

基于形状文法的陶瓷茶具创新设计方法研究

徐骁琪¹, 程永胜¹, 刘晓宏²

(1.厦门大学嘉庚学院, 漳州 363105; 2.福州大学厦门工艺美术学院, 厦门 361024)

摘要: **目的** 为了应对陶瓷茶具市场产品的快速迭代, 以及陶瓷茶具设计同质化严重、品牌风格缺乏延续性差等问题, 提出一种快速、具有差异化的陶瓷茶具造型创新设计方法。**方法** 基于形状文法理论基础, 结合文创产品的设计方法, 在茶具造型设计中加入参照物的造型元素, 以科学、快速的造型推演方式, 得出既有陶瓷茶具原型特征, 又融合其他文化特征的陶瓷茶具设计方案群; 同时以层次分析法构建陶瓷茶具造型的评价体系, 得出各项设计因素的权重, 对推演得出的方案群进行最优方案的筛选, 并对筛选出的二维线性稿进行进一步的润色和完善, 得出最终方案。**结论** 基于形状文法的陶瓷茶具造型创新设计方法帮助陶瓷茶具企业在产品开发前期具有差异化、快速、科学、准确的设计方法, 使得茶具产品设计更具有创新性和风格延续性, 评价体系让陶瓷茶具方案的筛选有据可依, 增加产品成功的几率。

关键词: 陶瓷茶具; 形状文法; 层次分析法; 模糊综合评价

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0298-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.050

Innovative Design Method of Ceramic Tea Set Based on Shape Grammar

XU Xiao-qi¹, CHENG Yong-sheng¹, LIU Xiao-hong²

(1.Xiamen University Tan Kah Kee College, Zhangzhou 363105, China;

2.Xiamen Academy of Arts and Design, Fuzhou University, Xiamen 361024, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a fast and differentiated ceramic tea set styling innovative design method to cope with the rapid iteration of products in the ceramic tea set market, as well as the serious homogenization of ceramic tea set design and the lack of continuity of brand style. Based on the theory of shape grammar, and in combination with the design method of cultural and creative product, reference factor were added in the design of tea set. With the scientific and rapid styling deduction method, the program group with the characteristics of ceramic tea set and other cultural characteristics was obtained. At the same time, the evaluation system of ceramic tea set modeling was constructed by analytic hierarchy process, and the weights of various design factors were obtained. The optimal scheme was selected for the deduced program group, and the selected 2D linear draft was further polished to improve and get the final plan. The innovative design method of ceramic tea set based on shape grammar helps ceramic tea companies to have differentiated, fast, scientific and accurate design methods in the early stage of product development, making tea product design more innovative and style continuity. The evaluation system allows the screening of ceramic tea sets to be based on evidence, increasing the chances of product success.

KEY WORDS: ceramic tea set; shape grammar; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

陶瓷茶具自汉唐饮茶之风兴起以来, 发展已有上百年的历史, 唐代陆羽所著《茶经》当中专门有一章节撰写饮茶之器, 介绍了陶瓷器皿对于茶饮的重要性。纵观现在市场上许多陶瓷茶具存在造型设计同质

化严重、产品造型设计流于表面缺乏文化内涵、产品原本的风格和理念的延续性差等问题。如今陶瓷茶具市场竞争越发激烈, 产品更新速度快、新产品的寿命周期更短, 以及人们越来越个性化的需求, 对企业在

收稿日期: 2020-10-19

基金项目: 厦门大学嘉庚学院校级科研孵化项目 (2018W06)

作者简介: 徐骁琪 (1991—), 女, 福建人, 硕士, 厦门大学嘉庚学院讲师, 主要研究方向为工业设计理论与方法和陶瓷产品设计。

产品开发前期的速度和效率提出了更高的要求。基于此背景,本文提出创新设计方法及流程探讨,从企业设计效率出发,引入形状文法的设计方法和模糊综合评价机制,探讨具有差异化、快速、准确的陶瓷茶具设计方法。

1 陶瓷茶具的创新设计流程

1.1 形状文法基本概念

形状文法是基于计算机辅助设计的创新造型设计方法,最初由 George Stinu 和 James Gips 提出并应用于绘画与雕塑领域^[1],形状文法是一种以形状运算为主的设计方法,后来拓展到产品品牌识别与创新设计领域^[2]。形状文法是一种推理规则式的设计方法,其具体操作是以一定的规则对初始形状本身(如产品造型轮廓线),结合符号(即参照物或意象定位)进行形状演变的过程^[2]。

