

品牌产品造型设计中形态传承的分析与评价

高 瞩^{1,2} 吉晓民¹ 郭 魂² 史 丽²

1. 西安理工大学,西安,710048 2. 常州工学院,常州,213002

摘要:提出了产品造型设计形态传承度的概念,阐述了产品形态传承的基本思想,并基于感性工学原理从设计语意的量化上确定了形态传承的判据,提出了形态传承的评价与优化方法。该研究为设计师进行品牌产品造型设计提供了概念生成的理论依据,也为品牌产品造型辅助设计系统的开发奠定了理论基础。

关键词:品牌产品;形态传承;传承度;分析与评价

中图分类号:TP391 **文章编号:**1004—132X(2011)11—1341—06

Analysis and Evaluation of Form Inheritance in Configuration Design of Brand Products

Gao Zhu^{1,2} Ji Xiaomin¹ Guo Hun² Shi Li²

1. Xi'an University of Technology, Xi'an, 710048

2. Changzhou Institute of Technology, Changzhou, Jiangsu, 213002

Abstract: A new concept, product configuration design “inheritance degree” was proposed, analyzed and constructed rationally the basic thoughts of product configuration inheritance, based on principles of kansei engineering to ensure the criteria of inheritance from quantizing design semantics. A method of evaluation and optimization of the morphological criteria was put forward. The research provides the theoretical basis of the generation of concepts for designers to exploit brand products and lays a theoretical foundation for the development of brand product configuration design of auxiliary system.

Key words: brand product; form inheritance; inheritance degree; analysis and evaluation

0 引言

产品形态是信息的载体,是设计师向大众传达思想和理念的物化,更是产品文化、身份的精神象征,是赢得大众心理共鸣的设计语意表现形式之一。在品牌产品的造型设计中,为了创新和传承一大批工业产品的品牌风格,保持产品品牌“生命力”的设计要义,必须要批判地传承产品的形态语意。然而,品牌产品的风格传承和创造性往往是一对矛盾,如何在品牌产品的创造性设计中,既能有序地进行创造设计,又能批判地传承原有的形态设计风格,已成为当今国内外工业设计学术界和企业实践中亟待解决的问题,它需要一套理性而又可操作的分析与评价方法,以指导品牌产品沿袭其持续一致的设计风格。

自20世纪中叶以来,国内外各大著名品牌企业及专家学者一直致力于保持产品形态设计风格一致性的研究,研究方法主要有形状文法、感性工

学法、认知心理学法、模式识别法等。Stiny^[1]沿用语言学中衍生文法的概念首先提出了形状文法,即通过形状的文法关系与规则来描述设计的空间组织或造型组成。潘云鹤^[2]利用形状文法进行了图案设计和建筑风格的模拟。孙守迁等^[3]提出了基于组件约束的风格概念生成技术,定义了非风格特征线与特征线之间的约束关系,实现基于产品风格认知模型的计算机辅助概念设计原型系统。Chang等^[4]以32款手机为样本,利用分组认知试验,总结出了影响手机外形相似性的两大主要因素:总体印象和局部特征,并分析了这两大因素对区分手机造型相似性的影响,进而用簇分析方法对32款手机进行了分类。黄琦等^[5]采用多向度评测(MDS)方法提取产品风格特征,根据特征的识别算法和相似性算法检索和匹配产品风格。Chen等^[6]将复合式感性工学应用于产品开发之整合性研究,借助各种调查技术与分析方法获取了产品风格与造型要素之间的关系,根据风格描述建立定性信息与几何建模之间的映射规则,提出了应用基本形体和整体处理方法来构造与风格关联的产品形态建模基础结构,初步实现

收稿日期:2010—07—19

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2010JM7011);国家自然科学基金资助项目(50905087)

了根据风格描述来设计产品造型。Xie 等^[7]还以手机为例,探讨了人类对立体形状特征的心理认知过程,试图建立消费者与设计师对于产品造型特征与风格认知之间的关系。此外,在基于产品特征的形状混合技术^[8]、零件加工的成组技术中对产品的特征表达^[9]、品牌特征族的个性化产品造型设计^[10]等方面,专家学者也作了较为深入的研究。

