

基于摩托罗拉手机模块化设计的定量评价研究

安苗苗, 肖狄虎

(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 通过摩托罗拉手机模块化设计的科学评价和分析, 对模块化设计思想在手机领域的应用和发展起到借鉴、启发的作用, 推进手机市场的创新性和多元化发展。**方法** 以摩托罗拉手机模块化设计为研究对象, 基于情感化设计理论选定各评价指标, 结合专家打分和用户调研法分别获得各评价指标的权重和用户满意度, 采用模糊层次分析法计算得到模块化设计中各评价指标的评价结果。**结论** 摩托罗拉手机各功能模块化设计中, 本能层的形态特性、行为层的功能特性和反思层的互动特性最为成功, 可以作为模块化设计在手机创新发展中的借鉴; 而纹理、材质和情感特性得分较低, 在后续设计中还有待提高。

关键词: 模块化设计; 手机模块化; 产品设计; 定量评价; 手机设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)14-0172-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.14.032

Quantitative Evaluation Based on Modular Design of Motorola Mobile Phone

AN Miao-miao, XIAO Di-hu

(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: Through the scientific evaluation and analysis of the modular design of Motorola mobile phone, the application and development of modular design idea in the mobile phone field plays a reference and inspiration role, and promote the innovation and diversification development of the mobile phone market. Taking Motorola mobile phone modular design as the research object, the evaluation indexes are selected based on emotional design theory, and the weight and user satisfaction of each evaluation index are obtained by combining expert scoring and user research method. The evaluation results of each evaluation index in the modular design are calculated by fuzzy analytic hierarchy process. In the modular design of the various functions of Motorola mobile phone, the morphological characteristics of the instinctive layer, the functional characteristics of the behavior layer and the interactive characteristics of the reflective layer are the most successful, which can be used as a reference for the modular design in the development of mobile phone innovation. However, the score of texture, texture and emotional characteristics is low. There is still room for improvement in the follow-up design.

KEY WORDS: modular design; cell phone modularity; product design; quantitative evaluation; mobile phone design

随着智能手机设备的更新叠代和急速发展, 手机市场竞争日益激烈, 各品牌智能手机设计同质化现象严重。传统的智能手机设计生产模式可以大批量生产和销售, 却难以满足消费者个性化的需求^[1]。如今消费者更加注重个性化和定制化的产品体验, 产品的极大细分和多样化成为重要竞争力, 将模块化设计思想

引入智能手机设计过程中, 充分挖掘手机设计和生产过程中的功能、结构等相似性, 划分为不同子产品或模块以便于高效生产和个性化定制^[2]。本文以市场上比较成功的摩托罗拉手机模块化设计为对象进行研究, 将定量评价方法引入模块化设计评价中, 进而为手机市场的创新发展带来参考和反思。

收稿日期: 2018-03-15

基金项目: 安苗苗(1991—), 女, 河北人, 湖南大学硕士生, 主攻产品造型设计。

通信作者: 肖狄虎(1959—), 男, 湖南人, 硕士, 湖南大学教授, 主要研究方向为产品形态、产品造型设计。

1 模块化设计

1.1 模块化设计原理

模块化设计就是对复杂的产品或系统进行分析，并划分为可以独立设计的子产品或模块，不同的子产品或模块之间通过相同的接口连接，从而通过对不同子产品或模块的选择和组合形成新的产品^[3]。在模块化设计中注意要从整体入手，以功能或结构等标准进行模块划分，同时根据模块的特征属性又分为主体模块和非主体模块，进而对每一个子产品或模块进行详细设计，这样才能避免组合出的产品给人拼凑感和不和谐感^[4]。模块化产品具有系列性、通用性、组合性和统一性的特点，通过模块的分解和集中实现产品高效生产和个性化定制，子产品或模块之间应尽量简易便捷，便于用户轻松组装和便捷使用。