陶瓷茶具的外观设计方面,有从产品意象、用户偏好、传统文化、三维辅助设计等方面进行的陶瓷茶具外观设计研究,例如王年文、曲瑞丹等人,研究用户感性意象与陶瓷茶具形态要素之间的量化关系,拓展以用户为中心的陶瓷茶具形态设计方法,探求用户的陶瓷茶具形态的偏好^[3];卜俊等人用数量化 1 类理论建立感性词汇和设计要素两者之间的数学映射模型,辅助陶瓷茶具造型设计^[4];贺雪梅等人提取唐代仕女色彩、线条、图案等因子融入陶瓷茶具的形态语言中^[5],詹秦川等人基于立春节气的造型意向,融入陶瓷茶具的设计当中,以提高设计对象的文化内涵,促进传统文化的发展^[6];邓石兰分析 3DSMAX 软件在陶瓷茶具造型设计的运用方法^[7]。以往对于陶瓷茶具设计大多是从设计师的角度从造型、色彩、用户喜好、设计手法等单一的切入点探讨设计方法。

1.2 形状文法推理规则

形状文法可表示为 $SG = (S, L, R, I)$ 。其中, S 为推理初始形状的有限集合, L 为符号标记的有限集合, R 为推理规则的有限集合, I 表示选取用于推演的初始形状^[8-10]。

形状文法的基本推演规则包括:增删命令,增加或删除初始形状的部分或全部形态曲线,可表示为 $TS = S + S_1$ 或 $TS = S - S_1$, 其中 S 为另一形状集合,如删除 $S = (\bigcirc, \square, \star)$, $S_1 = (\star)$, 则 $TS = (\bigcirc, \square)$ 或增加 $S = (\bigcirc, \square)$, $S_1 = (\star)$, 则 $TS = (\bigcirc, \square, \star)$;

缩放命令,放大或缩小初始形状的部分或全部形态曲线,可表示为:

$$TS = \lambda S = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中:当 $\lambda > 1$, 表示放大, $0 < \lambda < 1$ 表示缩小,当 $\lambda_x = \lambda_y$, 表示执行等比缩放,当 $\lambda_x \neq \lambda_y$ 执行不等比缩放;复制命令,对初始形状曲线进行复制、移动,表示为:

$$TS = (N + M)S = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n+1 & 0 & m_x \\ 0 & n+1 & m_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

N 表示执行复制的次数且 $n \geq 0$, M 为初始形状产生的位移;旋转命令,对初始形状全部或部分曲线沿着固定点进行角度变换:

$$TS = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

镜像命令,初始形状的部分或全部形态曲线沿着某一轴线进行水平或纵向翻转,表示为:

$$TS = kS = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

当 $k < 0$ 时,如果 $k_x = -1$, $k_y = 1$ 时,表示初始形状绕 y 轴镜像,当 $k_x = 1$, $k_y = -1$ 时,表示绕 x 轴镜像;移动命令,改变初始形状曲线在横轴或纵轴上的位置,表示为:

$$TS = \Delta S = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \Delta_x & \Delta_y & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中: Δ_x, Δ_y 表示初始形状的移动坐标;置换命令,用其他物体的部分形态曲线替换初始形状的部分或全部形态曲线,表示为: $TS = S'$, 如 $S = (\bigcirc, \square, \star)$, $TS = (\bigcirc, \square, \Delta)$ 。

