

# 设计师与用户对产品意象的基因网络对比

徐博群, 朱昱宁, 刘肖健, 卢纯福, 陈方敏  
(浙江工业大学, 杭州 310023)

**摘要:** **目的** 研究设计师与用户对产品意象认知方面的差异性, 挖掘用户的隐性需求。**方法** 分别以设计竞赛作品与市场畅销产品作为主体对产品感知意象的映射载体, 提出了基于同构与异构两种编码原则的产品基因网络模型。通过绘制同构基因网络图谱与异构基因网络频谱, 分别对比分析两类基因节点的重要性与关联性。以保温杯为实例对模型的可行性进行验证。**结论** 通过对同类产品在设计竞赛与市场环境下表现出的不同信息所构成的基因网络进行对比研究, 可以降低设计师与用户对产品意象的认知差异, 辅助设计师从宏观角度用联系的观点把握用户需求, 从而提高设计方案的市场接受度。

**关键词:** 用户意象; 设计师意象; 产品基因网络; 产品设计; 用户需求

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)08-0098-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.08.013

## Comparison of Product Image Gene Network between Designers and Users

XU Bo-qun, ZHU Yu-ning, LIU Xiao-jian, LU Chun-fu, CHEN Fang-min  
(Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**ABSTRACT:** The work aims to study the differences between designers and users in product image cognition and explore the hidden needs of users. The design competition works and the best-selling products in the market were used as the embodiment of the perceptions to the product namely by designers and users. The product gene network model based on the coding principles of isomorphism and heterogeneity was proposed. The importance and correlation of the two types of gene nodes were respectively compared and analyzed by mapping the isomorphic gene network map and the heterogeneous gene network spectrum. The feasibility of the proposed model was verified by taking the comparative analysis of thermos as an example. The comparison and study of the gene networks composed of different information displayed by similar products in the competition and market can reduce the cognitive differences between designers and users in product image, and assist the designer in grasping the user requirements based on the connections from a macro perspective, thereby improving the market acceptance of product design scheme.

**KEY WORDS:** user image; designer image; product gene network; product design; user requirement

生物基因工程思想运用到产品设计领域的早期研究集中在机械设计方面<sup>[1-2]</sup>, 随着工业设计行业对用户经验的重视度提高, 产品基因概念近几年不断出现在用户意象研究中<sup>[3-4]</sup>。已有的产品意象研究对象主要以用户为主, 对设计师意象以及对两者的比较基本处于空白状态。在以用户为导向的市场中, 如何设计出符合用户期待的产品是设计师的痛点。虽然设计

师可通过外部信息在一定程度上了解用户情况, 但主要还是依靠主观经验的判断, 设计师与用户对产品的意象认知的差异很难用其它手段来弥补。

### 1 设计师与用户对产品意象的表达模型

设计师与用户对产品的意象在产品设计与迭代过程中循环影响, 见图1。在传统设计过程中, 设计

收稿日期: 2018-12-08

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(19YJA850012)

作者简介: 徐博群(1986—), 女, 浙江人, 浙江工业大学讲师, 主要研究方向为工业设计方法论。

通信作者: 朱昱宁(1984—), 男, 浙江人, 浙江工业大学讲师, 主要研究方向为产品开发与设计。

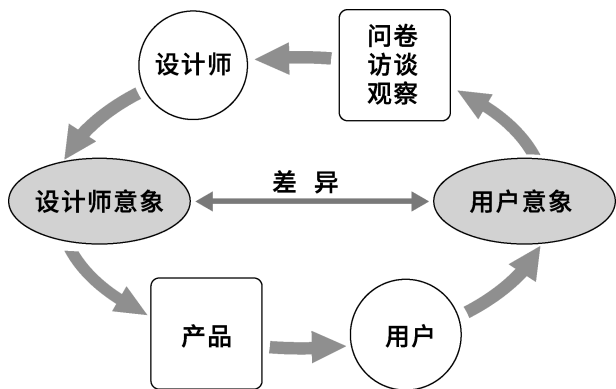


图 1 设计师与用户意象在设计过程中的关系  
 Fig.1 The relationship between images of the designer and the user in the design process



图 2 设计师意象与用户意象的表达模型  
 Fig.2 The expression model of images of designers and users

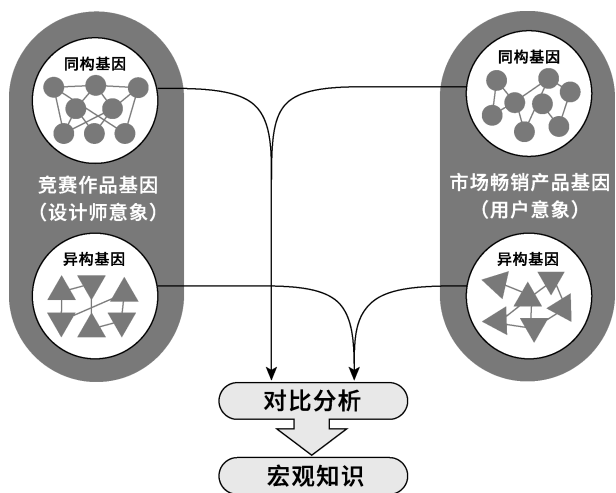


图 3 基于同构与异构编码的产品基因网络模型  
 Fig.3 Product gene network model based on isomorphism and heterogeneous coding

