案例知识的产品造型设计方法研究

王新亭[1,2]，王康[1,2]，王欢欢[1,2]，崔元方[1,2]，杨雨辰[1,2]
（1.天津科技大学，天津 300222；2.天津市轻工与食品工程机械装备集成设计与在线监控重点实验室，天津 300222）

摘要：目的 为设计出符合消费者感性需求的产品，适应大规模定制的生产模式，缩短产品开发周期并方便企业后期的产品迭代，提出了一种应用已有产品案例进行产品快速设计的方法。**方法** 以对象设计知识分类理论为基础，融入了消费者感性意象这一特征，建立了案例造型知识库模型，并由此模型指导案例各特征知识的获取，由此建立案例造型知识库。**结论** 依据设计需求，应用案例造型知识库进行案例的检索、匹配、推理、变异，完成对四阀饮料机的方案设计，验证方法的可行性与高效性。

关键词：案例知识；案例推理；造型设计；饮料机
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)04-0140-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.04.022

Design Method of Product Model Based on Case Knowledge

WANG Xin-ting[1,2], *WANG Kang*[1,2], *WANG Huan-huan*[1,2], *CUI Yuan-fang*[1,2], *YANG Yu-chen*[1,2]
(1.Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China; 2.Tianjin Key Laboratory of Integrated Design and On-line Monitoring for Light Industry & Food Machinery and Equipment, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a method for rapid product design based on existing product cases to design products that meet the kansei needs of consumers, adapt to mass customization production mode, shorten product development cycle and facilitate product iteration in the later period of an enterprise. Based on the theory of object design knowledge classification, the characteristics of the kansei image of consumers was integrated to establish a case modeling knowledge base model. By such model, the characteristic knowledge of the case was guided to be acquired to set up a case modeling knowledge base. According to the design requirements, case modeling knowledge base is used to carry out case retrieval, matching, reasoning and variation so as to complete the design of the four-valve beverage machine, thus to prove the feasibility and high efficiency of the method.

KEY WORDS: case knowledge; case reasoning; modeling design; beverage machine

随着消费升级，消费者的消费观念逐渐从理性消费转向感性消费；与此同时，消费者对于产品迭代的需求加快，制造业生产模式也逐渐从大批量生产模式转变为大规模定制生产模式[1]。这就使得企业需要一个高效的设计方法指导产品的创新设计，以适应产品的设计开发朝着集成化、智能化、网络化的模式方向发展[2]。目前实现高效设计的理论主要基于案例推理、参数化、模块化和拓扑结构变型技术等。近年来，案例推理技术作为高效的设计创新方法之一，被广泛应用于机械结构设计、工程设计等领域[3−6]。本文以案例推理技术为基础，结合对象设计知识分类理论和感性意向，建立了产品造型知识库模型，进而对各造型知识特征进行获取并建立产品造型知识库，最后将其应用到实际产品的造型设计中。

收稿日期：2018-12-01
基金项目：国家自然科学基金资助项目（51505333）
作者简介：王新亭（1978—），男，山东人，硕士，天津科技大学副教授，主要研究方向为人机工程设计与仿生设计。

1　基于案例知识的造型设计流程

以案例推理技术的基本流程为基础，结合现有产品造型设计流程，得到基于案例知识的造型设计流程，主要包括案例造型知识库模型、案例造型知识库的构建、基于知识库的设计 3 个过程。

首先基于产品造型知识的分类，将其分为 6 个特征，从而建立案例造型知识库模型。其次，依据造型知识库模型，对特征知识进行获取与表达，构建了案例造型知识库。最后，运用造型知识库进行具体设计，将设计需求转化为造型知识关键词；应用造型知识库进行检索，得到相似性靠前的案例的造型特征；对这些造型特征进行组合、变异以产生多个设计方向，通过评估得到最合适的方向进行具体化设计。基于案例知识的造型设计流程见图 1。

