

基于局部形态融合的产品创新设计研究

袁浩^{1,2}, 薛澄歧¹, 卢章平², 毕伟³

(1. 东南大学, 南京 210096; 2. 江苏大学, 镇江 212013; 3. 江苏技术师范学院, 常州 213001)

摘要: 提出了局部形态融合以保持产品设计风格基因传承和创新的设计方法, 研究了自产品三维模型设计方案中提取形态特征曲线的方法, 利用已有的曲线融合算法, 实现了特征曲线的融合, 并将融合后的特征曲线替换产品三维模型中原有的特征曲线, 从而获得了大量新形态的设计方案。将该创新设计方法应用于产品创新设计中, 不仅可以实现多个三维模型的局部形态特征融合, 还可实现三维模型与图像、绘制曲线的特征曲线融合。

关键词: 产品创新设计; 特征提取; 渐变; 产品形态; 形态融合

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)20-0030-04

Product Innovative Design Based on Local Shape Integration

YUAN Hao^{1,2}, XUE Cheng-qí¹, LU Zhang-ping², BI Wei³

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013; 3. Jiangsu Teachers University of Technology, Changzhou 213001, China)

Abstract: A method of product design is given that can inherit the style and innovative design through integrating local product feature. The curves of shape feature from 3D model are mixed using the planar shape blending algorithm extraction, and the mixed curve become new shape feature of 3D model of product, then abundant designing schemes achieve. This new design method is applied in product design and get a satisfactory result, it can integrate several local shape features from not only several 3D models of product but also pictures, curves and sketch.

Key words: product innovative design; feature extraction; morphing; product shape; shape integration

产品形态不仅是产品功能的载体,更是一系列视觉语言符号的传达,传递了隐含的社会文化信息,蕴含着设计师的设计思想与设计理念。形态设计是工业设计领域中很重要的一个组成部分,是产品设计成败的关键^[1]。而形态设计实际上就是综合运用各种“形”元素,诠释设计思想,因此,成功的产品设计,其形态具有丰富的内涵,解读并有效利用这些形态不仅有利于对产品的理解,更有利于后续的产品设计和产品形态的创新设计。产品风格主要通过形态来表现,因此,产品风格基因的继承也可以通过产品形态元素来延续,研究产品形态的继承也有利于产品风格的保持和创新。

很多学者对产品形态创新进行了研究,提出了很多方法。如通过几何造型的切割、组合、变异和综合、

仿生和模型^[2];提出形态创造的几种途径:材料、结构和功能^[3],并给出了形态创新的2种方法^[4];利用感性工学,基于风格描述,提出产品外形设计的程序^[5];基于三维混合技术,通过不同形态产品进行混合,获得新的形态^[6-7]。

笔者针对产品形态提取方法进行了研究,将产品形态具现为产品模型提取的特征线,并对提出的特征线进行取舍,根据需要,对局部形态进行融合,提出了一种交互局部形态融合的产品形态创新设计方法,并应用到具体产品案例设计中,取得了良好的效果。

1 产品形态特征提取

产品可以表现为产品实物、产品照片图像、产品

收稿日期: 2011-06-11

基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目(10YJCZH036);江苏省教育厅高校哲学社会科学研究基金(2011SJB760004)

作者简介: 袁浩(1975—),男,江苏丰县人,博士生,东南大学副教授,主要研究方向为工业设计理论、计算机辅助工业设计。

三维模型等方式。产品实物可以通过拍照、素描等多种方式转化为数字化图像,进而通过数字图像的处理方法获得所需的特征线。笔者主要对产品三维模型的形态特征提取进行了研究。在产品的三维模型中,产品形态特征往往表现为一些特征线,产品网格模型及其相应的特征线,见图1,这种特征线实际上由两部分组成。从产品网格模型中提取的特征线见图2。

1.1 几何特征线提取

几何特征线是物体表面法曲率不连续或急剧变化形成的,其中凸出的部分为凸边线,凹陷的部分为凹边线。凸边线与凹边线具有视点非相关性,它的形成只与物体本身的几何变化有关,与视点的选取无关^[8]。

特征线提取技术主要研究如何从各种三维模型数据中,提取出能够反映模型几何特征语义的特征线元素。其基本方法分为2类:基于边的特征线提取技术和基于面的特征线提取技术。通过对产品三维模型的二面角进行统计分析,在大量实验数据基础上获得了自适应确定二面角阈值的方法,可以有效提取产品三维模型的几何特征线,提取效果理想。