师通过问卷、访谈和观察等方法获得用户意象信息，结合自身经验后将抽象概念转化为包含设计师意象的具象产品。用户对产品意象的感知往往比较直接，即根据眼前产品实物传达出的信息判断其是否符合自己预期的要求，包括产品的外观形态、功能操作等，

这些用户意象又会被投入到下一次设计迭代成为设计师的灵感来源。这个过程中，设计师意象与用户意象差距越小，用户需求满足程度越高，产品上市成功几率越大。然而，两者的意象均来自经过个体大脑复杂处理后的隐性信息汇总，难以轻易描述与科学量化，因此，提出通过一种合适的载体使设计师与用户的意象外显化，通过大数据分析从更客观的角度对两者进行比较研究。

在产品未投放市场之前，前期设计概念通常由设计师综合个人学识与主观情感所获取，这个阶段的设计产出很大程度上体现出从设计师角度对产品的认知信息，其形式包括概念草图、效果图、简要文字说明等。若要获得大量此类产品的数据，设计竞赛是一个很好的渠道，参赛人群范围较广，参赛要求多为开放式，且设计师能在外观与功能上自由表达设计主张和创意，保证了样本的数量与数据的多样化，标准化的参赛版面方便信息采集。同时，竞赛作品均没有经过大量真实用户的评价，仅代表了参赛者自身的设计思维。综上所述，本文通过采集竞赛作品方案信息作为设计师意象的表达模型，见图 2。

大众的认知经验各有不同，用户对产品的意象感知千变万化。传统研究方法<sup>[5]</sup>在构建产品基因与感性意象之间的关系时使用因子分析法选择合适的形容词作为用户对产品感性意象的体现，但这种方式忽略了个体对词汇理解的差异性。产品的成功与否需要市场的验证，市场中用户接受程度高的产品在某种程度上代表了符合用户对产品认可的意象。“购买”行为是用户在观察产品后经过慎思所做出的决定，这个决定说明产品在整体上符合用户的预期。网络购物在国内的迅猛发展趋势与电商平台的信息开放性有利于获得大量销量数据，同时，商品页面的详细描述增加了样本信息的丰富性，且此类产品信息是固定的并可被直接使用，而不必经过间接方式测量推算。本文采用互联网市场畅销产品作为反映用户意象的表达模型。

## 2 产品基因网络模型

基因调控网络理论是本文研究的理论基础。产品基因网络由产品基因节点与它们之间的连线构成，一款产品方案的基因表达式可表示为各设计参数构成的向量，即编码<sup>[4]</sup>。基因节点之间的连线，即边，表示两者之间的相互关系，节点通过边进行连接，构成产品基因网络。目前的产品基因研究多体现在形态造型特征分析方面<sup>[6-7]</sup>，偶见对功能的关注<sup>[8]</sup>。产品作为意象的载体，有其共性（尺寸、色彩、基础功能等），也有其个性（除基础功能以外的衍生功能）。本文将传统产品基因分为两种编码形式呈现，即同构基因与异构基因，分别进行对比分析以宏观的角度全面再现设计师与用户对产品意象的差异性，从而辅助设计师从用户角度优化产品创新策略，见图 3。

## 2.1 产品同构基因网络

同构基因是指同一类产品中每个产品都具有的普适性特征,基本上可以归纳为几何形态参数、色彩、零件、表面材质等明确表征视觉特征或物理特征的量。在对同构基因节点编码之后,通过计算对每个节点的敏感度值与中心度值判断其重要性,识别关键和主要基因节点,供设计师参考,以便优先处理。敏感度即节点数据的变化对产品意象的影响,使用样本方差来表示,计算公式如下:

$$V = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \quad (1)$$

式中:  $m$  为将产品基因节点参数的定义域进行  $m$  等分(如果是选择型参数,则  $m$  代表该参数可选的符号个数);  $x_i$  为第  $i$  个区间中产品样本个数;  $\bar{x}$  为产品基因参数在各区间下的样本个数的平均值。

中心度取决于与该节点有关联的节点数量,为了判断同构基因节点之间是否有联系,采用 Pearson 相关系数公式进行计算,发现并建立节点之间的边。公式如下:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

式中:  $x$  和  $y$  代表同一件产品的两个不同基因参数,  $\bar{x}$  和  $\bar{y}$  表示这两个基因参数的平均值,设置  $|r|$  为相关性阈值,当  $r$  值大于  $|r|$  时,说明节点之间具有关联性并可以用线连接。通过设置不同阈值,对所有基因进行双向相关性判断,从而建立产品同构基因网络图谱。根据每个节点的敏感度值与中心度值组合,可

