

基于 FBS 模型的儿童电动牙刷知识库设计研究

梁嘉宝¹, 严波¹, 秦镐²

(1.河海大学 工业设计研究所, 常州 213022; 2.河海大学 信息与信号处理研究所, 南京 210098)

摘要: **目的** 有效地将模糊的用户需求转变为明确的设计要求。**方法** 以儿童电动牙刷为研究对象, 以需求的认知、获取和表达—需求的转化—需求的呈现为研究思路, 结合感性工学方法和 FBS 模型理论, 研究基于 FBS 模型的感性工学应用方法模型。**结果** 搭建了感性词汇和 FBS 模型单元基之间的有效映射, 实现了从用户需求到设计要求之间的转化, 产出了儿童电动牙刷的产品信息知识库。**结论** 经过研究所搭建的儿童电动牙刷产品小型知识库完成了用户需求的呈现, 一方面, 用户通过搜索可以匹配到最符合自己需求的产品, 另一方面, 设计师既可以在知识库产品的基础上进行创新设计, 又可以通过知识库检索大数据, 掌握用户需求的变化趋势和方向, 把握设计方向, 避免重复工作, 提高设计效率。

关键词: FBS 模型; 产品设计; 感性工学; 儿童电动牙刷; 知识库

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)16-0236-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.16.036

Knowledge Base Design of Children's Electric Toothbrush Based on FBS Model

LIANG Jia-bao¹, YAN Bo¹, QIN Hao²

(1.Institute of Industrial Design, Hohai University, Changzhou 213022, China;

2.Institute of Signal and Information Processing, Hohai University, Nanjing 210098, China)

ABSTRACT: The work aims to transform fuzzy user demands into clear design requirements effectively. Taking children's electric toothbrush as the research object and the cognition, acquisition and expression of demand-demand transformation-demand presentation as the research ideas, the model of Kansei engineering application method based on FBS model was studied combined with the Kansei engineering method and FBS model theory. The effective mapping between the sensible vocabulary and the FBS model unit was constructed, realizing the transformation between user demands and design requirements, and producing the product information knowledge base of children's electric toothbrush. The knowledge base of children's electric toothbrush products built by the institute has completed the user demand presentation. On the one hand, the user can match the products that perfectly meet their needs through searching. On the other hand, designers can not only carry out innovative design on the basis of products' knowledge base, but also grasp the changing trend and direction of user demand through the retrieval of big data in the knowledge base, master the design direction, avoid duplication of work and improve design efficiency.

KEY WORDS: FBS model; product design; Kansei Engineering; children's electric toothbrush; knowledge base

近年来,随着消费者消费观念与追求的变化,儿童电动牙刷的新产品层出不穷,数量、质量也都有显著提升。然而用户的需求越来越多样,概念设计阶段的不确定因素也逐渐增多,设计的难度也随之提高。

在设计过程中,越来越多的设计研发人员不断思考如何将模糊的用户需求转化为明确的设计要求以提高设计效率的问题。在现有的 FBS 模型研究基础上,本文提出了一种基于 FBS 模型与感性工学应用方法

收稿日期: 2020-03-19

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划项目 (SJCX18_0196); 中央高校基本科研业务费项目 (2018B800X14)

作者简介: 梁嘉宝 (1995—), 女, 江苏人, 河海大学硕士生, 主攻工业设计、产品设计。

通信作者: 严波 (1978—), 男, 江苏人, 博士, 河海大学副教授, 主要研究方向为产品设计。

的儿童电动牙刷知识库设计研究模型。通过研究用户需求认知、获取和表达，需求的转化和需求的呈现三个过程，具体通过感性词汇形式建立用户语言和设计语言之间的关系，使用 FBS 模型构建儿童电动牙刷产品功能、行为和结构之间的映射关系，最后通过知识库系统呈现与验证。

1 儿童电动牙刷设计中基于 FBS 模型的感性工学应用方法

Gero 于 1990 年最早提出了针对产品设计过程的功能—行为—结构模型（Function—Behavior—Structure, FBS）^[1]，在 FBS 模型被提出的三十年中，其理论体系与应用研究都在不断发展。目前有关 FBS 模型的理论与应用研究中，大部分都应用于工程设计领域^[2-5]，而在工业设计领域中应用 FBS 模型对产品进行设计或辅助设计的研究相对较少。因此 FBS 模型如何在工业设计领域中被合理应用与延伸值得研究与探讨。