设 E 为二面角取值试验,样本空间 Ω 为二面角取值个数,取 5° 为步幅,在 180° 内各角度段为样本 e ,在样本空间 $\Omega=\{e\}$ 中的每一个 $e \in \Omega$,都有一个实数 $\xi(e)$ 与之对应,则获得一个定义在 Ω 上的单值实值函数 $\xi = \xi(e)$,显然是一个随机变量,服从随机变量分布规律。二面角 α 数学期望为:

$$E\alpha = \sum_{k=0}^n x_k P_k \quad (1)$$

由于产品三维模型几何特征明显,因此采用二面角均值作为二面角阈值就可以提出理想的几何特征线,见图1和2,但是对于一般三维模型,如动物三维模

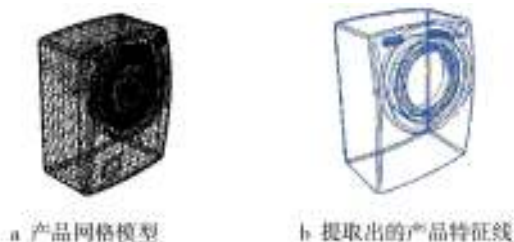


图1 特征线的概念

Fig.1 Concept of feature lines

型,几何特征线不是很明显,其二面角阈值的确定需要其他方法。



图2 从产品网格模型中提取的特征线

Fig.2 Feature lines from 3D mesh of product

1.2 轮廓线提取

轮廓线是三维空间曲面上法向量与视向量正交的点,在特定平面上的2D投影组成的线,对于三角网格模型来说,是法向量与视向量夹角余弦出现正负分界的点在特定平面上的2D投影组成的线。采用基于视点法提取轮廓线,如果两个面相邻,且一个为前向面,另一个为后向面,则两个面共享的边为轮廓线,这样就可以提取从某一视点方向的模型轮廓图,如图2为提取的轮廓线示例。

1.3 特征线处理与拟合

提取的特征线为散乱的线段,这种特征线给后续的特征融合带来很大困难,必须对其进行处理,拟合为样条曲线。由于获取的线段数量多且散乱,所以在拟合之前必须进行处理。特征线提取的过程见图3,首先将提取的特征线进行噪声滤波,提取出零散的线段,然后对特征线进行细化处理,类似于图像的细化处理方法,这样就获得了产品三维模型的特征线。显然,产品三维模型的特征线并不是产品设计中的形态,因为产品形态中的线条形状是最能体现产品风格、特色的几何元素,而提取的特征线是将产品三维模型中所有特征线提取出来,所以必须要进行一定的选择,挑选出能代表产品形态的特征线,为后续形态融合作准备。特征线提取的过程见图3,图3d即为交互挑选出的特征线。

2 局部形态特征融合

为了保留已有产品的风格基因,产生大量的新方案,很多学者采用三维形状混合技术以对已有产品三维模型进行混合。通过三维形状混合技术实现不同语义描述之间的混合,产生新的产品三维模型,应用于显示屏的设计^[9]。三维混合方法示例见图4,针对逆向工程中扫描获得的点云模型,提出运用点云切片的

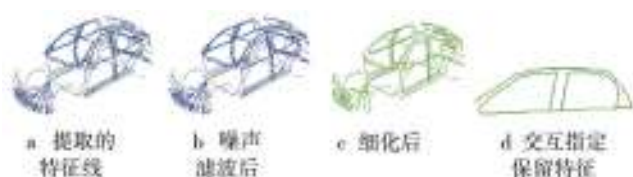


图3 特征线提取的过程

Fig.3 Process of feature lines extraction



图4 三维混合方法示例

Fig.4 A sample of morphing

三维形状混合方法^[7]。

目前,这些研究还难以应用,除了一些技术上的瓶颈问题,另外一个重要原因就是混合的对象是三维模型整体,无法控制三维模型的哪些特征进行混合,这就导致其应用性大大降低。对此,提出局部形态特征融合的思想,不仅可以多个模型特征融合在一起,还可以将图像中的特征曲线,甚至手绘曲线等融合到产品形态特征中,将此产品形态创新设计方法应用到产品创新设计中,取得了满意的结果。

提取的特征线已拟合为样条曲线,它代表了产品局部形态特征,这里定义为风格特征曲线。产品设计的过程就是风格特征曲线生成的过程,设计师的设计思想通过风格特征曲线物化为产品形态。风格特征曲线改变,产品形态显然改变,以一种新的形态出现,因此将不同产品风格特征曲线进行移植、融合,或者绘制出风格特征曲线对产品形态进行变更,则可以获得全新的产品形态。

曲线的变化、融合首先要求2条曲线对应,特别是端点要对应,采用基于端点邻近性策略的笔画匹配方法,并采用相应的匹配算法^[9],曲线匹配与融合过程见图5,将2条特征曲线端点对应后,将控制点数量、顺序



图5 曲线匹配与融合过程

Fig.5 Fitting and morphing of curves

进行处理以进行匹配。

3 局部形态融合应用实例

由于特征线的控制点已经匹配好,也就是原曲线与目标曲线特制点之间已经建立好影射关系,利用形状混合算法就可以实现特制线之间的渐变,如图5c,但是,混合后的曲线需要重新成为三维模型的特征线,特制线与其关联的三维目标点之间需要重新计算对应关系^[9],然后采用拉普拉斯形变方法重建三维模型得到形变结果。

