

面向个性化需求的模块化设计模型研究

董欢欢, 王伟伟, 吕曼曼, 黄琳

(陕西科技大学 设计与艺术学院, 西安 710021)

摘要: **目的** 在时代快速发展的潮流下, 为满足市场的差异化和用户对个性化的追求, 对定制化产品设计的合理性进行分析。**方法** 依据市场调研的相关结果, 在传统模块化设计的基础上进行创新, 主要阐述了模块划分、模块推演和模块重组。利用形状文法对划分后的模块单元进行了形态衍生设计, 并对输出形态以相对科学的方法进行设计评价, 使其更容易获得用户的认可。**结论** 以健身车设计为例, 对研究流程的可行性进行了验证。通过获得与用户需求相匹配的产品形态, 来服务于用户个性化定制, 为兼顾企业与用户两者的共同利益奠定了基础。

关键词: 用户需求; 个性化; 模块化设计; 形状文法; 形态推演

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)06-0129-05

Modular Design of Personalized Customization Model

DONG Huan-huan, WANG Wei-wei, LYU Man-man, HUANG Lin

(Department of Design and Art, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: In the era of rapid development trend, it analyzes the rationality of the customized products design to meet market differentiation and the pursuit of personalized by the user. According to market research results, on the basis of traditional modular design innovation, it mainly expounds the module partition, module deduction and module restructuring. After dividing module unit to make use of shape grammar form derivative design, and the output forms are relatively scientific design evaluation, making it easier to gain user acceptance. Taking the stationary bike design as example, the feasibility of the research process is validated. Through access to match the user needs the product shape, to serve the user personalization, the common interests of both the enterprise and the user both laid a foundation.

KEY WORDS: user desire; personalized; modular design; shape grammar; form deduction

在市场竞争不断加剧的背景下, 模块化设计^[1]以实现大批量生产、缩短设计周期、节约成本与资源的优势, 成为大范畴定制设计的领军方法, 对企业生产效率的提升有着重要意义。而面对动态多变的市场需求, 用户的多样性和个性化对传统的模块化设计提出了新的挑战, 因此, 提供满足不同用户的产品需求服务, 成为未来市场的主要发展趋势。

现阶段, Bask^[2]等人从服务的各种视角出发, 分析模块化度和大批量定制的直接关系。有学者专注于研究模块划分^[3]的原则、角度和聚类方法。研究对象不同, 所用的方法也不同。国内外模块化设计的应用领域^[4-6]大多为家具、汽车行业与机械工程下的大器械。例如, 在家具行业中, 引入面向 MC^[7]的模块化思想, 对其关键技术进行攻克, 扫除家具大规模定制

收稿日期: 2016-11-08

基金项目: 陕西科技大学博士科研启动项目 (BJ12-07); 陕西省教育厅项目 (13JK0498); 教育部人文社科项目 (14YJC760008)

作者简介: 董欢欢 (1990—), 女, 陕西人, 陕西科技大学设计与艺术学院硕士生, 主攻数字化产品设计。

通讯作者: 王伟伟 (1983—), 男, 山西人, 博士, 陕西科技大学设计与艺术学院副教授、硕士生导师, 主要研究方向为数字化产品设计和传统文化创意设计。

在设计研发阶段的障碍。再者,将绿色设计^[8]的理念融进模块化设计中,按照产品设计流程,对功能分析、模块划分等若干关键因素进行实例验证。此外,形状文法^[9]是一种以形状运算为主的方法,广泛应用于产品风格意向的创新设计。

1 模块化设计

传统的模块化设计^[10]是将模块化的理念运用于设计领域,将复杂的产品划分成相对简单的、层次合理的单元模块,再将这些单元模块重新组合成不同的产品。然而,其未能处理面向用户个性化需求的相关问题。基于此,从用户需求入手,探求适合于模块重新设计的方式,以确定模块重组后的最优方案。