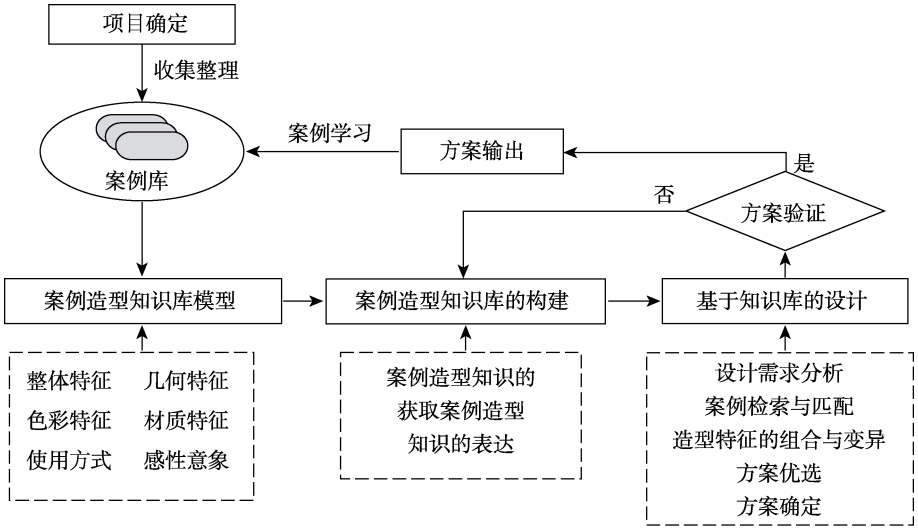

图 1　基于案例知识的造型设计流程

Fig.1 Modeling design process based on case knowledge

2　案例造型知识库模型

根据产品造型设计知识所面向受众的不同，可将其分为对象设计知识和实用性设计知识[7]。其中对象设计知识是从用户的角度去理解产品，包括产品功能和用户认知信息两大类。对于同一类产品，在基本功能上没有太大区别，但是在用户认知信息上确有诸多不同，主要表现在形式、使用方式、文化时尚 3 个方面，具体包括几何形态、色彩、材质、交互方式、功能布局、产品风格、意象风格等。此外，案例作为设计知识的载体，可以从案例中获取这些设计知识并通过一定形式表达出来。由此可以构建出案例造型知识库的模型，见图 2。

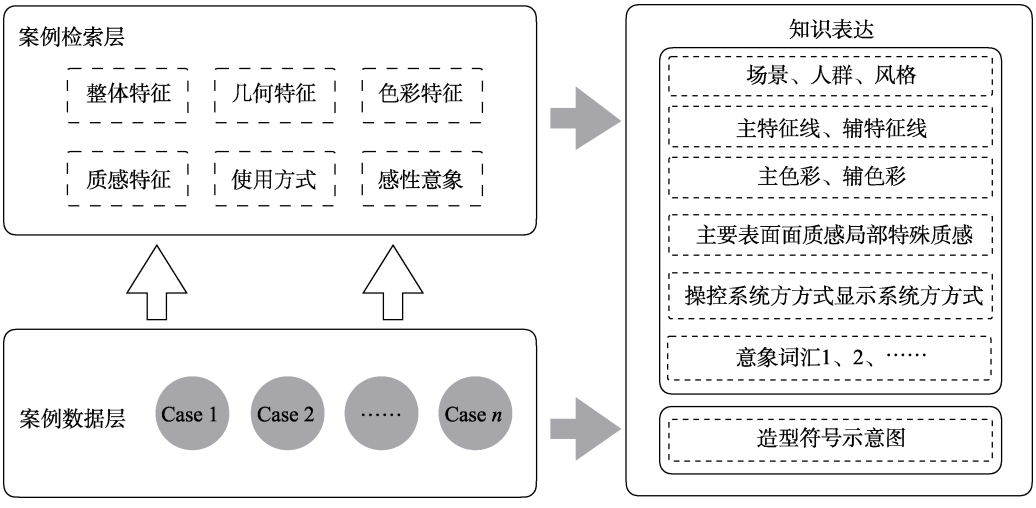

图 2　案例造型的知识库模型

Fig.2 Model of case modeling knowledge

3 案例造型知识库的建构

3.1 饮料机造型知识特征的获取

依据案例造型知识库模型，对于饮料机的造型特征系统可以分为 6 个方面：整体特征 E、感性意象 I、几何特征 G、色彩特征 C、材质特征 M、使用方式 U。下面将利用收集的案例样本对这 6 个特征进行获取。