以将基因节点归为 4 类: 关键节点(高中心度、高敏感度),独立节点(低中心度,高敏感度),被动节点(高中心度,低敏感度),次要节点(低中心度,低敏感度)。

## 2.2 产品异构基因网络

基因主要针对同种产品的差异化性状,包括除基本功能外的其他特性,即构成这种产品的非必要因素。比如有些保温杯为方便拿取配有手把,但手把不是保温杯的必要构成部件。产品异构基因的编码定义域为 1 或 0,用来体现基因的存在状态,1 表示存在,0 表示不存在。异构基因节点的重要程度由其在所有样本中的存在频率为判断依据,基因节点出现频率越高,其对产品的影响力越大。

异构基因之间的关联性由基因之间的共存频率决定,两个基因在产品样本中同时出现的频率。若共存频率越高,则说明这两个基因之间的相关性越高。

## 3 以保温杯为载体的实例研究

采集分别能代表设计师与用户对产品意象的保温杯作为研究样本进行编码。使用“2017 年中国五金产品工业设计大赛”保温杯分赛场的 680 件作品作为设计师对产品认知的体现,作品样本见图 4a; 挑选淘宝平台月销售量排名前 350 件保温杯产品作为用户对产品意象的代表(已剔除相同产品,保证每一件产品没有重复),产品样本见图 4b。通过分别比较这两类样本载体的两种基因编码网络来研究两者意象的差异性。



a 竞赛作品样本示例



b 市场畅销产品样本示例

图 4 保温杯样本示例

Fig.4 Examples of thermos sample

### 3.1 保温杯同构基因网络对比

#### 3.1.1 保温杯同构基因编码

首先，根据保温杯的显性外观视觉特征选择 17 个参数作为产品同构基因节点<sup>[9-10]</sup>，见表 1。其次，为了保证采集的数据能的稳定性，案例中两类保温杯样本的基因编码均由同一个人完成。

#### 3.1.2 保温杯同构基因敏感度值对比

运用式 (1) 分别计算出市场和竞赛中的保温杯基因节点敏感度值，见图 5，两类样本的各项数据之间存在不同差异，表明目前设计师与用户对产品的意象匹配度不高。数据显示，市场样品的敏感度水平相对平稳，竞赛样品的敏感度值则是有较大起伏，说明面市产品的设计与制造工艺已经成熟，各项基因的重要性基本趋向稳定，用户对保温杯的判断依据比较综合，没有特意强调某一种基因的喜好；而竞赛作品主要体现了设计师的自由创意表达，几个与创新有关的基因节点敏感度水平特别高。

#### 3.1.3 保温杯同构基因网络图谱对比

取节点相关性阈值 $|r|=0.4$ ，根据式 (1) 与式 (2) 分别绘出市场与竞赛同构基因网络图谱，节点直径表示敏感度大小，连线表示节点之间相关联，见图 6。

在两种基因网络图谱中，都出现了分别由 5 个、3 个、2 个节点构成的 3 组节点集团，7 个独立基因节点，但集团构成元素不尽相同。根据样本均值，设置市场产品中心度阈值 2 度，敏感度阈值 0.11；竞赛作品中中心度阈值 2 度，敏感度阈值 0.06，将节点分别归至四类，见表 2。

通过图谱与 4 类节点信息可以得出如下设计师与用户对产品意象的归纳。

1) 代表用户意象的市场产品网络中，最明显的关键节点是杯盖创新 (17)，说明杯盖的特征最能打动用户，功能数与零件数 (7, 11) 主要体现在杯盖；另外两个关键节点为色彩数与杯身创新 (1, 16)，与它们相连的图案、外观丰富程度、肌理 (9, 10, 15) 均为被动节点，这个节点集团影响用户对产品的视觉意象。

2) 代表设计师意象的竞赛作品网络中，唯一的关键节点是功能数 (11)，说明设计师容易把精力都集中到功能创新上，从连线与节点直径上判断设计师更喜欢在杯子底部进行功能创新。被动节点 (10, 12, 13) 形成的节点集团说明设计师会通过改变杯身腰线与杯子形状来丰富视觉化程度。图案与肌理 (9, 15) 虽然是设计师的考虑要点，但并没有从整体造型上来把握。

