算，然后

对相似度数据进行聚类分析，得出水杯材质意象设计的目标意象为大气、时尚、品位。

为分析产品色彩、材料、表面处理工艺与质感要素、材质意象的关系，需要通过研究样本对水杯进行意象评价。本文研究产品材质意象设计，因此在搜集研究样本时尽量避免造型、视角等带来的影响。通过互联网渠道搜集水杯研究样本 22 个，见表 5。

#### 3.2 确定质感要素

对水杯的材质进行参数化，构建水杯材质与质感

表 5 水杯研究样本  
Tab.5 Cup samples for research

样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6	样本 7	样本 8	样本 9	样本 10	样本 11
样本 12	样本 13	样本 14	样本 15	样本 16	样本 17	样本 18	样本 19	样本 20	样本 21	样本 22

要素的映射关系。利用图像处理软件提取水杯研究样本的 HSB 值, 以此对水杯色彩质感要素进行参数化, 见表 6。水杯样本不同位置的 HSB 值并不相同, 因此在提取色彩质感要素参数时, 重点提取研究样本主体色彩的 HSB 值。

根据水杯研究样本图片以及来源, 可确定水杯研究样本的材料类型和表面处理工艺类型, 见表 7。水杯研究样本的色彩参数  $M_{sm}$ 、材料类型  $M_{cm}$ 、表面处理工艺类型  $M_{gm}$  组成水杯的材质  $M_{cz}$ 。

水杯研究样本材质色彩参数确定后, 即可根据表 1、表 6 确定水杯色彩质感要素评价等级。同理, 可根据表 3、表 7 确定水杯材料、表面处理工艺质感要素评价等级。无表面处理工艺的水杯研究样本对应的质感要素评价等级按照“0”等级处理。为了避免质感要素-3~3 评价等级中“0”等级带来的数据不稳定, 将所有-3~3 评价等级转化为 1~7。进一步, 根据表 4 和公式(3)、公式(4)、公式(5)分别确定水杯色彩、材料、表面处理工艺质感要素评价价值。

表 6 水杯研究样本色彩参数  
Tab.6 Color parameters cup samples for research

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$M_{sm}(x_1)$	330	0	22	24	187	350	228	15	332	260	21
$M_{sm}(x_2)$	1	0	20	18	57	41	7	9	18	4	7
$M_{sm}(x_3)$	97	100	67	66	57	45	26	90	91	88	74
$m$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$M_{sm}(x_1)$	197	326	116	351	129	249	0	84	239	281	228
$M_{sm}(x_2)$	63	15	14	18	2	6	0	3	34	26	6
$M_{sm}(x_3)$	90	89	85	91	89	87	96	65	56	87	34

表 7 水杯研究样本材料、表面处理工艺类型  
Tab.7 Materials, surface treatment process type of cup samples for research

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$M_{cm}(y)$	玻璃	玻璃	金属								
$M_{gm}(z)$	-	-	拉丝	拉丝	磨砂	磨砂	磨砂	喷涂	喷涂	喷涂	喷漆
$m$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$M_{cm}(y)$	塑料	塑料	塑料	塑料	陶瓷	陶瓷	玻璃	金属	金属	塑料	塑料
$M_{gm}(z)$	磨砂	磨砂	磨砂	喷漆	-	-	-	拉丝	磨砂	磨砂	喷漆

### 3.3 确定水杯材质意象评价系数

利用 SD 调查问卷确定 22 个水杯研究样本的材质意象值。共发放调查问卷 30 份, 回收有效调查问卷 28 份。由于不同产品类型以及不同目标意象的材质意象评价系数具有差异性, 所以选择前 17 个研究样本为初始样本, 用来确定大气、时尚、品位的意象评价系数; 后 5 个研究样本为验证样本, 用来对本文提出的产品材质意象设计方法进行验证。

利用 17 个初始样本的大气、时尚、品位材质意象值, 通过 MATLAB 最小二乘法确定水杯材质意象评价系数, 见表 8。

### 3.4 验证

为了验证水杯材质意象计算的有效性, 比较 5 个验证样本 SD 调查问卷确定的材质意象值与公式(6)确定的材质意象值, 见表 9。SD 调查问卷设置 5 级

表 8 水杯材质意象评价系数  
Tab.8 Evaluation coefficients of cup material image

$n$	$d_{sn}$	$e_{cn}$	$f_{gn}$
1	0.3147	0.2122	0.1539
2	0.1996	0.0166	0.4619
3	0.2730	0.0833	0.3106

量表, 误差小于 0.5 可认为数据是准确的。经过分析, 15 组数据中有 3 组超过了误差范围, 因此准确率为 80%。可知, 利用材质—质感要素—材质意象的关系模型确定的水杯材质意象基本是合理的。

