

高等院校工业设计规划教材

仿生设计

F A N G S H E N G S H E J I

孙宁娜 张凯 / 编著

- 由多位长期从事产品设计教学第一线的教师共同倾力完成
- 完美展示产品仿生设计的理论体系、研究内容和训练方法
- 以一线案例带动理论知识的学习，激发读者的设计灵感



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等院校工业设计规划教材

仿生设计

孙宁娜 张凯 / 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

产品仿生设计是产品设计与仿生学这两个边缘科学相结合的产物，是产品设计实践中非常重要的设计方法，也是现代工业设计发展中重要的发展趋势之一。本教材根据产品设计的教学要求，探索仿生设计在产品教学设计中的设计理念、设计方法等方面的具体应用。内容主要包括仿生学与仿生设计的基本理论及发展现状、产品仿生设计的基本概念与发展趋势，新设计理念下的产品仿生设计，产品仿生设计应用，仿生设计的形态提取训练，产品仿生设计的形态设计方法，产品仿生设计程序。

读者通过对本教材的了解，能够掌握产品仿生设计的基本理论、基础训练方法、设计程序等方面的内容，同时教材中精选了大量的设计案例，为读者开拓设计视野起到了很好的引导作用，并真诚希望能够对从事产品设计学习的读者们予以帮助。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据
仿生设计/孙宁娜, 张蓓编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.5

高等院校工业设计规划教材

ISBN 978-7-121-22731-1

I. ①仿… II. ①孙… ②张… III. ①仿生学—应用—工业设计—高等学校—教材 IV. ①TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 057294 号

责任编辑: 田蕾

特约编辑: 赵海红

印刷: 涿州市京南印刷厂

装订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.25 字数: 262.4 千字

印次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

定价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

参与本书编写的人员有: 黄成、赵博、孙宁娜、隋凌燕、艾萍、王天建、李艳、张蓓蓓、姜洪奎、崔闽清、贾红晨。



即将出版

前言

丛书编委会成员

(排名不分先后)

赵博	戚彬	王建华	刘春媛	隋凌燕
贺松林	姜勇	张泉	李达	徐淑芳
艾萍	王天健	李艳	张蓓蓓	姜洪奎
崔闽清	史淑慧	刘进	范波涛	李华
沈学会	尚凯	陈旭	黄晓瑜	庾萍
田蕴	毛斌	王馥琴	叶德辉	孙宁娜
张凯	贾红晨	刘志刚	黄晓燕	许强

010-63751190

010-63751190

(人民邮电出版社)

出版说明

DESCRIPTIONS

艺术学院与机械工程学院中相关专业均可选取本套教材。

主要专业

本套教材可服务的专业主要有：工业设计、产品设计、模具设计与制造、数控加工与制造4个专业。

专业名称	专业培养目标
工业设计专业	系统地掌握本专业必需的基本理论知识和必备的基本技能及方法，具有较强的实践动手能力，适应全国经济建设和社会发展需要，适合具备汽车、家电、家居饰品、首饰等产品造型设计能力的高级应用型专门人才学习
产品设计专业	掌握本专业必需的基础理论与技能，具有独立创新和一定的审美能力，具有较强的产品电脑设计和造型设计能力，具备现代工业产品造型设计、产品包装设计、产品生产管理等各方面能力的高素质技能型人才
模具设计与制造专业	培养模具设计与制造的高级应用型技术人才，毕业生可从事企业生产所需模具及其工装的设计与制造、模具装配与调试、模具企业经营与管理工作
数控加工与制造专业	掌握本专业的基本技术知识，具有扎实的理论基础、精湛的操作技术，具备解决复杂工艺难题的能力，可作为熟练掌握数控加工工艺和数控加工程序编制方法，熟练进行数控加工设备的操作和维护的生产第一线技术骨干和生产现场的技术带头人的参考书