2 研究流程

2.1 个性化需求分析

用户需求的获取一般采用定性定量相结合的方法挖掘相关原始数据,并利用统计学的知识进行数据分析、处理,最后得出有效的需求信息。依据这些不同的需求信息,对用户群进行划分。并利用感性工学,描述不同用户群对产品形态的感性特征,将这种用户群对产品的差异性需求定义为个性化需求,个性化需求定义见图 1。

2.2 模块化策划

在进行模块划分前,采用 QFD 质量屋配置法,

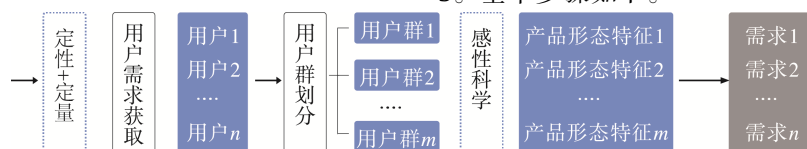


图 1 个性化需求定义

Fig.1 The user personalized definition

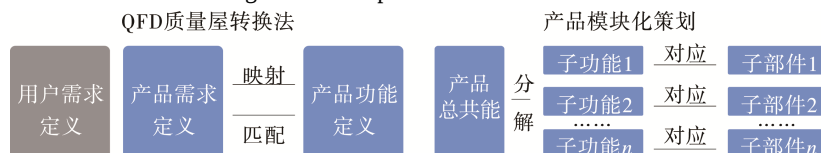


图 2 模块化策划

Fig.2 Modular planning

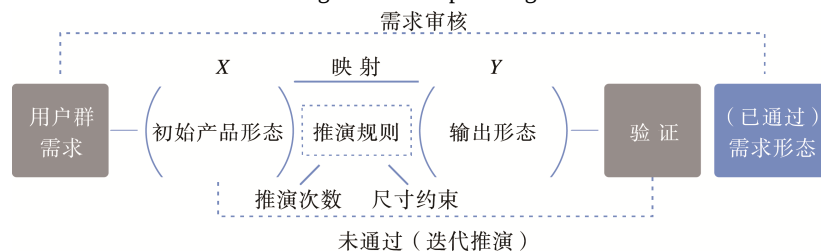


图 3 模块推演过程

Fig.3 Module deductive process

将用户需求转化为设计过程中的各类技术信息,分析产品总功能与需求之间的映射关系,并创建系统模型,模块化策划见图 2。

2.3 模块划分

基于模块划分的相关原则,从不同角度将产品划分为许多个单元模块的过程。当一种产品的市场需求种类较多或变革较快时,通常偏重于面向设计的模块划分^[3]。

模块划分的最根本理念即是以较少数块组合成尽可能多的输出产物。将策划分析后的产品总功能,分化成若干子功能,由此确定相应的子部件。具体的,把产品的功能需求按逐层进行分解,直至所得的每项子功能都有独立的部件与其相对应,把这样的子功能部件称为功能元。

首先对功能模块进行定义。从设计角度将产品结构归为两类:不变部分和可变部分,对不变部分予以改善机能,对可变部分进行衍生开发设计。通常的,通用模块中所占的不变成分相对较多,专用模块中所占的可变成分相对较多。利用这种原则将功能单元进行模块定义。其次将其划分成通用模块和专用模块。

2.4 模块推演

对划分好的模块单元进行改良或衍生开发设计,这一过程是本研究的模块化设计模型的最大创新点。利用形状文法对可变模块进行推演,使最终输出形态最大化满足用户群的差异性需求,模块推演过程见图 3。基本步骤如下。

(1) 由用户分析得到的产品形态风格, 来编排感性特征词汇 $W_1, W_2, \dots, W_n$, 并确定初始形态 I 。

(2) 选择推演规则^[9]。根据 George Stiny 对形状文法的定义, 可以表示为: $SG=(S, L, R, I)$ 。其中: S 为形状的有限集合; SG 为 S 经缩放、镜像、置换等操作衍生的形状集; L 为标记的有限集合; R 为推理规则有限集合。推演原则有 r_1 置换, r_2 增删, r_3 缩放, r_4 镜像, r_5 复制, r_6 旋转, r_7 错切, r_8 坐标微调等。