1.2 模块化设计在手机领域的应用

模块化设计在大型机械设备制造中的应用已经比较成熟，在大批量生产和快速组装等方面做出了巨大贡献^[5]，但在手机等小型电子产品领域的应用尚在起步和探索阶段。面对激烈的市场竞争，各大手机公司将目光投向了模块化设计方向，2013 年索尼公司发布了名为 XTRUD，可更换内部部件和涂装的模块化手机，但该模块化手机仅限于概念设计，并没有批量生产并销售；2016 年 LG 公司推出了名为 G5 的模块化手机，电池可以分离出来并替换为搭配的其他功能模块，但由于产品销量遭遇“滑铁卢”，次年公司又回到了传统手机方向；2016 年摩托罗拉推出了 Moto Z 模块化手机，这款手机搭配有一系列的功能模块 Moto Mods，让模块化手机不再是“水中月”，从设计生产规模和用户评价方面来讲，这款模块化手机算是唯一称得上成功的案例^[6]。

2 研究方法的确立和研究对象的选取

在实际操作中，模块化思想根据具体问题和需求渗透到产品设计中不同的阶段^[4]，当前对于模块化设计的研究，多趋向于设计前期对功能或结构模块的划分、组合方式的思考，缺少对于模块化设计结果的反思^[7-8]。在手机模块化设计领域，从设计结果着眼、以设计学的角度进行的研究和评价更是空白。本文将从设计结果入手，通过专家评分和用户调查问卷的方法进行选定指标的评分，运用模糊层次分析法进行各指标评分的数据处理，并对所得结果进行总结分析。

2.1 模块化设计评价模糊数学模型

目前，对于模块化设计的评价基本局限在定性分析的研究方法，对评价的结果也存在一定的主观性。模糊层次分析法是一种定性定量相结合的综合分析方法，其最大的优势在于能够将用户的复杂模糊的

情感和判断，进行量化、数学化，使复杂的问题简洁化，通过计算得到有依据、可靠的评价结果^[9]。模块化设计评价模糊数学模型见图 1。



图 1 模块化设计评价模糊数学模型
Fig.1 Fuzzy mathematical model for evaluation of modular design

第一步为确定评价指标集。在此基于 Donald Arthur Norman 提出的情感化设计三层次^[10]，数学模型中用 j 代表情感化设计 3 个层次 ($i=1$ 代表本能层, $i=2$ 代表行为层, $i=3$ 代表反思层), 则可以得到评价集 A :

$$A = \{a_1, a_2, a_3\}^T \tag{1}$$

基于情感化三层次的划分，进一步得到每一个层次下的具体评价指标 (a_{ij} 代表情感化设计第 i 层次第 j 项评价指标), 则评价集 A :

$$A = \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & \dots & a_{3j} \end{Bmatrix} \tag{2}$$

第二步为专家打分获得各指标评价权重。用专家打分法对评价集 A 中的每个评价指标进行重要度打分，评价语集 D :

$$D = \{\text{非常不重要、不重要、一般、重要、非常重要}\} \tag{3}$$

并对该评价语集进行赋值：
 $D = \{2, 4, 6, 8, 10\}$ (4)

则第 i 层第 j 指标的重要度 w_{ij} 为 l 位专家对该指标重要度打分平均值：

$$\text{SUM} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^z w_{ijk} \tag{5}$$

$$w_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^z w_{ijk}}{\text{SUM}} \tag{6}$$

公式(5)(6)中, w_{ij} 代表第 i 层第 j 指标重要度指数, z 代表打分专家数, w_{ijk} 代表第 k 位专家的打分。

第三步为用户调研获得用户满意度。用户调研法对评价集 A 中的每个评价指标进行满意度打分，评价语集 E :

$$E = \{\text{非常不满意、不满意、一般、满意、非常满意}\} \tag{7}$$

并对该评价语集进行赋值：
 $E = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$ (8)