教材特色

- 创新性——突出科技与艺术的结合，体现现代工业设计领域的新技术、新材料、新工艺，引领未来工业设计领域的发展趋势。
- 系统性——涵盖工业设计专业的所有学科，特别是新兴学科，对于新开本专业的院校具备一定的指导性。
- 实用性——突出以人为本的理念，强调培养个人能力为目标，注重针对学院培养实用性人才策略。
- 环保性——教材内容强调绿色、环保、节能理念，并具有可持续发展性。
- 延展性——教材编写者均为业内知名教师与一线设计名家，后续可以为广大教师与学生提供完善的交流学习平台。

根据课程的特点，为教师开发了相关配套教学资源，以教材为核心，从教师教学角度出发，为教师提供了PPT教学课件、电子教案与学时分配建议表，可以大大提高教师的教学效率。

根据每本教材的不同，有针对性地为学生提供相关的练习素材与拓展训练，方便学生练习使用。为了方便使用本套教材授课的教师与本套教材编写专家沟通，特创建了“教师授课交流QQ群，可容纳1000名教师同时在线交流”。获取以上教学支持的方法如下：

电子邮件：ina@fecit.com.cn;kdx@fecit.com.cn

联系电话：010-88254160

教师QQ群号：218850717（仅限教师申请加入）

— 前言

著名设计师克拉尼说过：“设计的基础应来自诞生于大自然的生命所呈现的真理之中”。从人类有意识地进行造物设计开始，便不断地模仿自然，向大自然学习。经过长期的经验积累所形成的仿生设计理论与方法被人们广为接受并应用于各个领域。作为产品设计和仿生学这两个边缘科学相结合的产物，产品仿生设计一直是工业设计实践中非常重要的设计方法。在目前的产品设计专业教学与实践，产品设计基础训练、产品功能设计、产品形态设计、产品结构等方面，仿生设计的应用都非常广泛。本教材系统与详细地介绍了产品仿生设计的发展与应用。其主要内容包括仿生学的起源与发展；仿生设计的研究内容；产品仿生设计与现代各学科与主流设计理念之间的联系；产品仿生设计的基础训练，以及产品仿生设计的程序与方法等方面。本教材紧扣产品仿生设计的实际需求，读者通过对教材的学习，能够掌握产品仿生设计的基本理论、基础训练方法、设计程序等方面的内容。书中精选了大量的设计案例，为读者开拓设计视角起到了很好的引导作用，同时希望能够对从事产品设计学习的同学予以帮助。

本书是由多位长期从事产品设计教学第一线的教师共同完成的，通过各位教师的努力，将产品仿生设计的理论体系、研究内容和训练方法等整理成册，同时也是各位教师在多年的教学经验、课堂训练的总结与结晶。尤其是本教材突出地整理并总结了产品仿生设计中的基础训练方式、产品仿生设计程序与方法等方面的内容，以期为读者在产品仿生设计相关教学与实践提供指导和参考。

本教材能够如约面世，需要感谢几位编者的辛苦付出，尤其感谢江苏大学艺术学院李明珠、董佳丽、杨丽英、贾红梅等多位老师的参与编写；感谢江苏大学工业设计系的多位同学提供的课程作业作为范例图示；感谢很多同仁的支持与帮助及今日发达的网络技术为编辑案例提供搜索，并真诚感谢那些通过网络提供案例的作者们，再次表达编者们的衷心的感谢。

由于时间、人力、水平和其他条件限制，本教材中产品仿生设计的理念和仿生设计的基础训练方法等内容是编者自己的理解认识和教学实践总结而成的，难免还有些认识上的不足或者疏忽遗漏之处，还请读者批评指正。