1.3 基于形状文法的茶具设计流程

本文基于形状文法基本条件和演绎步骤,探索将参照物文化因素融入陶瓷茶具的设计当中的陶瓷茶具造型系列化创新设计方法,陶瓷茶具造型推演流程见图 1。

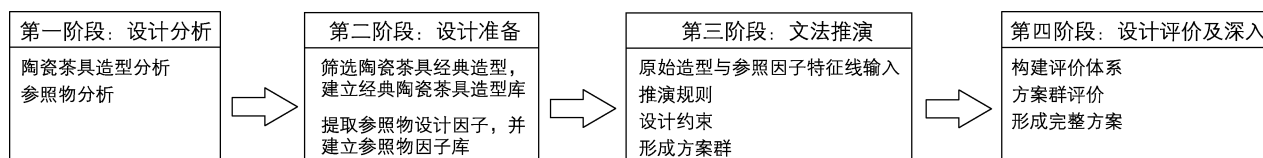


图 1 陶瓷茶具造型推演流程

Fig.1 Modeling deduction process of ceramic tea set

2 设计实践

2.1 第一阶段——设计分析

2.1.1 陶瓷茶具造型设计分析

陶瓷茶具一般包含茶壶、茶海、茶杯几个大件，通过问卷调查对 50 名用户进行调研，有超过 88% 的用户认为在整组设计中，茶壶、茶海、茶杯的主次关系是以茶壶为首，84% 的用户在购买陶瓷茶具时首先会关注的是茶壶的形态；在茶具设计中，设计师通常会将茶壶中所运用的造型意象贯穿整套茶具的设计，使得整套茶具设计的 DNA 线完整；综上本文接下来以陶瓷茶壶为例进行设计实践。

在生产过程中壶身、壶嘴、壶把、壶盖四个部分一般分开开模，再用泥浆将四个部分黏合或烧制成整体，因此茶壶的壶身、壶嘴、壶把、和壶盖四个部分只要符合与其具有联系的构件的约束条件，即是可以替换的。例如壶盖是放置在壶身口沿上的构件，它们之间的关系是壶盖口沿必须与壶身口沿可以相互套嵌，某一把壶壶身口沿为直径 5 cm 的圆形，那么只需要另一口沿直径为 5 cm 的圆形壶盖就可以替换。在进行形状文法的推演过程中，构件与构件之间相互联系的条件即为文法推演物理约束条件。

根据陶瓷茶壶的分解，可以发现壶身、壶嘴、壶把、壶盖大部分为中心轴对称或轴对称图形，陶瓷茶壶造型分解见图 2，因此，轮廓线最能表现其基本特征。

2.1.2 参照物分析

本文选择京剧脸谱作为参考对象，让陶瓷茶具融合京剧的韵味，以此产生系列化并具有中国风的陶瓷茶具设计。脸谱作为京剧的重要组成部分，是一种极具中国文化特色的特殊舞台化妆方式，主要以色彩

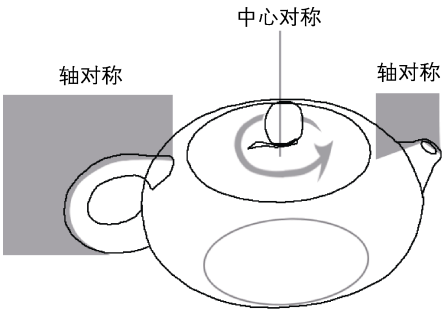


图 2 陶瓷茶壶造型分解
Fig.2 Shape decomposition of ceramic teapot

及线条两种元素来传达人物形象。依据脸谱中线条和色彩的不同的表现形式，可以将脸谱分为整脸、三块瓦脸、六分脸、十字门脸、花脸、歪脸、英雄脸、元宝脸、象形脸等，脸谱的线条绘制将五官进行分区，例如额头图、嘴下图、眉型图、眼眶图、嘴叉图等，线条的走势又是根据人脸肌肉走势进行装饰，从而表现出人的不同神情气质。因此，京剧脸谱的绘制中的线条走势是最具有差异化和代表性的设计因子之一。

2.2 第二阶段——设计准备

2.2.1 建立经典陶瓷茶具造型库

陶瓷茶壶依据壶把的不同形式大致分为三种：最为常见的耳把，以及侧把和提梁，由于范围太广，本文的推演案例选用耳把壶。筛选陶瓷茶具基本造型，尽量囊括不同形式或形状的壶身、壶盖、壶把和壶嘴造型加入造型库中，图片以茶具能完全展现壶嘴、壶把的侧面图为主。并进行去色处理，建立基本的陶瓷茶具基础造型库 I ， $I = \{I_1, I_2, I_3 \cdots I_n\}$ ，陶瓷茶具基础造型库见表 1，并提取其轮廓线。