(3) 设置尺寸与推演次数约束。推演过程中, 尺寸约束是极其重要的。主要考虑用户使用时的人体尺寸, 空间关系尺寸, 以及对于模块单元之间的衔接, 在允许的误差范围内, 保持基本尺寸一致原则。(4) 验证输出模块形态。对于用户感知的模糊形态和不准确形态再次进行迭代推演。

模块推演是一种新型模块变形的方式, 以往的模块变形采取的多是通过一一更改零部件的参数来实现设计, 这种方式无法提高设计效率, 并且输出的模块单元有较高的相似性。因而, 利用较为科学而快速的形状文法对产品形态进行衍生, 使模块单元自身具有良好的适应性, 形成巨大的模块单元库。

2.5 模块重组

按照用户需求对模块库中的模块单元进行重新组合, 并采取须要的设计和验算。如果重组后产品的总功能或形态风格充分满足用户需求, 则可以进行产品化; 如果不能, 则需在模块单元库中重新挑选模块, 再进行组合, 直至满足为止, 模块重组流程见图 4。

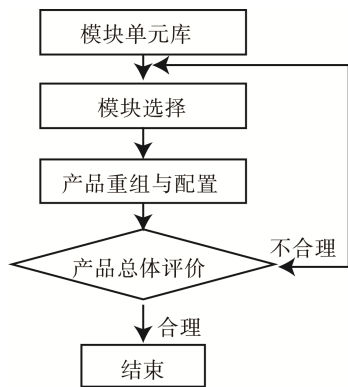


图 4 模块重组流程
Fig.4 Module restructuring process

由于满足用户群需求的模块可能不止一个, 且形状文法输出的方案数量较大, 组合过程可以使用有向图清晰地描述。有时为了实现计算机辅助模块的重组设计, 还要对模块进行合理定制。对于目标产品相对较复杂的重组过程, 可以运用矩阵的方式来表示。以行向量表示推演后的模块 1 (矩阵 A), 列向量表示推演后的模块 2 (矩阵 B), 模块 1 与模块 2 相互组合后为模块 12 (矩阵 AB)。对于两两重组后的矩阵也可以再与第 3 模块,

第 4 模块, 乃至更多模块依次组合, 矩阵法可以更加直观地表示模块组合类型, 并方便筛选。

$$AB=\begin{bmatrix}a_1b_1&a_1b_2&\dots&a_1b_n\\a_2b_1&a_2b_2&\dots&a_2b_n\\\vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\a_nb_1&a_nb_2&\dots&a_nb_n\end{bmatrix}$$

(1)

2.6 设计评价

对于重组后的产品还应该由多名用户进行评测。采用感性工学里的七级标准法感知评价, 以用户群的感性特征词汇集合 W 来确定其对最终产品的相对权重问题。按照此权重值可以对重组后的各类方案进行排序, 从而在众多方案中作出筛选或是形成选择方案的依据。

3 案例分析

以家用健身车为例, 对此方法进行验证。

3.1 个性化需求定义

以 25~40 岁的用户为研究对象, 利用访谈和问卷调查的形式获取需求信息, 并用感性工学对调研结果进行分类。 W 为用户群需求集合, $W_1 \sim W_7$ 代表用户的差异性, 即用户的不同需求, 健身车形态风格需求差异依次如下: 舒适感 26%, 科技感 26%, 速度感 16%, 简洁感 16%, 轻便感 11%, 潮流感 7%, 其他 3% (发放 200 份调研问卷, 收回有用问卷 163 份)。

3.2 健身车模块化策划

利用 QFD, 将用户对健身车的功能需求转化为设计需求信息, 健身车 QFD 质量屋转换见表 1。

表 1 健身车 QFD 质量屋转换
Tab.1 QFD conversion on a stationary bike

QFD 质量屋	
客户需求	产品需求
功能性	瘦身减肥/实时分享
娱乐性	虚拟运动场景切换/MP3/MP4
安全性	承载能力/环保材料
经济性	价格上限
维修	使用寿命