编著者

第1章 仿生学与仿生设计	1
1.1 仿生学概述	2
1.1.1 仿生学	2
1.1.2 仿生学的研究现状	2
1.1.3 仿生学的意义	3
1.2 仿生设计概述	4
1.2.1 仿生设计起源	4
1.2.2 仿生设计的发展	4
1.2.3 仿生设计的研究内容	6
思考与分析	13
第2章 产品仿生设计	14
2.1 产品仿生设计简介	15
2.2 产品仿生设计的特点	16
2.2.1 依托仿生学研究成果, 为产品设计提供科学技术支持	16
2.2.2 体现设计的自然亲和力	16
2.2.3 为产品造型提供形态素材, 激发设计灵感	17
2.2.4 赋予设计作品更多的精神与文化内涵	18
2.3 产品仿生设计的发展趋势	18
2.3.1 强调师法得体, 体现人的认知差异性	19
2.3.2 强调学科理论的系统化应用, 体现设计理念的多元化融合	20
2.3.3 强调情感与文化内涵, 满足人们对产品高层次的需求	21
2.3.4 强调仿生功能的全面化, 实现人类发展的可持续性	22
思考与分析	24
第3章 产品仿生设计中的设计理念	25
3.1 师法自然与产品仿生设计	26
3.1.1 师法自然	26
3.1.2 设计师法自然的意义	29
3.2 生态意识与产品仿生设计	30

3.2.1	产品生态设计	31
3.2.2	产品仿生设计实现生态、可持续发展理念	31
3.3	可用性与产品仿生设计	34
3.3.1	可用性的概念	34
3.3.2	产品仿生设计与可用性设计	35
3.4	情感表达与产品仿生设计	37
3.4.1	情感化设计的概念	37
3.4.2	仿生设计在情感化设计中的应用	38
3.5	体验需求与产品仿生设计	41
3.5.1	体验设计	41
3.5.2	产品仿生设计中的体验诉求	42
3.6	产品语意与产品仿生设计	46
3.6.1	产品语意学	46
3.6.2	产品语意学与产品仿生设计	47
3.6.3	产品仿生设计的外延性语意	48
3.6.4	产品仿生设计的内涵性语意	49
3.7	产品仿生设计的文化显现	52
3.7.1	仿生设计丰富人类的物态文化	52
3.7.2	仿生设计折射出人类价值观念的转变	52
3.7.3	仿生设计提升设计审美	52
3.7.4	仿生设计赋予产品更多的文化内涵	53
	思考与分析	53
第4章	产品仿生设计应用	54
4.1	产品设计中的功能仿生	55
4.1.1	关于产品功能	55
4.1.2	产品功能仿生设计	55
4.1.3	功能仿生设计要点	58
4.2	产品仿生设计中的形态仿生	63
4.2.1	关于产品形态	63
4.2.2	产品形态仿生设计	63
4.2.3	形态仿生设计要点	66
4.3	产品仿生设计中的结构仿生	70
4.3.1	关于产品结构	71
4.3.2	产品结构仿生设计	71
4.3.3	结构仿生设计要点	74
4.4	产品仿生设计中的色彩仿生	76
4.4.1	关于产品色彩	76
4.4.2	产品色彩仿生设计	76
4.4.3	色彩仿生设计要点	79

4.5 产品仿生设计中的表面肌理仿生	84
4.5.1 关于产品表面肌理	84
4.5.2 产品肌理仿生设计	84
4.5.3 表面肌理仿生设计要点	86
思考与分析	87
第5章 仿生设计的基础训练	88
5.1 仿生对象的定位与研究	89
5.1.1 仿生对象的确立	89
5.1.2 仿生对象特征的收集与整理	91
5.1.3 确定仿生对象的选取视角	93
5.2 仿生形态的二维基础训练	95
5.2.1 二维形态的构成要素——点、线、面	95
5.2.2 仿生对象中二维形态特征的抽取	97
5.2.3 设计形态完善的要点与方法	100
5.3 仿生形态的三维基础训练	102
5.3.1 二维仿生形态到三维仿生形态的演变方法	102
5.3.2 立体形态的设计要点	107
5.4 仿生设计的色彩基础训练	108
5.4.1 色彩的基础知识	108
5.4.2 自然色彩与色彩的固有感知	110
5.4.3 色彩仿生的基础训练方法	111
5.4.4 设计色彩在产品中的应用	115
思考与分析	116
第6章 产品仿生设计的形态设计方法	118
6.1 具象仿生和抽象仿生	119
6.2 整体仿生和局部仿生	120
6.3 动态仿生与静态仿生	122
6.4 单体仿生和组合仿生	124
思考与分析	125
第7章 产品仿生设计程序与方法	126
7.1 从产品概念到仿生对象的仿生设计程序	127
7.1.1 确立产品概念	127
7.1.2 选取仿生对象	130
7.1.3 提取仿生对象特征	131
7.1.4 简化与抽象仿生对象特征	131
7.1.5 应用特征进行设计	132
7.1.6 设计细化	132