表 1 陶瓷茶具基础造型库
Tab.1 Basic modeling library of ceramic tea set

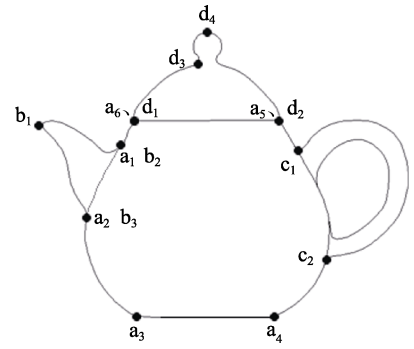
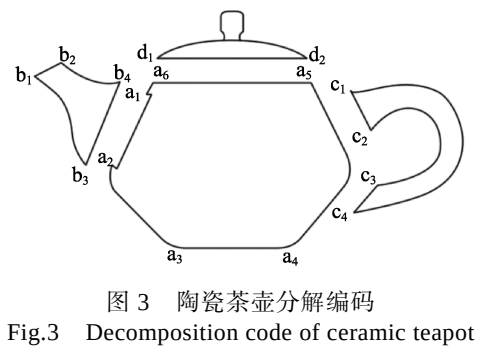
I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}

表 2 参照物设计因子库
Tab.2 Reference design factor library

L ₁	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	L ₁₅	L ₁₆	L ₂	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄	L ₂₅	L ₂₆
L ₃	L ₃₁	L ₃₂	L ₃₃	L ₃₄	L ₃₅		L ₄	L ₄₁	L ₄₂	L ₄₃	L ₄₄	L ₄₅	L ₄₆
L ₅	L ₅₁	L ₅₂	L ₅₃	L ₅₄	L ₅₅		L ₆	L ₆₁	L ₆₂	L ₆₃	L ₆₄	L ₆₅	

表 3 物理约束条件
Tab.3 Physical constraints

1	$Lb_3b_4 = La_1a_2$	壶嘴 b_3b_4 的长度等于壶身上出水口 a_1a_2 的长度，并且 b_3 和 a_2 位置重合， b_4 和 a_1 位置重合。
2	$Ld_1d_2 \leq La_5a_6$	壶盖口沿 d_1d_2 的长度等于壶身上口沿 a_5a_6 的长度，并且 d_1 和 a_6 位置重合， d_2 和 a_5 位置重合。
3	$hb_1 \geq ha_5$	壶嘴 b_1 离地的高度要高于壶身口沿 a_5a_6 水平面离地的高度。
4	$La_4a_5 \geq Lc_1c_4$	壶身上 a_4a_5 之间的直线长度要大于 c_1c_4 之间的直线长度，并且 c_1c_4 位于 a_4a_5 上下空间之内。



2.2.2 建立参照物设计因子库

根据上文所述，京剧脸谱中线条的绘制用来将五官区分，线条依照不同角色人脸的肌肉和骨骼走势进行绘制，除此之外脸谱上还有部分装饰性线条。随机提取不同角色的京剧脸谱，并提取人脸五官的走势线条及具有代表性的装饰性线条，建立参照物因子库 $L = \{L_1, L_2, L_3, L_4 \cdots L_n\}$ ，及参照物子因子库如 $L_1 = \{L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{14} \cdots L_{1n}\}$ ，参照物设计因子库见表 2。

2.3 第三阶段——文法推演

2.3.1 设计约束

将茶壶的四个部分分别进行编码，壶身为 a、壶嘴为 b、壶把为 c、壶盖为 d，将茶壶四个构件分解，对每个构件中的线条进行二级编码，陶瓷茶壶分解编码见图 3。

在设计分析阶段提到，每个构件之间相互联系的条件即为文法推演物理约束条件。基于茶壶每个构件

图 4 原始造型 I4 分解编码
Fig.4 Decomposition coding of original modeling I4

之间互相联系的约束条件和茶壶的功能条件，茶壶的推演物理约束条件见表 3。

2.3.2 文法推演

从陶瓷茶具的基础造型库 I 中任意选取 I_2 、 I_3 、 I_4 作为初始造型，从参照物造型库 L 中选取任意选取 L_3 、 L_6 、 L_7 为参照物，设定推演规则：增删 R_1 ，缩放 R_2 ，复制 R_3 ，旋转 R_4 ，镜像 R_5 ，移动 R_6 ，置换 R_7 ，对选取的初始造型及参照物进行推演，在本次推演过程，所执行的命令顺序依次为修正性命令：增删、置换，演绎性命令：复制、旋转、镜像，微调性命令：移动、缩放，并保留茶壶所占面积最大的壶身的方式以延续产品 DNA。

