

基于认知耦合的加湿器设计

贺改梅, 王时英

(太原理工大学, 太原 030024)

摘要: **目的** 把认知耦合理论引入产品形态设计中, 得出符合认知耦合理论的设计方案。**方法** 首先通过语义差分法获得产品目标感知意象, 依据意象词汇寻找仿生对象, 能够同时实现形态耦合和语义耦合; 其次通过拓扑结构的方法对生物原型进行特征层次分析, 筛选最强特征, 通过拓扑权值和拓扑相似度得出最佳仿生形态, 最后运用模糊综合评价法评定耦合度, 确定设计方案。**结果** 仿生鸚鵡鱼形态, 分析特征拓扑图与结构特征, 通过模糊综合评价法确定加湿器设计方案, 实现了造型认知耦合与语义认知耦合。**结论** 将认知耦合理论与仿生设计结合作为此次设计理论总结的设计方法运用到产品设计中, 可以满足产品造型需要, 也可以满足加湿器的语义需求, 这是一种新的设计思路, 具有研究意义。

关键词: 认知耦合; 仿生设计; 拓扑结构; 模糊综合评价法; 加湿器

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)10-0157-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.022

Humidifier Design Based on Cognitive Coupling

HE Gai-mei, WANG Shi-ying

(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT: The paper aims to introduce cognitive coupling theory into the product shape design, and obtain the design plan that conforms to the cognitive coupling theory. The cognitive coupling is introduced into the humidifier design, and a humidifier bionic design based on the biological prototype is designed. The semantic target method is used to obtain the product target perception image, and the bionic object can be searched according to the image vocabulary, which can realize the morphological coupling and semantic coupling. The feature level analysis is performed on the biological prototype through the topology method, and the strongest feature is selected through the topological weight. The topological similarity is used to obtain the best bionic morphology. The fuzzy comprehensive evaluation method is used to evaluate the coupling degree and determine the design scheme. The shape of the bionic parrot fish is analyzed, and the topological map and structural features of the feature are analyzed. The design scheme of the humidifier is determined by the fuzzy comprehensive evaluation method, and the coupling of modeling cognition and semantic cognition is realized. Combining cognitive coupling theory with bionic design as the design theory, the summary design method can be applied to the product design, which can meet the needs of product modeling and the semantic needs of humidifier, which is a new design idea.

KEY WORDS: cognitive coupling; bionic design; topology; fuzzy comprehensive evaluation method; humidifier

认知耦合讲究产品的整体性, 人的认知通过感受物体元素相互关联产生的作用而形成。用户对产品的认知取决于产品的输出内容, 用户通过自身的感觉、

思维、想象、记忆和言语等对产品解密。设计师可以依据认知耦合理论设计产品, 产品设计是否成功, 可以通过耦合度验证。研究认知耦合的重要性对工业设计

收稿日期: 2021-01-18

作者简介: 贺改梅 (1994—), 女, 山西人, 太原理工大学硕士生, 主攻产品造型设计。

通信作者: 王时英 (1964—), 男, 山西人, 硕士, 太原理工大学教授, 主要研究方向为齿轮精密超精密加工及功率超声加工、工业设计工程。

计的发展具有重要意义,同时,耦合度的匹配对工业设计设计师自身的能力也起到督促的作用。本文将认知耦合理论应用到加湿器设计中,探究具体的设计方法,证实认知耦合与设计结合的可行性。

1 概述

1.1 认知耦合

20 世纪 40 年代美国加州工学院的 Zwick 首先提出形态分析法,形态分析法依赖于综合系统的基础分析,对产品造型要素解构,才能深入理解产品外观形态构成^[1]。耦合设计作为设计理论学的新方向,通过调节各个耦元及耦联关系,达到一种设计平衡,可以作为一种新的形态设计理论。生物经过亿万年的进化,形成了许多卓有成效的导航、识别、计算、合成、分解和能量转换等近乎完美的生命体系^[2],是设计人员提取素材的巨大宝库。在工业设计领域,对生物形态的各个元素进行提取再进行仿生设计,形成与生物原型相似的过程被称之为仿生认知耦合设计,其中包括造型认知耦合、功能认知耦合、语义认知耦合等。本文主要研究造型认知耦合与语义认知耦合。

