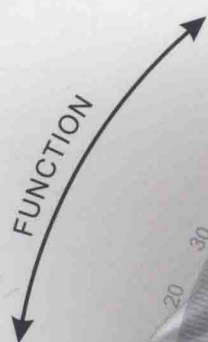


仿生设计概论

徐伯初 陆冀宁 主编

GENERALITY OF BIO-INSPIRED DESIGN

FUNCTION



FORM



西南交通大学出版社

仿生设计概论

徐伯初 陆冀宁 主编

GENERALITY OF
BIO-INSPIRED DESIGN

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

仿生设计概论 / 徐伯初, 陆冀宁编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2016.1
ISBN 978-7-5643-4406-1

I. ①仿… II. ①徐… ②陆… III. ①仿生 - 设计
IV. ①TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 277333 号

仿生设计概论

徐伯初 陆冀宁 编著

责任编辑	杨 勇
特邀编辑	李秀梅
封面设计	李欣霏 何东琳设计工作室

出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com

印 刷	四川省印刷制版中心有限公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	10
字 数	225 千
版 次	2016 年 1 月第 1 版
印 次	2016 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4406-1
定 价	48.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

从人类创造工具伊始，仿生意识便倾注于人类的造物之中。对于作为自然之子的人类而言，大自然无疑是我们最古老且弥久不衰的老师。时至今日，大自然无限的奥秘及其引人探究而得到的科学知识，都不断受用于我们。毫不夸张地说，人类在力学、结构、材料、工艺、造型、审美诸多领域的发现与创造，都来自于对自然万物的认识。生命所构成的生物是如此多样与奇妙，即使是一只小小的昆虫，那坚硬的外壳、灵活的结构、精准的导航器官、适应生存环境的造型、毫无多余的装饰，一切都尽善至美。

较之自然的造物，人类也只是造物的初学者罢了。不过正是人类孜孜以求的精神，不断推动着文明的前行，而仿生设计也算是人类科学研究道路中的小径吧！在这条充满趣味的路上，我们可以学到一些新的东西。对于具有“好动症”的艺术设计专业人员而言，自然的创造力无疑吸引着他们，诱发着他们一探究竟的好奇心。

仿生设计探索的内容远不只是造型、肌理、色彩、功能的仿生，它表现的是自然造物的系统性、可靠性、合理性和可变性等。本书讨论最多的是和形态相关的，这是艺术设计从业者的兴趣所在，也是局限所存。我们强调了仿生设计的基础理论，希望避免因对其缺乏了解而导致初期预想和方案评估时不能全面考虑问题；书中强调方法和程序，希望避免设计初学者的常见症状——在设计之初茫然无措，在有一想法之后又难以展开和深入，缺乏对设计目标的明确和坚持，奉行乱枪打鸟之术，逮到哪个是哪个。

遗憾的是，仿生设计所包含的内容也远不是几个艺术设计专业的人士可以厘清的。正是因为缺乏来自多学科在此领域的融合研究，本书的内容仅为一孔之见。书中难免有不足之处，望同行批评赐教。

徐伯初 陆翼宁

2015年元月

目录 Contents

01 缘起



- 3 师法自然是人类存在的重要方式
- 3 自然形态之美满足了仿生造物的功能和审美需求
- 6 道家传统自然观为仿生设计提供了解读自然的密码

02 仿生设计概述



- | | | | |
|----|-----------|----|--------------|
| 10 | 仿生学 | 18 | 仿生设计的分类 |
| 11 | 仿生设计学 | 19 | 按仿生设计的模仿内容分类 |
| 12 | 仿生设计的发展历史 | 21 | 按仿生设计的模仿对象分类 |
| 12 | 仿生设计的萌芽阶段 | 23 | 按仿生设计的抽象程度分类 |
| 12 | 仿生设计的初始阶段 | 24 | 按仿生设计的完整性分类 |
| 14 | 仿生设计的中级阶段 | 25 | 按生物原型的态势分类 |
| 17 | 仿生设计的高级阶段 | | |
| 18 | 仿生设计的未来 | | |

