

# 基于评论挖掘和 TRIZ-AHP 的电动牙刷改良设计研究

罗峰<sup>1</sup>, 吴正仲<sup>1,2</sup>, 潘国庆<sup>1</sup>

(1.福建工程学院,福州 350118;2.福建省高校人文社会科学研究基地设计创新研究中心,福州 350118)

**摘要:** **目的** 口腔卫生健康愈来愈受到人们的广泛关注,为解决电动牙刷在清洁方面存在的痛点进行创新改良。**方法** 采用网络爬虫技术采集用户评论,以共现分析、语义网络分析定位研究主题和需求准则,并提取为 AHP 的目标层、准则层;根据 TRIZ 理论,对目前产品技术领域进行分析和问题描述,运用物-场模型、物理矛盾和技术矛盾对求解进行改进,生成初步方案,并提取为方案层;最后构建层次结构模型,运用 AHP 法寻求方案最优解。**结果** 通过 TRIZ 理论和定量化分析,计算方案的最优权重值后,设计出一款高效清洁的电动牙刷,并生成产品设计效果图。**结论** 结合评论挖掘和 TRIZ-AHP 模型,不仅能够突破单一理论的局限性,还可为相关产品创新设计提供辅助和指导。

**关键词:** 电动牙刷;评论挖掘;TRIZ;AHP 法;产品设计

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)02-0217-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.02.024

## Improved Design of Electric Toothbrush Based on Comment Mining and TRIZ-AHP

LUO Feng<sup>1</sup>, WOO Jeng-Chung<sup>1,2</sup>, PAN Guo-qing<sup>1</sup>

(1.Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China; 2.Design Innovation Research Center of Humanities and Social Sciences Research Base of Colleges and Universities in Fujian Province, Fuzhou 350118, China)

**ABSTRACT:** The work aims to make innovative improvements to solve the pain points of electric toothbrush in cleaning in view of that oral hygiene and health have attracted more and more attention. Firstly, the web crawler technology was used to collect user comments, and the research topics and requirements criteria were located by co-occurrence analysis and semantic network analysis, which were extracted as the target layer and criterion layer of AHP. Based on the TRIZ theory, the technology of existing product was analyzed and corresponding problem was described. Object field model and physical and technical contradictions were applied to improve the solution process to generate the preliminary schemes and extract them as scheme layer. Finally, the hierarchical structure model was constructed and the AHP method was used to seek the optimal solution of the scheme. After the optimal weight value of the scheme was calculated through TRIZ theory and quantitative analysis, an efficient and clean electric toothbrush was designed, and the product design effect diagram was generated. The combination of comment mining and TRIZ-AHP model can not only break through the limitations of a single theory in design, but also provide assistance and guidance for the innovative design of related products.

**KEY WORDS:** electric toothbrush; comment mining; TRIZ; AHP; product design

龋齿口腔疾病已被世界卫生组织列为第三大非  
传染性疾病,人们愈来愈重视口腔卫生健康。电动牙  
刷因较传统手动牙刷更能有效清洁牙周的细菌和污

物而广受大众青睐,2020 年我国电动牙刷市场规模  
同比增长 22%,至 2022 年将可突破 200 亿元<sup>[1]</sup>;相  
比欧美国家电动牙刷渗透率(近 40%),我国仅有

收稿日期:2022-08-31

基金项目:福建省引进台湾高层次人才“百人计划”(GY-S21081)

作者简介:罗峰(1997—),男,硕士生,主攻感性工学、评论挖掘等。

通信作者:吴正仲(1962—),男,博士,教授,主要研究方向为产品设计、疗愈设计、感性设计。

10%，综上，我国电动牙刷产业具有相当可观的发展前景。

随着互联网电商的蓬勃发展，数以千计的产品评论所形成的海量网络评论文本向学术研究界提供了一种低成本、高效率、大数据的数据挖掘方式<sup>[2]</sup>。Ren<sup>[3]</sup>采用 NVivo 分析法通过对如家酒店的网络评论，获取消费者对酒店的聚焦点和潜在需求。Sohns 等<sup>[4]</sup>为了分析顾客对邮轮旅游的关注焦点，运用文本挖掘工具获取邮轮评论，从而为旅游产品的创新研发提供决策。语义网络分析是利用计算机进行文本分析的一种方法，可透过网络图从中发现价值点<sup>[5]</sup>。在语义网络中，节点（关键词）表示对象、概念，边表示节点之间的关系，从而可将产品评论数据以网络的形式连接为一个整体，直观地呈现出此评论网络中关键词之间的联系，并且通过观察某一节点位于网络中的中心程度，提炼其重要度，从而可以掌握该领域内的热点、重点等信息<sup>[6-9]</sup>。因此，本文将 python 网络爬虫所获取的电动牙刷评论通过文本分析创建语义网络<sup>[10]</sup>，从而进一步分析并提取该产品领域的研究主题、设计目标及需求准则。