张祥泉总结了对生物形态的本质规律进行高效简化的方法,提出特征识别理论。形态特征识别理论认为客观对象的识别过程也是知觉与记忆的互动过程^[3];任露泉等人把基于生物耦合的规律进行仿生,称之为耦合仿生^[4];罗仕鉴^[5]等人提出了产品仿生设计的三个层次模型;许永生^[6]等人以仿大白鲨为原型设计的高速列车形态验证了耦合设计的可行性。

1.2 耦合度及评价

产品仿生设计与生物原型的契合点称之为耦合度,耦合度评价作为一个衡量产品形态与仿生形态是否高度吻合的测量方式,需要结合模糊综合法,把定量评价转化为定性评价,使耦合度客观化、科学化。

2 认知耦合设计流程

形态认知耦合设计可以分为原型确立、特征识别和评价机制三部分。利用语义差分法确定仿生生物,其次利用拓扑知觉理论对生物进行拓扑结构形态特征分析,依据造型特征强弱排序,生物强特征主要作用于产品的重要部分,非强特征作用于产品的其他次要部分;最后通过模糊综合法对耦合度进行评价,以此实现有规律的认知耦合,设计流程见图 1。

2.1 语义差分法获取产品意象词汇

认知是个体认识客观世界的信息加工活动。在心理学上指通过概念、知觉、判断或想象等心理活

动来获取知识的过程,即个体思维进行信息处理的心理功能^[7]。就产品造型而言,感性认知是认知领域的第一认知。随着经济的发展,消费者对于精神层面的追求日渐增强,重视“情绪价值”多于“功能价值”^[8],分析感性认知对形态设计研究具有重要意义。

研究事物意象的语义差分法(SD法)于1957年美国心理学家奥斯古德提出^[9],在意象调查中使用该方法量化用户对于产品的感性意象^[10]。意象是主体对客体的一种主观认知,用户凭借自己的感官、受教育程度不同等对一个物体产生相应的感性认知。通常用SPSS统计分析软件对数据进行归纳分析,建立消费者感性数据^[11]。语义差分法见表1,K、J代表两个含义相反的词语,等级阶数是奇数,中间通常以7级评价区间作为评价价值,这就是语义差分法,通过客观数据,为设计制定严格规范。

2.2 拓扑结构分析法

2.2.1 建立仿生对象特征拓扑图

拓扑结构、分析法是将拓扑性质作为理论依据,利用拓扑性质在造型识别中的稳定性而建立的一种生物造型特征分析方法^[12]。仿生设计不能对生物造型生搬硬套,通过把生物明显特征作用于产品的重要部分,提高产品的生物特征识别性。拓扑图(见图2)按照仿生对象特征的稳定性进行排序,采用树图的形式,把仿生对象特征分为五个层级。

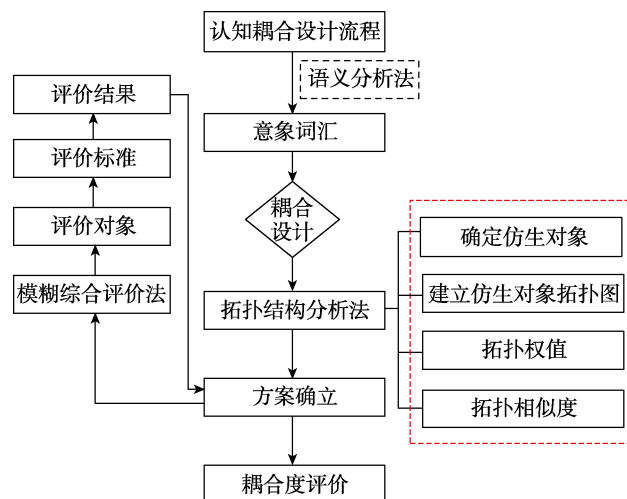


图1 认知耦合设计流程

Fig.1 Cognitive coupling design flow

表1 语义差分法
Tab.1 Semantic difference method

K1	3	-2	-1	0	-1	-2	-3	J1
K3	3	-2	-1	0	-1	-2	-3	J3
K4	3	-2	-1	0	-1	-2	-3	J4
Kn	3	-2	-1	0	-1	-2	-3	Jn