总体来看,大多数学者集中于设计文化和设计风格、产品主题造型特征的保持与创新、计算机辅助造型设计系统的开发等较为理性的研究,而关于造型形态的量值分析及传承关系的研究还比较少。本文提出了品牌产品造型形态传承度的概念,建立了形态传承的分析和计算模型,提出了形态传承的评价与优化方法。

1 形态传承度的基本定义

形态由若干个结构分形体以邻接的拓扑关系构成,包括各分体的形状、大小、拓扑关系及相对位置四部分。形态传承度是指产品形态继承和创新的程度,它以产品形态原型为模型进行形态整体和各分体的传承度的计算。

1.1 产品形态原型

产品形态原型是将最贴近产品各分体形态的简单几何形体,按原有的拓扑关系及其相对关系进行重构而形成的三维模型。这里的简单几何形体是指分体的最适包围盒,最适包围盒是指包含该形体的长方体、圆柱体、球体最小包围盒中体积最小的包围盒。如图 1 所示,产品形态原型分为整体层、分体层和几何层三层结构。整体层表达形态原型的整体结构;分体层表达各分体最适包围盒间的结合关系及相对关系,结合关系属邻接类型,相对关系包括分体间相对体量、相对线性尺度和相对位置的比较关系;几何层表达各分体最小包围盒和最适包围盒的特征参数。当新旧产品的形态原型中各分体最适包围盒间的拓扑关系一致时,称为形态同构。本文研究的形态传承度计算方法为基于形态同构的算法。

各分体的相对关系包括相对体量、相对位置、相对线性尺度三种类型。

1.2 形态传承度的数学概念

形态传承度计算以新旧两个产品形态原型的体量或对应传承度为输入,以组合传承度为输出,计算通常为数据对象间的加权闵可夫斯基距离。输出值越小,表明前后两个产品造型的传承度越高。

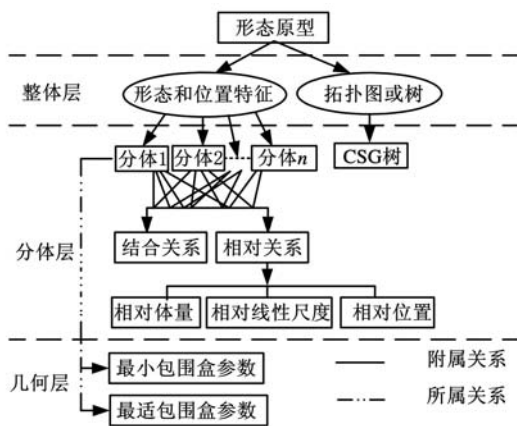


图 1 产品形态原型的层次表示

定义 1 传承度函数数量表示。一般来说,传承度函数数量可表示为如下映射:

$$\delta: O \times O \rightarrow \mathbf{R}^+ \quad (1)$$

这里, O 表示对象的集合,在本文中指新旧品牌产品形态原型的体量或对应传承度的集合,对象通常用特征向量来表示。 $\forall o_1, o_2 \in O, \delta(o_1, o_2) \in \mathbf{R}^+, \delta(o_1, o_2)$ 表示对象 o_1 和 o_2 之间的传承度。

定义 2 距离度量。距离度量反映了数据对象之间的传承特性,利用加权的闵可夫斯基距离可表示为

$$D(x, y) = (\omega_1 |x_1 - y_1|^k + \omega_2 |x_2 - y_2|^k + \dots + \omega_d |x_d - y_d|^k)^{\frac{1}{k}} \quad (2)$$

