

高科技启蒙文库 (第二辑)

妙趣横生的 仿生学

曹福成 编著

知识出版社



《高科技启蒙文库》(第二辑)

妙趣横生的仿生学

曹福成 编著

知 识 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

高科技启蒙文库 (第二辑)/王洪主编. —北京:知识出版社,1998.8
ISBN 7 5015-1664-2

I. 高… II. 王… III. 科学知识-普及读物 IV.N49
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 05983 号

高科技启蒙文库 (第二辑)
「妙趣横生的仿生学」

知识出版社出版发行

(100037 北京阜成门北大街 17 号 电话 68318302)

北京宏伟胶印厂印刷 新华书店经销

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/32 印张: 65

字数: 1380 千字 印数: 1—15000 册

全套定价: 70.00 元

本书如有印装质量问题, 请与出版社联系调换。

内 容 简 介

本书用 11 章篇幅浅显地追溯了仿生学的产生和发展,介绍了源远流长的人类仿生在体育、工业、医疗、军事、航天等领域中的应用及其所取得的丰硕成果;通过这些成果,展现出人类仿生在当代的发展水平和对未来的展望;“品味”这些成果,可以激励我们用仿生学这把“开启新技术的钥匙”去打开高新科学技术的宝库。

本书集科学性、知识性、趣味性于一身,通俗易懂,可以作为青少年学习高新科技知识的启蒙读物,也可以供广大读者阅读参考。

目 录

一、仿生学溯源.....	(1)
鸟兽巢穴与原始房屋.....	(1)
蜘蛛网和衣服.....	(2)
锯齿形叶片和锯子.....	(2)
鸟和飞机.....	(4)
仿生学的诞生.....	(9)
二、生物原型与仿生成果	(11)
蝙蝠和雷达	(11)
海豚和水声探测仪	(14)
水母和风暴预测仪	(16)
苍蝇和宇宙飞船	(17)
蛙眼和电子蛙眼	(18)
鱼类和舰船	(19)
海兽和潜艇	(22)
三、生物与生物的电光热	(25)
响尾蛇和热定位器	(25)
萤火虫和荧光灯	(26)
生物和生物电池	(27)
发电的鼠和带电的鱼	(28)
生物与电磁场	(30)
四、生物界：无穷无尽的仿生源泉	(32)

色彩与伪装	(32)
动物联络与人类通信	(42)
生物钟与生物钟现象	(46)
五、仿生与体育	(48)
疾驰动物与跑步	(50)
短跑技术的一次革命	(51)
提高跑速的秘诀	(53)
力的高效率传递	(55)
动物的形态与运动	(56)
揭开跳跃之谜	(57)
跳蚤与宇宙飞船比速度	(60)
六、工业仿生例话	(64)
仿生探矿	(64)
天然纤维与人造纤维	(66)
巧夺天工的人造食品	(76)
七、神经系统与智能机	(81)
神奇的脑	(81)
神经元和人造神经元	(83)
神经网络和人造神经网络	(85)
人脑与电子脑	(85)
形形色色的仿生电脑	(90)
人与机器人	(92)
八、人体与人造器官	(99)
奇妙的人体	(99)
形形色色的仿生人造器官	(105)
九、军事与仿生	(117)

生物结构与兵器造型·····	(117)
以假代真的仿生军训器材·····	(119)
夜蛾反声呐与电子战·····	(121)
奇特的仿生导弹·····	(123)
十、中国古代火箭与现代运载火箭·····	(128)
中国古代竹式火箭·····	(128)
搭起通向太空的天梯·····	(130)
屡创佳绩的苏联运载火箭·····	(132)
声名卓著的美国运载火箭·····	(132)
朝气蓬勃的我国长征系列运载火箭·····	(133)
十一、前景无限的仿生学·····	(134)
未来的电脑·····	(134)
未来的机器人·····	(136)
未来的车辆·····	(138)
仿生学展望·····	(139)

一、仿生学溯源

仿生学是模仿生物的科学。生物有各种丰富多彩的功能，具有极其复杂和精巧的机构，其奇妙程度远远超过迄今为止的许多人造机器。因此在工程科学的进一步发展，人们需要向生物不断探索和进行模拟是很自然的，这种努力有着广阔的前景。

虽然仿生学成为一门独立的学科，只有几十年的时间，但远在有史以前，人类就开始模仿生物的形态、结构和机能，来适应自然条件，以保护和发展自己。人类在仿效生物形形色色的奇异功能和本领的过程中反复实践，不断探索、模仿，制造出各种各样的生产工具，战胜自然，创造了更多的物质财富。这些历史十分悠久，古今中外也有很多记载。

鸟兽巢穴与原始房屋

早在上古时期，大约离现在 400 万年的时候，人类的祖先——猿人出现在世界上时，陆地上到处布满原始森林，有大量的狮、虎、狼、豹等猛兽和毒蛇，生产、生活能力低下的人类，成天面临着野兽的侵袭和毒蛇的危害。为了生存，人类便模仿鸟类在树上筑巢，用树枝、树叶和枯草，把巢建成