自感性工学概念被提出以来，其在国内工业设计行业一直是热点研究课题，许多学者根据其理论方法，在汽车设计^[6]、自行车设计^[7-8]、手机设计^[9]、平板电视机^[10]、可视化界面^[11-13]和色彩设计^[14]等领域进行了探究^[15]。可以看出，目前的研究多是有关于对感性评价获取的研究和感性工学中数据处理的研究，在产品造型、可视化界面方面的应用较多，但对感性工学与其他理论模型相结合并应用于工业设计领域，实现需求转化与呈现和感性工学的多元化应用仍是值得探讨的问题。

针对目前 FBS 模型和感性工学的融合研究较少的情况，本文提出基于 FBS 模型的感性工学应用方法模型，该模型同时运用 FBS 模型和感性工学方法，通过同时建立面向用户和设计师的产品知识库进行展示验证，避免重复的设计工作，提高设计效率。

基于 FBS 模型的感性工学应用方法模型见图 1。运用产品调研、文献研究的方法，明确儿童电动牙刷

产品的基本情况、背景知识等，并从中提取感性词汇进行第一次统计计算，得到最终适合产品的感性词汇；接着结合 FBS 模型和映射进行感性词汇的配对，并进行第二次统计计算，通过计算分析得到相匹配的感性词汇；最后通过知识库对分析进行展示。通过这一列流程完成了需求的认知、获取和表达，需求的转化与需求的呈现三个过程。

2 儿童电动牙刷设计的感性词汇映射匹配

2.1 需求的认知、获取和表达

通过问卷调查具有工业设计相关专业背景的被试者二十六人，每人选取十个具有代表性的形容儿童电动牙刷的感性词汇。儿童电动牙刷感性词汇意向见图 2。对调研结果进行分析并排序，选取得票高的形容词并对结果进行检查修正，最终得到十二个儿童电动牙刷感性词汇：智能的、安全的、活泼的、可爱的、轻盈的、可靠的、人性化的、简洁的、品质的、新奇的、便利的、专业的。

2.2 需求的转化

2.2.1 儿童电动牙刷的 FBS 模型建模

引入 FBS 模型对儿童电动牙刷类产品进行建模

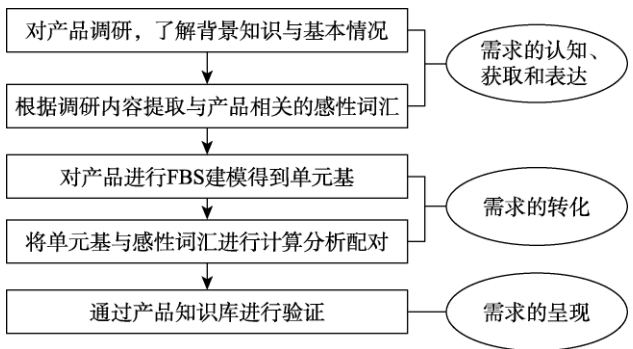


图 1 基于 FBS 模型的感性工学应用方法模型
Fig.1 Kansei engineering application method model based on FBS model