式中, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_d$ 为各比较量的权值; k 为比较量个数。

本文以式(2)来计算新旧两个造型形态各传承度对应指标之间的闵可夫斯基距离, k 值取 2。

定义 3 ϵ -相似。当且仅当对象 p 和 q 之间的距离小于 ϵ , 即 $D(p, q) < \epsilon$ 时,称对象 p 与 q 为 ϵ -相似。 ϵ 在本文中即为品牌产品形态传承的阈值,是形态传承中设计风格遗传和变异尺度的界限,它由人机工学、感性工学、价值认可度等约束条件确定。当 $\epsilon = 0$ 时,称两个对象完全传承。

2 形态传承的分析与计算

2.1 形态传承的模型

图 2 为品牌产品形态传承模型树状图,品牌产品形态由各分体形态及各分体的拓扑和相对关系三部分组成。各分体形态被赋予长方体、圆柱体、球体最小包围盒,以获得其体量值,分体以最适包围盒为准形态,基于感性工学原理通过语意关联获取其设计语意。一方面可以基于感性工学原理通过语意关联获取对应的设计语意,另一方面它们将基于拓扑关系构建出形态原型广义邻接矩阵(GAM)。形态的整体传承包括分体集传承和 GAM 传承两部分。

2.2 形态传承度的计算方法

形态传承度分为整体传承度和各分体传承度。整体传承度以产品的形态传承模型为基础,包括分体集传承度矩阵和形态邻接关系传承度矩阵两部分。分体集传承度矩阵元素由根据各分体的三种最小包围盒的体量参数计算出的饱和度或

相对尺度集成而得;形态原型广义邻接关系传承度矩阵元素由各分体最适包围盒间的拓扑和相对关系比较量集成而得,它们都是品牌产品造型创新设计中“批判吸收”的科学设计理念的形式化表现。