对健身车进行总功能分析, 给出整体策划方案。即健身车的总功能为健身娱乐, 子功能为运动、减肥等。子部件为车身 (内置发电机、蓄电装备、速度控制系统)、把手、座椅、显示器 (内置操控系统)、脚踏、操控按键、娱乐系统 (MP3, MP4)。

3.3 健身车模块划分

依据部件本身构成尺寸大小或工程制约因素多

少的核心原则，对其进行划分。即对产品的形态影响较小的部件，如健身车的脚踏、座椅、显示器、操控按键，称为通用模块；相反的，对产品形态影响大的构成部件，如健身车的车身和把手，称为专用模块。据调研分析，车身和把手对产品形态贡献值较大，其

中车身为 51.4%。

3.4 健身车模块推演

选取相同意向形态的健身车同族产品，抽取其车身形态(部分)，建立形态筛选表(以 W_3 特征为例)，健身车形态筛选见表 2。

表 2 健身车形态筛选
Tab.2 Form selection on a stationary bike

产品筛选	图例					
同族产品						
形态筛选						

对目标产品的初始形态进行编码，由曲线集合 $\{A_1A_2, A_2A_3, A_3A_4, A_4A_1\}$ 组成，从上表中抽取 P_1, P_2, P_6 与目标产品同时输入形状推演引擎，作为推演的初始形态，见图 5。尺寸约束为： $470\text{ mm} \leq L$ (长)

$\leq 500\text{ mm}, 588\text{ mm} \leq H$ (高)，厚度上不作限制。

健身车车身形态推演(部分)见图 5。类似的，可以对健身车其他模块进行形态推演。

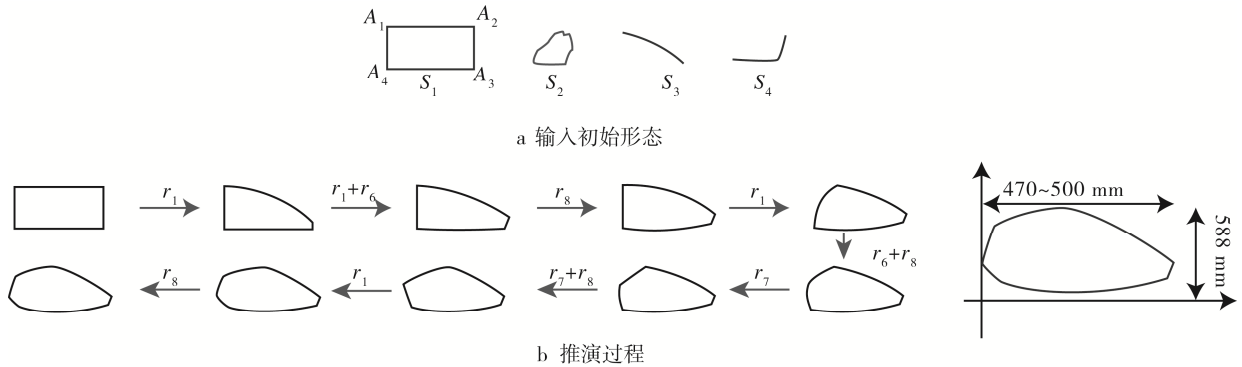


图 5 健身车车身形态推演
Fig.5 Body form deduction on a stationary bike

3.5 健身车模块重组

以集合 O 表示车身模块，集合 T 表示把手模块。依次地，集合 C, D, E, F 分别代表脚踏，座椅，显示器，操控按键。运用有向图描述重组过程，输出不同风格的健身车形态，并与用户需求 W_3 进行比对，筛选。

筛选过程中出现的情况：满足 W_3 形态特征的可能会有不止一个的输出方案，对于这些方案，可暂时全部给予保留(可用集合 Q)；由于产生的组合方案较多，同一个输出方案中，可能各单元的风格不一致，而导致的不成形的风格形态，可直接删除。