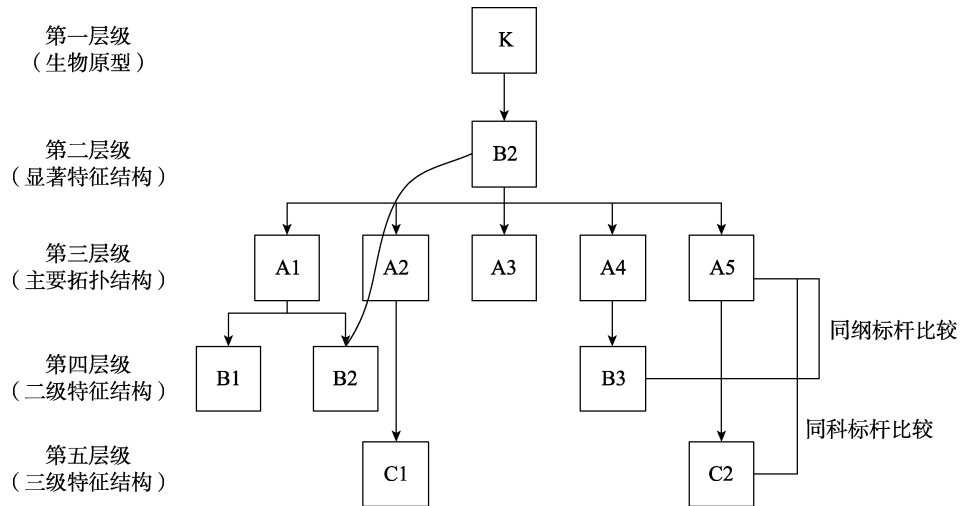


图 2 仿生对象特征拓扑图

Fig.2 Topology diagram of bionic object characteristics

如图 2 第一层级是生物原型；第二层级是生物原型的显著特征；第三层级是主要拓扑结构，是生物在进化过程中具有不变性质，在形状识别过程中具有稳定的结构；第四层级是在第三层级的基础上划分的结构，与同纲标杆比较具有不同的特征；第五层级是以第三层级为整体，区别于同科标杆生物的结构。

2.2.2 计算特征拓扑权值

通过拓扑权值区分显著特征要素与非显著特征，显著特征指的是易与用户建立共识的特征，非显著特征是一般拓扑结构。通过特征拓扑权值计算生物特征结构线，参照拓扑权值公式(1)。

$$S(ip, mq) = \sum_{k=m}^j Ik \times \gamma \times MK(ip, mq) Ik = 2^{K-1}, \gamma = 1 / (2^{\Delta K}); \quad (1)$$

($i, m, j \in N$; $i \leq m \leq j$; $i, m, j \leq Q$, Q 为最高指数), I 指 p 所在层级; M 指 q 所在层级; K 代表层级; $S(ip, mq)$ —从 m 层到 j 层 ip 与 mq 的总拓扑值; $MK(ip, mq)$ 指代 ip, mq 在第 k 层的拓扑权重; Ik 指代第 k 层的层级指数; γ 指代衰减系数; ΔK 指代 ip 与 mq 间隔的层数。

拓扑权值较高的结构要素即仿生形态的特征要素，权值越高，特征越显著。在设计过程中，以较高权值为依据展开设计。

2.2.3 拓扑相似度

产品结构与生物原型的拓扑距离由公式(2)计算。

$$TSDIS(La, Lb) = Dd(La, Lb) \times \frac{1}{3} + Da(La, Lb) \times \frac{1}{3} \quad (2)$$

$$TSDIS(La, Lb) = 1 - N(TSDIS(La, Lb))$$

公式中, $N(X)$ 为距离的归一化函数; $TSDIS(La, Lb)$ 代表结构线; La, Lb 代表拓扑结构之间的相似度, 两者之间成正比。其数值越大表示结构线 La, Lb 越相似, 否则相反。以此作为此设计的适应度函数, 筛选出与生物相似度最高的方案设计。