推演方案一：提取原始造型 I_4 ，对其各个结构部件进行编码，同样壶身为 a、壶嘴为 b、壶把为 c、壶盖为 d，原始造型 I4 分解编码见图 4。

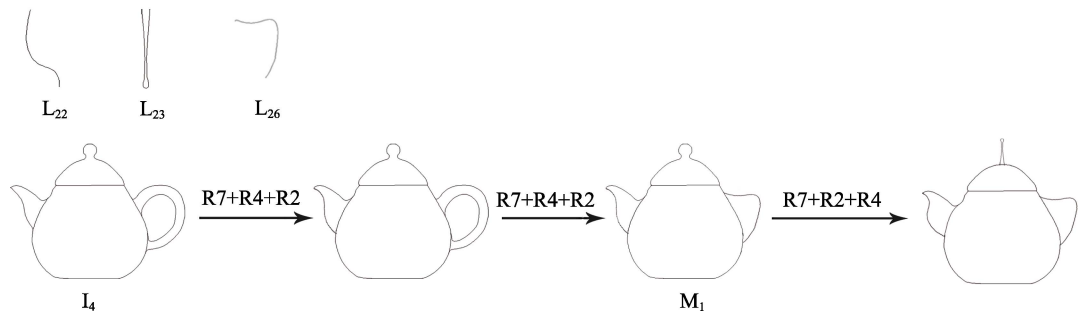


图 5 方案一造型推演过程
Fig.5 Modeling deduction process of scheme 1

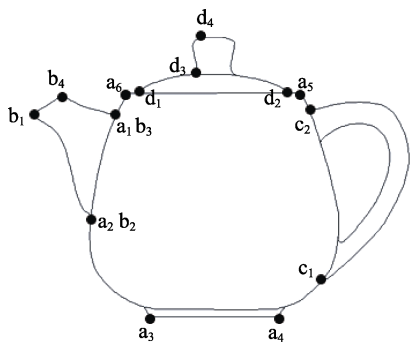


图 6 原始造型 I2 分解编码
Fig.6 Decomposition coding of original modeling I2

方案一造型推演过程见图 5，随机提取参照物造型库 L_1 的初始线条 L_{12} 、 L_{13} 、 L_{16} 输入推演引擎，分别替换原始造型中壶盖、壶嘴、壶把中的部分原始线条，设立尺寸约束条件，尺寸约束为高 $H \approx 14\text{ cm}$ 、宽 $W \approx 8\text{ cm}$ 、长 $L \approx 16\text{ cm}$ 。

步骤一：输入 L_{12} 替换 b_1b_3 (b_1a_2) 段线条，执行 R_7 、 R_4 、 R_2 命令，对线条置换、旋转和缩放。步骤二：输入 L_{16} 替换 C_1C_2 段线条，执行 R_7 、 R_4 、 R_2 命令，对线条置换、旋转和缩放。步骤三：输入 L_{13} 线条替换 d_3d_4 段线条，执行 R_7 、 R_2 、 R_4 命令，对线条置换、旋转和缩放，完成推演，推演结果标记为 M_1 。

推演方案二：提取原始造型 I_2 ，对其各个结构部件进行编码，原始造型 I_2 分解编码见图 6。

方案二造型推演过程见图 7，随机提取参照物造型库 L_2 的初始线条 L_{21} 、 L_{24} 、 L_{25} 输入推演引擎，分别替换原始造型中壶盖、壶嘴、壶把中的部分原始线条，设立尺寸约束条件，尺寸约束为高 $H \approx 12\text{ cm}$ 、宽 $W \approx 7\text{ cm}$ 、长 $L \approx 13\text{ cm}$ 。

步骤一：输入 L_{21} 执行 R_1 命令，置换 b_1b_2 (b_1a_2) 段线条，执行 R_7 、 R_4 、 R_2 命令，对线条置换、旋转和缩放。步骤二：输入 L_{24} 替换 C_1C_2 段线条，执行 R_7 、 R_4 、 R_1 、 R_2 命令，对线条置换、增删、旋转和缩放。步骤三：输入 L_{25} 线条替换 d_3d_4 段线条，执行 R_7 、 R_5 、 R_1 命令，对线条置换、增删和镜像，完成推演，推演结果标记为 M_2 。