TRIZ 理论目前被诸多学者广泛应用于产品的功能、造型等设计领域。张建敏等<sup>[11]</sup>通过挖掘消费者对旋耕机的感性意象来确定功能需求，并结合 TRIZ 对其进行创新改良。Renaud 等<sup>[12]</sup>运用 TRIZ 针对汽车婴儿座椅安全性的功能进行优化；Hartono 等<sup>[13]</sup>通过 TRIZ 理论进行产品改进设计，有效降低了设计解决方案与消费者需求之间的量化误差。层次分析法（AHP）是一种用于评价多方案最优者的决策方法，

可对备选方案进行权重计算和定量排序，从而进行优劣等级定性评价，将得到的最优方案作为设计指导<sup>[4]</sup>。吴俭涛等<sup>[15]</sup>将 AHP-QFD 和 TRIZ 相结合研究清扫车的外观设计；ROSLI 等<sup>[16]</sup>运用 AHP-TRIZ 方法对汽车门板进行创新设计研究；辜俊丽等<sup>[17]</sup>也将 AHP 与 TRIZ 相结合，用来研究残障人轮椅的设计。因此，本文通过网络文本分析得到用户需求后提取解决指标，再运用 TRIZ 理论结合物-场模型、物理矛盾等方法进行电动牙刷创新设计，最终通过 AHP 对创新设计理论所得方案进行优化评估。因此，评论挖掘与 TRIZ-AHP 相结合的集成研究，不仅可精准定位用户产品需求，更有利于创新设计的实施和评价，亦是本研究的一大亮点。

### 1 研究框架

首先通过 pthon 在京东商城爬取以“电动牙刷”为关键词的用户评论，在文本分析方面，本文借助 ROST CM 6.0 工具，进行共词分析，将共现矩阵生成共词语义网络，进一步分析提炼研究主题和功能需求，并提取相关指标，作为 AHP 层级结构模型中的目标层、准则层；然后采用 TRIZ 理论，对目前产品技术等领域进行功能分析、因果分析，利用技术矛盾、物-场模型、物理矛盾等方法进行系统分析，形成初步解决方案，提取为方案层；层次结构模型构建后，邀请国家二级创新工程师和教授等专家，通过 AHP 法对解决方案进行评价，以寻求最优方案解，最终确定设计方案并进行产品建模<sup>[18]</sup>。研究框架见图 1。

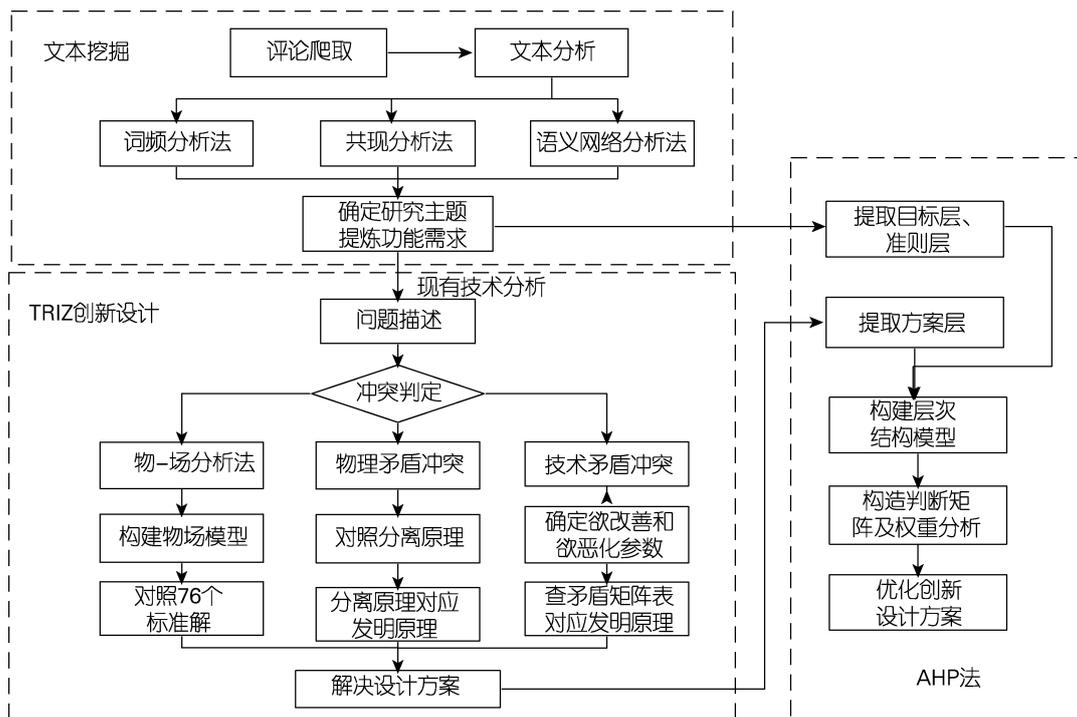


图1 研究框架图

Fig.1 Research framework

## 2 基于评论挖掘的产品功能需求分析

### 2.1 评论采集

在京东商城以“电动牙刷”为关键词进行搜索, 针对飞利浦、欧乐 B、小米等 20 个品牌, 每个品牌按照评论量降序排列, 分别爬取前 10 个产品, 总计 200 款产品链接, 抓取到真实的评论条数为 21.582 7 万条, 并建立评论语料库, 以用于接下来的数据分析。