7.1.7	模型制作、设计展示及综合评估.....	132
7.1.8	设计提案的产品化.....	133
7.1.9	从产品到仿生对象的设计程序案例——奔驰概念车的设计.....	133
7.1.10	仿生设计程序的延展应用案例——“NEEZA（哪吒）概念车”的设计..	137
7.2	从仿生对象到产品的仿生设计程序.....	145
7.2.1	确立仿生对象.....	145
7.2.2	确定仿生对象概念.....	146
7.2.3	提取仿生对象特征.....	146
7.2.4	简化与抽象仿生对象特征.....	147
7.2.5	应用特征进行设计.....	147
7.2.6	设计细化及展示.....	148
	思考与分析.....	149
	参考文献.....	150



主要特点

1. 全面梳理仿生设计的基本概念及其发展历程。

2. 详细阐述仿生设计的研究意义和理论现状。

本书特点

本书立足于仿生设计的基本概念，了解仿生学、仿生设计的研究现状及其发展历程，探索在现代设计中以“仿生思维”理论出发，学习仿生学及仿生设计所具有的重要意义。

第1章 仿生学与仿生设计



教学目的:

- 介绍仿生学和仿生设计的基本概念及其发展过程。
- 讲解仿生学与仿生设计的研究意义和研究现状。

教学重点:

掌握仿生学和仿生设计的基本概念,了解仿生学、仿生设计的研究现状及发展趋势,理解在现代设计中以“师法自然”理念出发,学习仿生学及仿生设计所具有的重要意义。

1.1 仿生学概述

仿生学是在20世纪中期才出现的一门新的边缘科学。仿生学研究生物体的结构、功能和工作原理,并将这些原理移植于工程技术之中,发明性能优越的仪器、装置和机器,创造新技术。仿生学开辟了独特的技术发展道路,它大大开阔了人们的眼界,显示了极强的生命力。

1.1.1 仿生学

仿生学(Bionics)是指涵盖生物电子学、生物传感器、生物仿真材料、生物物理学、生物电机和生物大分子的自装配等的一门交叉学科。主要是研究和建立一类人工系统,使之具有生命系统的某些特性。例如,关于信息接受(感觉功能)、信息传递(神经功能)、自动控制系统等,这种生物体的结构与功能在机械设计方面给了很大启发。

作为一门独立的学科,仿生学正式诞生于1960年9月。在美国空军航空局召开的第一次仿生学会议上,由斯梯尔博士(Jack·E·Steele)为这门新兴的科学命名为“Bionics”,希腊文的意思代表着研究生命系统功能的科学,并把仿生学定义为:“是模仿生物系统的原理来构造技术系统,或者使人造技术系统具有类似于生物系统特征的科学”。简言之,仿生学就是模仿生物的科学。确切地说,仿生学是研究生物系统的结构、特质、功能、能量转换、信息控制等各种优异的特征,并把它们应用到技术系统,改善已有的技术工程设备,并创造出新的工艺过程、建筑构型、自动化装置等技术系统的综合性科学。从生物学的角度来说,仿生学属于“应用生物学”的一个分支;从工程技术方面来看,仿生学根据对生物系统的研究,为设计和建造新的技术设备提供了新原理、新方法和新途径。1963年我国将“Bionics”译为“仿生学”。

从仿生学的诞生、发展,到现在短短几十年的时间内,它的研究成果已经非常可观。仿生学的问世开辟了独特的技术发展道路,也就是向生物界索取蓝图的道路,它大大开阔了人们的眼界,显示了极强的生命力。