2.3 模糊综合评价法

模糊综合评价法根据模糊数学的隶属度理论将定性评价转化为定量评价, 是把精确与非精确相统一的分析方法^[11]。首先, 确立评价因素集 $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}$; 评价集 $V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$; 权重向量 $A = (A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$ 。然后, 建立模糊关系矩阵 R , 通常由有经验的专家对评价对象打分。

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{bmatrix}$$

接着, 权重向量 A 和模糊关系矩阵 R 合成综合评价向量公式(3)。

$$B = A \odot R \quad (3)$$

最后, 计算综合评判值 Y , 依据分值大小排序, 分值越高, 代表耦合度越高公式(4)。

$$Y = X \cdot B \quad (4)$$

3 实例设计

3.1 意象词汇

设计之前, 首先分析市场现有家用加湿器。通过网络调查、市场调研, 以十八个家用加湿器形态作为研究样本, 见图 3, 将灰度降低, 对其形态分析发现加湿器外形轮廓是最能体现设计感, 也是整个产品最突出的部分。大多数造型都采用圆角曲线, 一方面是曲线美学; 另一方面是相比有棱有角的产品, 圆润的产品更安全。其次加湿器操作方式要便捷、灵活, 符合人的行为习惯, 开关与调节部分通常是圆角曲线或者触摸式原点的设计, 体现产品的和谐性。同时发现家用加湿器的色彩通常采用温和的色调, 如浅灰色、浅蓝色、白色等, 能够更好地与空间融合。加湿器作为小型家居产品, 细节少, 因此更多的设计师选择设计外形轮廓, 从图 3 的 18 个造型中可以观察到 18 个加湿器有着截然不同的



图 3 加湿器样本
Fig.3 Humidifier sample

轮廓，也验证了加湿器轮廓设计局限性小，容易创新。本次实践研究主要针对加湿器外形轮廓展开设计。

在表达情感上，通过 SD 法对产品进行感性认知定位分析，大部分家用加湿器因为使用人群、使用环境的原因，大多体现小巧、实用等特质。依据图 3 及其他加湿器造型，初次筛选了描述加湿器的形容词，见表 2。

依据表 2 的筛选结果，最终确定了 6 对本次设计所需词汇，见表 3，家用加湿器的外形主要由曲线构成曲面，带给消费者的视觉感受主要是精致的、小巧的。

3.2 鸚鵡魚的特征認知分析

加湿器依赖水而发挥作用，因此，仿生原型从水

生物中选择。鸚鵡魚造型见图 4，鸚鵡魚作为一个水生物，对水质要求较高，高质量的水环境才能保持外表鲜艳。鸚鵡魚造型可爱、小巧。鸚鵡魚和水的关系与加湿器和水的关系具有相似性，依赖水而生存，因此以鸚鵡魚作为仿生生物原型合理。

以鸚鵡魚为原型绘制拓扑特征见图 5，鸚鵡魚的嘴巴作为第二层级；第三层级为头部、腹部与背部的轮廓和尾巴；第四层级是眼睛和嘴部。鸚鵡魚的嘴部、眼睛等具有识别性的特征在设计过程中可以通过变形的的方式表现出来。

结合图 5，根据公式(1)计算拓扑权值，识别鸚鵡魚显著特征与非显著特征，得出轮廓线仿生设计元素。A2B1 权值最大，腹部与背部的轮廓和嘴部特征最明显；其次是 A2B2，腹部与背部的轮廓线和眼

表 2 形容词的初步筛选

Tab.2 Preliminary screening of adjective vocabulary		
分类词汇	代表词汇	相反词汇
时尚的、前卫的、潮流的	时尚的	传统的
现代的、有风格的、有寓意的	美感的	古板的
柔美的、曲线的	柔美的	僵硬的
可爱的、巧妙的	可爱的	帅气的
小型的、便携的	小型的	大只的

表 3 筛选的六对意向词汇

Tab.3 Six pairs of imagery words			
编号	形容词对	编号	形容词对
1	小巧的—大型的	4	柔软的—僵硬的
2	美感的—古板的	5	寓意的一空白的
3	曲线的一直线的	6	精美的一粗糙的