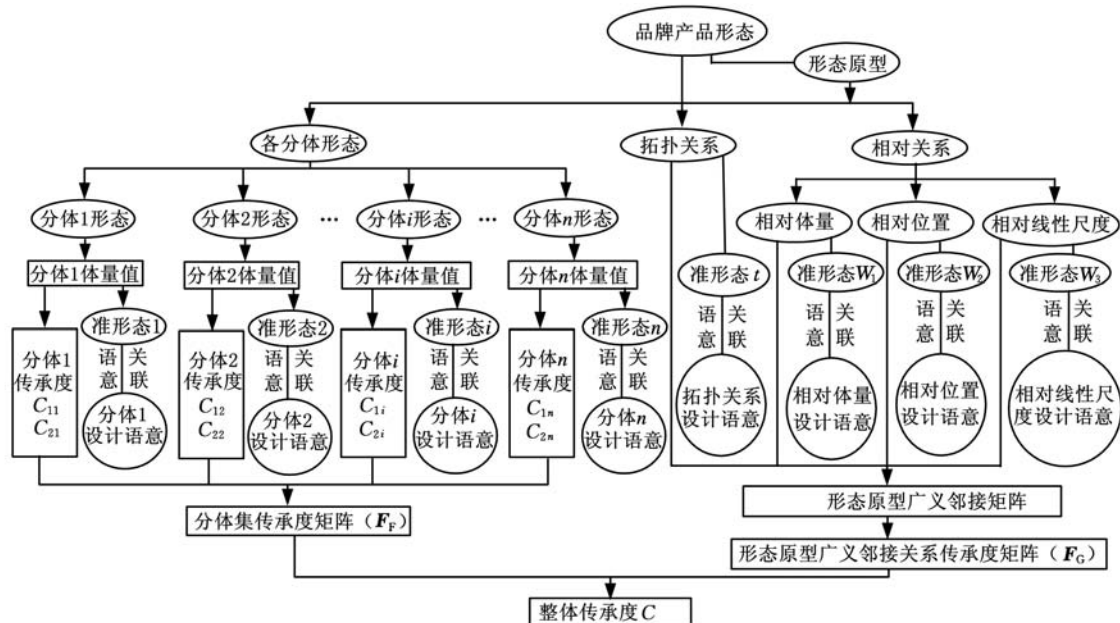


图2 品牌产品形态传承模型

可以将各分形体的包围盒参数用矩阵形式表示,每个分体的包围盒有21个特征参数(图3),

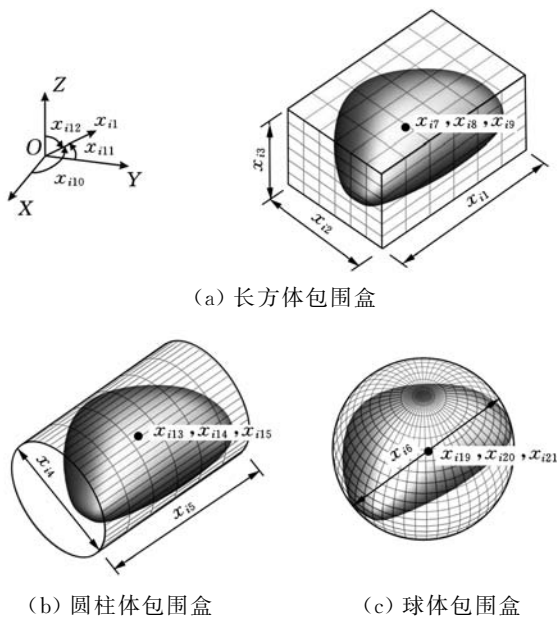


图3 三种最小包围盒的参数表示

即 $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{21}$ 。其中, x_{11}, x_{12}, x_{13} 为长方体最小包围盒之长、宽、高; x_{14}, x_{15} 为圆柱体最小包围盒之底圆直径和高; x_{16} 为球体最小包围盒直径; x_{17}, x_{18}, x_{19} 为长方体最小包围盒中心点的坐标;

x_{10}, x_{11}, x_{12} 为长方体最小包围盒之长边分别与 X、Y、Z 轴的夹角; x_{13}, x_{14}, x_{15} 为圆柱体最小包围盒中心点的坐标; x_{16}, x_{17}, x_{18} 为圆柱体最小包围盒轴线与三坐标轴的夹角; x_{19}, x_{20}, x_{21} 为球体最小包围盒中心的坐标。每一个分体的21个参数构成一个行矩阵,即 $F' = [F_{ij}] = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{i21}]$,以表达各分体的形体特征, i 为分体号, $j = 1, 2, \dots, 21$ 。

2.2.1 分体集包围盒参数矩阵的建立

产品的分体集包围盒参数矩阵为 $F_1 = [F_{ij}] (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 21)$, n 为分体数。

形体的最适包围盒是指包含该形体的长方体、圆柱体、球体最小包围盒中体积最小的包围盒,可用10个元素组成的行矩阵 F_{ij}^* 来表示,即

$$F_{ij}^* = [F_{ij}^*] = [x_{i1}^* \ x_{i2}^* \ \dots \ x_{i10}^*]$$

其中, x_{i1}^* 为最适包围盒性质标号,当最适包围盒分别为长方体、圆柱体、球体最小包围盒时, x_{i1}^* 分别为 1, 2, 3; $x_{i2}^*, x_{i3}^*, x_{i4}^*$ 表示最适包围盒的几何参数,对长方体包围盒有 $x_{i2}^* = x_{i1}, x_{i3}^* = x_{i2}, x_{i4}^* = x_{i3}$,对圆柱体包围盒有 $x_{i2}^* = x_{i4}, x_{i3}^* = x_{i5}, x_{i4}^* = 0$,对球体包围盒有 $x_{i2}^* = x_{i6}, x_{i3}^* = 0, x_{i4}^* = 0$;

$(x_{i5}^*, x_{i6}^*, x_{i7}^*)$ 表示最适包围盒中心点的坐标;
 $x_{i8}^*, x_{i9}^*, x_{i10}^*$ 表示长方体的长边线或圆柱体最适
 包围盒的轴线与产品 CAD 模型的绝对坐标系 X、
 Y、Z 轴的夹角, 球体最适包围盒中: $(x_{i8}^*, x_{i9}^*,$
 $x_{i10}^*) = (0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$ 。