为了全面的研究饮料机案例，从网上、商场、杂志等渠道初步收集 40 个饮料机样本案例，基本能够涵盖市面上大部分饮料机类型，并将其编号为 A1, A2,⋯,A40，通过聚类分析进行造型上的分类，最终分为 13 组，并得到每组的代表样本。然后，通过收集消费者评论、产品手册、线下访谈等方式，共收集 60 对描述饮料机造型的感性词汇，剔除意思模糊、关联性不大的词汇，初步得到 20 对感性词汇；最后由设计师和设计专业研究生组成讨论小组讨论得到 12 组最能描述饮料机造型的感性词汇，见表 1。

表 1 感性词汇

Tab.1 Kansei word

类别	感性词汇
人机属性	易用的——难用的 便捷的——繁琐的
美学属性	简约的——复杂的 圆润的——硬朗的 现代的——传统的 流线的——几何的
结构属性	耐用的——易损的 触屏的——机械的 模块的——整体的
价值属性	经济的——昂贵的 独特的——普遍的 创新的——守旧的

感性意象 I 的获取采用语义差异法，将 13 个代表样本与筛选得到的 12 组感性词汇建立 7 级 SD 感性量表，邀请 20 名消费者进行样本的感性评价，最终取分值绝对值排前三的代表本组样本的感性意象，从而得到感性意象 I 与样本之间的对应关系。

几何特征 G 的获取采用实验法，首先对 13 个代表样本进行特征线的绘制、提取，确定对饮料机样本几何特征进行比较全面的表征描述大约需要 18 条。通过累积提取次数，确定 9 条关键特征线，其中包括 3 条主特征线 G_m 和 6 条辅助轮廓线 G_a。最后根据小组的观察、讨论，分别归纳并绘制得到饮料机案例在各特征线上的表征，并运用字母加数字的形式对各表征进行标记，整机的侧视轮廓线见图 3。