通过问卷调查法，用户可对不同评价指标进行满意度评分，研究模块的第 i 层第 j 个指标满意度人数集 R_{ij} 可表示为：

$$R_{ij} = \{R_{(-2)_j}, R_{(-1)_j}, R_{(0)_j}, R_{(1)_j}, R_{(2)_j}\} \tag{9}$$

则通过模糊层次分析法对用户评分进行数据处理, 获得研究模块第 i 层第 j 个指标用户满意度 P_{ij} :

$$P_{ij} = R_{ij} \cdot E^T \quad (10)$$

最后得到模块化设计评价结果。根据上述计算得到的结果, 进一步得到研究模块第 i 层第 j 个指标的综合评价结果 C_{ij} :

$$C_{ij} = P_{ij} \cdot w_{ij} \quad (11)$$



图2 Moto Z 和 Moto Mods 系列
Fig.2 The Moto z and the Moto Mods series

和与之匹配的较复杂功能模块摩眼为例, 进行功能模块评价过程的详细论述。

3 摩托罗拉模块化手机设计评价

3.1 确定摩托罗拉模块化手机设计评价指标集

基于上述评价模型的确立, 研究小组根据产品的情感化设计三层次进行评价指标的确定, 经过调研和筛选最终选定 11 个评价标准, 其中本能层次评价指标为形态、色彩、材质、纹理和工艺, 反映产品带给消费者的直观感受和初步印象; 行为层次评价指标包括功能、结构和使用, 反映使用过程中产品带给人的互动体验; 反思层次评价指标包含互动性、吸引力和情感性, 反映产品带给消费者更愉悦的感觉和情感体验。即得评价指标集 A :

$$A = \begin{Bmatrix} \text{本能层} \\ \text{行为层} \\ \text{反思层} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \text{形态} & \text{色彩} & \text{材质} & \text{纹理} & \text{工艺} \\ \text{功能} & \text{结构} & \text{使用} & 0 & 0 \\ \text{互动性} & \text{吸引力} & \text{情感性} & 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad (12)$$

3.2 专家打分获得各指标评价权重

根据选定的评价指标设计专家打分问卷, 选择了 6 位从事产品设计方向的专家在对摩托罗拉模块化手机及其功能模块进行了解和体验后, 对各项指标分别进行重要性打分, 具体的打分结果总结见表 1。

以结构这一指标为例, 该指标位于情感化设计第二层次行为层第二指标, 即 $i=2, j=2$, 结构的权重用

2.2 研究对象的选取

2016 年摩托罗拉发布的模块化手机 Moto Z 在难以创新的手机市场上独树一帜, 与之匹配的有 5 个扩展的功能模块 Moto Mods, 见图 2, 用户可以根据自己的需求随意选择搭配。这 5 个模块包括: 摩影-投影模块、摩眼-哈苏摄影模块、摩音-JBL 扬声器模块、摩电-电池模块和摩范-背壳模块。本文选择对 Moto Z

表 1 专家对各评价指标权重打分情况
Tab.1 The experts rated the weight of each evaluation index

评价 指标	本能层					行为层			反思层		
	形 态	色 彩	材 质	纹 理	工 艺	功 能	结 构	使 用	互 动 性	吸 引 力	情 感 性
专家1	8	8	6	8	6	8	10	10	10	8	8
专家2	8	8	10	4	6	10	10	8	10	8	8
专家3	10	10	8	6	6	10	10	8	10	6	10
专家4	10	8	8	4	6	8	8	10	8	10	6
专家5	8	8	6	6	8	8	10	8	10	8	10
专家6	8	8	8	6	8	10	10	8	10	8	8

w_{ij} 表示, 打分专家数 $z=6$, w_{ijk} 代表第 k 位专家满意度打分, 则结构特性所占权重如公式(13)(14):

$$\text{SUM} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^z w_{ijk} = 8+8+6+\dots+8 = 538 \quad (13)$$

$$w_{ij} = w_{22} = \frac{\sum_{k=1}^z w_{ijk}}{\text{SUM}} = \frac{10+10+10+8+10+10}{538} = 9.7\% \quad (14)$$