分体集最适包围盒参数矩阵为

$$F_2 = [F_{ij}^*]$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 10$$

2.2.2 分体集传承度矩阵的建立

分体集传承度矩阵的每一行为对应某一分体的
 饱和度传承度和相对尺度传承度两项内容, 其中
 饱和度是指分体与球体、圆柱体、长方体三种包
 围盒体积之比值(图 3)。由于产品形态的变化导
 致包围盒体积的不同, 且产品自身体积也在发生
 变化, 故新旧产品饱和度比较值是一个变化的
 数。相对尺度是指新旧产品的包围盒上对应的特
 征尺寸之比值。新旧产品之间的饱和度传承度和
 相对尺度传承度的计算可按式(2)进行。

设 V'_i 和 V_i 是新旧产品分体 i 的体积, V'_{ij} 和
 V_{ij} 是对应分体 i 三个包围盒体积, 则新旧产品分
 体 i 的饱和度可分别表述为

$$B'_{ij} = V'_{ij}/V'_i$$

$$B_{ij} = V_{ij}/V_i$$

其中, $j=1, 2, 3$, 分别对应于长方体、圆柱体、球体
 包围盒。

因此, 分体 i 的饱和度传承度 C_{1i} 为

$$C_{1i} = \sqrt{\sum_{j=1}^3 \omega_{1ij} f_{ij}^2} \quad (3)$$

$$f_{ij} = (B'_{ij} - B_{ij}) / \max(B'_{ij}, B_{ij})$$

式中, ω_{1ij} 为包围盒 j 的权重系数。

分体 i 的相对尺度传承度 C_{2i} 为

$$C_{2i} = \sqrt{\sum_{l=1}^6 \omega_{2il} f_{il}^2} \quad (4)$$

$$f_{il} = (x'_{il} - x_{il}) / \max(x'_{il}, x_{il})$$

式中, ω_{2il} 为对应参数 l 的权重系数。

每一分体传承度 C_i 为

$$C_i = \sqrt{\omega_{1i} C_{1i}^2 + \omega_{2i} C_{2i}^2} \quad (5)$$

式中, ω_{1i}, ω_{2i} 为权重系数。

分体集传承度矩阵为

$$F_F = [C_i] \quad i = 1, 2, \dots, n$$

2.2.3 形态原型广义邻接关系传承度矩阵的建立

产品的形态原型建立后, 即可建立起相应的
 形态原型广义邻接矩阵(具体构建方法将在另文
 论及)。GAM 模型对形态原型结构信息的描述
 较为全面, 矩阵族 F_3 中非 φ 量均为各分体中影响
 设计风格的流比较量, 如:

$$F_3 = [m(V_i, V_j)] = \begin{bmatrix} \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \mathbf{M}_{A1} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \mathbf{M}_{A2} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \mathbf{M}_{A3} & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & \mathbf{M}_{A4} & \varphi \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_{Ak} = [m_k(C_i, C_j)] =$$

$$\begin{bmatrix} I_{k1} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & I_{k2} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & I_{k3} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & I_{k4} & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & I_{k5} & \varphi & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & I_{k6} & \varphi & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & I_{k7} & \varphi \\ \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & I_{k8} \end{bmatrix}$$

其中, $k=1, 2, 3, 4$ 。图 4 表示了 F_3 中矩阵的嵌套
 关系, V_i 和 V_j 分别为行和列中分体, 列中的分体
 V_j 作为信息提供者, 行中的分体 V_i 作为信息接收者。
 矩阵中 \mathbf{M}_{Ak} 为分体 V_i 和 V_j 之间存在的信息
 依赖关系。当 $m(V_i, V_j) = \varphi$ 时, 表示分体 V_i 和
 V_j 之间不存在信息依赖关系。在矩阵 F_3 中, 分
 体 V_2 接受 V_1 输出的信息。 C_i 和 C_j 分别为分体
 间的流类型, I_{ki} ($i=1, 2, \dots, 8$) 为相应行列间的迭
 代, I_{k1} 为体量流的 T 元素, I_{k2} 为两分体最适包围
 盒体积比, I_{ki} ($i=3, 4, 5$) 为两包围盒在 X、Y、Z 方
 向线性尺寸比, I_{ki} ($i=6, 7, 8$) 为两包围盒中心点
 在 X、Y、Z 方向的坐标差。从下至上, 每层都代表
 着形体拓扑关系的考察评价项目, 也是产品形态
 设计风格描述的对象之一。