3.6 健身车设计评价

随机抽取 20 位评测者，以形态意向需求 W_3 为标准，对重组后的可用产品形态 Q 进行评价，并根据权重值的高低选取最合适这一特征词汇的产品形态。采用相同的方式，评价出满足用户群体的产品风格形

态。从而，既可以满足市场的多样性需求，又可与用户群体的个性化需求相匹配。如最符合 W_3 的健身车形态，即速度感，健身车效果见图 6。



图 6 健身车效果
Fig.6 Renderings on a stationary bike

4 结语

为避免大规模定制下产品形态特征的相似性,将形状文法融入模块化设计中,对模块单元进行衍生设计,以满足用户的差异性需求。同时,根据市场调研的形态特征比重,为企业的生产制造比例与市场销售份额提供有效信息。当然,此方法也有不完善的地方,更多的侧重了产品模块的形态特征设计,在各模块之间的精密对接上不够深入。接下来应该对模块接口作深入研究。

参考文献:

- [1] 郑维强, 刘振宇, 刘达新, 等. 基于模糊关联的复杂产品模块化设计方法及其应用[J]. 机械工程学报, 2015, 51(5): 130—142.
JIA Wei-qiang, LIU Zhen-yu, LIU Da-xin, et al. Complex Product Modular Design Method Based on Fuzzy Association and Its Application[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51(5): 130—142.
- [2] BASK A, LIPPONEN M, RAJAHONKA M, et al. Framework for Modularity and Customizations: Service Perspective[J]. Journal of Business & Industrial Marketing, 2011, 26(5): 306—319.
- [3] 宗鸣镝, 蔡颖, 刘旭东, 等. 产品模块化设计中的多角度、分级模块划分方法[J]. 北京理工大学学报, 2003, 23(5): 552—556.
ZONG Ming-di, CAI Ying, LIU Xu-dong, et al. Multi-angle, Graded Module Partition of Product Modular Design Method[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2003, 23(5): 552—556.
- [4] JIANG Wu. New Multi-Functional Modular Design of Integrated Kitchen[R]. Shanghai: 2010 International Conference on Circuit and Signal Processing(ICCSP 2010) & 2010 Second IITA International Joint Conference on Artificial Intelligence(IITA-JCAI 2010), 2010.
- [5] 鄢莉, 陈映欢. 模块化设计在儿童家具设计中的应用[J]. 包装工程, 2010, 31(2): 25—31.
YAN Li, CHEN Ying-huan. Modular Design in the Application of Children's Furniture Design[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(2): 25—31.
- [6] 张磊. 模块化设计在客车车身设计中的应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
ZHANG Lei. The Application of Modular Design in Passenger Car Body Design[D]. Changchun: Jilin University, 2013.
- [7] 李兵, 关惠元, 吴智慧. 面向 MC 的家具模块化设计研究[J]. 包装工程, 2011, 32(4): 66—69.
LI Bing, GUAN Hui-yuan, WU Zhi-hui. MC Oriented Furniture Modular Design Study[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(4): 66—69.
- [8] 刘学珍. 基于用户体验的绿色产品设计评价体系研究[D]. 济南: 山东大学, 2012.
LIU Xue-zhen. Based on the User Experience of Green Product Design Revaluation System Research[D]. Jinan: Shandong University, 2012.
- [9] 王伟伟, 杨延璞, 杨晓燕, 等. 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, et al. Based on the Shape Grammar Form of Product Innovation Design Research and Practice[J]. Journal of Graphics, 2014, 35(1): 68—73.
- [10] 李浩, 祁国宁, 纪杨建, 等. 面向服务的产品模块化设计方法及其展望[J]. 中国机械工程, 2013, 24(12): 1687—1695.
LI Hao, QI Guo-ning, JI Yang-jian, et al. New Service-oriented Product Modular Design Method and Its Prospect[J]. China Mechanical Engineering, 2013, 24(12): 1687—1695.