### 2.2 文本分析

在文本分析中主要进行词频统计、共词矩阵和语义网络的生成, 根据量化后的数据进行定性分析。运用 ROST CM 6.0 工具对网络评论 txt 文本进行词频统计分析。将得到的词频降序排列, 取前 15 个关键词, 得到高频词表, 见表 1。可得: 高频词汇主要有清洁

效果、外观、使用体验、功能等。其中“清洁”“效果”“干净”等关键词在评论文本中占比最大, 因此清洁效果集中反映了消费者对牙刷的核心需求。

接下来统计共现词频(一对词两两统计其在同一文本内容中出现的次数), 从大到小依次排列, 取前 15 个共词, 得到共现词频表, 见表 2。根据共词分析法, 在 15 对高频共现关键词中, 7 对关键词直接体现了清洁效果这一主题, 因此可将其作为该产品设计领域内的研究热点。

在共词语义网络分析中, 根据共现矩阵生成语义网络, 见图 2。由网络分析可得, 在网络图的中心区域周围分布有清洁、效果、操作、外观等关键词。相对边缘的位置分布有设计、性价比、时间等。从共词网络的节点中心性和凝聚子群两个方面分析可得, 清洁仍是电动牙刷产品领域反映的设计重点。

表 1 词频统计

Tab.1 Word frequency count

序号	关键词	词频
1	牙刷	42 139
2	清洁	40 181
3	效果	36 363
4	外观	36 070
5	操作	35 723
6	外形	27 872
7	电动	24 996
8	续航	24 805
9	干净	24 778
10	方便	22 005
11	简单	16 678
12	质量	12 812
13	模式	11 256
14	好看	10 218
15	牙齿	9 972

表 2 共现词频统计

Tab.2 Co-occurrence word frequency statistics

序号	共词	共现词频	清洁效果主题
1	清洁-效果	26 243	*
2	外形-外观	24 731	
3	牙刷-电动	23 253	
4	使用-续航	18 793	
5	简单-操作	15 154	
6	牙刷-干净	10 410	*
7	牙刷-刷牙	8 635	
8	操作-方便	8 040	
9	牙刷-使用	7 897	
10	清洁-干净	7 866	*
11	效果-干净	7 359	*
12	牙刷-清洁	7 324	*
13	好看-外观	7 115	
14	牙刷-效果	7 082	*
15	干净-电动	6 337	*

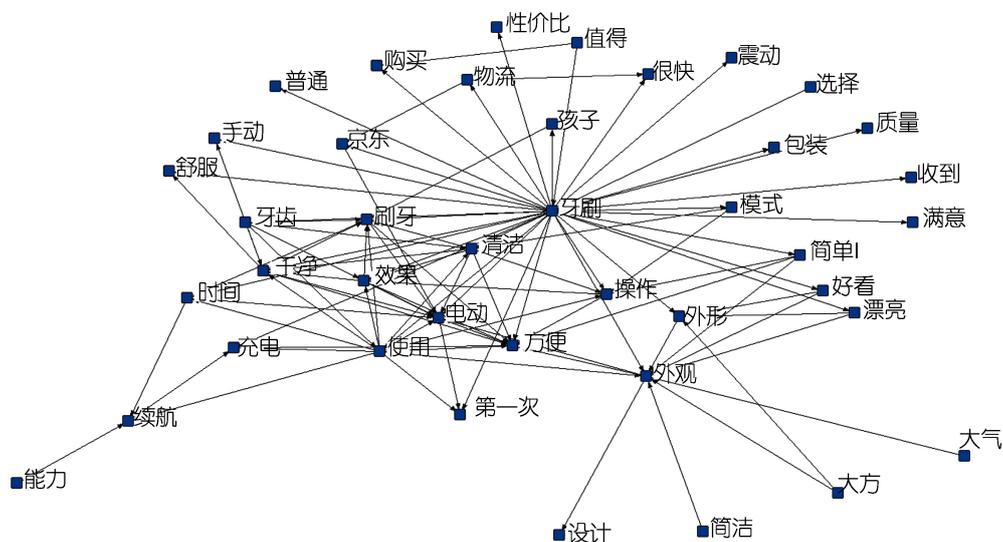


图 2 语义网络图

Fig.2 Semantic network diagram

### 2.3 提取设计目标及需求准则

通过以上词频分析法、共现词频分析法及共现网络分析法可得，人们对牙刷的根本功能需求还是在于清洁效能，因此在这里将清洁指数作为 AHP 层次结构中的目标层；同时，共现词频分析显示，“清洁-效果”和“清洁-干净”“简单-操作”和“操作-方便”“牙刷-舒服”等词对的词频较高，反映了广大用户对于该产品的潜在需求，由此可提取出高效性、舒适性、易用性三大准则，作为 AHP 层次结构模型中的准则层。