例如,蜻蜓能在很小的推力下飞翔,不但可向前飞行,还能向后和左右两侧飞行,其向前飞行速度可达72km/h,经研究发现蜻蜓通过翅膀振动可产生不同于周围大气的局部不稳定气流,并利用气流产生的涡流来使自己上升。科学家根据蜻蜓翅膀的结构与工作原理研制成功了直升飞机。

1.1.2 仿生学的研究现状

历经近一个世纪的研究,仿生学发展至今,目前的研究范围主要包括:力学仿生、分子仿生、能量仿生、信息与控制仿生等。

1. 力学仿生

力学仿生是指研究并模仿生物体大体结构与精细结构的静力学性质,以及生物体各组成部分在体内相对运动和生物体在环境中运动的动力学性质。例如,建筑上模仿贝壳修造的大跨度薄壳建筑,模仿股骨结构建造的立柱,既消除应力特别集中的区域,又可用最少的建材承受最大的载荷。军事上模仿海豚体形及皮肤的沟槽结构,并将其研究成果应用到潜艇设计上可减少航行湍流,进而提高航速,如图1-1所示。

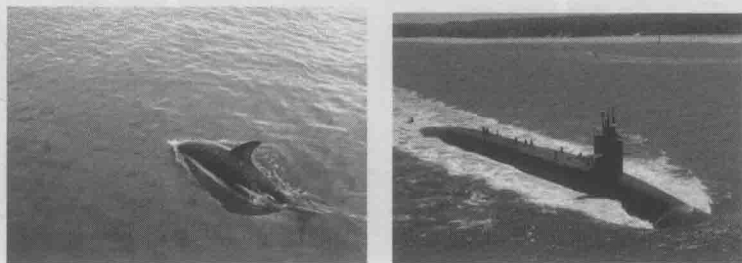


图 1-1 以海豚形体为仿生对象的潜艇设计

2. 分子仿生

分子仿生是指研究与模拟生物体中酶的催化作用、生物膜的选择性、通透性、生物大分子或其类似物的分析和合成等。例如,在搞清森林害虫舞毒蛾性引诱激素的化学结构后,研发人员合成了一种类似的有机化合物,在田间捕虫笼中用千万分之一微克,便可成功诱杀雄虫。

3. 能量仿生

能量仿生是指研究与模仿生物电器官生物发光、肌肉直接把化学能转变成机械能等生物体中的能量转换过程。例如,人们在研究萤火虫后发现萤火虫腹部的发光器在自身含有的荧光酶的作用下,把化学能转变成光能。于是人工分离出荧光酶,并合成人工荧光素,制成生物光源,这种光源可在充满爆炸性瓦斯的矿井中当闪光灯。由于这种光没有电源,不会产生磁场,因而在生物光源的照明下做清除磁性水雷等工作。

4. 信息与控制仿生

信息与控制仿生是指研究与模拟感觉器官、神经元与神经网络,以及高级中枢的智能活动等方面生物体中的信息处理过程。例如,根据象鼻虫视动反应制成的“自相关测速仪”可测定飞机着陆速度;根据复眼视网膜侧抑制网络的工作原理,研制成可增强图像轮廓、提高反差从而有助于模糊目标检测的一些装置,等等。

1.1.3 仿生学的意义

从仿生学的概念来看,仿生学如“桥梁”和“纽带”,连接着生物科学与工程技术。科学研究的对象首先是自然世界,科学研究就是揭示自然规律,生物科学就是人们采用物理学的、

数学的甚至是技术的模型对生物系统开展研究,在深入探索自然生物系统的发展规律过程后所获得的科学理论成果。人造机器与生物系统有许多共同之处,仿生学就是将生物科学的理论成果应用于工程技术当中,开辟了独特的新技术发展的道路。20世纪50年代以来,人们自觉地把自然界作为各种技术思想、设计原理和创造发明的源泉,短短几十年的时间,仿生学的研究方法及其研究成果已经被应用于各个领域当中。

1.2 仿生设计概述

仿生设计 (Biodesign) 是在仿生学和设计学的基础上发展起来的一门新兴综合学科。其以自然界的“形”、“色”、“音”、“功能”、“结构”等为研究对象,通过了解、探索生物系统优异的功能结构、形态外观、物质组成、信息控制,乃至色彩等各种生物特征及其原理,并有选择地将它们综合应用到人类的造物设计当中。

