

## 逆向工程在产品仿生设计中的应用研究

王卫东

(浙江工业职业技术学院, 绍兴 312000)

**摘要:** 从逆向工程与形态、结构、功能仿生的关系出发,分析了运用逆向工程技术进行仿生设计的实现方法,同时结合生物样本与逆向工程技术仿生设计出产品实体模型,在此基础上,利用模型分析功能对模型进行了分析与优化,使其在保证仿生功能的前提下具有流线型的外观,最后利用快速成型技术制作出样件来验证设计的合理性。此设计方式为产品创新设计提供了一种新的手段,缩短了设计时间,保证了产品设计的成功率。

**关键词:** 逆向工程; 仿生设计; 形态; 结构; 功能

**中图分类号:** TB472   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001-3563(2011)10-0036-04

### Application Research of Reverse Engineering in the Product Bionics Design

WANG Wei-dong

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** Based on the relations of form, structure, functional bionics and reverse engineering, the implement method of bionics design using reverse engineering is expounded, the product model is bionic designed combined biological sample and reverse engineering technique. And then, the model is analyzed and optimized to obtain the streamlined shape under the condition of encuring the biological function. At last, the prototype workpiece is manufactured by rapid prototyping technique to verify the rationality of product design. This design method provides a new approach of product innovation design, the design time is shorted and the success rate of product design is ensured.

**Key words:** reverse engineering; bionics design; form; structure; function

传统意义上进行仿生设计只是通过设计师对生物形态的自身把握与实际测量。设计师根据自己对产品结构形态的把握程度,进行草图绘制与概念设计,完全依赖设计师本身的立体思维将产品三维模型表现出来<sup>[1]</sup>。这样往往会花费相当长的时间,而且经常会出现无法构成与理想曲面相似的有机形态。如果将仿生设计与逆向工程原理的设计思想合理的结合在一起,可以很好的对产品设计进行优化。在仿生学思想的指导下,利用逆向工程方法把自然界的“天然设计”进行优化,把握其最根本的特征,从综合形态、功能、结构或材料等多个方面将产品的特征表达出来,这样可以节省由概念草图到产品成型的时间,并最佳把握仿生设计的合理性,同时又突出产品的个性,增强了产品的艺术性和趣味性,增加人与产品之

间的精神互动,使产品具有意象美与意蕴美。

### 1 逆向工程与形态仿生

逆向工程可以利用国内外先进技术在新产品开发方面提升出自自然物质的设计语意,概括的表现出仿生设计的内涵,从而设计出形态造型合理的产品。逆向工程在进行产品形态仿生设计时,从需要进行仿生设计的生物出发,对生物体外部形态进行分析,这种分析可以是具象的,也可以是抽象的。在进行仿生设计过程中,首先将需要仿生的生物进行处理,使其符合三维扫描的需要。如需要则对生物标本进行表面着色处理,以防止在使用三维激光扫描仪进行扫描过程中,表面的反色对其生成曲面点云的影响,着色处

收稿日期: 2010-12-02

基金项目: 浙江工业职业技术学院校级科研项目(KY2010177)

作者简介: 王卫东(1978-),男,河北衡水人,硕士,浙江工业职业技术学院讲师、工程师,主要研究方向为工业设计和先进制造技术。

理后的生物样品风干后可用于三维扫描测量<sup>[2]</sup>。从生物中选取研究对象,然后使用三维扫描系统获取表面数据,利用扫描仪对所选生物研究对象的形态进行扫描,找出产品的形态特征,选取图像后将其转换为空间坐标,形成完整扫描形态的三维坐标点云。对生物原型进行研究并数字化,将研究所得的生物资料简化,吸收对产品形态设计有益的内容,利用逆向工程技术得到一个生物形态模型或实体模型,然后用模型的手法,对生物体进行定量分析,应用现代设计方法学原理、生产工程学、材料学和有关专业知识进行系统地分析和研究,掌握其关键技术,以形成最终的优化产品模型。

仿生设计是对自然生物的再创造过程,而不是单纯的模仿,更注重“神似”而非“形似”,因此在设计过程中要合理运用逆向设计思维和方法。特别是对生物形态进行局部仿生时,曲线曲面的追加造型显得更加重要<sup>[3]</sup>,这时合理运用逆向设计,将大大简化设计过程并有效地提高设计速度和设计效果。

## 2 逆向工程与结构仿生

仿生设计创造的源泉是取之不尽,用之不竭的。它是“仿中有创”,通过仿照生物的形态、结构、功能等手段,创造出实用、美观的产品,满足人们的物质需求和精神需求。结构仿生设计主要研究生物体和自然界物质存在的内部结构原理在设计中的应用问题,适用于产品设计和建筑设计等。研究最多的是植物、昆虫以及动物形体、骨骼、肌肉的结构与产品设计之间的关系<sup>[4]</sup>。结构设计主要解决科学性和技术性的问题,同时体现实用性、保护性和方便性。现代仿生设计正在从简单的形态仿生设计发展到模仿生物的结构及运动原理,而利用逆向工程在进行产品结构仿生时,更能快速地根据消费群体的心理需求找到对应的生物结构与设计之间的关系。从功能出发,在感性认识的基础上利用逆向工程技术根据生物的结构形态进行产品结构的设计,建立一个生物模型,对照模型进行定性分析,用模型模拟生物结构原理。通过对生物躯体结构以及肢体运动功能的分析,运用逆向思维的方法,将生物躯体结构简化为造型时常用的特征,或者将其肢体运动功能简化为机械设计中常用的各种结构,从而运用逆向工程反求出生物模型并对仿生产