03 仿生设计的方法与程序



- | | | | |
|----|-------------|----|----------------|
| 28 | 仿生设计的方法 | 45 | 仿生设计的程序 |
| 28 | 仿生设计的思维方法 | 47 | 需求问题化 |
| 34 | 仿生设计的认知方法 | 47 | 问题方案化 |
| 39 | 仿生设计的生物特征提取 | 47 | 方案视觉化 |
| | | 48 | 设计程序示例 |
| | | | ——梅赛德斯-奔驰仿生概念车 |

04 形态仿生



- | | | | |
|----|---------------------|----|---------------------|
| 54 | 形态仿生的内容和特点 | 77 | 质感仿生 |
| 54 | 形态的分类 | 77 | 关于肌理和质感 |
| 54 | 形态仿生中外形、色彩、质感和意象的关系 | 77 | 生物形态的质感认知 |
| 55 | 形态仿生与结构、功能、材料的关系 | 77 | 质感仿生产品设计 |
| 55 | 形态仿生的主要目标 | 81 | 案例 |
| 59 | 外形仿生 | 84 | 意象仿生 |
| 59 | 选择产品概念或仿生对象 | 84 | 关于意象 |
| 60 | 生物外形特征的认知和提取 | 85 | 生物意象的认知 |
| 65 | 外形仿生产品设计 | 87 | 意象仿生产品设计 |
| 70 | 色彩仿生 | 89 | 阿尔斯通有轨电车的形态仿生设计案例分析 |
| 70 | 生物色彩的认知 | 90 | 需求问题化 |
| 72 | 色彩仿生产品设计 | 91 | 问题方案化 |
| | | 92 | 方案视觉化——具体方案 |

05

功能仿生



- 94 功能仿生的内容和特点
- 95 利用形态实现功能
- 96 利用机械结构实现功能

- 97 利用声、光、电磁等实现功能
- 98 利用材料实现功能

06

结构仿生



- 100 关于结构
- 100 承载负荷的静态结构
 - 100 拱结构
 - 100 薄壳结构
 - 101 网架结构
 - 102 管状结构
 - 102 折板结构
 - 103 悬索结构
 - 103 膜结构

- 104 双螺旋结构
- 104 活动链接的动态结构
 - 104 折合结构
 - 104 关节结构
 - 104 环节结构
- 105 结构仿生的设计要点
 - 105 模仿原理优于模仿形态
 - 106 注重仿生对象和产品的结构对应关系
 - 106 注重结构语意的传达

07

材料仿生



- 110 材料仿生
- 110 材料仿生的研究内容

- 111 天然生物材料的特点
- 113 仿生材料的方法

08

仿生设计案例



- 118 简单产品纯形态仿生设计实例
 - 118 以青蛙为仿生对象的简单产品仿生设计
 - 119 以寄居蟹为仿生对象的简单产品仿生设计
- 121 一般产品的形态、功能和结构综合仿生
 - 121 以青蛙为仿生对象的台灯设计
 - 124 以壁虎为仿生对象的空气质量监测器设计

- 127 交通工具等大型复杂产品的综合仿生
 - 127 以蜘蛛为仿生对象的挖掘机设计——SpiderX
 - 132 带有地域文化特色的轨道车辆仿生造型设计
 - 134 高速列车车型仿生设计

09

展望



- 146 现代仿生设计学
- 148 仿生设计与生态设计

- 149 仿生设计与人性化设计
- 149 仿生设计与语意设计、情感设计



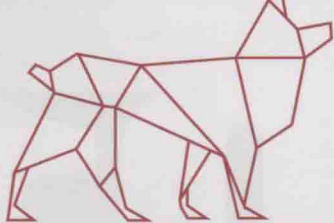
第一章 缘起

>>> 第一节 师法自然是人类存在的重要方式

>>> 第二节 自然形态之美满足了仿生造物的功能和审美需求

>>> 第三节 道家传统自然观为仿生设计提供了解读自然的密码





第一章 缘起

导读：本章主要内容为仿生设计产生的必然性。人类生存的时间远短于自然，人类造物与自然造物相比差距极大。模仿自然就成了人类造物的必经阶段和重要生存手段。对于中国人来说更是如此，例如道家的“无为”美学理念，体现了主体对于客体的尊重，要求“处处顺应自然规律，在这种顺应之中使自己的目的自然而然地得以实现”。仿生，即是仿生命之法，识生疏之理，体万物之念，求物生之道。