有门有户比鸟巢高明得多的住所。后来，他们又模仿野兽造穴的方法，把树枝搭在地上，倚山靠石进行筑巢。他们把木头削尖，连结起来，再敷上泥土，上面铺上兽皮，建成了原始的房屋。生活在黄土高原的猿人，还在高原的土壁上挖洞造穴，后又装有门、窗，逐渐发展成为较近代的房屋。

蜘蛛网和衣服

人类在狩猎中，发现蜘蛛在树枝上织网，一些昆虫飞来一撞，即被蜘蛛网裹住，在一旁守候的蜘蛛迅速扑上去，抓住美餐一顿。有些蜘蛛网形似漏斗，上方开一个大口，下端封闭。昆虫一旦落网，蜘蛛立即跳出将昆虫拖到“漏斗”底慢慢享用。猎人看到蜘蛛捕食昆虫的方法，受到启发，心想，一个小蜘蛛用网能捉到昆虫，人为什么不能用网去捕捉小鸟、小兔呢？于是，他们就用树皮、野藤、草绳等仿照蜘蛛网的样子，织成了一个大网。把这种网张开，架设在各处草丰林茂的地方，网住了兔子；布在树上，捕到了飞鸟；撒到水中，捉到了鱼鳖。比起用棍棒打猎、用鱼叉叉鱼来，既方便又省力。后来，人类又模仿蜘蛛织网的方法，用麻绳织成像网一样的粗布，再一点点地缝缀起来，做成衣服遮身御寒。

锯齿形叶片和锯子

春秋战国时期，鲁国有一位名叫鲁班的建筑工匠，他的

名字和关于他的故事，一直在民间广泛流传，后代土木工匠都尊称他为祖师。

鲁班生于 2000 多年前，那时人们要使树木成为平滑的木板，还没什么好办法。鲁班在实践中留心观察，模仿生物形态，发明了许多木工工具如刨子、锯子等等。

鲁班是怎样发明锯子的呢？相传有一次官府命令他率众修建一座宫殿，由于工程大、工期紧，仅用



图1 鲁班发明锯子

当时现有的斧子砍伐树木便会延误工期。一次他进深山砍伐树木时，不小心手被一种野草的叶子划破，流了不少血。他揪下这片叶子，正想把它“验明正身”后“碎尸万段”，轻轻一摸发现，原来叶子两边长着锋利的锯齿，他的手就是被这些锯齿划破的。一向善动脑筋的他受到了启发，他立刻转怒为喜，心想，要是有这样锯齿状的工具，不就能很快锯断树木了吗！于是，他经过多次试验，终于发明了锋利的锯子，大大提高了工效，使宫殿提前建成（图1）。

鸟 和 飞 机

很早的时候，人们便崇拜动物。最初，看到鸟在天空飞，感到人不如鸟，幻想有一天人也能像鸟一样在天空中飞翔；看到鱼儿在水中游，感到人不如鱼，幻想有一天人也能像鱼一样在大海中遨游。于是，人们面对辽阔的天空和浩瀚的大海产生过许多美妙的幻想、神话和传说（图2）。



图2 古代幻想中的飞天神车

我国宋代著名文学家苏轼的金山妙高台诗曰：“我欲乘飞车，东访赤松子”，表明诗人多么希望能乘飞车在天空中飞行啊！此外，神话中的“嫦娥奔月”，《列仙传》中乘龙跨凤的萧史、弄玉，《西游记》里腾云驾雾，一个跟头十万八千里的孙悟空、脚踏风火轮，颇显神通的“哪吒”的故事，以及至今保存在敦煌

石窟里的“飞天”壁画和中国古代的木鸟、竹蜻蜓等，都向我们展示了古代人神奇的“飞天”幻想和探索实践。

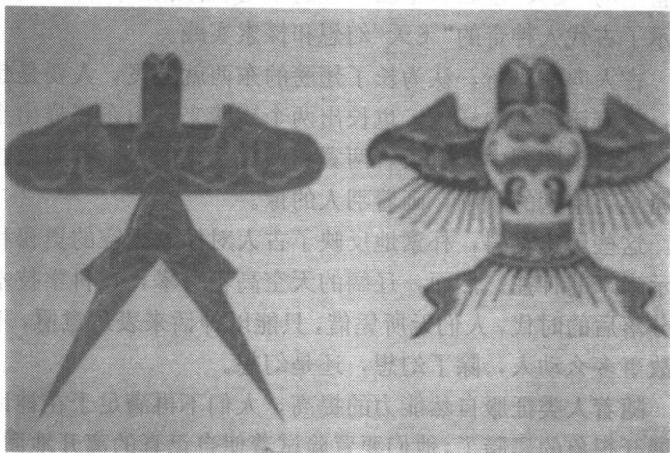
古人向往飞行，认为长了翅膀的东西就能飞，人要是想飞，就应该学鸟的样子，也长出两个翅膀来。山东嘉祥出土的东汉石刻图画中，有长着两翼和四翼会飞的人。甘肃敦煌石窟里有隋朝的壁画，画着羽人的像。