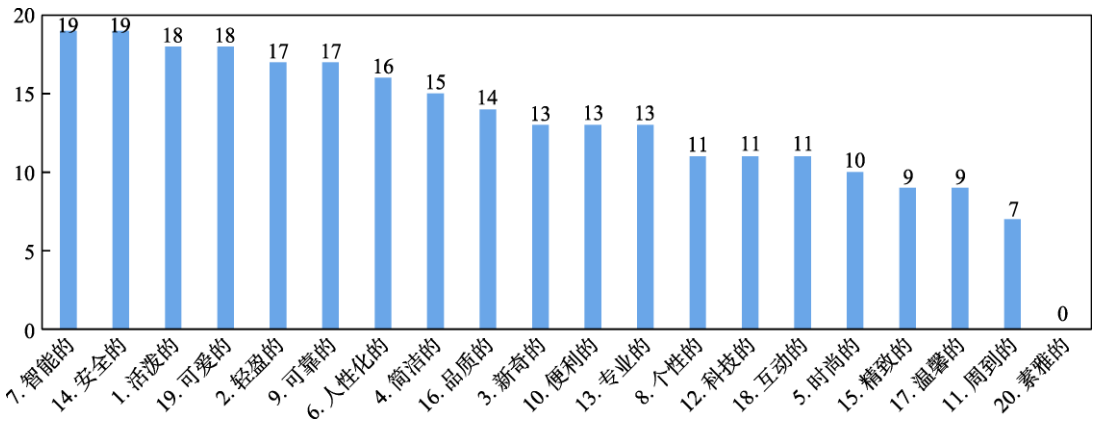


图 2 儿童电动牙刷感性词汇意向
Fig.2 Inductive vocabulary intention of children's electric toothbrush

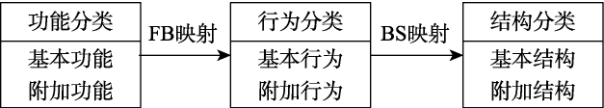


图 3 功能行为结构划分及映射
Fig.3 Functional behavior structure division and mapping

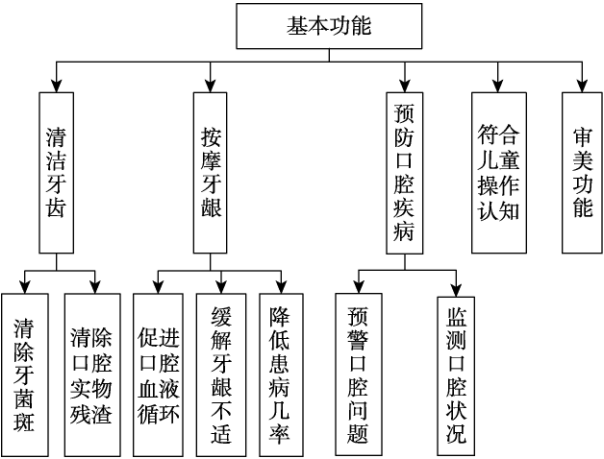


图 4 儿童电动牙刷基本功能建模
Fig.4 Basic function modeling of children's electric toothbrush

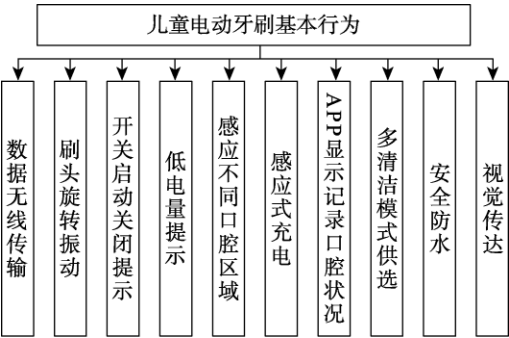


图 5 儿童电动牙刷基本行为建模
Fig.5 Basic behavior modeling of children's electric toothbrush

分析研究，为了方便描述，将功能分类为基本功能和附加功能，同时将功能相对应的产品行为分别划分为基本行为与附加行为、基本结构及附加结构^[16]，见图 3。

以功能为例，展示功能建模在整个产品设计过程中都起着关键作用。功能具有层次性，要实现产品的总功能，就需有总功能的子功能按照系统关系一层一层地实现，将总功能分解为子功能，子功能再分解为功能基。以儿童电动牙刷的基本功能、基本行为和基本结构分解为例分解演示，以相同方法对儿童电动牙刷的附加功能、附加行为和附加结构分解建模，得到各部分的单元基，见图 4—5。