如果把从45.5亿年前地球形成到当下的这段时间比作12个小时，用钟表的一圈来表示，那么人类于2百万年前出现，只相当于是3秒前。^[1]这让我们直观地看到，与其他生命相比，我们人类生存的时间多么短暂，而我们的设计造物与自然造物相比又是多么渺小（图1-1）。

生命由微生物进化到原始植物（如海藻），继而又进化到无脊椎动物（如水母、蠕虫），最终进化到脊椎动物。这些脊椎动物和其旁系中的某些无脊椎动物及植物在一起，于3亿年前成功地适应了陆上生活。三四百万年前，非

洲的南方古猿开始向人类转变。人类始终都是在大自然的孕育、滋养和润泽下成长起来的，大自然不仅是人类的母亲而且也是人类的第一位老师，人类力图在对大自然的学习、模仿、探索中理解自然规律并与自然界和谐共融。从原始人类的石器造物时代到工业产品设计时代，仿生造物方法和仿生造物思维从未中断过，已经为人类文明做出了巨大贡献。可以预见，在未来的设计领域，仿生造型设计会一如既往地为人類与自然的和谐共融构建对话媒介。

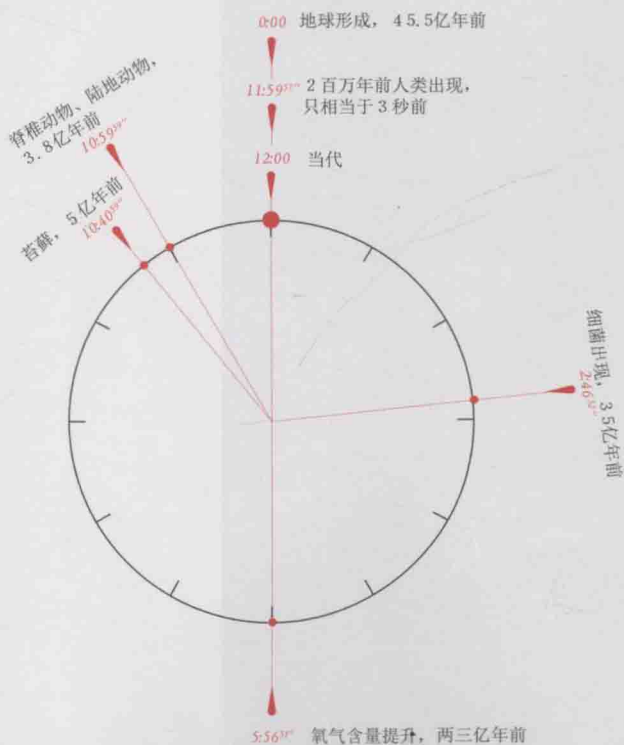


图1-1 地球的半天

[1] Elodie Ternaux. Industry Of Nature: Another Approach To Ecology[M]. Amsterdam: Frame Publishers, 2012: 13.