表 1 保温杯同构基因节点  
Tab.1 Isomorphic gene nodes of thermos

编号	基因名称	定义	定义域
1	色彩数	色彩数量	不限
2	主色值 (H)	占保温杯面积最大色块的色相值。色相值属于封闭式色环。	0~360
3	主色值 (S)	占保温杯面积最大色块的纯度值。纯度值定义为色彩的饱和程度，纯度越高色彩越鲜艳，纯度越低色彩越暗淡。当纯度为 0 时，没有色彩，只有黑白灰。	0.0~1.0
4	主色值 (B)	明度值。明度值决定了色彩的明亮程度，数值越高，色彩越明亮。当明度值为 0 时，色彩为黑色；明度值为 100 时，色彩为白色。	0.0~1.0
5	直径或宽度/cm	保温杯的杯身直径尺寸。	不限
6	高度/cm	保温杯的杯身高度尺寸。	不限
7	零件数	保温杯可拆分的零部件数量。	不限
8	材料数	保温杯使用的不同材料的数量。	不限
9	外观图案化程度	保温杯外部图案覆盖比例。(只计算高度方向覆盖比例，例如一个图标占据 10% 的高度比例，记 0.1)	0.0~1.0
10	视觉丰富程度	对图案化比例的补充，综合考虑保温杯形态、色彩、图案之后得出的视觉丰富比例。	0.0~1.0
11	功能数	保温杯的功能数，饮水和保温为两个基本功能。数量越多说明产品能适应更多的使用场景。	不限
12	腰身曲线	杯身弧度的曲率值。曲率值为 1 时，杯身曲线近圆形，曲率值为 0 时，杯身呈直线状。	0.0~1.0
13	杯身形状	将样本中出现的保温杯杯型进行编号，包括圆柱、圆台、长方体、环形、棱柱、子弹形、球形等。对难以形容的不规则外形单独编号。	按编号
14	杯底创新	对产品杯底设计进行评估，根据外观或功能表达得出创新程度参数。	0.0~1.0
15	杯身肌理	肌理在整个产品中的覆盖比例。(计算方式与图案化程度一致)	0.0~1.0
16	杯身创新	对产品杯身设计进行评估，根据外观或功能表达得出创新程度参数。	0.0~1.0
17	杯盖创新	对产品杯盖设计进行评估，根据外观或功能表达得出创新程度参数。	0.0~1.0

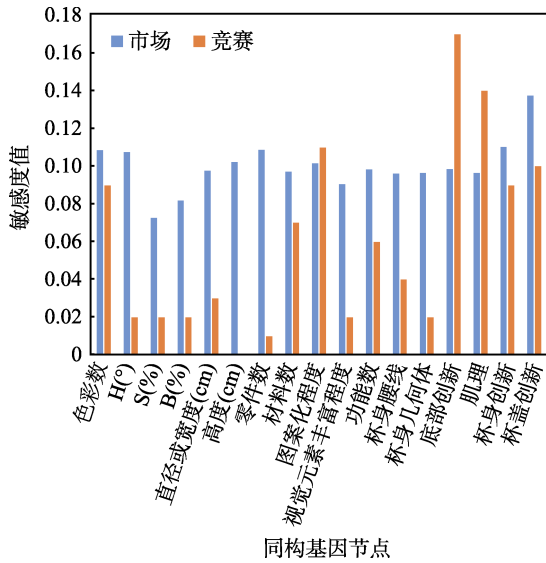


图5 市场与竞赛环境下保温杯同构基因敏感值对比表  
Fig.5 Comparison of sensitivity values in isomorphic gene of thermos in the market and competition

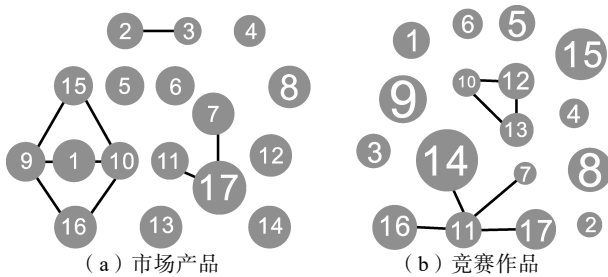


图6 市场与竞赛环境下保温杯同构基因网络图谱  
Fig.6 Isomorphic gene network map of thermos in the market and competition

表2 市场与竞赛环境下保温杯同构基因节点对比表  
Tab.2 Comparison of isomorphic gene nodes of thermos in the market and competition

市场产品	竞赛产品
关键节点: 1, 16, 17	关键节点: 11
独立节点: 2, 5, 6	独立节点: 1, 8, 9, 14, 15, 16, 17
被动节点: 7, 9, 10, 15	被动节点: 10, 12, 13
次要节点: 3, 4, 8, 11, 12, 13, 14	次要节点: 2, 3, 4, 5, 6, 7

### 3.2 保温杯异构基因网络模型

#### 3.2.1 保温杯异构基因编码

在对竞赛作品与市场产品的数据采集过程中,去除保温杯基础喝水功能与保温功能,将其他可以用有无状态表示的性状加入异构基因库,以保证样本中所有的特征和功能都被编码。最终形成的保温杯异构基因库见表3。

#### 3.2.2 保温杯异构基因频率对比

按类型将两类产品的异构基因的出现频率分别进行对比,得到以下结论。

1) 在打开方式的选择上,市场产品和竞赛作品中绝大部分都选择旋转开盖方式,比例接近70%,说明旋转开合方式是最常见也是最成熟的方案,按钮与旋转组合的方式在市场上的出现频率高于竞赛作品,进一步反映用户对杯盖创新很在意,但用户对单独按钮开盖接受度却较低,可以做进一步研究分析原因,见图7。