## 3 基于 TRIZ 理论的创新设计

### 3.1 问题描述

通过对电动牙刷市场进行线上线下的调研发现，如今电动牙刷市场主要分为旋转式和震动式。其中以 Oral-B 为主导的旋转式牙刷，其主要采用普通旋转电机，存在频率、扭力不高，噪音大的缺点，同时在人为使用中，由于刷头 360° 旋转作用于牙齿表面，接近于横刷刷牙方式，这不仅会在一定程度上对牙齿造成磨损，严重的还可能会引发牙周病<sup>[19]</sup>。而以 Philips 品牌为首的市场主流式震动式牙刷，其由电机驱使，使输出轴上的偏心块失去平衡，形成高频机械振荡从而带动刷头产生振动，但由于震幅受限于机械结构，一般振动频率不高；而要想提高清洁效率，则需要提高震频强度，这又会在一定程度上对牙釉质造成磨损，甚至会伤害牙龈而引发牙龈出血<sup>[20-21]</sup>。因此，针对上述市场中震动式电动牙刷所反映的一系列矛盾问题，需以 triz 理论结合物场模型、物理矛盾和技术矛盾等分析工具进行科学合理解决。

### 3.2 TRIZ 应用分析

#### 3.2.1 物-场分析法求解

通过对电动牙刷的技术分析和问题描述，针对震频问题，首先将其转化为物场模型（见图 3），其中 S1 为电机马达，S2 为刷头，F1 为机械场，S1 对 S2 产生振动作用。由于振动装置受限于机械结构，一般振动频率不高，因此可确认该模型为“作用不足”的物场模型。

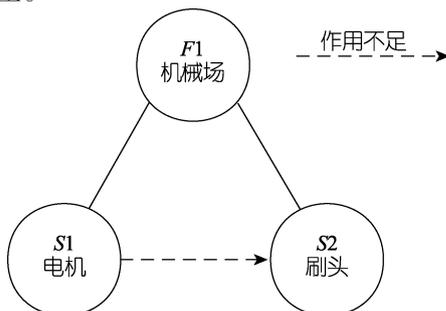


图 3 物场模型图  
Fig.3 Physical field model diagram

可采用标准解法体系中 5 种标准解类型的第二类级别（增强物场模型）中的第四子级，即利用磁场和铁磁材料，引入磁铁物质。图 4 为改进后的物场模型。

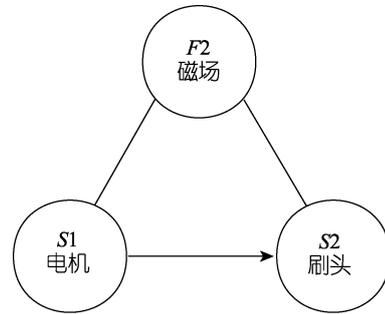


图 4 改进后的物场模型  
Fig.4 Improved object field model

具体设计方案为：采用磁悬浮声波电机。其技术原理是将电磁线圈绕于定子，转子作为纯悬浮结构，通过电磁场变化带动转子往复式旋转摆动，以传动轴带动刷头震动。由于转子体积小，其频率得以大幅提升，而且还能通过软件控制电流来调整频率，也可在一定程度上消除对牙齿的有害作用，更符合用户需求及体验。

#### 3.2.2 物理矛盾分析

物理矛盾是指同一参数由于具有相异的要求，从而表现不利于理想需求而引发的矛盾。采用物理矛盾进行描述：针对震动强度参数而言，若震频高，则清洁效率高；但要满足对牙齿和口腔的伤害降至在合理范围内，则需要一定程度上削弱震动强度。

可采用系统级别分离中的组合原理。通过引进旋转式刷头电机，将其作为子系统分离到超系统中，把原有技术中的震动马达作为系统，从而实现系统-超系统式分离。设计方案为：在机身原有的振动电机的基础上，增加内置电机驱动使圆形刷头在牙齿上进行微弱压力的旋转，可增强物理摩擦效果，达到提升清洁牙齿的效果。

#### 3.2.3 技术矛盾分析

技术矛盾是指在某一技术系统中，两个参数相互排斥，即当某一个参数改善时，另一个参数引发恶化从而形成矛盾。以技术矛盾进行描述：若要增强震频，一方面可提高清洁效能，另一方面由于震动强度带来的力，势必会在一定程度上对人体口腔中牙齿软硬组织造成损伤而引发相关不适，因此，提取到的改善参数和恶化参数分别为声波震动形成的冲击力和对牙齿的有害作用。