自古以来,人类与大自然为邻,自然界中的生物具备的各种奇异本领不断吸引人类探索与模仿。在认识世界、改造世界的发展过程中,既启发了人类的智慧,同时丰富了人类的才能,增强了自身适应自然与改造自然的能力。

在某种意义上,仿生设计是仿生学的延续和发展,是仿生学研究成果在人类生存方式中的反映。同时,仿生设计结合仿生学的研究成果,为人类的造物设计提供新的思想、新的原理、新的方法和新的途径。时至今日,仿生学作为一种系统的、科学的创造性方法,常常运用于科技创新、社会科学、工业设计、艺术设计等领域。

仿生设计是人类社会生产活动与大自然的契合点,人类以超越其他生物的思维能力和创造力,师法自然,在不断丰富人类的物质文明的同时,也增加了人类与自然的亲近感。仿生设计正不断为人类创造更加宜人、理想的生活方式,力图做到人类社会与自然真正和谐共生。

1.2.1 仿生设计起源

随着人类文明的发展,仿生设计已经作为一种行之有效的设计方法而被人们所熟知,但是在人类文明发展的初期,人类运用观察、思维和造物能力,开始了对大自然的直接模仿,是人类为生存表现出的简单仿生意识和行为。

例如,人类最初使用的工具——木棒和石斧,是对牛羊角与动物爪牙的直接性功能模仿;骨针则源于对鱼刺的模仿;独木舟的造型来源于人们对于鱼的形态的了解……虽然这样的仿生形式比较粗糙与简单,但却是仿生设计的起源与雏形,也是我们今天的仿生设计得以发展的基础。

1.2.2 仿生设计的发展

随着对大自然的认识与探求的不断深入,人们通过观察动植物的精巧结构和完美功能,获

得了众多的启发。相传在公元前三千多年,我们的祖先有巢氏模仿鸟类在树上营巢,以防御猛兽的伤害;四千多年前,我们的祖先“见飞蓬转而知为车”,即见到随风旋转的飞蓬草而发明轮子,做成有轮子的车。商周、西汉时代人们以动物形态为原型(即仿生对象)设计创造了虎尊、象尊、鹰型壶、牛型灯等具有多种实用功能的青铜器皿,如图1-2所示。

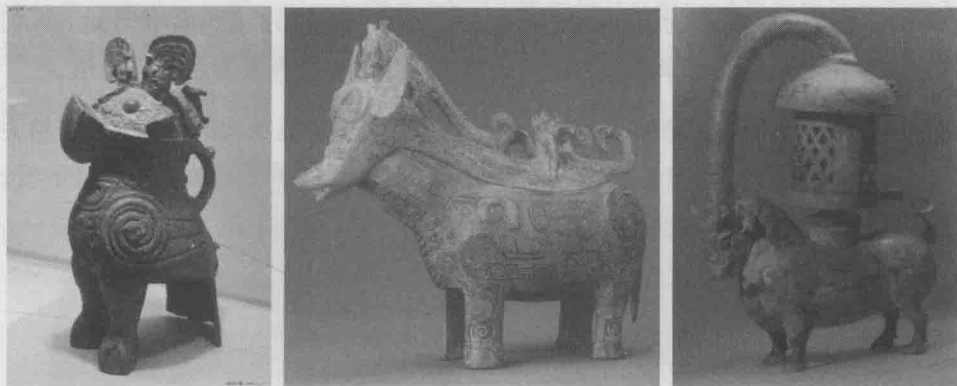


图 1-2 虎尊、牛觥和牛形灯

据《杜阳杂编》记载,唐朝有个韩志和,“善雕木作鸾、鹤、鸦、鹊之状,饮啄动静与真无异,以关戾置于腹内,发之则凌云奋飞,可高达三丈至一二百步外,始却下。”说明中国古代劳动人民对鸟类的扑翼和飞行进行了细致的观察和研究。明代发明的一种火箭武器“神火飞鸦”也从鸟类身上得到的启示。以上事例说明,我国古代劳动人民早期的仿生设计活动,创造了我国非凡、光辉灿烂的古代文明。