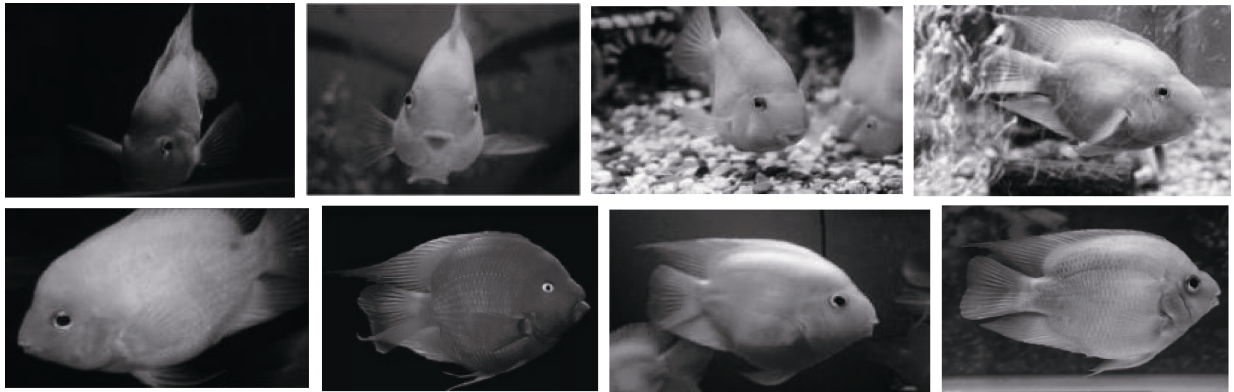


图 4 鸚鵡魚造型
Fig.4 Parrot fish shape

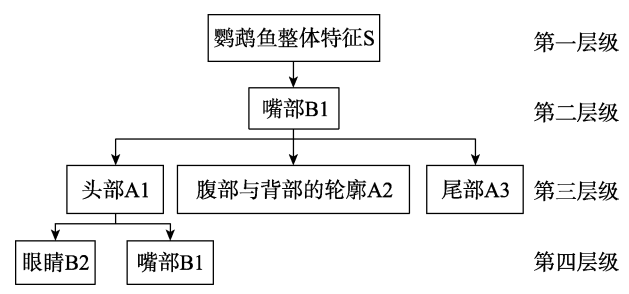


图 5 鸚鵡魚拓扑结构
Fig.5 Parrot fish topology

表 4 鸚鵡魚特征拓扑权值
Tab.4 Topological weight of parrot fish characteristic

总权值	A1	A2	A3	B1	B2
A1	20	12	12	7	5
A2	12	20	10	18	15
A3	12	10	20	5	2
B1	7	18	5	20	5
B2	5	15	2	5	20
特征关系	A2B1	A2B2	A2A1	A1A3	A3B2
拓扑权值	18	15	12	12	10

睛是次要特征，两者都有共同特征，即腹部与背部的轮廓 A2，见表 4。

拓扑权值的基础上，继续增设或删除结构线，简化结构特征。在转折处或者细节点采用相同的数量，计算节点拓扑权值见表 5。仿生鸚鵡魚对其抽象化的过程见图 6，删减背部、腹部轮廓线的节点，满足产品线条的流畅性，嘴部选择夸张化，删减尾巴的节点使其平整化，见图 6a。对仿生对象标注的节点进行删减调整，通过删减节点而绘制的方案流程见图 6b。

根据公式(2)得出拓扑相似度 $T=0.776$ ，此设计方案是与鸚鵡魚最相似的方案。

表 5 节点拓扑权值
Tab.5 Node topology weight

	A2B1 (背部、腹部轮廓与眼睛)							A2B2 (背部、腹部轮廓与嘴部)						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
特征节点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
拓扑权值	18	20	15	29	35	35	29	15	35	35	20	15	20	15
权值之和	181							155						