》》 第一节 师法自然是人类存在的重要方式

对于原始人类造物的起源有很多说法,劳动说、巫术说、游戏说、模仿说、表现说、无意识论等。笔者以为,原始人类处在自然环境中,生存的需求是其一一切活动的根本动机。由于自身的知识和科技水平限制,原始先民无法解释风雨雷电等自然现象,对神秘自然的敬畏以及期待能够驾驭这些现象的心理,使他们形成了对巫术、神灵的信仰。以上这些构成了他们造物的心理基础,而完成品的形态与样式则是他们采用模仿造物手段的相应结果。正是这样,模仿造物成了人类满足自身需求、适应自然环境、与自然环境和谐共生的重要生存手段。

古希腊哲学家德谟克利特(Democritus)就认为,艺术产生于对飞禽走兽的模仿,“在许多重要的事情上,我们都是飞禽走兽的小学生。从蜘蛛那里我们学会了织布和缝补,从燕子那里学会了造房子,向啼唱婉转的天鹅和夜莺模仿唱歌^[2]。”苏格拉底认为,艺术不但模仿美的人物形象,还可以模仿人的心灵和性格、人的内心活动。可见,模仿在西方艺术美学和艺术实践上占据了重要位置。

在中国的先秦思想史上同样有很多学说强调

模仿观念,然而和西方的模仿观念相比,中国的模仿观并不是针对某一具体的自然物象进行客观的仿制,更多的是对于自然规律的效法。《易经·贲》有云:“观乎天文以察时变,观乎人文以化成天下。”这里的效法对象包括自然万物的运行规律,人类社会的伦常秩序,施政者必须效法天道的运行规律,掌握社会道德、礼仪规范的伦常秩序,并且由此推及天下,以成“大化”。老子将“道”视为宇宙规律的最高范畴,“有物混成,先天地生……吾不知其名,字之曰道,强为之名曰大”。那么人怎样才能处理好人类与宇宙万物的关系呢?效法天道成了“天人合一”的重要手段和方法,因此老子又说:“人法地,地法天,天法道,道法自然。”墨子说:“莫若法天,天之行广而无私,其施厚而不德,其明久而不衰,故圣人法之。”(《墨子·法仪》)管子说:“法天合德,象地无亲,参于日月,伍于四时。”(《管子·经言·版法》)效法自然作为中国人存在与发展的重要方式,是中国人向周围环境学习的必要手段,其实从先秦起,仿生的造物意识和仿生的思维方式早已深蕴于中国人的思想文化之中,只是古今的称谓和对对象界限有所不同罢了。

》》 第二节 自然形态之美满足了仿生造物的功能和审美需求

人类在大自然的孕育、抚爱与滋养下成长起来,人类用自身的智慧通过劳动实践逐渐与大自然建立了协调的关系。在人类探索自然、改造自然的过程中,自然形态之美无疑首先进入了人类的观照视野。大自然以它鬼斧神工之妙创造了形态万千、姿态各异的自然之美,至今仍然以其

神秘莫测的魅力吸引着无数的人类去感悟和探究(图1-2)。自然界在人类还未诞生之前便独立于世,然而独立于世的自然界并不等于就具有了自然之美,只有当它进入了人类的审美观照视野之后才真正具有了美学的价值。“因为美作为一种特定的价值存在,是与主体审美需要的产生相

[2] 孟庆枢.西方文论选(上卷)[M].北京:高等教育出版社,2002:4-5.

关联,并以相应审美方式的形成为根据的,正如没有商品交换,就没有产品的交换价值一样,它并不以产品本身的出现为依据。”^[3]当然,自然形态作用于人的实用价值早于自然形态独立的审美价值。



图1-2

自然形态的实用价值首先体现在其仿生功用上。闻名于世的西班牙阿尔塔米拉和法国拉斯科洞穴壁画(图1-3、图1-4),是史前洞穴壁画的代表。



图1-3 西班牙阿尔塔米拉洞穴壁画



图1-4 法国拉斯科洞穴壁画

从洞穴壁画的场面我们可以感悟到原始人类在复杂的自然环境中挣扎求存的实用心理机,及其原始巫术观念形成的心理机制和仿生造型的手段。“原始人类为了获取更多猎物在洞穴壁画上设法画上猎物形象。这种通过绘画进行的对应性表达方式是原始人合目的性在精神层面上的写照,即从深层次的精神层面上借助绘画这一媒介表达对生活的物质性欲望,而这一愿望在现象上属于间接行为。”^[4]很显然,尽管原始壁画展现了远古人类无意识的审美心理和巫术信仰,但是这种行为的根本动机还是为了满足获得生活食物这一生存需求,而仿生绘制则是其生存需求的表現手段。美国心理学家亚伯拉罕·马斯洛(Abraham Harold Maslow)于1943年在《人类激励理论》文中提出了需求层次理论,该理论将需求分为五种,像阶梯一样从低到高,按层次逐级递升,分别为:生理上的需求,安全上的需求,情感和归属的需求,尊重的需求,自我实现的需求(图1-5)。