在外国的文明史上,大致也经历了相似的过程。例如,在拥有灿烂文明的古埃及的家具设计中,桌、椅、床的腿常常雕成兽腿、牛蹄、狮爪等形象,如图1-3所示;15世纪时,德国天文学家米勒制造了一只铁苍蝇和一只机械鹰,并进行了飞行表演。19世纪末20世纪初的新艺术运动、流线型、有机形态设计也反射出仿生思想的光辉,给当时的设计带来了诸多清新的自然之风。例如,由比利时设计师范·德·维尔德设计的烛台,如图1-4所示。



图 1-3 古埃及狮腿座椅



图 1-4 范·德·维尔德设计的烛台

人类对自然的感知和掌握经历了数十万年乃至上百万年的历程,人类如今发达的创造能力正是古代通过打制石器的劳作,以及造物所获得的必然结果和回报。可以说,从造型到造器,人类完成了一个个新的飞跃。

如果说在20世纪40年代之前,人们在创造事物时,总是自觉或不自觉地模拟自然,“翻译自然”,停留在描述生物精巧的结构和完美的功能上,那么从20世纪50年代开始,人们便逐步明确地认识到了仿生设计的科学设计方法对于人类生活和生存所具有的真正价值。

总之,仿生设计从最初无意识的、简单的形态模仿,到功能结构的模仿,再到相关系统理论的形成,逐步成为了设计领域中一种科学的、系统的新方法,并反过来指导人类的设计活动,既促进人类社会生产活动的不断发展与进步,也使人类社会与自然达到高度和谐统一。仿生设计正逐渐成为设计发展的趋势之一。

1.2.3 仿生设计的研究内容

仿生设计所涉及的范围非常广泛,总的来说可以将其归纳为三大领域的仿生。

1. 自然科学领域的仿生设计

生物体最基本的特征就是能自我更新和自我复制。仿生学把生物体看做能与自身环境和外界环境相联系的复杂控制系统,而仿生学的研究任务就是研究这个系统内各部分间的相互关系,以及整个系统的行为和状态。例如,人工控制系统中的传感器,如果把系统中的微型机看做人脑仿生的话,那么就可把系统输入部分中的传感器看做人或动物(即生体)的5种感觉——视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉的仿生。

仿生学与遗传学的整合体现出系统生物工程的理念,也就是发展遗传工程的仿生学。例如,人工基因重组、转基因技术是对自然重组、基因转移的模仿,人工合成天然药物分子和生物高分子是分子水平的仿生,以及人工神经元、神经网络、细胞自动机是细胞系统水平的仿生,另外,还有纳米生物技术、生物计算、DNA计算机技术的系统生物工程发展等,都已证明仿生学已经全面发展到一个从分子、细胞到器官的人工生物系统开发的时代。

另外,生物学研究成果与数学原理的综合应用也推动了产品形态仿生设计的发展,其中最典型例子就是斐波那契数列(Fibonacci,一种递归数列)现象研究,它揭示了自然界很多生物渐变式形态美的内在机制,如图1-5所示,自然界的许多生物形态都满足这样潜在的数学规律。如图1-6所示,向日葵的造型就是典型的斐波那契数列现象的展现,以这样的形式排列种子、花瓣或叶子的植物还有很多。通过仿生学与数学的综合应用研究还可以揭示很多生物特有的数量关系和内在机制。将这些研究成果进行组合、重建和变形,从而推动了数学分形学的发展。这样的综合运用不仅是对形式形态的丰富,更多的是对各种生物美的内在机制进行数量上的阐释、分析、衡量和应用。这种仿生学数列的排列方式对纺织、印染、装饰、服装、产品设计等