品结构进行优化。在此过程中,同一结构设计可以配合不同的外观设计,但一般不以外观设计为基础来改变结构设计。

在利用逆向工程进行产品结构仿生设计时,昆虫往往作为仿生对象利用的比较多,这是因为作为一种经历了数十万年环境变迁的古老物种,在自然界优胜劣汰的进化中各种特殊的结构必定是合理的,在一些昆虫的身上既有能够适应飞行的轻量型结构,又有能够保护躯体的高强度结构,还有能够使其附着在各种光滑表面的摩擦结构等<sup>[5]</sup>。这已经发展成为工业产品仿生设计与自然的和谐关系,以及改进人类生活方式的一个重要途径和研究方向。因此,昆虫一直是结构仿生研究的热点。

## 3 逆向工程与功能仿生

功能仿生设计主要研究产品的设计与生物体以及自然界其他物质在功能原理上存在的联系,并试图用这些原理去改进或建造新的产品,以促进产品功能的改进与提高。逆向工程技术在产品功能仿生设计中的应用,主要是针对自然界中生物的某些特征所具有的特殊功能,将其引入到产品设计中从而使产品获得与仿生对象相类似的功能。由于生物几何尺寸有大有小,仿生设计的产品与反求对象的特征在外形、尺寸等方面并不追求其完全相同或相似,而是以获取有价值的功能信息为主要目的。在进行功能仿生设计时可以运用逆向设计方法将自然生物的功能原型转换成产品特有的元素,运用创造性的思维与巧妙的工艺,再辅之现代的设计理念,贴合舒适的造型形态来实现对功能的追求。

周围许多产品的功能形式,来源于对动植物功能的模仿,如春秋战国时期的鲁班从锯齿形的草叶“悟”到了锯的原理,飞机的结构源于飞鸟的双翼,钢结构的建筑框从蜂巢仿制而来。功能仿生不仅造就精妙绝伦的构造,更重要的是它尊崇自然,并洋溢着浓厚的人文主义气息,使它游离于浮华喧嚣的闹市,成为我国源远流长的美学传统与典范。

## 4 设计案例分析

利用逆行工程进行仿生设计时首先选择与设计

有本质关联的合适生物体作为样本,然后使用三维扫描系统获取样本表面数据,对生物原型进行研究并分析点云数据,将研究所得的生物资料简化,吸收对产品设计有益的内容,利用后处理软件得到一个生物模型,对生物模型进行分析、评价、决策,然后再利用快速成型技术得到产品的样件,以形成一种闭环反馈,最终得到产品优化模型。

#### 4.1 扫描点云与处理

本设计选择狗作为研究对象,选择狗的头部作为仿生设计的数据来源,采用 Holon-3DS 系列三维扫描仪进行生物的点云扫描,获取产品几何点云数据。运用反求设计后处理软件对点云数据进行处理,其中包括修补点云、稀释点云、点云拼合、除噪声等关键环节<sup>[6]</sup>,从而在仿生原型的基础上,取长补短,进行创新设计,仿生设计对象与扫描点云,见图1。

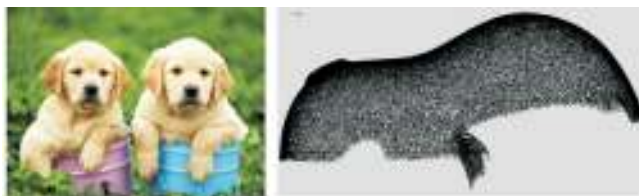


图1 仿生设计对象与扫描点云

Fig.1 The bionics design part and scanned point clouds

#### 4.2 产品仿生设计

此款产品主要针对儿童心理进行设计,在产品设计时抓住儿童喜欢动物的天性,选择狗叼骨头的造型进行设计,在产品设计的过程中利用形态仿生,对生物点云进行造型设计,在设计的过程中往往根据认知对象的具体特征,用抽象几何概念的点、线、面来表达几何结构的描绘<sup>[7]</sup>,对生物几何结构分析,将复杂的生物形态概括成简单的几何结构进行仿生设计,对其主要特征进行提炼概括,省略和删减次要特征,从所保留的主要特征中仍能够识别出生物形象。在产品设计时,根据采集数据,生成NURBS曲线,由控制网格生成曲面,设计师依据仿生设计准备阶段对产品原型的了解,从美学原则、人机工学原则、顾客需求心理、商品价值等角度进行结构设计和色彩设计。此时运用仿生学的原理,赋予产品一个形象的外观造型。将生成的曲面进行误差分析其实质是对生成的曲面与点云数据进行对比分析,比较曲面与点云数据的误差。这种仿生形态的宜人性可使人 与产品之间更加亲近,