推演方案三：提取原始造型 I_3 ，对其各个结构部件进行编码，原始造型 I_3 分解编码见图 8。

方案三造型推演过程见图 9，随机提取参照物造型库 L_4 的初始线条 L_{42} 、 L_{44} 、 L_{45} 输入推演引擎，分别替换原始造型中壶盖、壶嘴、壶把中的部分原始线条，设立尺寸约束条件，尺寸约束为高 $H \approx 11\text{ cm}$ 、宽 $W \approx 10\text{ cm}$ 、长 $L \approx 14\text{ cm}$ 。

步骤一：输入 L_{42} 置换 C_1C_2 段线条，执行 R_7 、 R_4 、 R_2 命令，对线条置换、旋转和缩放。步骤二：输入 L_{43} 替换 d_3d_4 段线条，执行 R_7 、 R_1 、 R_2 命令，对线条置换、增删和缩放。步骤三：输入 L_{44} 线条替换 b_1b_2 、 b_1b_4 、 b_3b_4 段线条，执行 R_7 、 R_1 命令，对线条置换和增删，完成推演，推演结果标记为 M_3 。

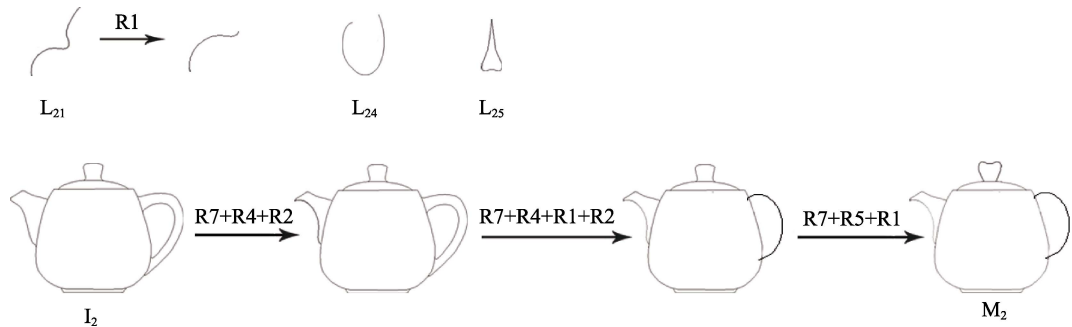


图 7 方案二造型推演过程
Fig.7 Modeling deduction process of scheme 2

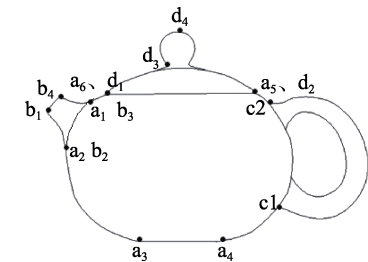


图 8 原始造型 I3 分解编码
Fig.8 Decomposition coding of original modeling I3

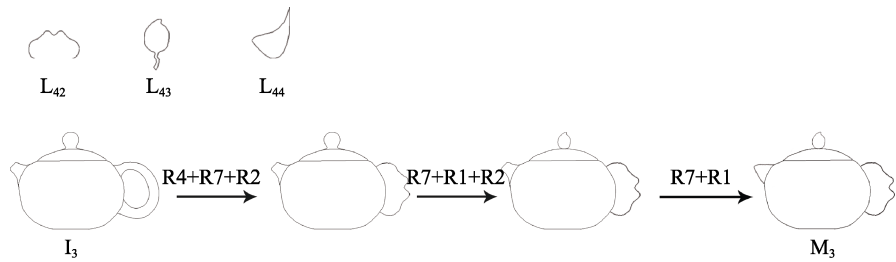


图 9 方案三造型推演过程
Fig.9 Modeling deduction process of scheme 3

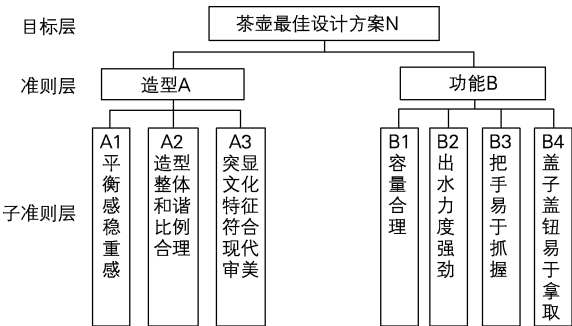


图 10 陶瓷茶壶评价体系
Fig.10 Ceramic teapot evaluation system

2.4 第四阶段——设计评价及深入

2.4.1 构建陶瓷茶具评价模型

基于形状文法所产生的方案群数量众多,同时在推演过程中只是机械地依照推演规则和约束条件进行,所产生方案的造型或功能没有经过筛选和检验。本文采用德尔菲法,邀请多名陶瓷行业相关专家构建陶瓷茶壶的评价体系,陶瓷茶壶评价体系见图 10。

邀请 3 名用户、2 名销售人员以及 3 名设计师对各造型要素进行评价,并对各要素根据重要程度进行两两比较,并以 1~9 的分值或者其倒数进行评分,构建权重矩阵,并计算出各要素权重矩阵见表 4。对计算结果进行一致性检验,得出结论 $CI=0.06$, $CR=CI/RI$, $CR=0.048<0.1$,结果通过检验。

2.4.2 设计评价

依据上文推演得出的三个方案 M_1 、 M_2 、 M_3 ,依据上文用户审美认知的权重排序结果进行模糊综合评价。挑选 10 名包含行业从业人员、设计师对设计结果进行设计评价,分为优秀、良好、合格与不合格四个等级,赋值后的评语向量 $\beta=(90\ 80\ 60\ 40)^T$ 。构建各方案的模糊综合评价矩阵,以方案 M_1 为例,方案 M_1 相对于造型子准则层评价矩阵标记为 S 和功能子准则层的评价结果如下:

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}, S_2 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}.$$

表 4 权重矩阵
Tab.4 Weight matrix

(a) 准则层权重矩阵
(a) Criterion layer weight matrix

	A	B	W
A	1	3	0.75
B	1/3	1	0.25

(b) 造型权重矩阵
(b) Modeling weight matrix

A	A ₁	A ₂	A ₃	W _A
A ₁	1	1/5	1/3	0.11
A ₂	5	1	3	0.63
A ₃	3	1/3	1	0.26

(c) 功能权重矩阵
(c) Functional weight matrix

B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	W _B
B ₁	1	1/3	1/5	3	0.12
B ₂	3	1	1/3	5	0.26
B ₃	5	3	1	7	0.56
B ₄	1/3	1/5	1/7	1	0.06

根据上文可以得知,造型子准则层权重和功能子准则层权重,方案 M_1 准则层的评价权重向量 $P_1=W_A \times S_1$ 、 $P_2=W_B \times S_2$ 依次类推并根据结果构建二级评价矩阵 P ,得出结果为:

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.485 & 0.337 & 0.178 & 0 \\ 0.540 & 0.346 & 0.052 & 0 \end{bmatrix}.$$

根据上文可知,准则层权重为 $W=(0.75\ 0.25)$,综合评价权重向量为 $W \times P=(0.499\ 0.339\ 0.147\ 0)$,计算最终得分为 $N=W_n \times \beta$,得出方案一为 80.85,依照以上方法依次得出方案二为 84.88,方案三为 82.17。

2.5 设计深入

由上文设计评价得出方案二的综合得分为 84.88,分数最高,为最佳设计方案,因此选择方案二作为最终产品开发方案。并依照上述方法和流程,建立陶瓷茶杯基础造型库,为了延续产品的风格特征,在茶杯

表 5 不同推演组合方式
Tab.5 Different deduction combinations

多样本多因子		单样本多因子	多样本单因子
样本A	参照因子A	样本A	样本A
样本B	参照因子B		样本B
样本C	参照因子C		样本C
			参照因子A



图 11 最终产品开发方案
Fig.11 Final product development plan

设计中选择与方案二同一参照物，进行文法推演，得出茶杯的二维造型设计方案。

将方案二由文法推演所得平面图形转换成立体造型，根据陶瓷类产品本身的造型特征设定茶壶、茶杯的三维形状。另提取方案二参照物脸谱中的大面积特征色彩黄色，在瓷器表面采用康熙黄釉作为茶壶色彩，最终产品开发方案见图 11。