2.2.2 儿童电动牙刷的知识库映射计算

将上文分析得到的每一个功能基都设计问卷进行提问，运用李克特量表法将“非常同意”、“同意”、

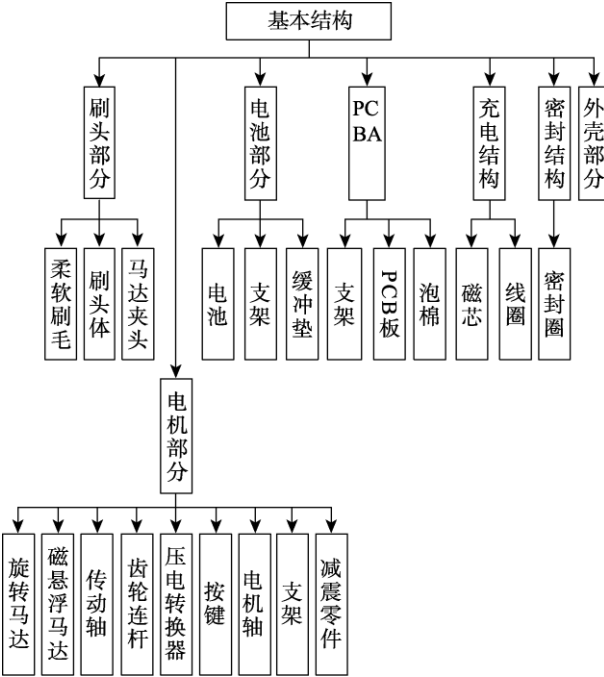


图 6 儿童电动牙刷基本结构建模
Fig.6 Basic structure modeling of children's electric toothbrush

“不一定”、“不同意”、“非常不同意”五种回答，分别记为 5、4、3、2、1，被测者对于每一个感性词汇及其对应的单元基进行评分。然而在回收问卷实际分析的过程中发现，有一些功能基在知识库搜索部分中不具有研究价值，例如，所有的电动牙刷都有清除牙菌斑的功能，因此在将实际产品录入知识库时，这一功能基匹配到的感性词汇则对所有产品都适用，那么当在知识库中搜索这一词汇时，所有的产品都会出现，这样的研究就失去了知识库的意义。因此，在匹配感性词汇时，将不讨论通过建模获得的所有产品都具有的单元基，只对非所有产品具有的单元基进行分析讨论。

同时，由于审美功能的特殊性，所以本文从色彩、表面质感和造型特色方面对其单独进行分解分析。

以预警口腔问题为例，进行计算演示。将问卷数据输入 SPSS 软件，进行分析和计算。得到各形容词的评分均值与标准差，见表 1：根据约定，先选取均值 4.0 分以上的形容词，再在其中选择标准差最小的，得到的形容词则可与该单元基匹配。同时对均值的 90%置信区间进行计算，辅助了解均值总体状况的误差范围。

如表 1，均值大于 4.0 的感性词汇有：智能的、安全的、可靠的、人性化的、便利的、专业的，其中标准差最小的为便利的，因此将“便利的”与“预警口腔问题”建立映射关系。

以相同的数据处理方法对所有功能基、行为基和结构基进行计算。由于篇幅受限，不展示全部计算过程，仅展示最终筛选出的数据，见表 2—5。

表 1 预警口腔问题数值分析
Tab.1 Numerical analysis for early warning oral problems

感性词汇	均值	标准差	均值的 90%置信区间	
			下限	上限
智能的	4.4	0.69921	3.995	4.805
安全的	4.4	0.84327	3.911	4.889
活泼的	2.8	1.03280	2.201	3.399
可爱的	3.0	1.24722	2.277	3.723
轻盈的	3.2	1.39841	2.389	4.011
可靠的	4.1	0.87560	3.592	4.608
人性化的	4.0	0.81650	3.527	4.473
简洁的	3.6	1.26491	2.867	4.333
品质的	3.9	1.19722	3.206	4.594
新奇的	3.4	1.07497	2.777	4.023
便利的	4.2	0.42164	3.956	4.444
专业的	4.2	0.78881	3.743	4.657

表 2 功能单元基与感性词词汇映射关系表
Tab.2 Mapping relationship between functional unit basis and perceptual word vocabulary

功能单元基	均值	标准差	均值的 90%置信区间	
			下限	上限
监测口腔状况—专业的	4.2	0.632460	3.833	4.567
符合儿童操作认知—安全的	4.6	0.516400	4.301	4.899
培养乐趣—新奇的	4.2	0.632460	3.833	4.567
优化刷牙体验—智能的	4.4	0.516400	4.101	4.699
示范正确姿势—安全的	4.5	0.707110	4.090	4.910
纠正错误姿势—专业的	4.2	0.713506	3.786	4.614

表 3 审美功能单元基与感性词词汇映射关系
Tab.3 Mapping relationship between aesthetic functional unit basis and perceptual word vocabulary