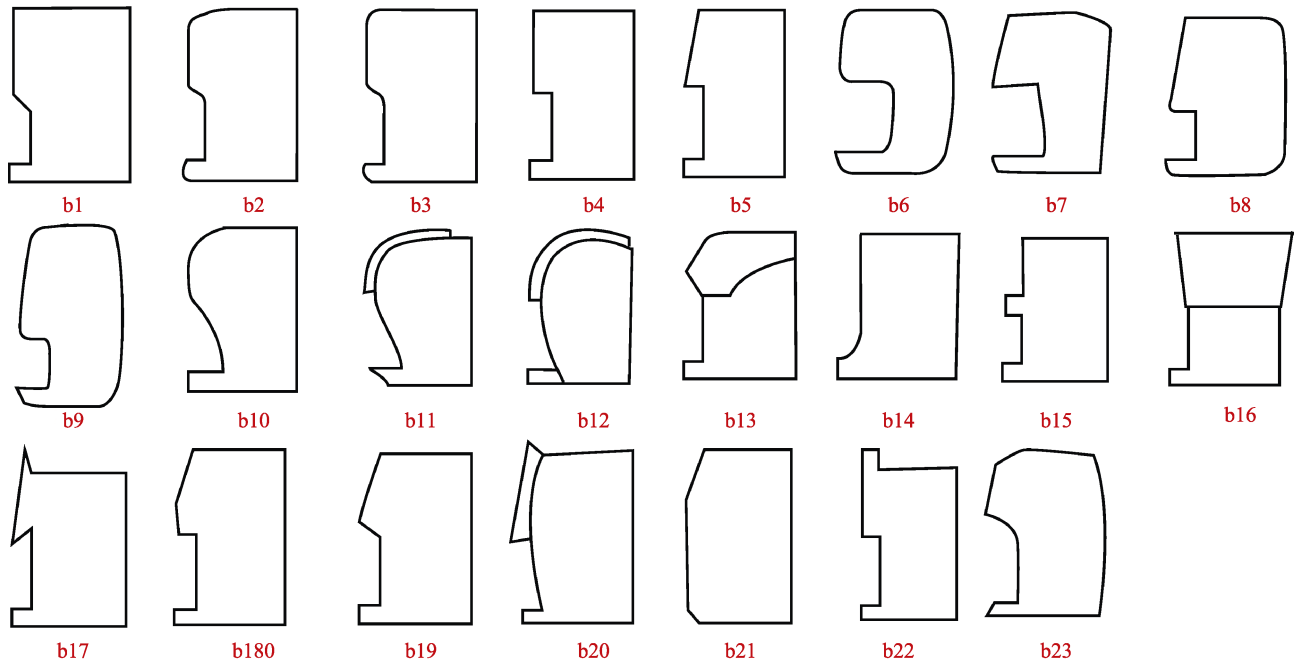

图 3 整机的侧视轮廓线

Fig.3 Side profile line of whole machine

整体特征 E、色彩特征 C、材质特征 M、使用方式 U 的获取均采用专家法，通过对样本案例的观察、分析、总结得出各类特征的描述性词汇。其中整体特征 E 包括使用环境 E_e、人群定位 E_u、产品整体风格 E_s；色彩特征 C 包括主色彩 C_m 和辅助色彩 C_a；材质特征 M 包括主要材料 M_m、局部材料 M_a、主表面效果 M_e、局部表面效果 M_p；使用方式 U 包括操作方式 U_o、显示方式 U_s、功能引导 U_f。造型特征集合见表 2。

表 2　造型特征集合
Tab.2 Collection of modeling features

整体特征	使用环境	快餐店、自助餐厅、休息室…
	人群定位	售卖员、餐厅消费者…
	整体风格	简洁易用、坚实硬朗、科技智能、高端大气…
色彩特征	色相色调系统	红、橙、黄、绿、蓝、紫、白、浅灰、中灰、暗灰、黑
材质特征	材料	钣金、塑料、玻璃、铝合金、…
	表面效果	喷涂、磨砂、喷漆、钢琴烤漆、拉丝、镀铬、喷砂、纹理…
使用方式	操作方式	推杆操作、触屏操作、按钮操作、旋钮操作…
	显示方式	液晶屏显示、灯箱显示
	功能引导	标签引导、图标引导、文字引导

3.2　饮料机案例造型知识表达

依据前面的所述，可以将饮料机的案例造型知识表达为：

$$Z=\{E,G,C,M,U,I\} \tag{1}$$

根据特征向量的特点，采用直接表示法描述案例特征知识信息。造型知识库的表达界面见图 4。

3.3 案例知识的检索与匹配

案例知识的检索[8]实质是指用户对新产品提出需求，系统根据用户的需求自动检索符合需求的案例，并按照一定顺序进行排列。根据产品造型知识的特点，采用最邻近法和知识引导法相结合的方式进行检索，根据特征词汇的相似度进行匹配，案例检索流程见图 5。

1）分析设计需求，将其拆分、转化为造型关键词，根据关键词进行检索。检索界面见图 6。

图 4　造型知识库的表达界面
Fig.4 Modeling knowledge base expression interface

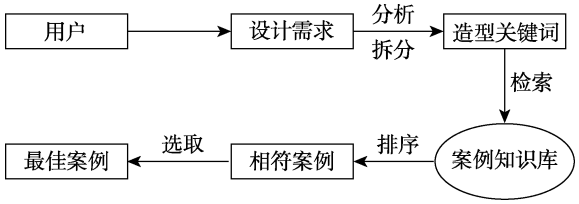

图 5　案例检索流程
Fig.5 Case retrieval process

2）造型相似度计算。相似度计算的目的是通过造型知识的相似度寻找案例，以此获得相似度较高案例的造型特征，并进行组合、变异从而构建新产品的造型知识框架。造型知识的相似度计算是通过 6 方面造型特征相似度的加权平均数来计算，其中各方面的权重系数通过熵处理法[9]得到，权重系数值见表 3。计算公式如下：