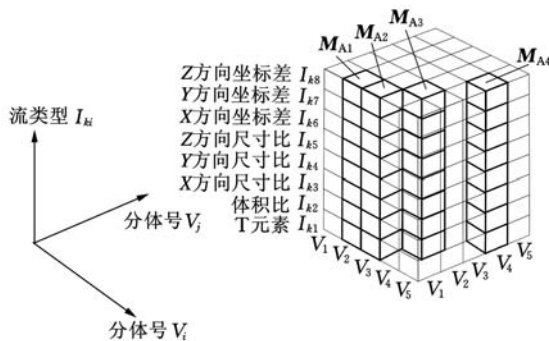


图 4 广义邻接矩阵的嵌套关系图

新旧产品形态原型广义邻接关系传承度矩阵
 中每一水平层传承度的值 C_{Ai} 可按式计算:

$$C_{Ai} = \sqrt{\sum_{k=1}^s \omega_{ki} C_{ki}^2} \quad (6)$$

其中, 每一水平层对应元素的值为

$$C_{ki} = (I'_{ki} - I_{ki}) / \max(I'_{ki}, I_{ki})$$

式中, s 为邻接关系系数; ω_{ki} 为权重系数。

形态原型广义邻接关系传承度矩阵为

$$F_G = [C_{Ai}] \quad i = 2, 3, \dots, 8$$

2.2.4 形态整体传承度的计算

形态整体传承度 C 由分体集传承度矩阵及形态原型广义邻接关系传承度矩阵中的元素集成, 分体集传承度为

$$C_{F_F} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \omega_i C_i^2} \quad (7)$$

形态原型广义邻接矩阵传承度为

$$C_{F_G} = \sqrt{\sum_{i=2}^8 \omega_i C_{\Lambda_i}^2} \quad (8)$$

形态整体传承度为

$$C = \sqrt{\omega'_1 C_{F_F}^2 + \omega'_2 C_{F_G}^2} \quad (9)$$

式中, $\omega_i, \omega'_1, \omega'_2$ 为权重系数。

2.2.5 权重系数的确定方法

系统中对象间组合的优先次序并不同。本文通过引入模糊一致关系, 将各属性的优先次序转变为权值, 实现对优先次序的定量描述, 具体的权重计算方法参见文献[11]。

3 形态传承判据的确定法则

产品形态传承的判据以矩阵的形式表现, 它是产品各分体及其拓扑、相对关系传承阈值的集合, 其矩阵元素与分体集传承度矩阵和形态原型广义邻接关系传承度矩阵各元素对应。

3.1 形态传承判据矩阵的基本概念

产品形态传承的判据矩阵是控制形态原型整体和各分体传承程度的界限, 是形态进行遗传和变异的尺度。新旧产品形态的最优语意等级矩阵进行差运算后, 同位矩阵元素差值 $\delta = 1$, 则对应矩阵元素值 $\epsilon_i = 0.1$ (依据感性工学可作适当调整)。矩阵 $E = [\epsilon_i]$ (i 为矩阵的元素号) 即为形态传承判据矩阵。最优语意等级矩阵与分体集传承度矩阵、形态原型广义邻接关系传承度矩阵相对应, 其概念将另文述及。