解决技术矛盾通常将归纳的改善和恶化两个参数转化为阿奇舒勒工程技术参数，再代入 39×39 矛盾矩阵表查找对应的发明原理<sup>[22]</sup>，见表 3。

由矛盾冲突矩阵表可得，可适用于解决上述冲突的发明原理有：13.反向操作、3.局部质量、36.相变、

表 3 参数转化匹配表  
Tab.3 Parameter conversion matching

项目	具体参数	通用工程参数
改善参数	声波震动形成的冲击力	No.10 力
恶化参数	对口腔、牙齿的危害性	No.31 物体产生的有害因素

24.借助中介物。选择 13.反向操作和 24.借助中介物作为技术矛盾分析法的发明原理,并参照原理解释,进行设计思路:

1) 反向操作原理。引进一种竖立旋转式刷头,即将传统刷头的平面横向转动改为竖向顺齿刷式,其在一定程度上类似于巴氏科学刷牙法。

2) 借助中介物原理。牙垢在口腔医学上称之为牙结石,主要由磷酸钙、碳酸钙等无机物构成,以此思路,提出在刷头部件内置细孔密网纳物装置,用以放置牙齿清洁物质,在刷毛转动下,将中介物挥发至整个口腔中,从而起到清洁牙齿的效果。上述解决方案见表 4。

表 4 发明原理阐述及冲突解决方案  
Tab.4 Principle of invention and conflict resolution

发明原理	原理解释	子原理	解决方案
反向操作	以一种“相反”方式来制造或执行某一操作。	制造一种与原作用相反的作用,即进行上下倒置或反向翻转。	引进一种立体竖立旋转刷头。
借助中介物	寻找技术系统(或流程)中不足或有害的作用,然后找一中介物放入其中。	使用中介物转移或执行某一动作。	在刷头部位安装细孔状纳物装置,置入去垢物质,达到强化除垢。

### 3.3 方案提取

通过以上模型对问题进行求解,所得方案汇总见表 5,并将解决方案提取为结构层次模型中的方案层,以用于后续对所有方案进行综合评价及决策。

表 5 设计方案汇总  
Tab.5 Design scheme summary

项目	求解模型	解原理	方案
方案 A	物场模型	增强物场模型-利用磁场和铁磁材料	引进磁悬浮电机
方案 B	物理矛盾	系统级别分离-组合原理	采用平面旋转+震动组合式电机刷头
方案 C	技术矛盾	反向操作原理+借助中介物原理	引进立体竖立旋转及细孔状纳物装置集成刷头

## 4 基于 AHP 法的设计评价

### 4.1 层次结构模型构建

将提升清洁指数作为目标层;根据消费者需求,将提取到的高效性、舒适性、易用性作为准则层;将 TRIZ 理论所得解决方案作为方案层。具体层次结构模型见图 5。

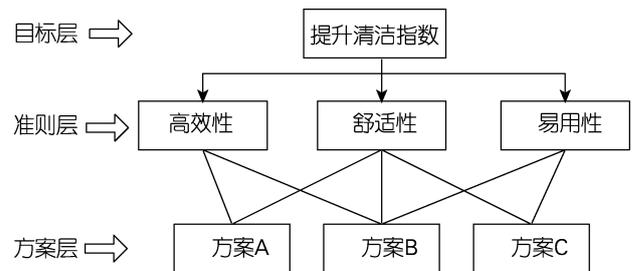


图 5 层次结构模型  
Fig.5 Hierarchical structure model

### 4.2 构造判断矩阵及权重分析

将目标层用  $X$  表示,准则层用  $Y_i (i=1,2,3,\dots)$  表示,方案层用  $Z_j (j=1,2,3,\dots)$  表示,对层次结构模型中的各因素采用 9 标度法进行赋值。为了使决策结果更具科学性,由国家二级创新工程师(1 位)、机械工程博士教授(2 位)、产品设计专业教师(3 位)和设计学科研究生(6 名),合计 12 位专家进行赋值<sup>[23]</sup>,最终构造的判断矩阵见表 6—9。

表 6  $X$  目标层判断矩阵  
Tab.6  $X$  target level judgment matrix

提升清洁性能 $X$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
高效性 $Y_1$	1	1/4	1/3
舒适性 $Y_2$	4	1	3
易用性 $Y_3$	3	1/3	1

表 7  $Y_1$  准则层判断矩阵  
Tab.7  $Y_1$  criterion level judgment matrix

高效性 $Y_1$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
方案 A $Z_1$	1	1/3	2
方案 B $Z_2$	3	1	5
方案 C $Z_3$	1/2	1/5	1

表 8  $Y_2$  准则层判断矩阵  
Tab.8  $Y_2$  criterion level judgment matrix

舒适性 $Y_2$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
方案 A $Z_1$	1	2	6
方案 B $Z_2$	1/2	1	4
方案 C $Z_3$	1/6	1/4	1