2) 在安全性能方面,防滑特征在市场产品中的出现频率远高于竞赛作品,说明它是用户较关心的点,而大多数设计师却忽略了其重要性,见图8。

3) 在市场保温杯中,50%的产品配置了滤网,而在竞赛作品中,滤网出现比例仅为5%,说明设计师在考虑饮水方面的创新时,往往忽视了基础的饮水功能,见图9。

4) 保温杯的附加功能基因基本上只出现在竞赛作品中,说明目前市场的保温杯还是以传统功能为主,设计师作为理念先行者已经对一些创新功能进行了思考,特别体现在空间利用方面,见图10。

#### 3.2.3 异构基因共存频谱对比

通过设置不同阈值,建立保温杯异构基因共存频谱网络,节点面积代表中心度大小。阈值越小,网络越密,当共存频率为1%时,几乎所有基因都有联系,见图11。通过适当提高阈值可以更清晰地显示节点联系。

当市场产品异构基因共存频率为10%时,13个异构基因里8个节点有共存现象,基本上都是关于保温杯的打开方式与安全放置,见图12所示。当市场产品异构基因共存频率为80%时,旋转打开、滤网、防滑3个节点关联,可以认为同时拥有这三个基因的保温杯更容易获得用户的青睐,见图13。

表3 保温杯异构基因库  
Tab.3 Heterogeneous gene bank of thermos

类型	基因名称
打开方式	按钮、旋转、按钮/旋转组合
安全放置	挂绳、手柄、安全锁、防滑、防滚动、防丢失、不倒
饮用辅助	独立饮水小杯、吸管、滤网、温度控制、温度显示、饮水提醒、榨汁、产水、消毒/过滤、水质检测、搅拌
其他功能	单个储物空间、多个储物空间、可变形、自拍杆、指南针、风扇、音乐、迷宫、化妆镜、加湿、照明、FM广播、按摩、称重、放大镜、洒水、积木、扩音、供电、计时、笔记、空气、净化、录音、医疗用、盲人用、求救、防抖、投影仪、健身用

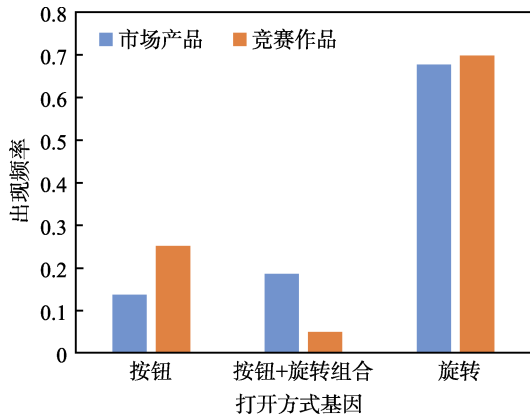


图 7 市场与竞赛环境下保温杯打开方式基因频率对比  
Fig.7 Comparison of gene frequency of the opening ways of thermos in the market and competition

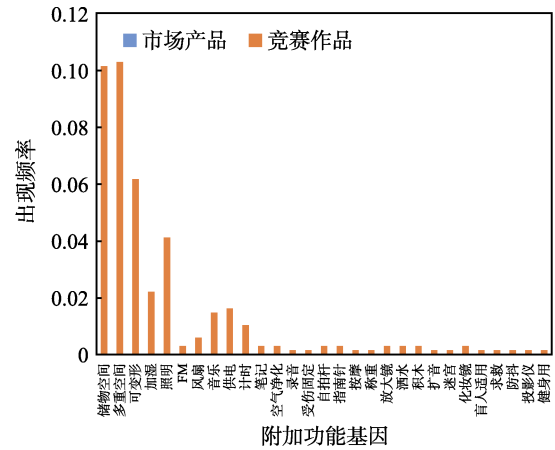


图 10 市场与竞赛环境下保温杯附加功能基因频率对比  
Fig.10 Comparison of gene frequency of additional thermosfunction in the market and competition

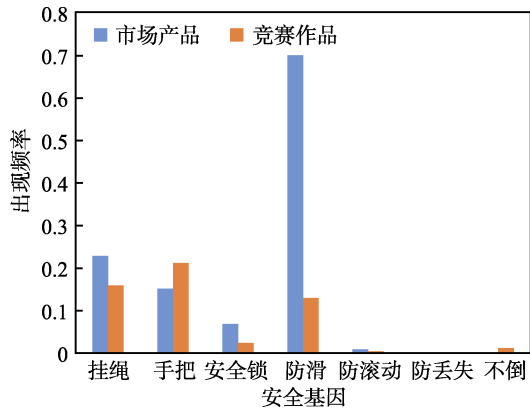


图 8 市场与竞赛环境下保温杯安全基因频率对比  
Fig.8 Comparison of gene frequency of thermos safety in the market and competition