根据公式(6)确定任意水杯的材质意象, 进一步使设计师通过材质意象评价了解用户对水杯材质的情感意象认知。通过本文提出的产品材质意象设计方法, 利用初始样本可确定任意产品的材质意象评价系数, 验证合格后可确定该产品任意样本的材质意象值。

表9 水杯材质意象误差  
Tab.9 Errors of cup material image

意象	大气			时尚			品位		
	数值类型	SD 法	公式(6) 误差 (绝对值)						
样本 1	2.89	2.52	0.37	2.36	2.55	0.19	2.61	2.46	0.14
样本 4	3.11	3.60	0.49	2.57	3.65	1.08	2.68	3.53	0.85
样本 7	2.79	2.99	0.20	3.04	2.77	0.26	2.54	2.76	0.22
样本 15	2.04	2.12	0.09	2.46	2.54	0.08	2.25	2.28	0.03
样本 20	3.36	2.43	0.93	3.39	2.97	0.42	3.11	2.66	0.45

#### 4 结语

结合调查问卷和专家访谈确定了色彩、材料、表面处理工艺 3 个方面的质感要素。通过色彩理论、主成分分析法等确定了质感要素参数化方法, 以此确定了质感要素评价等级和评价系数, 为产品材质意象量化提供了基础。材质、质感要素、材质意象关系模型揭示了质感要素的作用以及三者之间的内在映射关系。通过水杯研究样本进行了验证, 验证结果准确率为 80%, 满足了材质意象的设计要求。利用质感要素评价等级、质感要素评价系数、材质意象评价系数可计算任意产品的材质意象值, 以此指导产品材质意象设计, 提高产品创新设计的效率。今后, 可在调查问卷客观性、意象评价结果准确性、质感要素评价多元化等方面进一步展开研究。

#### 参考文献:

- [1] 李斌. 艺术设计中的材料美学[J]. 文艺争鸣, 2010(10): 135—138.  
LI Bin. Material Aesthetics in Art Design[J]. Literary Contend, 2010(10): 135—138.
- [2] NA N, SUK H J. The Emotional Characteristics of White for Applications of Product Color Design[J]. International Journal of Design, 2014, 8(2): 61—70.
- [3] GUO F, LIU W L, LIU F T, et al. Emotional Design Method of Product Presented in Multi-dimensional Variables Based on Kansei Engineering[J]. Journal of Engineering Design, 2014, 25(4—6): 194—212.
- [4] 李孟山, 徐秋莹, 高德民, 等. 融合混合智能方法和多用户意象的色彩决策系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(11): 2091—2099.  
LI Meng-shan, XU Qiu-ying, GAO De-min, et al. Color Decision System Based on Hybrid Intelligent Method and Multi-users' Images[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017, 29(11): 2091—2099.
- [5] 洪歆慧, 周秋蓉. 透过 Apple Watch 管窥智能穿戴设备的材质设计策略[J]. 包装工程, 2016, 37(24): 45—50.  
HONG Xin-hui, ZHOU Qiu-rong. Analysis of the Mate-rial Design Strategy of Intelligent Wearing Equipment through Apple Watch[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(24): 45—50.
- [6] 汪颖, 张三元, 张克俊, 等. 产品材料质感偏好意象进化认知算法与系统[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(4): 762—770.  
WANG Ying, ZHANG San-yuan, ZHANG Ke-jun, et al. Preference Learning for Evolutionary Cognition Algorithm and System of Product Material Texture[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(4): 762—770.
- [7] WEI W, FAN W H, LI Z K. Multi-objective Optimization and Evaluation Method of Modular Product Configuration Design Scheme[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, 75(9—12): 1527—1536.
- [8] 周小溪, 梁惠娥, 陈潇潇, 等. 春夏季衬衫用色织面料材质的感性评价[J]. 纺织学报, 2016, 37(8): 59—64.  
ZHOU Xiao-xi, LIANG Hui-e, CHEN Xiao-xiao, et al. Sensibility Assessment of Spring and Summer Shirt Yarn-dyed Fabric[J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(8): 59—64.
- [9] 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.
- [10] 王安霞, 倪倩. 包装材料触感与消费者的情感诉求[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 179—181.  
WANG An-xia, NI Qian. Tactility of Packaging Materials and Customer's Emotional Appeal[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 179—181.
- [11] 灵动风尚摄影. 人像摄影中如何让人像突出——色彩篇[EB/OL]. (2018-05-08)[2018-11-09]. [http://www.sohu.com/a/231028140\\_612409](http://www.sohu.com/a/231028140_612409).  
Smart Fashion Photography. How to Make People Stand out in Portrait Photography: Color Articles[EB/OL]. (2018-05-08)[2018-11-09]. [http://www.sohu.com/a/231028140\\_612409](http://www.sohu.com/a/231028140_612409).