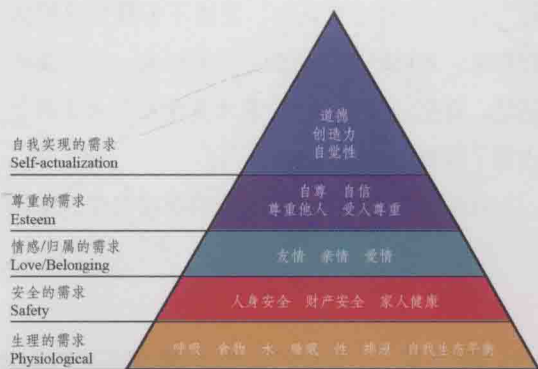


图1-5 马斯洛的需求层次理论

自然对于人类的仿生实用价值同样也反映在原始人类的石器造物活动中。约5万年前的早期智人时期,作为生产工具的石器已经有了较大发展,除了原始的石斧之外,已经有尖状器、刮削器的出现。在大约5万年至1.5万年之前的“晚

[3] 徐恒醇.生态美学[M].西安:陕西人民教育出版社,2000:61.

[4] 邢庆华.设计美学[M].南京:东南大学出版社,2011:114.

期旧石器时代”，生产工具不仅出现了切削石刀和小巧多形的雕刻器，而且有了骨针、骨锥、鱼叉和投矛。在约1.5万年至1万年间的“中石器时代”，石器越来越小，石刀、石斧、箭头等多装上木质或骨质的把柄，渔猎经济和器具加工技艺有了更进一步的发展。仿生造物的实用价值在原始石器满足原始人类生存需求的过程中得到了



图1-6 早期智人时期的尖状器（左）和刮削器（右）



图1-7 晚期旧石器时代的鱼叉



图1-8 中石器时代的木质把柄投矛

充分的演绎。

在满足了人类的基本生存需求之后，自然形态对于人类的审美价值逐渐显现出来。在原始人类的石器造物、洞穴壁画中可以看出，原始人对于自然形态的审美意识已经悄然产生。无论是阿尔塔米拉的洞穴壁画，还是旧石器时代的石质雕刻品，均已出现了形态的比例造型、节奏韵律、对比均衡等形式审美要素。制陶工艺的出现，改变了石器时代仅仅改变自然物外形的造物方式，通过火的烧制，泥土的性质发生改变而成为陶器。在这个过程中，造物的目的不仅仅是实用的物质需求，对于形式美感的有意识追求也已经成为此时造物艺术的重要特点。我国在新石器时代的彩陶艺术已经彰显出极高的艺术价值。半坡彩陶的鱼形纹，是最具有代表性的装饰纹样。



图1-9 半坡彩陶的鱼形纹



图1-10 抽象复体鱼纹

彩陶鱼纹多饰于卷唇折腹圆底盆的肩部或卷唇圆底盆的内壁。鱼纹又可分为单体鱼纹和复

体鱼纹两类。所谓复体鱼纹,是由两条或两条以上的鱼纹构成一组,有多到四条鱼纹相连组成的。这种鱼纹由最初的写实手法,逐渐演变为鱼体的分割和重新组合,使之抽象化、几何化、样式化,形成了横式的直边三角形和浅纹组成的装

饰图案的特点。^[5]