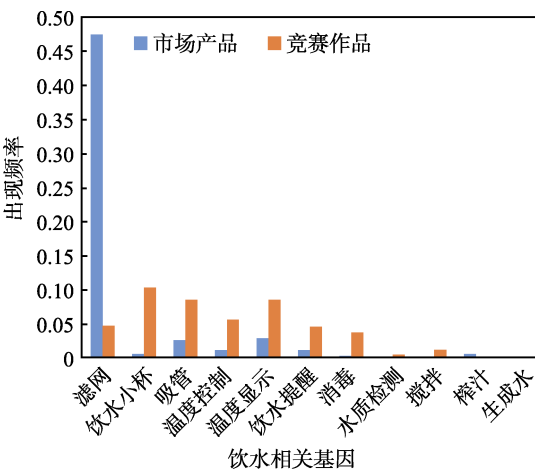
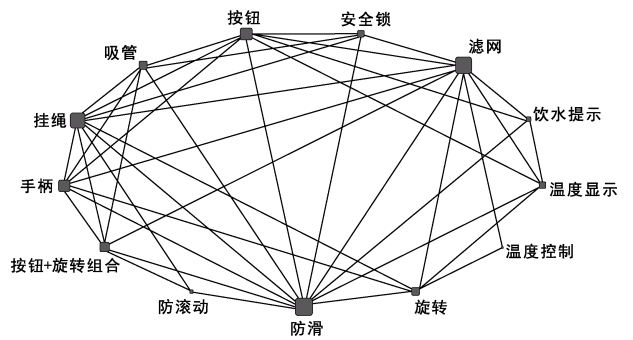


图 9 市场与竞赛环境下保温杯饮水相关基因频率对比  
Fig.9 Comparison of gene frequency related to drinking from thermos in the market and competition

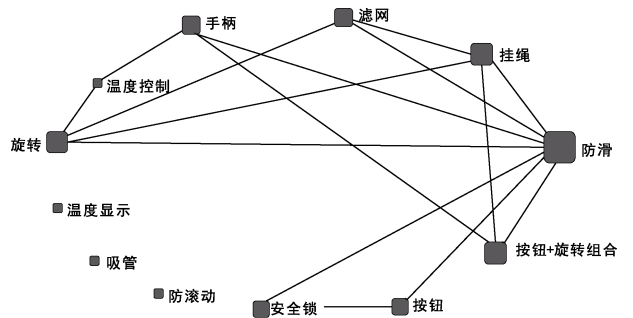


图 12 市场保温杯异构基因共存频率为 10% 时的网络  
Fig.12 The network where the coexistence frequency of heterogeneous genes of the thermos in the market is 10%

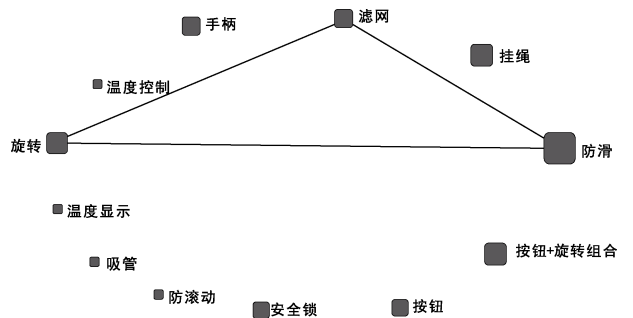


图 13 市场保温杯异构基因共存频率为 80% 时的网络  
Fig.13 The network where the coexistence frequency of heterogeneous genes of the thermos in the market is 80%

当竞赛作品异构基因共存频率为 10% 时, 有多种附加功能与打开方式同时存在, 说明竞赛作品比市场产品创新功能更多样化, 见图 14; 当竞赛作品异构基因共存频率为 80% 时, 60 个异构基因里只剩下 2 个节点关联, 即旋转打开与手柄, 虽然竞赛作品中出现的附加功能丰富多彩, 但都没有得到共识, 见图 15。