同理得到各指标权重情况, 见表 2。

3.3 问卷调查获得用户满意度

基于 Moto Z 的定位主要是极客群体, 本次研究的调查对象选择了 18~40 岁的较年轻人群。首先向被测试者进行简要介绍, 然后对研究对象模块进行操作体验, 给每个评价指标进行满意度打分。本次调研中

表 2 各评价指标权重
Tab.2 Weight of each evaluation indicator

评价指标	本能层					行为层			反思层		
	形态	色彩	材质	纹理	工艺	功能	结构	使用	互动性	吸引力	情感性
w_{ij}	8.7%	8.3%	7.7%	5.7%	6.7%	9.0%	9.7%	8.7%	9.7%	8.0%	8.3%

有 80 人参与，共收回有效问卷 76 份。

以结构这一指标为例进行说明， $i=2, j=2$ ，则结构的用户满意度为 P_{22} ，76 个调查样本中有 2 个人选择非常不满意，13 个人选择不满意，20 个人选择一般，27 个人选择满意，14 个人选择非常满意，由此可得：

$$R_{22} = \{R_{(-2)22}, R_{(-1)22}, R_{(0)22}, R_{(1)22}, R_{(2)22}\} = \{2, 13, 20, 27, 14\} \quad (15)$$

$$P_{22} = R_{22} \cdot E^T = \{2, 13, 20, 27, 14\} \cdot \{-2, -1, 0, 1, 2\}^T = 38 \quad (16)$$

同理得到各项评价指标的用户满意度，见表 3。

表 3 各评价指标用户满意度

Tab.3 The degree of satisfaction of the evaluation index

评价指标	本能层					行为层			反思层	
	形态	色彩	材质	纹理	工艺	功能	结构	使用	互动性	吸引力
P_{22}	37	25	14	9	28	50	38	29	58	36

表 4 各评价指标评价结果

Tab.4 Study on weighted average of each evaluation index

评价指标	本能层					行为层			反思层	
	形态	色彩	材质	纹理	工艺	功能	结构	使用	互动性	吸引力
C_{ij}	3.22	2.08	1.08	0.51	1.88	4.5	3.69	2.52	5.63	2.88

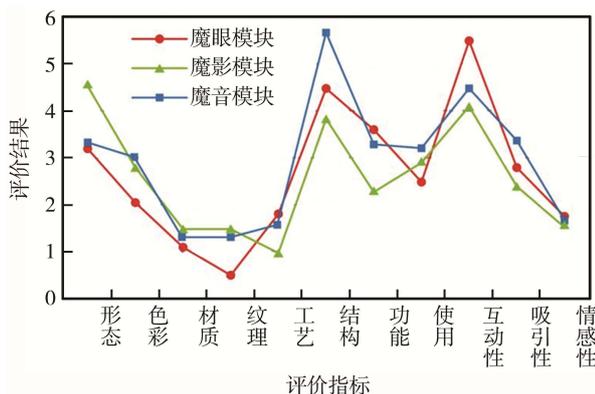


图 3 各功能模块系统评价结果

Fig.3 Evaluation results of each functional module system

4 结语

本文通过模糊层次分析法对摩托罗拉模块化手机和各个功能模块进行了定量研究，经分析发现其本能层的形态特性、行为层的功能特性和反思层的互动特性，在相应层次中得分最高，而工艺、纹理、材质