审美功能单元基	均值	标准差	均值的 90%置信区间	
			下限	上限
卡通造型—可爱的	5.0	0.00000	5.000	5.000
简约造型—简洁的	5.0	0.00000	5.000	5.000
磨砂质感—品质的	4.6	0.51640	4.301	4.899
抛光质感—轻盈的	4.8	0.42164	4.556	5.000
红色—活泼的	4.4	0.69921	3.995	4.805
橙色—活泼的	4.4	0.51640	4.101	4.699
黄色—活泼的	4.5	0.52705	4.194	4.806
绿色—轻盈的	4.1	0.56765	3.771	4.429
蓝色—品质的	4.1	0.73786	3.672	4.528
紫色—轻盈的	4.1	0.99443	3.524	4.676
黑白灰—简洁的	4.6	0.69921	4.195	5.000

表 4 行为单元基与感性词词汇映射关系
Tab.4 Mapping relationship between behavioral unit basis and perceptual word vocabulary

行为单元基	均值	标准差	均值的 90%置信区间	
			下限	上限
无线数据传输—智能的	4.5	0.52705	4.194	4.806
启动关闭提示—人性化的	4.8	0.42164	4.556	5.000
低电量提示—便利的	4.6	0.51640	4.301	4.899
感应式充电—简洁的	4.5	0.52705	4.194	4.806
APP 显示记录口腔状况—可靠的	4.8	0.42164	4.556	5.000
多清洁模式供选—品质的	4.6	0.51640	4.301	4.899
播放音乐、儿歌等—活泼的	4.7	0.48305	4.420	4.980
小噪音高频振动声—专业的	4.6	0.51640	4.301	4.899
方便携带—轻盈的	4.4	1.26491	3.667	5.000
可记忆模式—智能的	5.0	0.00000	5.000	5.000
压力感应—智能的	4.8	0.42164	4.556	5.000
刷头替换提醒—专业的	4.9	0.31623	4.717	5.083
正确刷牙姿势示意—可靠的	4.4	0.69921	3.995	4.805
智能定时—智能的	5.0	0.00000	5.000	5.000

表 5 结构单元基与感性词词汇映射关系
Tab.5 Mapping relationship between structural unit basis and perceptual word vocabulary

结构单元基	均值	标准差	均值的 90%置信区间	
			下限	上限
收纳盒系统—便利的	4.5	0.70711	4.090	4.910
传感器 PCB 系统—可靠的、专业的	4.5	0.52705	4.194	4.806

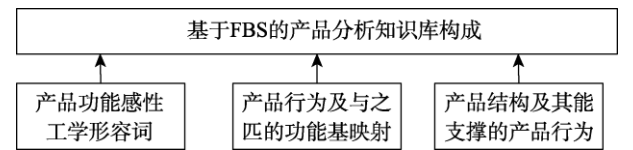


图 7 基于 FBS 的产品分析知识库构成
Fig.7 Composition of product analysis knowledge base based on FBS

2.3 需求的呈现

2.3.1 基于知识库系统的需求呈现

基于 FBS 模型分析单元基，将单元基与感性词汇建立匹配，完成需求的转化工作，将模糊的用户需求与明确的设计要求，甚至是设计产品之间建立起有效映射，进行需求呈现。

基于 FBS 的产品分析知识库构成见图 7，主要包括三个部分：第一部分是产品的功能，每个功能基都有相应的感性词汇与之对应；第二部分是使用产品时

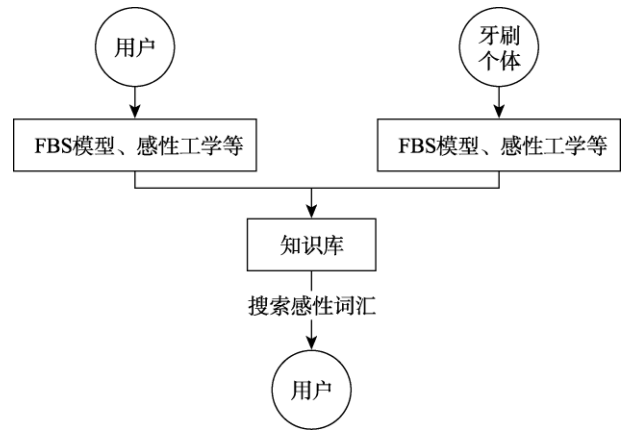


图 8 知识库运作流程
Fig.8 Knowledge base operation flow

涉及到的产品行为，以及产品功能和对应行为之间的映射，也就是不同的功能基对应到不同的行为基，每个行为基都有相应的感性词汇与之对应；第三部分是产品的结构，以及产品行为与产品结构之间的映射，也就是不同的结构能够实现不同的产品行为，每个结