3.2 形态传承判据矩阵的构成

产品形态的传承度矩阵 F 由分体集传承度矩阵 F_F 和形态原型广义邻接关系传承度矩阵 F_G 组成。对应于传承度矩阵, 形态传承判据矩阵 E 由分体集传承判据矩阵 E_1 和分体组合传承判据矩阵 E_2 组成。其中, E_1 为一维列矩阵, $E_1 = [\epsilon_i]$ ($i = 1, 2, \dots, n$), E_2 为分体组合相对应的矩阵, $E_2 = [\epsilon_{\Lambda_i}]$ ($i = 2, 3, \dots, 8$)。

4 形态传承的评价与优化

4.1 形态传承的评价

形态传承的评价分为整体评价和各对应特征

属性评价两类, 特征属性评价采用矢量、张量分析方法对对应元素逐个分析比较, 即 $C_i < \epsilon_i, i = 1, 2, \dots, n; C_{\Lambda_i} < \epsilon_{\Lambda_i}, i = 2, 3, \dots, 8$ 。

整体评价采用对应于式(7)~式(9)的同样的阈值权值进行形态判据矩阵各元素的合成, 然后将产品形态整体传承度 C 与合成判据 E 比较, 即 $C < E$ 。

4.2 产品形态结构的优化

在产品形态原型传承评价的基础上, 可以通过传承模型对相应的形态结构进行优化, 以提高与客户所需产品设计风格的符合度, 为产品的创新性设计提供理论依据。

优化工作主要有: 在形态原型不变的情况下, 对产品进行个性化变型, 即改变形态原型中各分体的最适包围盒的形状或大小, 通过局部形态的变化, 尤其是重要视觉元素的变化来优化产品整体设计风格; 调整形态原型中各分体最适包围盒间的拓扑关系, 或调整各分体最适包围盒间相对体量、线性尺寸比、相对位置尺寸, 来优化产品形态的整体设计风格。

5 应用实例

以某品牌电动冲击钻为例进行验证。图5和图6分别为冲击钻改良设计前后的造型, 很显然它们钻头的形态完全一致, 而其他组成分体形态则有一定的变化。图7和图8分别为它们的形态原型, 图9显示了新产品四个分体的三种包围盒, 根据新旧产品的 F_1, F_2, F_3 元素值, 按照式(3)~式(9), 即可计算出冲击钻整体和分体的传承度(表1、表2)。式(3)~式(9)中权重系数将基于冲击钻的设计风格具体给定(略)。

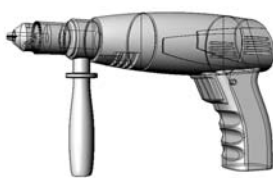


图5 旧产品造型

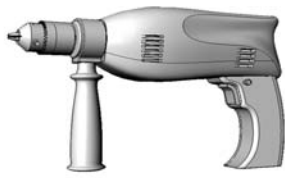


图6 新产品造型

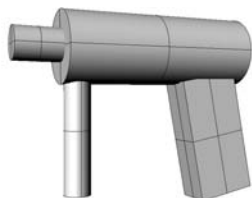


图7 旧产品形态原型

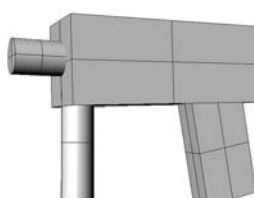
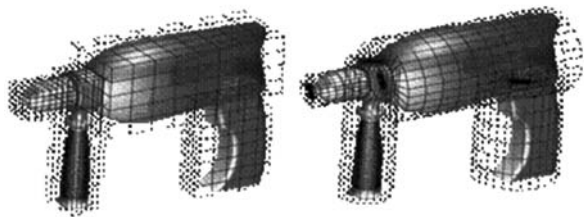
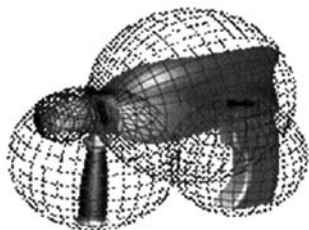