原始人通过对自然物象的写生造型发展形成的抽象造型、几何造型等装饰手法至今仍为现代社会所采用。自然形态对于人类由实用价值发展到审美价值显然已经达到了精神的升华。

》》 第三节 道家传统自然观为仿生设计提供了解读自然的密码

道家典籍中的“自然”与今天现代汉语里面的“自然”是有很大差异的。在中国古代著作中,尤其是先秦典籍中出现的“自然”,一般作为形容词和副词使用,即自然而然之意;很少作名词使用,即作为自然界、大自然使用。古代的“自然”之意大概有三:①天然,非人为的;②不造作,非勉强的;③当然。古人所使用的“自然”一般是自然而然之意,它是主体对客体的态度和行为方式,而不仅仅局限于对自然界的态度和认识。^[6]显然,“无为”即是最自然的状态,人与自然界和社会的最佳相处方式就是“无为”,让宇宙万物保持其原本自然而然的本真状态。《老子》在二十五章写到:“人法地,地法天,天法道,道法自然。”体“道”之人亦应以“自然”“无为”(不有意作为)为行为准则。^[7]虽然从现代社会来看,道家的“无为”思维方式有些消极避世,似乎是否认了人的主观能动性的宿命观,然而从文艺美学的角度来看,道家的“无为”思想对当今社会依然具有重要的美学价值,而且道家的“无为”思想对于整个中国古典美学的影响也是极其深远的。庄子更进一步地将“无为”发展为美学的范畴。《知

北游》中说:天地有大美而不言,四时有明法而不议,万物有成理而不说。圣人者,原天地之美而达万物之理,是故圣人无为,大圣不作,观于天地之谓也。在庄子眼里,真正的大美是不需要任何人工痕迹的,所谓“既雕既琢,复归于朴”“朴素而天下莫能与之争美”。因此,“无为”不仅是“道”的运行方式,也是大美的表现特征。

在自然美学范畴中,道家的无为思想映照在主体的审美心胸上则体现为“涤除玄览”“心斋”“坐忘”“澄怀味象”等观照方式。《老子》第十章说:“涤除玄览,能无疵乎?”审美主体在观道的时候应该涤除心中的杂念和主观成见,保持内心的澄明虚静,方能够体悟到道的本质,进入到审美的状态。庄子把“涤除玄览”的这种澄怀行为称为“心斋”,又称之为“坐忘”。庄子在《人间世》说:若一志,无听之以耳而听之以心,无听之以心而听之以耳。耳止于听,心止于符。气也者,虚而待物者也。唯道集虚。虚者,心斋也。“虚”即为空明的心境,就是“心斋”。因为耳目的直觉和心的逻辑只能够把握有形的事物,而大美或者道是无形的,所以只能够以空明的心境才能把握。同样,庄子提出的“坐忘”也是这个道理:“堕肢体,黜聪明,离形去知,同于大通,此为坐忘。”(《庄子·大宗师》)

[5] 田自秉. 中国工艺美术史[M]. 上海: 东方出版中心, 1985: 11.

[6] 张利群. 庄子美学[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1992: 55.

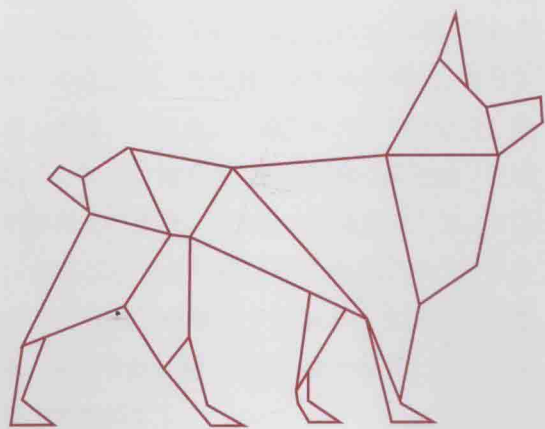
[7] 祁志祥. 中国古代美学精神[D]. 上海: 复旦大学, 2002: 173.