构基都有相应的感性词汇与之对应。

2.3.2 知识库系统的总体设计

知识库运作流程见图 8。首先，在 FBS 模型和感性工作等知识的基础上对儿童电动牙刷进行总体和个体的分析研究，建立儿童电动牙刷的功能—行为—结构模型及映射，并为每个单元基匹配到相应的感性词汇。同时，通过分析，将个体牙刷进行 FBS 建模，得到单元基，根据在整体中得到的单元基与感性词汇的配对，可将个体中的单元基（与整体中相同）也与同样的感性词汇配对。例如，个体牙刷中经过分析建模有“示范正确刷牙姿势”这一功能基，那么该牙刷则可与“安全的”相匹配，建立映射关系。这样就可以确定每个个体牙刷匹配的感性词汇。最后，用户可以通过搜索感性词汇，得到知识库中与该形容词相匹配的产品。

2.3.3 知识库的功能界面使用介绍

输入网址进入知识库系统，在搜索框选择需要的感性词汇进行搜索，见图 9。



图 9 搜索界面
Fig.9 Search interface

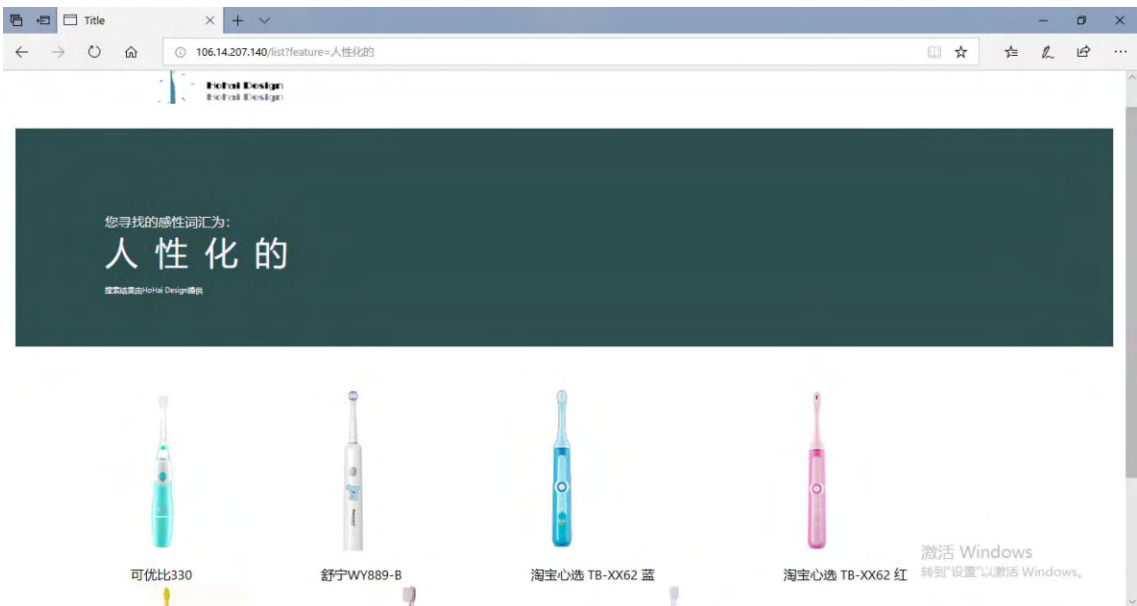


图 10 “人性化的”检索结果界面
Fig.10 Search result interface of “Humanized”