在实际应用中,局部形态特征曲线可以自模型提取,也可以自图像提取。基于局部特征融合的产品创新设计见图6a,还可以是设计师重新绘制的曲

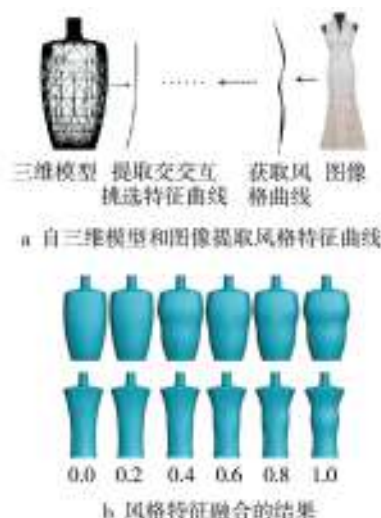


图6 基于局部特征融合的产品创新设计

Fig.6 A sample of innovative design with integration of local shape features

线,这使得特征曲线来源多样,灵活,提高了该方法的实用性,也提升了该方法融合获得方案的创新性。如图6为局部形态特征融合应用于化妆品容器的造型设计实例,原方案为某款“小护士营养维他蜜”容器的三维模型,经特征提取并交互选择出特征曲线。另一特征曲线取自中国传统服饰——旗袍的腰身曲线,如图6a;将提取的腰身曲线与原方案曲线进行融合渐变,并替代三维模型中的局部特征曲线,获得大量设计方案,如图6b,第1行为直接融合的结果,第2行则是对特征曲线进行简单镜像后获得的设计方案。

4 结语

针对产品形态基因继承与创新问题,提出了局部形态融合以保持产品设计风格基因传承和创新的设计方法。重点研究了通过产品三维模型设计方案进行形态特征曲线提取的方法,提取获得的特征曲线通过一定的处理变为可用的样条曲线,并通过交互挑选出需要特征融合的曲线段,利用已有的曲线融合算法,实现了特征曲线的融合,并将融合后的特征曲线替换产品三维模型中原有的特征曲线,从而获得大量新颖的设计方案,实现形态的继承和创新。将该创新设计方法应用于产品创新设计中,不仅可以实现多个三维模型的局部形态特征融合,还可以实现三维模型与图像、绘制曲线的特征曲线融合。

参考文献:

[1] 陈旭.产品形态设计及评价问题探索[J].桂林电子工业学院

学报,2000,20(2):87—89.

- [2] 熊兴福,曲敏,张峰.产品设计中的形态创意[J].包装工程,2005,26(6):171—173.
- [3] 祝燕琴.论产品设计中形态的创新[J].包装工程,2007,28(11):140—142.
- [4] 刘永翔.产品设计中形态创造途径与方法[J].工程图学学报,2004(3):86—90.
- [5] 王凯,孙守迁,杨颖.基于风格描述的产品外形设计[J].包装工程,2004,25(2):148—150.
- [6] HSIAO S W, LIU M C. A Morphing Method for Shape Generation and Image Prediction in Product Design [J]. Design Studies, 2002, 23(5): 523—556.
- [7] 李明珠.形状混合理论的研究与应用[D].镇江:江苏大学,2007.
- [8] 杨华春.基于设计草图的产品三维模型检索技术研究[D].镇江:江苏大学,2009.
- [9] 章菲倩,孙正兴,张尧焯,等.采用单笔画草绘的三维模型编辑方法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2010,22(9):1522—1528.

(上接第29页)



图6 茶杯托架健壮设计方案及使用方式

Fig.6 The robust design and using way of the cup holder

架能适应不同用户在工作台、书桌、床头板等不同的环境下使用,从而满足健壮性要求。

4 结语

提出了基于使用方式的产品健壮设计理论和方法,以产品使用方式为切入点,结合健壮因子的贡献度因素,创新性地采用行为动作生成和行为序列重构,优化产品使用方式与产品功能的匹配关系,实现了产品安全、舒适、高效的人机交互目标。但由于影响产品健壮设计的不确定因素较多,同时,用户行为本身也具有模糊性和随意性,所以,在后期的研究中,

将进一步完善因素变差和评价体制,实现产品的强健壮性要求。

参考文献:

- [1] 冯乙.产品使用方式与其造型概念的关系研究[D].北京:清华大学,2006.
- [2] 倪瀚,姜君臣.基于生活形态的产品设计研究[J].包装工程,2010,31(24):8—10.
- [3] 蔡晓宁.以人的行为方式为导向的产品设计研究[D].合肥:合肥工业大学,2009.
- [4] MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things[J]. New York: North Point Press, 2006.
- [5] 郭惠听.稳健设计研究现状与模糊稳健设计研究进展[J].机械设计,2005,22(2):1—4.
- [6] 巫宗萍.健壮设计及其在机械设计中的应用[J].机械设计与制造,2003,3(5):133—136.
- [7] GALVAO A. Human-Centered System Architecture: a Framework for Interpreting and Applying User Needs, Proceedings of ASME DETC04/DTM-57545[M]. Salt Lake City: 2004.
- [8] 田国会,吉艳青.基于多特征融合的人体动作识别[J].山东大学学报(工学版),2009,39(2):43—47.