3.3 耦合设计

3.3.1 造型耦合

加湿器仿生耦合方案见图 7。产品轮廓提取鸚鵡魚背部和腹部的线条，整体造型与鸚鵡魚的形态吻合；水位观察区的部分设计为鸚鵡魚眼睛流泪的形状；平整化鸚鵡魚嘴部，设计为加湿出口；尾部设计为一个分支平面用来支撑整个躯干。

3.3.2 语义耦合

鸚鵡魚需要适宜的温度和良好的水质才会保持鲜艳的颜色，否则鸚鵡魚会慢慢褪去外表鲜艳的光泽。白色的加湿器设计仿佛是失去了光泽的鸚鵡魚，没有良好的水环境无法生存，加湿器没有水则一无是处，警告目前生存环境的恶劣，对许多生物的生存造成了威胁。“流泪”的眼睛激发用户的保护欲，提醒用户保护水生物人人有责。

3.4 加湿器造型设计及耦合度评价

依据模糊综合评价法，对三个加湿器的方案进行评定。评判因素集 $U=\{\text{造型耦合、语义耦合}\}$ ，评价集 $V=\{\text{优、中、差}\}$ ，权重向量 $A=\{0.5、0.3、0.2\}$ ，评价人员包括 6 位工业设计教授与资深设计师、10 位非专业人士，6 位工业设计教授与资深设计师的评价结果见表 6，非专业人士（包括其他专业学生、

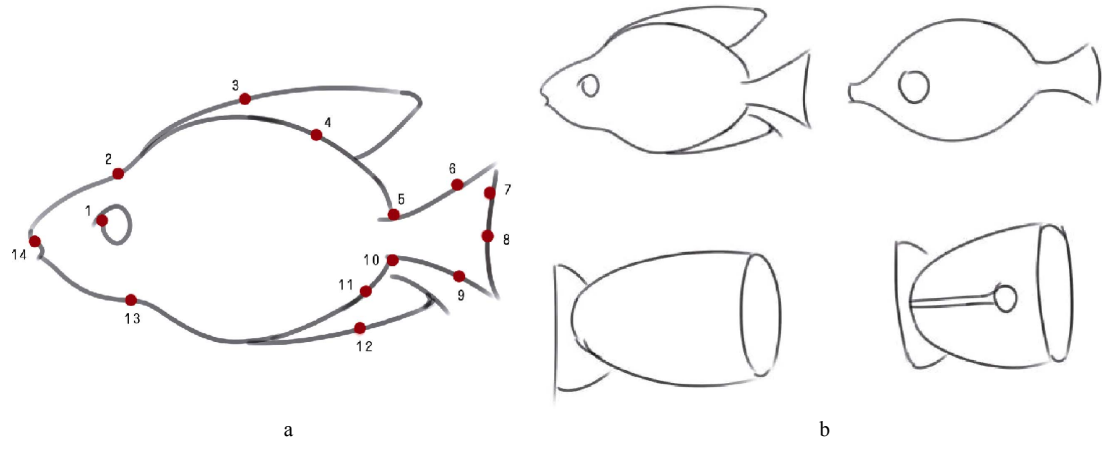


图 6 形态特征简化
Fig.6 Simplified morphological features

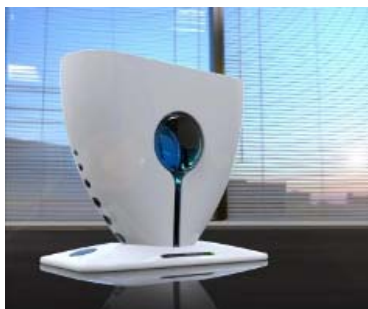


图 7 加湿器仿生耦合方案

Fig.7 Bionic coupling scheme of humidifier

表 6 专业人士模糊综合评价结果
Tab.6 Fuzzy comprehensive evaluation results for professionals

方案 序号	造型耦合			语义耦合		
	优	中	差	优	中	差
1	0.8	0.1	0.1	1	0	0
2	0.2	0.1	0.7	0.7	0.2	0.1
3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3

表 7 非专业人士模糊综合评价结果
Tab.7 Fuzzy comprehensive evaluation results for non-professionals