图8 新产品形态原型



(a) 长方体

(b) 圆柱体



(c) 球体

图 9 三种包围盒

表 1 冲击钻 GAM 中传承度值

C_{A1}	C_{A2}	C_{A3}	C_{A4}	C_{A5}	C_{A6}	C_{A7}	C_{A8}
传承度值	0.59	0.29	0.13	0.32	0	0.09	0.77

表 2 产品各项传承度值

	钻体	后柄	前柄	钻头	C_{Fp}	C_{Fg}	C
C_{1i}	0.15	0.15	0.36	0	0.175	0.26	0.22
C_{2i}	0.08	0.25	0.12	0			
C_i	0.12	0.21	0.27	0			

表 1、表 2 中的数据表明,传承度的数值能很好地反映新旧产品形态的传承性,传承度越小,传承性越好。例如,钻夹头的饱和度和相对尺度传承度均为 0,说明新旧产品的形态是完全一样的;从钻体的传承性来看, $C_{11}=0.15$ 和 $C_{21}=0.08$ 说明钻体形态变化不大; $C_{13}=0.36$ 和 $C_{23}=0.12$ 说明前柄形态饱和度有着较大的变化;从整体形态来看,由于 $C=0.22$,较小,通过确定适当的阈值 $E=0.25$,可以认为新产品在形态上较好地保持了设计风格。

6 结束语

品牌产品形态的传承作为一种延续品牌“生命力”的设计要义,已成为企业巩固其核心竞争力的法宝。本文提出了产品造型设计形态传承度的概念,理性地建立了产品形态传承度计算的基本思想,并构建了其计算法则,研究工作将为设计师进行品牌产品造型形态设计提供概念生成的理论

依据,也为品牌产品造型设计辅助系统的开发和设计风格的变化度测算奠定了基础。

在本文工作的基础上,后续将研究:①通过对几种品牌产品的实例分析,验证和完善形态传承度指标体系和计算法则;②开发基于形态传承度理论的品牌产品造型设计辅助系统。

参考文献:

- [1] Stiny G. Introduction to Shape and Shape Grammar [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1980, 7(3): 343-351.
- [2] 潘云鹤. 智能 CAD 方法与模型[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [3] 孙守迁, 张克俊. 基于组件约束的风格概念方案生成技术[J]. 中国科技论文在线, 2009, 4(2): 141-145.
- [4] Chang Chiencheng, Wu Junchieh. The Underlying Factors Dominating Categorical Perception of Product Form of Mobile Phones[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 39: 667-680.
- [5] 黄琦, 孙守迁, 路亮, 等. 基于特征匹配的产品风格认知方法[J]. 中国机械工程, 2003, 14(21): 1836-1838.
- [6] Chen Kuoxiang, He Mingquan, Guan Weisheng, et al. Hybrid Kansei Engineering System Applied to Product Design[J]. Industrial Design, 2004, 32(2): 108-117.
- [7] Xie Zhengfeng, Zhang Wufei. Research on the Effect of Product Design to User's Image[J]. Industrial Design, 2002; 30(2): 216-221.
- [8] Hui K C, Li Yadong. A Feature - based Shape Blending Technique for Industrial Design[J]. Computer-aided Design, 1998, 30(10): 823-834.
- [9] 韦俊民, 金隼, 林忠钦, 等. 产品族设计中的零件相似性评价方法[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(8): 1218-1222.
- [10] 杨颖, 张艳河. 品牌特征族的个性化产品造型设计研究[J]. 中国机械工程, 2009, 20(4): 460-466.
- [11] 高曷. 工业产品形态创新设计与评价方法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.

(编辑 袁兴玲)

作者简介: 高 曷, 男, 1965 年生。西安理工大学艺术与设计学院硕士研究生导师, 常州工学院机电工程学院副教授、博士。主要研究方向为产品造型设计理论、工业设计信息化。吉晓民, 男, 1958 年生。西安理工大学艺术与设计学院教授、博士研究生导师。郭 魂, 男, 1975 年生。常州工学院机电工程学院副教授、博士。史 丽, 女, 1980 年生。常州工学院艺术与设计学院讲师。