领域都有很重要的借鉴意义,如来自2009年米其林设计挑战赛中一款作品——飓风越野(Hurricane),如图1-7所示,整辆车各部分的尺寸俱按照斐波那契数列展开,尤其是轮胎,辐条从里旋转扩散而连接外层,既暗合了这些神秘的数字,又模拟出了飓风那种席卷一切的具象。同时,生物形态的渐变式排列直接启发了形式美法则中的节奏、韵律、渐变等方法。例如,雷达表依莎系列新品珠宝表(eSenza Blue Jubilé)的表盘(见图1-8)采用斐波那契数列螺旋的美丽纹路来进行装饰,每一颗宝石都保持着原有的特性并且融合到整体的图案当中,其微妙的、富于变幻的均衡和谐感非常让人迷恋。

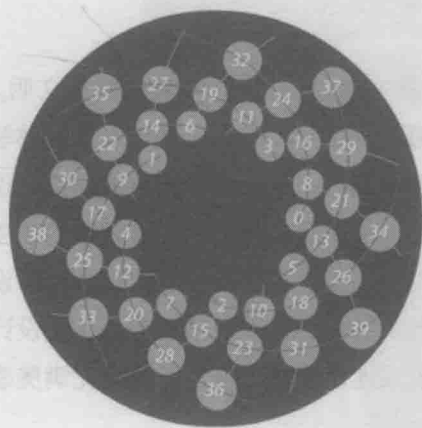


图 1-5 斐波那契数列图

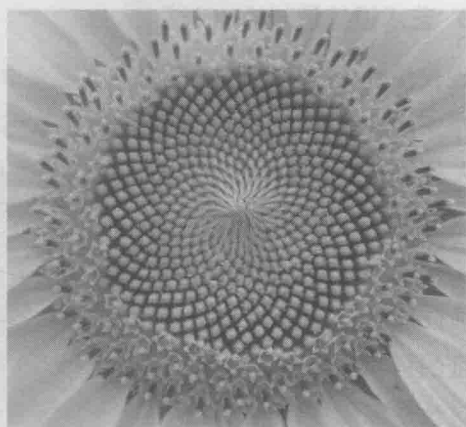


图 1-6 向日葵

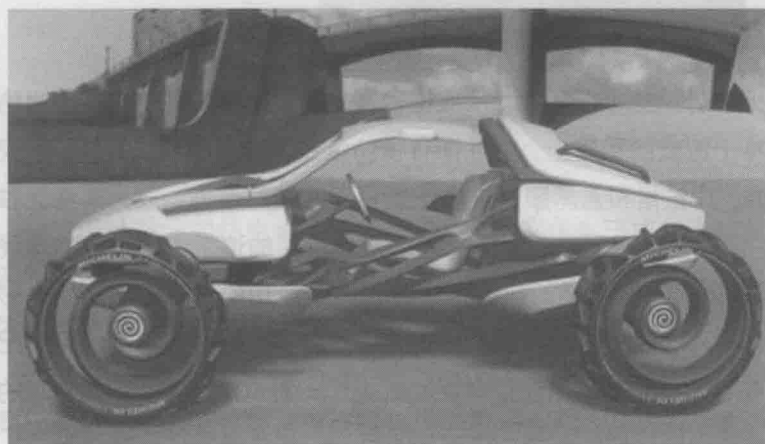


图 1-7 飓风越野(Hurricane)概念车

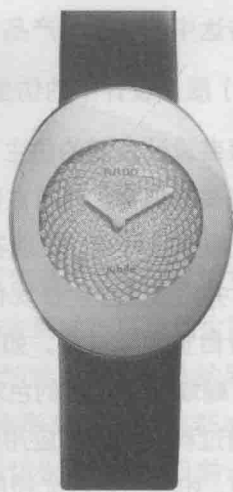


图 1-8 eSenza Blue Jubilé

2. 社会科学领域的仿生设计

仿生设计不仅可以应用于科学技术领域的发明创造,还可应用于管理学领域、经济学领域等社会科学领域。例如,在经济学领域,研究人员通过对蜜蜂和蚂蚁群体的观察与分析,设计出“家族式”经济发展模式。人们从对蚁群严密组织的观察中看到,其在生存斗争中,内部实