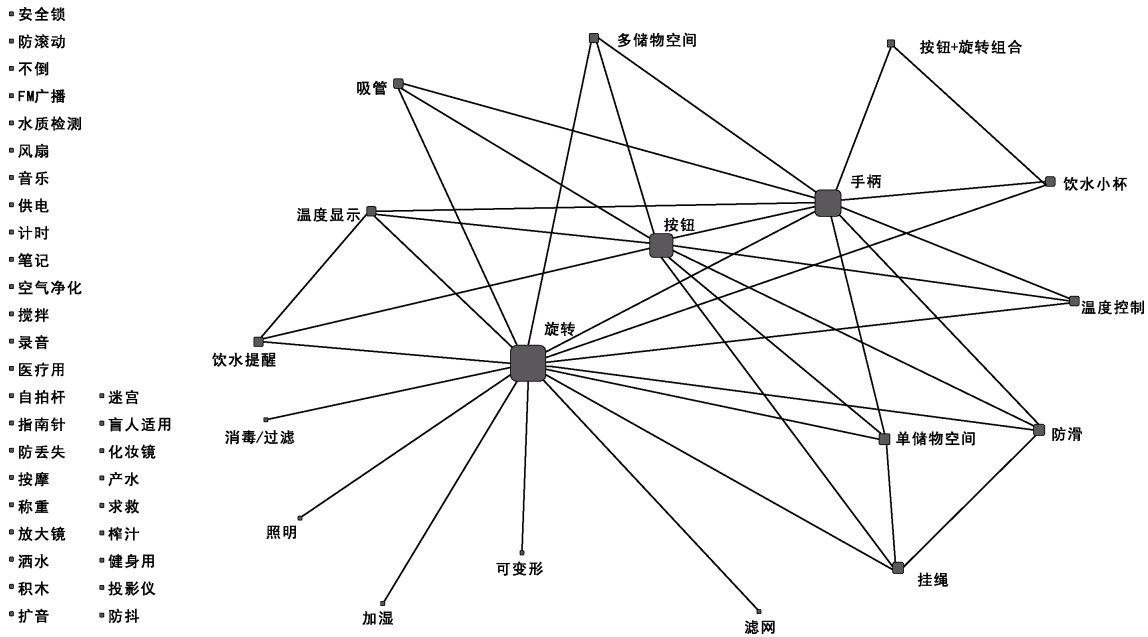


图 14 竞赛保温杯异构基因共存频率为 10%时的网络

Fig.14 The network where the coexistence frequency of heterogeneous genes of the thermos in the competition is 10%

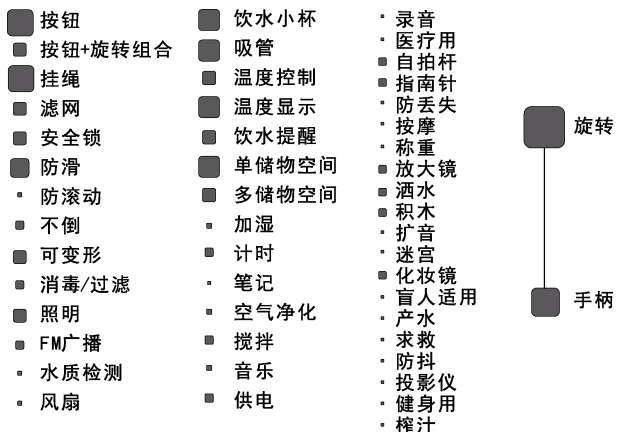


图 15 竞赛保温杯异构基因共存频率为 80%时的网络

Fig.15 The network where the coexistence frequency of heterogeneous genes of the thermos in the competition is 80%

相对于设计师的天马行空，用户更在意保温杯的基础功能，特别是在安全方面，设计师的创新行为可放在杯子开合方式与滤网设计上。

### 3.3 析出保温杯设计知识

总体来说，设计师在思考过程中容易偏向多元化功能创新，而用户注重基础实用功能。综合对以上两类基因网络对比，析出如下保温杯宏观设计知识要点，色彩特征对用户影响较大，可作为设计参考，通过采集颜色数据发现，市场畅销保温杯的颜色数 85%不超过 2 种，色相主要集中在红色调（H 值在 0-60，300-360 范围的占 65%左右）、低饱和度（S 值小于 50 占 79%）与高明度（B 值大于 50 占 74%）；杯盖的功能设计创新更容易引起用户注意，杯盖零件数控制在 4 个以内；杯身设计应该与图案、肌理、色彩数量整体协调考虑；打开方式要在保留旋转功能

的基础上创新；拿起设计上优先考虑挂绳；防滑功能是安全要素中的重点；饮水附加功能优先考虑滤网设计。

## 4 结语

通过建立设计竞赛作品与市场畅销产品对比的基因网络模型来阐释设计师与用户的意象差异是一种创新的产品意象研究方法，可以将用户隐性需求转换为具体的设计要素，以便设计师理解运用。同时，将产品基因网络分为同构和异构编码方式相对于传统产品基因表达形式能更全面地体现产品内部信息。保温杯案例的分析明确了设计师与用户对产品意象的差异性是客观存在的，并归纳出相应的设计知识要点，验证了该方法的可行性及其对设计师的辅助作用。本文对设计师与用户对产品的感知意象的比较作了初步探索，接下来的工作是通过挖掘同构与异构编码基因网络之间的关系，进一步提高模型的准确性，对于设计师与用户意象差异特别明显的节点，可作追踪研究，使获得的宏观设计知识更具操作指导性。

### 参考文献：

[1] 顾新建, 祁国宁. 过程信息中的基因模型[J]. 中国机械工程, 1998, 9(11): 80-85.  
GU Xin-jian, QI Guo-ning. The Concept of Gene Model of Processing Information[J]. China Mechanical Engineering, 1998, 9(11): 80-85.