并蕴含着生命的活力。曲面生成后可调用曲面应用模块中的模型分析功能,对曲面进行厚度分析、曲率分析、等参线分析等来帮助决策。儿童牙刷牙膏架上盖、下盖仿生设计曲面斑马线分析结果,见图2。该设



图2 儿童牙刷牙膏架上盖、下盖曲面斑马线分析

Fig.2 The zebra analysis of the top cover and lower cover of baby toothbrush holder

计利用狗叼骨头这一功能,儿童牙刷可以放在骨头的两端,便于牙刷的放置;产品中的狗耳朵采用抽象仿生设计可以开合,打开后内部空间可以放置牙膏,儿童牙刷牙膏架仿生设计结果,见图3。



图3 儿童牙刷牙膏架仿生设计结果

Fig.3 The bionics design result of baby toothbrush holder

#### 4.3 产品快速成型

快速成型技术中引入逆向工程,依据产品造型进行样件试制,检验设计结果与原型性能是否有差别<sup>[8]</sup>;验证设计结果所需材料和配件的可获得性,可以形成一个从设计、制造、检测、修改的闭环反馈系统,这样能够充分发挥从逆向工程到快速成型制造优势,对成功进行产品创新设计有着十分重要的意义,儿童牙刷牙膏架快速成型结果,见图4。

由以上例子可以看出,仿生设计可以是局部也可以是整体的模仿<sup>[9]</sup>,有的还可以把几种仿生设计相互结合,甚至很难确定作品的模仿来源,这就是元素的融合。仿生设计在生活中的优势是显而易见的,它采用



图4 儿童刷牙牙膏架快速成型结果

Fig.4 The RP result of baby toothbrush holder

自然中的各种元素进行融会贯通,是设计的根本来源。

## 5 结语

设计的源泉来自于自然,设计的结果又折射于自然,在转化中取得了一个平衡点。仿生设计的意义在于:它把人类社会与自然生态联系在一起,而利用逆向工程把理想的生物形态、结构、功能引入到产品仿生设计中,可以减少产品设计的不确定性,为产品创新设计提供有力的支持,为设计师进行产品设计提供一种新的手段,使仿生设计的产品回归自然,这也将

是改进人类生活方式的一个重要途径和研究方法。

### 参考文献:

- [1] 李世武,佟金,张书军,等.逆向工程技术与工程仿生[J].农业机械学报,2004,35(3):109-112.
- [2] 陈哲,庄苗.产品曲面造型中仿生学与反求思想的结合运用[J].机械工程师,2009(4):44-47.
- [3] 郭南初,熊志勇.产品形态仿生设计与逆向工程技术[J].包装工程,2006,27(10):218-219.
- [4] 陈为.工业设计中仿生设计的应用[J].机械研究与应用,2003,16(4):9-12.
- [5] 曹丰,李东旭,管自生.结构仿生的研究进展[J].材料导报,2005,19(11):211-213.
- [6] 王秀英,刘锡国.逆向设计中点云数据处理技术的研究进展[J].机械设计与制造,2009(9):191-192.
- [7] 孙媛媛,张小开.抽象仿生在产品设计中的应用模式研究[J].包装工程,2008,29(9):132-134.
- [8] 王坤茜,林捷晖,徐人平.基于快速原型(RP)的产品创新设计[J].包装工程,2005,26(2):138-139.
- [9] 杨丽英,孙宁娜,张文莉,等.从生物到产品的仿生设计程序[J].包装工程,2010,31(12):15-18.

(上接第29页)

逐步过渡到品牌产品竞争,而品牌产品一定要从满足用户的“产品实用功能需求、感觉需求、交互需求、情感需求、社会需求、自我需求”这一用户体验设计出发,才能使其具有很强的竞争力,因此,用户体验设计已成为品牌产品竞争一种新的设计方法。

### 参考文献:

- [1] 沈艳,姬李皓.体验设计在产品中的体现[J].大众科技,2008,108(8):194-195.
- [2] 佚名.用户体验[EB/OL].<http://baike.baidu.com/view/274884.htm>.
- [3] 新锐国际.可用性是指标、用户体验是目标、UCD是思想

[EB/OL].[2009-03-06].<http://www.soft6.com/html/tech/13/131302.shtml>.

- [4] SHEDROFF Nathan.Experience Design[M].Indiana:New Riders Publishing,2001.
- [5] 罗仕鉴,朱上上.用户体验与产品创新设计[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [6] 佚名.马斯诺的“人生5个需求层次”[EB/OL].[2009-08-12].<http://wenwen.soso.com/z/q149257018.htm>.
- [7] 余玉亮,陈震邦.产品设计与实现——工业设计实例解析[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [8] 信建英.奢侈消费社会下设计与品牌指价值实现的互动关系[EB/OL].<http://wenku.baidu.com/view/d8c9886925c52cc58bd6beb1.html>.
- [9] 王维东.张扬个性表现自我18款各职业女性手机[EB/OL].[2010-05-27].<http://www.pcpop.com/doc/0/537/537359.shtml>.