$$S'(a,b)=\omega_1\times S'_1(a,b)+\cdots+\omega_n\times S'_n(a,b) \tag{2}$$

式中：$S'(a,b)$ 为对象 a,b 的相似度；ω_n 为权重系数，n=1,2,…,6；$S'_n(a,b)$ 为对象 a,b 在某特征下的相似度。

$S'_n(a,b)$ 以关键特征词的吻合程度作为相似度评分标准，即：$S'_n(a,b)$=吻合的关键特征词数/总的关键特征词数。

图 6 造型知识库检索界面
Fig.6 Modeling knowledge base retrieval interface

表 3 权重系数值
Tab.3 Value of weight coefficient

整体特征ω_1	感性意象ω_2	几何特征ω_3
0.14	0.29	0.23
色彩特征ω_4	材质特征ω_5	使用方式ω_6
0.09	0.07	0.18

4 案例

4.1 设计需求描述与关键词提取

以设计一款四阀饮料机为例，用户设计需求包括造型有曲线感、富有变化、钣金为主、较低成本等。通过调研确定了四阀饮料机的主要设计模块包括主机箱体、灯箱显示等，同时将设计需求转化为造型知识关键词包括曲线的、经济的、钣金材料、灯箱显示、推杆操作等。

4.2 案例检索与匹配

依据造型知识关键词进行检索，最终获得产品 ID 为 A4，A13，A15 共 3 款饮料机的相似度位于前三位，分别为 0.81、0.74 和 0.71，检索案例见图 7。

A4 A13 A15

图 7 检索案例
Fig.7 Retrieve the case

结合检索出来的案例，对其进行造型知识的分析、总结，确定了四阀饮料机的造型特征描述，造型特征描述见表 4。

表 4 造型特征描述
Tab.4 Description of modeling feature

造型知识	造型知识描述
整体特征	餐厅，餐厅消费者，造型富有变化、有曲线感、动感
感性意象	曲线的、经济的
几何特征	侧面轮廓线以曲线为主
色彩特征	以蓝为主色调，黑白灰为辅色
材质特征	钣金为主，塑料为辅，表面效果以喷涂为主
使用方式	推杆操作；灯箱显示；标签引导

4.3 案例造型的推理与变异

确定了四阀饮料机造型特征知识描述后，根据其造型的曲线感和低成本，以及灯箱与主机箱体之间的连接方式的不同进行方案构思，主要构思方向有 3 种：（1）当灯箱与主机箱体的连接方式设计为可拆卸连接，可以采用挂勾直接将灯箱挂在主机箱体上，实现可拆卸，并将灯箱与主机箱体进行上下分割或者前后分割设计，相对应的拆卸方式就分为上下拆卸或者前后拆卸；（2）当连接方式为可变连接时，灯箱与主机箱体使用转轴，转轴方向可以为上下开合或者前后开合；（3）当连接方式为固定连接时，可直接打开机顶盖就可换取灯箱贴纸，无须拆卸或打开灯箱，由此实现灯箱与主机箱体一体式设计。

4.4 方案设计

通过 3 个构思的对比分析，最终确定以构思 1 和构思 2 进行方案设计的方向，设计方案见图 8。

a b

图 8 设计方案
Fig.8 Scheme of design

利用 AHP 模糊综合评价法[10]对 2 个方案进行综合评估，从设计需求出发，邀请 6 位人员组成专家小组（资深设计师 2 人、设计专业老师 2 人、消费者 2 人）对其进行方案评估，分别从造型曲线感、制作成本、钣金材料、结构简单性、品牌识别度、使用便捷性 6 个方面进行比较评估，AHP 评估数据见表 5。

通过计算得到的方案 a 综合分数为 0.3911，方案 b 的综合分数为 0.6089，所以选择方案 b 作为最终方案。

表 5　AHP 评估数据
Tab.5 Assessment data of AHP

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
权重	0.27	0.23	0.19	0.09	0.14	0.08
F_a	0.25	0.66	0.34	0.50	0.25	0.34
F_b	0.75	0.34	0.66	0.50	0.75	0.66