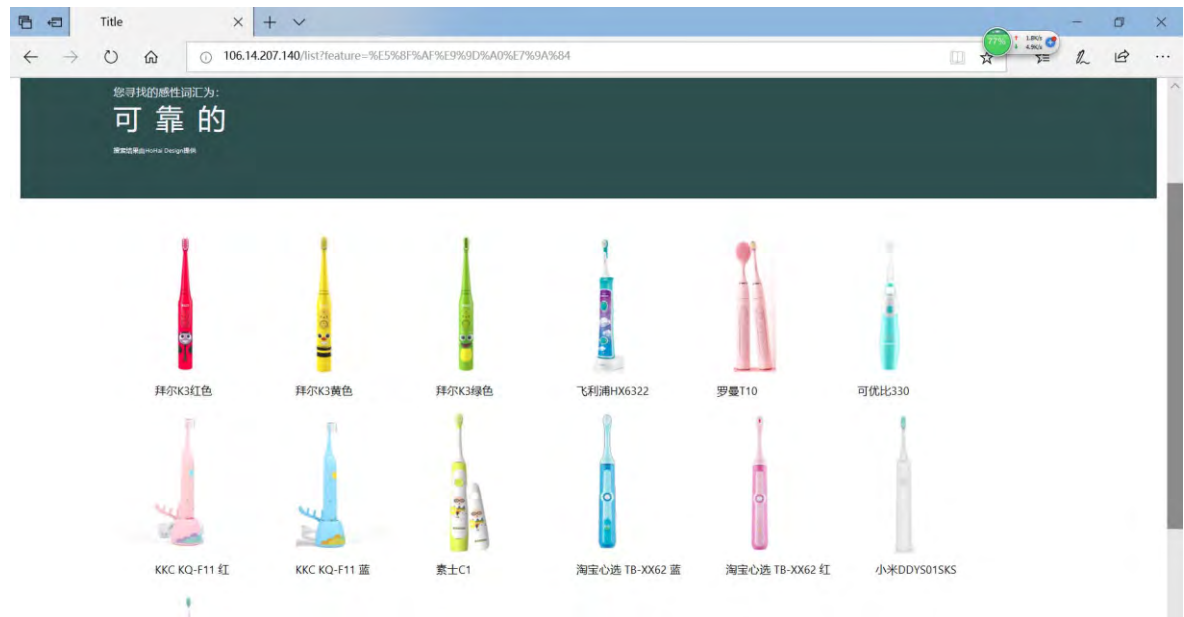


图 11 “可靠的”检索结果界面
Fig.11 Search result interface of “Reliable”



图 12 “可靠的”详情图界面
Fig.12 Detail map interface of “Reliable”

例如分别选择“人性化的”和“可靠的”，点击搜索得到检索界面。搜索界面显示产品型号与小图，见图 10—11。

点击某一产品进入详情页面，例如点击“可优比 330”进入详情页，详情页显示产品大图、小图各一张，产品型号与其具体单元基，见图 12。

3 结语

随着时代的进步，科技的发展，人们对产品的设计审美也逐渐提高，而一件产品的设计审美又不仅仅局限于外观，产品的功能、行为和结构都是影响人们

购买的因素。建立产品的知识库系统，面向设计师时，能帮助设计师避免设计过程中的重复工作，提高设计效率；面向用户时，能准确将用户模糊的需求对应到相应产品，提高用户对所购产品的满意度。

知识库的搭建是一项涉及多领域、繁琐且长久的过程，本文在 FBS 模型的基础上，运用感应工学、模糊需求的研究方法，利用 SPSS 软件和统计学知识对问卷调查所得到数据进行分析整理，完成了从模糊的用户需求到明确的设计要求之间的转化，构建了儿童电动牙刷知识库系统，为其他类别的产品知识库搭建提供了参考思路。

参考文献:

- [1] GERO J S. Design Prototypes: A Knowledge Representation Schema for Design[J]. AI Magazine, 1990, 11(4): 26-36.
- [2] 殷习, 邓益民, 杨鹏. 基于 FBS 的可变功能机械设计变更传播过程及特性分析[J]. 工程设计学报, 2016, 23(1): 8-13.
YIN Xi, DENG Yi-min, YANG Peng. Propagation Process and Characteristic Analysis of Variable Function Mechanical Design Change Based on FBS[J]. Journal of Engineering Design, 2016, 23(1): 8-13.
- [3] 樊帆, 李彦, 李文强. 基于 FBS 的设计知识组织与应用策略研究[J]. 机械设计, 2012, 29(10): 9-14.
FAN Fan, LI Yan, LI Wen-qiang. Design Knowledge Organization and Application Strategy Based on FBS[J]. Mechanical Design, 2012, 29(10): 9-14.
- [4] 欧静, 赵江洪, 谭浩, 等. 基于情境 FBS 模型的数控机床 CAID 系统研究[J]. 包装工程, 2011, 32(6): 33-35.
OU Jing, ZHAO Jiang-hong, TAN Hao, et al. CAID System of NC Machine Tool Based on Situational FBS Model[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(6): 33-35.
- [5] 李国喜, 吴建忠, 张萌, 等. 基于功能-原理-行为-结构的产品模块化设计方法[J]. 国防科技大学学报, 2009, 31(5): 75-80.
LI Guo-xi, WU Jian-zhong, ZHANG Meng, et al. Modular Design Method of Product Based on Function-Principle-Behavior-Structure[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2009, 31(5): 75-80.
- [6] 石夫乾, 孙守迁, 徐江. 产品感性评价系统的模糊 D-S 推理建模方法与应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008, 20(3): 361-365.
SHI Fu-qian, SUN Shou-qian, XU Jiang. Fuzzy D-S Inference Modeling and Application of Product Perceptual Evaluation System[J]. Journal of Computer Aided Design and Graphics, 2008, 20(3): 361-365.
- [7] 李晶耀, 郭伟, 牛占文. 面向大众消费者的产品感性定制模型及其应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(11): 1504-1508.
LI Jing-yao, GUO Wei, NIU Zhan-wen. Perceptual Customization Model for Mass Consumers and Its Application[J]. Journal of Computer-Aided Design and Graphics, 2007, 19(11): 1504-1508.
- [8] 朱斌, 江平宇, 苏建宁. 一种基于感性设计的产品平台参数的辨识方法研究[J]. 机械工程学报, 2004, 40(2): 87-91.
ZHU Bin, JIANG Ping-yu, SU Jian-ning. Identification Method of Product Platform Parameters Based on Perceptual Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 40(2): 87-91.
- [9] 邝俊生, 江平宇. 基于感性工学在产品客户化配置设计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(2): 178-183.
KUANG Jun-sheng, JIANG Ping-yu. Design of Customized Configuration Based on Kansei Engineering[J]. Journal of Computer-Aided Design and Graphics, 2007, 19(2): 178-183.
- [10] 周美玉, 龚丽娜, 刘飞. 聚类模型在感性设计中的应用[J]. 机械工程学报, 2008, 44(7): 248-252.
ZHOU Mei-yu, GONG Li-na, LIU Fei. Application of Clustering Model in Perceptual Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(7): 248-252.
- [11] TANOUE C, ISHIZAKA K, NAGAMACHI M, et al. Kansei Engineering: A Study on Perception of Vehicle Interior Image[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 19(2): 115-128.
- [12] LOKMAN A M, NOOR N L M, NAGAMACHI M. Expert Kansei Web: A Tool to Design Kansei Website[C]// International Conference on Enterprise Information Systems, 2009.
- [13] 杨明朗, 王红. 人机交互界面设计中的感性分析[J]. 包装工程, 2007(11): 11-13.
YANG Ming-lang, WANG Hong. Perceptual Analysis in Human-computer Interaction Interface Design[J]. Packaging Engineering, 2007(11): 11-13.
- [14] 张全, 陆长德, 余隋怀, 等. 基于多维情感语义空间的色彩表征方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(2): 289-294.
ZHANG Quan, LU Chang-de, YU Sui-huai, et al. Color Representation Based on Multidimensional Affective Semantic Space[J]. Journal of Computer-Aided Design and Graphics, 2006, 18(2): 289-294.
- [15] LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang, YING Fang-tian, et al. Statues and Progress of Research on Users' Tacit Knowledge in Product Design[J]. Computer Interated Manufacturing Systems, 2010, 16(4): 673-688.
- [16] 张军. 基于知识的复杂产品工业设计辅助系统的研究与应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
ZHANG Jun. Research and Application of Knowledge-based Auxiliary System for Industrial Design of Complex Products[D]. Changsha: Hunan University, 2013.