“无为”的主体态度贯穿道家思想的始终，同时也是道家的核心美学理念，从现代美学的意义上看则充分地体现了主体对于客体的尊重，从“道”出发，道家要求“真正的巧并不在违背自然去卖弄自己的聪明，而在于处处顺应自然规律，在这种顺应之中使自己的目的自然而然地得以实现。”^[8]由“无为”思想所呈现出的清淡、幽静、空灵、朴素、自然的审美风格标识了中国古典美学的审美特点。笔者认为，保持“涤除玄览”“心斋”“坐忘”“澄怀味象”的审美观照，充分尊重、学习自然界的规律，是人

类与自然万物，与道沟通对话的最有效方式，是达到至真、至善、至美的必然途径，同时也是研究和学习仿生设计所需要遵循的重要准则。仿生，即是仿生命之法，识生疏之理，体万物之念，求物生之道。也即是法国仿生学家珍妮·班纳斯（Janine Benyus）所说的自然是范本，是尺度，是顾问（Nature as model, as measure, as mentor）。^[9]

[8] 李泽厚, 刘纲纪. 中国美学史[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 1984: 61.

[9] Janine Benyus. Biomimicry: Innovation Inspired By Nature[M]. New York: HarperCollins Publishers, 2002.



02

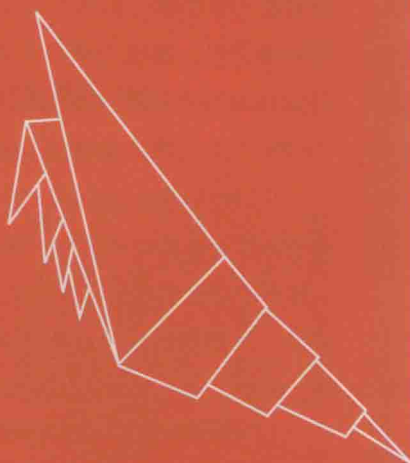
第二章 仿生设计概述

>>> 第一节 仿生学

>>> 第二节 仿生设计学

>>> 第三节 仿生设计的发展历史

>>> 第四节 仿生设计的分类



第二章 仿生设计概述

导读：本章主要内容是仿生学和仿生设计学的基本概念、发展和分类。仿生学就是模仿生物的科学，是多学科互相渗透结合的。仿生学研究的重要环节是建立各种“模型”，以模型来分析和描述生物和产品。仿生设计学是在仿生学和设计学的基础上发展起来的设计思维方法。其发展随着人类的科技水平和对自然的认识深度经过了萌芽、初级、中级、高级阶段，此过程中仿生设计变得越发复杂化和系统化。在未来，仿生设计将会摆脱模仿转化为人类自由地按照需要进行定制设计。另外，按照不同的标准，仿生设计可分为不同的类型，这些类型将有助于人们细化研究方向、明确研究意图，以便迅速完成借鉴工作。

>>> 第一节 仿生学

仿生学是模仿生物系统的结构、形体、功能原理来设计新技术系统的科学，它是20世纪60年代发展起来的一门跨学科的边缘性科学，是生命科学和工程技术科学互相渗透、彼此结合而产生的。

像许多新兴学科一样，仿生学在国外也有着众多名称。在我国被广泛接受的Bionics是由斯蒂尔（Jack Ellwood Steele）提出的。1960年9月13日，美国空军航空局在俄亥俄州的戴顿空军基地召开了第一次仿生学会议，会议讨论的中心议题是：“分析生物系统所得到的概念能够用到人工制造的信息加工系统的设计上去吗？”此次会议上，斯蒂尔上校提出以仿生学（Bionics）作为这门新学科的名称，这个词是根据拉丁文“bios”（生命方式）和字尾“nic”（具有……的性质的）构成的。会议通过了这个名称，并确定仿生学的定义为：“仿生学是模仿生物系统的原理来建造技术系统，或者使人造技术系统具有或类似于生物系统特征的科学。”目前，我国大多数学者都使用Bionics这个英文单词作为仿生学的标准翻译。