方案 序号	造型耦合			语义耦合		
	优	中	差	优	中	差
1	0.7	0.2	0.1	0.8	0.1	0.1
2	0.3	0.4	0.3	0.6	0.3	0.1
3	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4

家庭主妇、加湿器销售人员、测评达人) 的评价结果见表 7。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 1.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.7 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} \quad R_3 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix}$$

根据公式(3)计算得出模糊综合评价集:

$$B_1 = \{0.602, 0.303, 0.000\}; B_2 = \{0.423, 0.601, 0.252\}; B_3 = \{0.336, 0.621, 0.142\}$$

根据公式(4)得出综合评判值:

$$Y_1 = 86.2; Y_2 = 81.3; Y_3 = 79.8$$

专业人士根据自己以往的设计经验评判,非专业人士则依靠设计师的解说和自我感觉判断。结果表明这 16 位评价师共同认为方案一更好地表达了鸚鵡鱼原型,而通过拓扑综合评价集、评判值有逻辑地计算,同样得出方案一数值最高,与 16 位评价师的结论一致,证明图 5 的方案造型耦合度、语义耦合度最高,因此判断认知耦合设计理论在工业设计领域值得研究。

4 结语

面对市场上琳琅满目的产品,用户对产品的要求越来越高,产品形态需要赋有“人情味”,通过视觉对消费者心理和生理产生冲击。本文将认知耦合与仿

生设计结合,以加湿器为实例展开研究,探讨了如何实现用户对产品造型的认知耦合与语义认知耦合,提高产品的附加价值。也进一步丰富和完善了认知耦合理论,为产品设计实践提供理论支撑。

此次将认知耦合与加湿器结合方案的落实,证明认知耦合在设计中具有继续深入研究的价值。未来也可以从不同角度展开设计,例如将认知耦合与形状文法、人机学等相结合,体现功能耦合、人机耦合等,设计出更严谨、更科学的作品。

参考文献:

- [1] 杨萍. 基于产品外观形态解构的感性意象模型研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
YANG Ping. Research on Perceptual Image Model Based on Deconstruction of Product Appearance[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2014.
- [2] LU Y X. Significance and Progress of Bionics[J]. Journal of Bionic Engineering, 2004, 1(1): 1-3
- [3] 张祥泉. 产品形态仿生设计中的生物形态简化研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2006.
ZHANG Xiang-quan. Simplified Study of Biological Morphology in Biomimetic Design of Product Form[D]. Changsha: Hunan University, 2006.
- [4] 任露泉, 梁云虹. 生物耦合生成机制[J]. 吉林大学学报(工学版), 2011, 41(5): 1348-1357.
REN Lu-quan, LIANG Yun-hong. Bio-coupling Generation Mechanism[J]. Journal of Jilin University: Engineering Edition, 2011, 41(5): 1348-1357.
- [5] 罗仕鉴, 张宇飞, 边泽, 等. 产品外形仿生设计研究现状与进展[J]. 机械工程学报, 2018, 54(21): 138-155.
LUO Shi-jian, ZHANG Yu-fei, BIAN Ze, et al. Research Status and Development of Bionic Design of Product Shape[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2018, 54(21): 138-155.
- [6] 许永生, 李丽丽, 王超, 等. 耦合仿生在产品造型设计中的应用研究[J]. 机械设计, 2019, 36(8): 140-144.
XU Yong-sheng, LI Li-li, WANG Chao, et al. Application Research of Coupled Bionics in Product Modeling Design[J]. Machinery Design, 2019, 36(8): 140-144.
- [7] 罗仕鉴, 朱上上. 用户的产品造型风格感性认知研究[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 179-182.
LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang. Research on the Perceptual Cognition of User's Product Modeling Style[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 179-182.
- [8] 王龙, 卢红, 朱映红. 基于模糊综合评价技术的教学评价模型设计——以“五秀”模型教学活动评价为例[J]. 科技与创新, 2017(19):26-30.
WANG Long, LU Hong, ZHU Ying-hong. Design of Teaching Evaluation Model Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Technology: Taking the Evaluation of Teaching Activities of “Five Shows” Model as an Example[J]. Technology and Innovation, 2017(19): 26-30.

(下转第 185 页)