5　结语

基于案例知识的饮料机造型设计研究是重用案例中的造型知识，是设计师利用已有造型经验和知识求解新的设计问题的高效设计方法。该方法融合了消费者对于案例造型的感性和理性需求，构建了案例造型知识库模型框架，通过案例推理的一系列过程完成产品造型设计，在满足用户的感性需求的同时，也提高了的设计效率，缩短了产品开发周期，提高了企业快速响应市场的能力。四阀饮料机的实例验证了系统的可行性与实用性，饮料机案例知识库的建立对企业后续的产品迭代具有重要的实际意义。

参考文献：

[1] 钱晓波，许柏鸣. 从大规模制造向大规模定制转型的设计方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 34—38.
QIAN Xiao-bo, XU Bo-ming. Design Methods of Furniture Companies from Mass Production to Mass Customization[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 34—38.

[2] 罗仕鉴，朱上上，孙守迁. 基于集成化知识的产品概念设计技术研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(3): 261—266.
LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang, SUN Shou-qian. Case Study of Product Conceptual Design Based on Integrated Knowledge[J]. Journal of Computer Aided Design and Computer Graphics, 2004, 16(3): 261—266.

[3] 贾礼凤，仲梁维. 基于实例推理的镀膜机快速设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(19): 73—76.
JIA Li-feng, ZHONG Liang-wei. Case-based Reasoning in Rapid Design of Coater[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(19): 73—76.

[4] 李成，许超. 基于案例推理的折弯排序方法研究[J]. 锻压装备与制造技术, 2015, 50(3): 76—80.
LI Cheng, XU Chao. Study on Bending Sequence Base on CBR[J]. China Metalforming Equipment & Manufacturing Technology, 2015, 50(3): 76—80.

[5] 刘安国，马卫军. 桥式起重机标准化产品库的建立[J]. 发电与空调, 2007, 28(2): 81—83.
LIU An-guo, MA Wei-jun. Foundation of the Overhead Cran's Product Storeroom[J]. Power Generation and Air Conditioning, 2007, 28(2): 81—83.

[6] 张禹，白晓兰，张朝彪，等. 基于实例推理的数控车床智能模块组合方法[J]. 机械工程学报, 2014, 50(1): 120—129.
ZHANG Yu, BAI Xiao-lan, ZHANG Chao-biao, et al. CBR-based Intelligent Modular Combination Method for CNC Lathe[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(1): 120—129.

[7] 刘征，孙守迁，潘云鹤. 面向设计知识重用的产品外观分类[J]. 机械工程学报, 2009, 45(4): 19—24.
LIU Zheng, SUN Shou-qian, PAN Yun-he. Classifying Product Form for Design Knowledge Reuse[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2009, 45(4): 19—24.

[8] 谭浩，赵江洪，王巍，等. 基于案例的工业设计情景模型及其应用[J]. 机械工程学报, 2009, 42(12): 151—157.
TAN Hao, ZHAO Jiang-hong, WANG Wei, et al. Model of Case-based Industrial Design Scenario and Its Application[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2009, 42(12): 151—157.

[9] 杨小安，刘慧芬，曹红奎，等. 粗糙集和信息熵处理在产品用户需求重要度确定中的应用[J]. 机械设计与研究, 2012, 28(2): 5—7.
YANG Xiao-an, LIU Hui-fen, CAO Hong-kui, et al. The Application of Rough Set and Information Entropy to Deciding the Importance Degree of Customer Requirements on Product[J]. Journal of Machine Design, 2012, 28(2): 110—114.

[10] 李陵，陈波，张旭伟. AHP-模糊综合评价法在机电产品设计中的应用研究[J]. 机械研究与应用, 2009(3): 22—24.
LI Ling, CHEN Bo, ZHANG Xu-wei. Application in Design for the ElectromEchanicalProducts by Using AHP Fuzzy Synthesized Evaluation[J]. Mechanical Research & Application, 2009(3): 22—24.