表9 Y3准则层判断矩阵  
Tab.9 Y3 criterion level judgment matrix

易用性 Y3	Z1	Z2	Z3
方案 A Z1	1	3	1/4
方案 B Z2	1/3	1	1/6
方案 C Z3	4	6	1

根据  $w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_j}{\sum_{i=1}^n a_{i,j}}$  ( $i,j=1,2,3,\dots$ ) 在计算各矩

阵权重之后,需对其进行一致性检验。若一致性比率 ( $CR$ )  $< 0.10$ ,表明其一致性检验通过;若  $CR \geq 0.10$  时,则对该矩阵需再次进行修改赋值直至一致性检验通过。由公式  $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$ ,  $CR = \frac{CI}{RI}$  (矩阵阶数为 3,

$RI=0.58$ ),可知求  $CI$  值前需先求出  $\lambda$  值,  $v_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j a_{i,j}}{w_i}$ ,

$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$  ( $i,j=1,2,3,\dots$ )。经一致性检验计算可得,各矩阵  $CR$  值均小于 0.1(见表 10),均通过一致性检验。

表10 一致性比率  
Tab.10 Consistency ratio

判断矩阵	X	Y1	Y2	Y3
CR	0.070 7	0.003 6	0.008 8	0.051 6

最终得到各方案的权重值(见表 11),其中方案

C 权重最高。

表11 方案最终权重  
Tab.11 Weight of final scheme

方案	综合加权评估	排序
方案 A	0.254 4	3
方案 B	0.299 2	2
方案 C	0.446 4	1

### 4.3 产品方案设计

经上述分析,本研究形成最终的设计方案(见图 6),主要包含:采用立体竖式旋转刷头;刷头盖帽采用细孔密网装置设计。具体分析如下:

1) 技术原理。竖式顺齿旋转式刷头主要由旋转电机及传动组件构成(见图 7),采用齿轮传动结构,传动组件包括与电机输出轴连接的输出齿轮、减速齿轮及连杆装置。工作流程为旋转轴通过带动齿轮转换成往复式转动,从而使刷头形成周期性竖旋。采用力矩检测电路,实现超压停机功能。

2) 人机分析。刷盖(见图 6 细节放大处)设计基于挡板理念,即用户在使用该竖旋刷头进行顺齿刷牙时,一方面可借助挡板减轻口腔外部肌肉对刷毛的阻力,另一方面能够防止牙膏泡沫飞溅,以及防止刷毛对口腔内壁造成损伤。同时刷头盖帽采用细孔密网装置设计,目的是可供用户通过打开机盖进行填充牙齿清洁物质,待深入口腔后,可经细网孔渗满整个口腔。采用力矩检测电路,为了防止用户刷牙力度过大,通过减小扭矩,从而使电机自动衰减减速,降低对牙齿的伤害。



图6 设计效果图  
Fig.6 Design effect diagram

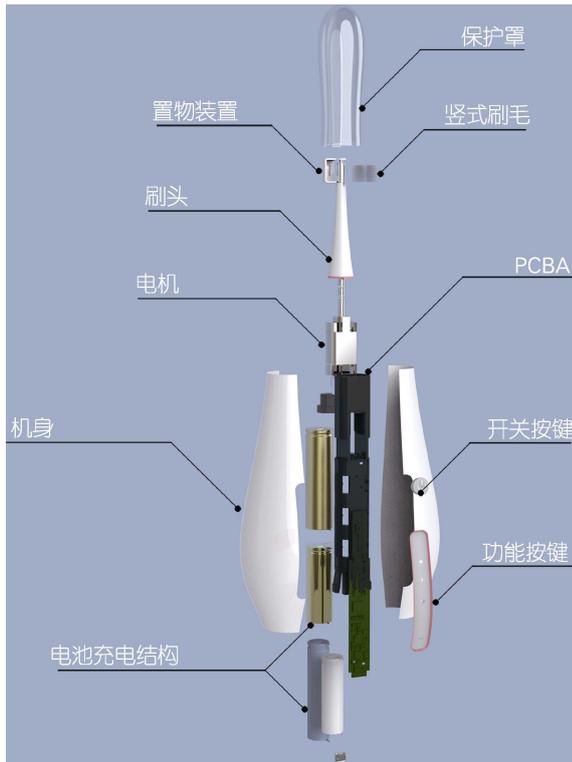


图 7 结构分解示意图

Fig.7 Structure decomposition diagram

## 5 结语

产品设计的本质是以用户为中心, 本研究通过网络评论挖掘和文本分析技术可高效地从大数据中定位人们对电动牙刷产品关注的焦点, 从而精准挖掘用户的功能需求; 再以 TRIZ 理论根据电动牙刷技术领域存在的问题矛盾对应发明创新原理进行求解, 可更具逻辑性、科学性, 从而实现对产品的创新优化设计; 依据层次分析法, 以客观的定量分析来掌握解决方案的最优解, 有利于设计者对产品的重点领域进行设计改良; 最终设计出一款符合高效清洁、人机体验的电动牙刷。综上, 本文的评论挖掘与 TRIZ-AHP 结合的集成研究, 为研究者快速聚焦产品热点提供了借鉴, 为电动牙刷功能性产品的改良设计提供了思路, 同时也为相关产品创新设计研究提供了辅助与指导。