3.4 模块化设计评价结果

以结构这一指标为例，即 $i=2, j=2$ ，结构的综合评价结果用 C_{22} 表示，则：

$$C_{22} = P_{22} \cdot w_{22} = 38 \times 9.7\% \approx 3.69 \quad (17)$$

同理得到模块化设计各评价指标的综合评价结果，见表 4。

笔者对摩托罗拉模块化手机的另外两个较复杂功能模块魔影模块和魔音模块做了同样的研究，其过程在此不作赘述，3 个功能模块系统的评价结果见图 3。在本能层、行为层和反思层中，最为成功的分别是形态、功能和互动性，反映了 MOTO 模块化手机设计中形态的简洁、功能的多变和使用过程的趣味性，是其在模块化设计探索中的成功之处；而本能层中的工艺、纹理、材质和反思层中的情感性分数最低，这些因素还有可以提升和改进的空间，也会对 MOTO 模块化手机下一代的设计提供参考。

和情感特性得分较低。评价结果反映了其设计中造型的简洁化、功能的个性和多样化、使用中的趣味和互动性，是该模块化设计产品成功吸引消费者的重要因素。

本文将情感化设计理念应用到模块化设计评价指标选定，为其评价指标选定提供新思路；将模糊数学理论运用到了手机模块化设计评价中，为手机模块化设计定量评价提供了新方法；同时本文对摩托罗拉手机模块化设计的定量分析研究，为手机模块化设计的发展提供了有效参考，有助于智能手机的创新设计；该评价方法对其他模块化设计产品的设计评价也具有一定参考应用价值。

参考文献：

[1] 刘伟, 周炳海. 模块化设计在手机行业中的应用[J]. 机械制造, 2016, 623(54): 30—32.
LIU Wei, ZHOU Bing-hai. Application of Modular Design in Mobile Phone Industry[J]. Machinery Manufacturing, 2016, 623(54): 30—32.
[2] 陈谦庄. 可定制的产品模块化设计系统研究与开发

- [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
CHEN Qian-zhuang. Research and Development of Modular Design System for Customizable Products[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- [3] 杨亚坤. 老年人手机的模块化设计[J]. 科技信息, 2013, 5(2): 128.
YANG Ya-kun. Modular Design of Mobile Phone for the Elderly[J]. Science and Technology Information, 2013, 5(2): 128.
- [4] 陶鸣洋. 模块化老年人移动通讯产品设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
TAO Ming-yang. Research on the Design of Modular Mobile Communication Products for the Elderly[D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [5] 霍康, 尹娜, 余月强, 等. 基于家居一体化的整体软装模块化设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 22—26.
HUO Kang, YIN Na, YU Yue-qiang, et al. Research on Modular Design of Integrated Soft Loading for Home Integration[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 22—26.
- [6] 赵灏. 智能手机的模块化设计研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2016.
ZHAO Hao. Research on Modular Design of Smart Phone[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2016.
- [7] 韩卫国, 苏颜丽, 祁飞鹤. 基于产品设计系统思维的家电产品模块化设计[J]. 包装工程, 2017, 38(10): 115—119.
HAN Wei-guo, SU Yan-li, QI Fei-he. Modular Design of Household Appliance Products Based on Product Design System Thinking[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(10): 115—119.
- [8] 董欢欢, 王伟伟, 吕曼曼, 等. 面向个性化需求的模块化设计模型研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 129—133.
DONG Huan-huan, WANG Wei-wei, LYU Man-man, et al. Research on Modular Design Model for Personalized Demand[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 129—133.
- [9] 李奋强, 常慧珍, 郭延鑫, 等. 基于顾客满意度的产品概念设计评价研究[J]. 包装工程, 2016, 37(24): 17—21.
LI Fen-qiang, CHANG Hui-zhen, GUO Yan-xin, et al. Research on Product Conceptual Design Evaluation Based on Customer Satisfaction[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(24): 17—21.
- [10] 诺曼·唐纳德·A. 设计心理学 3——情感化设计[M]. 北京: 中信出版社, 2015.
NORMAN D A. Design Psychology 3: Emotional Design[M]. Beijing: China CITIC Press, 2015.