2.6 设计总结

在本次推演中采取多种原始样本和多种参照因子的方式进行推演，除此之外，还可以采取同一原始样本和多种参照因子，或者多种原始样本和同一参照因子的方式进行推演，不同推演组合方式见表 5，不同的推演组合得出的方案群中所延续原始样本中的 DNA 是不一样的，它们之间的适用场合、推演效果等是接下来的研究方向。

3 结语

本设计方法为设计师在陶瓷茶具开发的前期摒弃以“灵感”作为设计源动力，提供了一种基于原产品族经典造型和参照物设计因子的造型逻辑推演方法；运用参照物因子时，在对设计因子进行解析重构的过程中依据文法的逻辑推演规则及物理约束条件，减少设计师在设计过程中试错重做的频率。但是文中所探讨方法均是基于二维平面的造型设计，如何由二维过渡到三维的造型推演也是接下来要研究的方向。

参考文献：

[1] 李阳, 许占民. 产品造型创新设计的文法化推演研究

[J]. 机械设计, 2017, 34(6): 124-128.
LI Yang, XU Zhan-min. Research on Grammatical Deduction of Product Model Innovation Design[J]. Mechanical Design, 2017, 34(6): 124-128.
[2] 王伟伟, 杨延璞, 杨晓燕. 基于形状文法的产品形态创新设计研究与实践[J]. 图学学报, 2014, 35(1): 68-73.
WANG Wei-wei, YANG Yan-pu, YANG Xiao-yan. Research and Practice of Product Shape Innovation Design Based on Shape Grammar[J]. Journal of Graphics, 2014, 35(1): 68-73.
[3] 王年文, 曲瑞丹. 面向用户意象的陶瓷茶具形态设计方法研究[J]. 图学学报, 2018, 39(6): 1175-1182.
WANG Nian-wen, QU Rui-dan. Research on the Morphological Design Method of Ceramic Tea Sets for User Image[J]. Journal of Graphics, 2018, 39(6): 1175-1182.
[4] 卜俊, 唐刚, 孙培贤. 基于感性工学的陶瓷茶壶造型设计研究[J]. 中国陶瓷, 2019, 55(2): 67-78.
BU Jun, TANG Gang, SUN Pei-xian. Study on the Design of Ceramic Teapot Based on Perceptual Engineering[J]. Chinese Ceramics, 2019, 55(2): 67-78.
[5] 贺雪梅, 李颖颖, 蒋颖. 唐代仕女造型因子研究及设计应用[J]. 包装工程, 2016, 37(12): 176-179.
HE Xue-mei, LI Ying-ying, JIANG Ying. Research and Design Application of the Modeling Factors of the Tang Dynasty[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(12): 176-179.
[6] 詹秦川, 王宁鑫, 李子阳. 基于立春节气的文创茶具设计与方法研究[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 176-181.
ZHAN Qing-chuan, WANG Ning-xin, LI Zi-yang. Research on the Design and Method of Wenchuang Tea Set Based on Lichun Festival[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 176-181.
[7] 邓石兰. 3DSMAX 建模技术在陶瓷茶具造型设计中的应用分析[J]. 陶瓷科学与艺术, 2016, 1(46): 14-17.
DENG Shi-lan. Application Analysis of 3DSMAX Modeling Technology in Ceramic Tea Set Design[J]. Ceramic Science and Art, 2016, 1(46): 14-17.
[8] 冯青, 吴婧璇, 田禹. 基于形状文法的食用瓷器形态设计与研究[J]. 中国陶瓷, 2019, 55(4): 77-82.
FENG Qing, WU Jing-xuan, TIAN Yu. Shape Design and Research of Edible Porcelain Based on Shape Grammar[J]. Chinese Ceramics, 2019, 55(4): 77-82.
[9] 乔现玲, 余晓庆, 胡志刚. 基于形状文法的汝官窑瓷器器形设计研究[J]. 中国陶瓷, 2016, 52(11): 98-106.
QIAO Xian-ling, YU Xiao-qing, HU Zhi-gang. Research on the Shape Design of the Yiguan Kiln Based on Shape Grammar[J]. China Ceramics, 2016, 52(11): 98-106.
[10] STINY G. Introduction to Shape and Shape Grammar[J]. Environment and Planning Planning and Design, 1980, 7(3): 343-351.