1950年左右，奥托·施密特（Otto Schmitt）提出了Biomimetics这个名称，1991年美国空军

科研处用其专指寻求生物学为材料设计和处理提供帮助的研究。后来，J. F. V. Vincent教授给出一个更好的定义：从自然提取优秀的设计。

Biomimicry这个词由珍妮·班纳斯（Janine Benyus）首先使用。班纳斯是自然科学作家、创新顾问，她创立了仿生学研究院（The Biomimicry Institute），并于1993年创作了在设计创新领域内极有影响的著作《仿生学：由自然启发的创新》（*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*）。她提到，在当时仿生学虽然得到极大的发展，但是还没有一个统一的名称，材料学领域的学者称它为生体模仿学（Biomimetics），农业专家称之为天然系统农业（Natural Systems Agriculture），在德国被称为仿生学（Bionics）。她在综合了各方面的情况后，将这门学科命名为Biomimicry。Biomimicry由词根“bios”（意味着生命）和“mimesis”（意味着模仿）组成。

从Bionics到Biomimetic再到Biomimicry，从复制自然到吸取自然优秀的设计再到仿生灵感，从简单的仿生模拟到强调仿生研究的跨学科、集成性，再到重视仿生研究的创新性和生态友好性，体现了仿生学学科发展的方向和人们认识上

的飞跃。^[1] 这些名称的区别是不明显的,相对而言,Bionics常用于医学领域,而Biomimetics和Biomimicry多用在工程技术领域。另外,在美国Bionics较常见,在欧洲Biomimetics或Biomimicry更常见。当然,这些区分并不是绝对的。

按照仿生学应用范围的不同,可以分为电子仿生、控制仿生、机械仿生、化学仿生、医学仿生、建筑仿生、农业仿生等不同方面。



图2-1 仿生壁虎“神行者”（李晓阳等）

当今仿生学的前沿主要包括:

随着分子生物学和系统生物学的发展,以及纳米技术和MEMs技术的推动,仿生学向微纳结构和微纳系统仿生学方向发展。

随着信息技术向网格和智能化方向发展,以及神经发育生物学的进展,仿生学向智能与认知仿生学以及可持续经济仿生学、管理仿生学等方向发展。

随着人们对生态环境关心的日益迫切,将引发过程仿生学、能源仿生学等发展。

随着对基因组、蛋白质结构、脑与神经结构与功能的认知,可能会推动以解读生命信息为目的的计算仿生学的发展。^[2]

仿生学研究的重要环节是建立各种“模型”。首先对生物体的某种结构与功能进行仔细研究,合理简化,提出一个生物模型;其次对生物模型进行分析、综合、抽象,转化成数学模型;最后根据数学模型或直接根据生物模型,应用各种技术手段,经过反复实验、改进,建立工程技术模型。当然在生物的模拟过程中,不仅仅是简单的模仿,更重要的是在仿生中有创新。经过实践—认识—再实践的多次重复,才能使模拟出来的东西越来越符合生产的需要。这样模拟的结果,使最终建成的机器设备与生物原型不同,在某些方面甚至超过生物原型的能力。例如,今天的飞机在许多方面都超过了鸟类的飞行能力,电子计算机在复杂的计算中要比人的计算能力迅速而可靠。

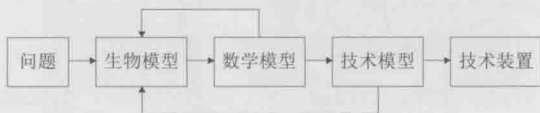


图2-2 仿生过程示意图

》》 第二节 仿生设计学

仿生设计学,亦可称之为设计仿生学(Design Bionics),它是在仿生学和设计学的基础上发展起来的一门新兴边缘学科,是模拟生物系统的某些原理,通过模拟的形式,整理、分

析、提炼并构思设计出具有类似于生物系统某些特征的一种新的设计思维方法。

仿生设计学主要涉及数学、生物学、电子学、物理学、控制论、信息论、人机学、心理

[1] 岑海堂,陈五一. 仿生学概念及其演变[J]. 机械设计, 2007(7): 1-2, 66.

[2] 路甬祥. 仿生学的意义与发展[J]. 科学中国人, 2004(4): 22-24.