[2] 冯培恩, 陈泳, 张帅. 基于产品基因的概念设计[J]. 机械工程学报, 2002, 38(10): 1-6.  
FENG Pei-en, CHEN Yong, ZHANG Shuai. Product Gene

- Based Conceptual Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(10): 1-6.
- [3] 张艳河. 产品设计中用户感知意象的思维结构[J]. 机械工程学报, 2010, 46(2): 178-184.  
ZHANG Yan-he. Mental Construction of User Perception Image in Product Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2010, 46(2): 178-184.
- [4] 刘肖健. 产品基因调控网络模型及其对设计过程的辅助[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(7): 1463-1471.  
LIU Xiao-jian. Product's Gene Regulatory Network Model and Its Aiding to Design Process[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(7): 1463-1471.
- [5] 朱上上, 罗仕鉴. 用户和设计师的产品造型感知意象[J]. 机械工程学报, 2005, 41(10): 28-34.  
ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian. User and Designer's Perception Image of Product Modeling[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2005, 41(10): 28-34.
- [6] 侯冠华. 产品造型基因意向模型的建立及其应用[J]. 机械设计, 2014, 31(3): 105-109.  
HOU Guan-hua. Establishment and Application of Product Appearance Gene Intentional Model[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(3): 105-109.
- [7] 李雪瑞. 意象驱动的产品形态基因网络模型构建与应用[J]. 计算机集成制造系统, 2018(24): 464-473.  
LI Xue-rui. Construction and Application of Product form Gene Network Model Driven by Kansei[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018(24): 464-473.
- [8] 郝泳涛, 秦琴. 产品的特征功能表达模型及其基因编码[J]. 同济大学学报, 2009, 37(6): 819-824.  
HAO Yong-tao, QIN Qin. Feature-function Expression Model and Gene Coding for Products[J]. Journal of Tongji University, 2009, 37(6): 819-824.
- [9] 徐瑶. 基于基因调控网络的产品优化设计[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2014.  
XU Yao. The Optimized Design Based on Gene Regulatory Network[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014.
- [10] 陈方敏. 基于同构与异构基因网络模型的设计师与用户产品意象差异性研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2018.  
CHEN Fang-min. Image Difference between Designer and User Based on Isomorphism and Heterogeneous Gene Network Model[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2018.
- 
- (上接第92页)
- [9] 傅桂涛. 产品创意的核心构成——意境与形式[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.  
FU Gui-tao. The Core Composition of Product Creativity-Artistic: Conception and Form[M]. Beijing: China Construction Industry Publishing House, 2010.
- [10] 朱雁飞. 基于认知盈余理论的产品创新设计方法研究[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 191-196.  
ZHU Yan-fei. Innovative Product Design Method Based on Cognitive Surplus Theory[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 191-196.
- [11] 张阿维. 基于认知耦合的产品造型仿生设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(6): 120-124.  
Zhang A-wei. Bionic Design of Product Modeling Based on Cognitive Coupling[J]. Mechanical Design, 2018, 35(6): 120-124.
- [12] 刘霁虹. 基于认知识别的谱系化产品设计研究[J]. 装饰, 2016(2): 142-143.  
LIU Ji-hong. Genealogical Product Design Based on Cognitive Recognition[J]. Decoration, 2016(2): 142-143.
- [13] 魏丽芳. 产品形态的视觉认知研究[J]. 包装工程, 2016, 37(12): 134-138.  
WEI Li-fang. Visual Cognition of Product Form[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(12): 134-138.
- [14] 姚干勤, 薛澄岐. 产品造型风格意象认知空间构建方法研究[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 100-106.  
YAO Gan-qin, XUE Cheng-qi. Cognitive Space Construction Method of Product Style Image[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 100-106.
- [15] 寸文哲. 面向产品造型风格的用户认知模式及量化模型研究[J]. 图学学报, 2017, 38(6): 869-875.  
CUN Wen-zhe. User Cognitive Model and Quantitative Model for Product Style[J]. Journal of Graphics, 2017, 38(6): 869-875.
- [16] 王小妍. 产品隐喻认知结构模型的构建及应用[J]. 人类工效学, 2017, 23(2): 55-59.  
WANG Xiao-yan. Construction and Application of Cognitive Structure Model of Product Metaphor[J]. Ergonomics, 2017, 23(2): 55-59.
- [17] 郭会娟. 产品交互界面中的隐喻认知研究[J]. 安徽工业大学学报, 2016, 33(4): 22-23.  
GUO Hui-juan. Metaphor Cognition in Product Interface[J]. Journal of Anhui University of Technology, 2016, 33(4): 22-23.
- [18] 叶浩生. 具身认知: 认知心理学的新取向[J]. 心理科学进展, 2010, 18(5): 14-18.  
YE Hao-sheng. Embodied Cognition: a New Orientation in Cognitive Psychology[J]. Progress in Psychological Science, 2010, 18(5): 14-18.