### 参考文献:

- [1] 赵明. 电动牙刷捍卫口腔健康, 上千品牌涌入掘金百亿级市场[J]. 电器, 2021(3): 38-41.  
ZHAO Ming. Electric Toothbrushes Defend Oral Health, and Thousands of Brands Flood into the Tens of Billions Market of Nuggets[J]. China Appliance, 2021(3): 38-41.
- [2] 徐小波, 赵磊, 刘滨谊, 等. 中国旅游城市形象感知特征与分异[J]. 地理研究, 2015, 34(7): 1367-1379.  
XU Xiao-bo, ZHAO Lei, LIU Bin-yi, et al. Study on Perceived Image of Chinese Tourist Cities[J]. Geographical Research, 2015, 34(7): 1367-1379.
- [3] REN Lian-ping, ZHANG H Q, YE B H. Understanding Customer Satisfaction with Budget Hotels through Online Comments: Evidence from Home Inns in China[J]. Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism, 2015, 16(1): 45-62.
- [4] SOHNS K, MICHAEL B. Online Content Mining & Its Potential for Cruise Management[M]//Cruise Sector Growth. Wiesbaden: Gabler, 2009: 171-185.
- [5] SIMMONS R F. Semantic Networks: Their Computation and Use for Understanding English Sentences[M]. Department of Computer Sciences and Computer-Assisted Instruction Laboratory, University of Texas, 1972.
- [6] 段金娟, 宣艾祺. 基于知识图谱的非遗产业化保护研究动态[J]. 包装工程, 2021, 42(6): 162-170.  
DUAN Jin-juan, XUAN Ai-qi. Industrialization Protection Research Trends of Intangible Cultural Heritage Based on Knowledge Graph[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(6): 162-170.
- [7] 武星廷, 陈永康, 刘梦非. UCD 研究进展、热点与趋势分析[J]. 包装工程, 2022, 43(16): 274-283.  
WU Xing-ting, CHEN Yong-kang, LIU Meng-fei. UCD Research Trends and Hot Spot Analysis[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(16): 274-283.
- [8] 严珊. 基于共词与社会网络分析的图书馆大数据现状研究[J]. 图书馆研究与工作, 2018(5): 15-20.  
YAN Shan. Research on Status of Library Big-Data Based on Co-Word and Social Network Analysis[J]. Library Science Research & Work, 2018(5): 15-20.
- [9] 徐坤, 毕强. 次高频关键词的选择及在共词分析中的应用[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(5): 148-152.  
XU Kun, BI Qiang. Selection of Sub High-Frequency Keywords and Its Application in Co-Word Analysis[J]. Information Studies: Theory & Application, 2019, 42(5): 148-152.
- [10] NAZAR R, VIVALDI J, WANNER L. Co-Occurrence Graphs Applied to Taxonomy Extraction in Scientific and Technical Corpora[J]. Procesamiento Del Lenguaje Natural, 2012, 49: 67-74.
- [11] 张建敏, 王建伟, 杨勤, 等. 基于 TRIZ 理论的手扶式旋耕机造型设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 133-139.  
ZHANG Jian-min, WANG Jian-wei, YANG Qin, et al. The Modeling Design of Hand-Held Tillers Based on TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 133-139.
- [12] RENAUD J, HOUSSIN R, GARDONI M, et al. Multi-Users of a Product: Emergence of Contradictions [M]//IFIP Advances in Information and Communication Technology. Cham: Springer International Publishing, 2018: 154-164.
- [13] HARTONO M. The Extended Integrated Model of Kansei Engineering, Kano, and TRIZ Incorporating Cultural Differences into Services[J]. International Journal of Technology, 2016, 7(1): 97.
- [14] 李雪瑞, 侯幸刚, 杨梅, 等. 基于多层次灰色综合评价法的工业设计方案优选决策模型及其应用[J]. 图学学报, 2021, 42(4): 670-679.

- LI Xue-rui, HOU Xing-gang, YANG Mei, et al. The Optimal Decision-Making Model of Industrial Design Scheme Based on Multi-Level Grey Comprehensive Evaluation Method and Its Application[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(4): 670-679.
- [15] 吴俭涛, 李婷. KJ-AHP-QFD 结合的两用清扫车外观设计提案研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 77-82.  
WU Jian-tao, LI Ting. The Appearance Draft Design of Dual-Sweeper Based on the Combined KJ-AHP-QFD[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 77-82.
- [16] ROSLI M U. Integrated AHP-TRIZ Innovation Method for Automotive Door Panel Design[J]. International Journal of Engineering and Technology, 2013, 5(3): 3158-3157.
- [17] 辜俊丽, 宋端树, 崔天琦, 等. 基于 AHP 与 TRIZ 的残疾人轮椅设计[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 187-193.  
GU Jun-li, SONG Duan-shu, CUI Tian-qi, et al. Design of Wheelchair for the Disabled Based on AHP and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 187-193.
- [18] 王军, 孙帅. 基于可拓创新法和 TRIZ 理论的营地手推车折叠机构设计[J]. 图学学报, 2021, 42(5): 866-872.  
WANG Jun, SUN Shuai. Design of Folding Mechanism of Camping Stroller Based on Extension Innovation Method and TRIZ Theory[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(5): 866-872.
- [19] 李颖. 我们该如何刷牙[J]. 中国质量万里行, 2011(7): 74-75.  
LI Ying. How should we Brush our Teeth? [J]. China Quality Supervision, 2011(7): 74-75.
- [20] 佚名. 正确使用电动牙刷[J]. 家庭科技, 2007(10): 24.  
YI Ming. Use Electric Toothbrush Correctly[J]. Science and Technology of Family, 2007(10): 24.
- [21] 乔丹, 张杨珩, 闫福华. 影响刷牙方法选择的因素[J]. 中国实用口腔科杂志, 2020, 13(5): 272-276.  
QIAO Dan, ZHANG Yang-heng, YAN Fu-hua. Factors Affecting the Selection of Brushing Methods[J]. Chinese Journal of Practical Stomatology, 2020, 13(5): 272-276.
- [22] 杨勤, 李炜烙, 周艾, 等. 基于 TRIZ 理论的行李箱创新设计[J]. 图学学报, 2021, 42(1): 158-164.  
YANG Qin, LI Wei-lao, ZHOU Ai, et al. Innovative Design of Luggage Case Based on TRIZ Theory[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(1): 158-164.
- [23] 王媚雪, 翟洪磊. 基于 AHP 与 TOPSIS 法的自闭症儿童康复训练产品设计评价方法及应用[J]. 图学学报, 2020, 41(3): 453-460.  
WANG Mei-xue, ZHAI Hong-lei. Evaluation Method and Application of Rehabilitation Training Products for Autistic Children Based on AHP and TOPSIS[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(3): 453-460.

责任编辑: 马梦遥

(上接第 147 页)

- [2] 刘均星, 苏燕, 江牧. 基于老年生活需求的 APP 应用设计[J]. 包装工程, 2020, 41(20): 178-181, 211.  
LIU Jun-xing, SU Yan, JIANG Mu. APP Design Based on the Needs of Elderly Life[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(20): 178-181, 211.
- [3] 倪亚楠. 面向老年人认知的语音交互设计分析[J]. 工业设计, 2019(9): 37-38.  
NI Ya-nan. Analysis on Speech Interaction Design for Elderly Cognition[J]. Industrial Design, 2019(9): 37-38.
- [4] JENNIE. 你的“私人助理”还可以更聪明 浅谈国内外智能语音助手[J]. 家庭影院技术, 2019(12): 104-107.  
JENNIE. Your "Personal Assistant" can be Smarter. Talking about Intelligent Voice Assistants at Home and Abroad[J]. Home Theater Tech, 2019(12): 104-107.
- [5] 姚江, 封冰. 体验视角下老年人信息产品的界面交互设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 67-71.  
YAO Jiang, FENG Bing. Interface Interactive Design of Information Products for the Elderly from the Perspective of Experience[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 67-71.
- [6] 白学军, 于晋, 覃丽珠, 等. 认知老化与老年产品的交互界面设计[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 7-12.  
BAI Xue-jun, YU Jin, QIN Li-zhu, et al. Cognitive Aging of the Elderly Population and Interaction Interface Design of Elderly Products[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 7-12.
- [7] 李永锋, 侍伟伟, 朱丽萍. 基于灰色层次分析法的老年人 APP 用户体验评价研究[J]. 图学学报, 2018, 39(1): 68-74.  
LI Yong-feng, SHI Wei-wei, ZHU Li-ping. Research on the User Experience Evaluation of APP for the Elder Based on Grey AHP[J]. Journal of Graphics, 2018, 39(1): 68-74.
- [8] 凯西·卡麦兹. 建构扎根理论质性研究实践指南[M]. 边国英, 译. 重庆: 重庆大学出版社, 2009.  
KATHY K. Constructing grounded theory[M]. BIAN Guo-ying Translated. Chongqing: Chongqing University Press, 2009.
- [9] 胡珊, 蒋旭, 符凯杰, 等. 基于 SEM 的交互式公共导识系统体验设计研究[J]. 图学学报, 2020, 41(2): 204-209.  
HU Shan, JIANG Xu, FU Kai-jie, et al. Research on Experience Design of Interactive Public Guidance System Based on SEM[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(2): 204-209.

责任编辑: 马梦遥