这些历史资料，朴素地反映了古人对探索天空的奥秘和揭示未来的神往。然而，辽阔的天空高不可攀，在科学技术十分落后的时代，人们无所凭借，只能以神话来表达意愿，不论故事多么动人，除了幻想，还是幻想。

随着人类征服自然能力的提高，人们不再满足于在神话中展开想象的翅膀了，他们要冒险试着使自己真的离开地面，飞向天空，于是出现了最早的飞人和飞行器。

风筝（图3）被世界公认为是人类最早的飞行器，它发明于中国，至今已有2000多年的历史。风筝是一种重于空气的飞行器，它是利用空气动力升空的原始飞行器，其原理与现代飞机相似，大约在14世纪传入欧洲，对飞机的发明有重要影响，可以说风筝是现代飞机的祖先。

在汉朝，不但有插上翅膀飞行的理想，还有人做了试验。据《前汉书·王莽传》中说，汉朝为了攻打匈奴，王莽广泛招募有特殊技能的人。一天，来了位打猎的青年，说自己会飞，可以从空中侦察匈奴。王莽说：“好，那就请你飞起来让我看看吧。”这位自称会飞的年青人用大鸟的羽毛做了一副大翅膀，用绳子绑在两臂上，他的头和身上都披戴羽毛，把翅膀、羽毛用环和带子系住，只见他把两翼左右平伸，像老鹰一样，从高空滑翔下来，飞了几百步远。这是我国史书上记



中国的瘦燕——万福流云风筝

中国的雏燕——十全福寿风筝

图3 风筝

载的最早的人力飞行试验，这位勇敢的青年人可以算是近代滑翔机的创始人了。关于鸟类滑翔的原理，东晋（317~420年）道家葛洪在所著《抱朴子》一书中指出，老鹰直伸两翅，并不扇动，反而能盘旋飞行，愈飞愈高，是由于上升气流的缘故。这揭示了翱翔原理的本质。

此外，先辈们为了实现梦寐以求的“飞天”梦，还曾作了无数次研究、模仿和大胆实践，千方百计地制造飞行工具。《韩非子》一书中记载，鲁班用竹木做了一只鸟，“成而飞之，三日不下”。《太平御览》中记载：“张衡尝作木鸟，假以羽毛，腹中施机，能飞数里。”讲的是汉代杰出的科学家张衡也曾制作过木鸟，并给木鸟安上羽毛翅膀，在鸟肚里装设一种机关，使它能飞几里路远。

研究中国古代科技发展史的权威——英国的李约瑟博士对这些仿生成就给予了充分肯定。他在《中国科学技术史》的序言中说，从3~15世纪这1000多年中，在科学的发展、仿生技术的发明方面，中国往往遥遥领先，令西方望尘莫及。

“飞天”的愿望，不仅在中国，在外国也很强烈。

15世纪，意大利著名工程师和艺术家达·芬奇模仿鸟类设计出扑翼飞机模型，他试图用脚蹬动机器来扑动双翼飞行，结果失败了。但研究飞机发展史的人，还是把达·芬奇设计的扑翼飞机模型当做人类研究飞行的宝贵资料。

到了19世纪，各种自然科学已有了较大的发展，人类已认识了自然界中许多客观规律。人们不仅直接模仿鸟类飞行而且接受了前人的经验教训，在模拟过程中不断改进和提高。19世纪末已有人开始利用空气动力学原理，制成几种不同类型的单翼和双翼滑翔机，成功地在天空滑翔了300多米。

1903年，美国人W. 莱特和O. 莱特兄弟俩，以轻质木材为骨架，帆布为双翼基本材料，以8.8千瓦功率的内燃机推动螺旋桨，制成了一架简陋的动力飞机，取名为“飞行者”号。在第一次试飞时，弟弟O. 莱特驾驶“飞行者”号进行飞行，留空时间12秒钟，飞行36米。这是人类历史上第一次成功地载人飞行，时间是1903年12月17日上午10时35分。长期以来，人们像鸟儿那样在天空飞行的愿望终于实现了。在同一天内，飞机又进行了3次飞行，其中成绩最好的是哥哥W. 莱特。他驾驶飞机在空中持续飞行59秒，飞行260米。

1904年，莱特兄弟制造了装新型发动机的第二架“飞行者”，在代顿附近的赫夫曼大草原进行了试飞，最长的持续飞行时间超过5分钟，飞行距离达4.4千米。1905年又试验了

第三架“飞行者”，它是历史上第一架完全实用的飞机，能起飞、倾斜、转弯、兜8字圈。1905年10月15日，由W. 莱特驾驶，持续飞行时间达38分钟，飞行38.6千米。1908年，W. 莱特在法国飞行表演时，续航时间曾达2小时20分钟。

莱特兄弟是怎样发明以内燃机为动力的载人飞机的呢？原来，他们经常仰躺在地上，连续几个小时研究老鹰的飞行，仔细观看它们怎样起飞，怎样升降，怎样盘旋。他们还结合数学、空气动力学知识，又吸收了前人的经验教训，大胆试验，把内燃机做为强大飞行动力，获得了成功。

此外，20世纪初，法国有一位船舶世家出生的青年，叫亨利·费勃，他受“飞天”的启发想到，假如船舶有了升天的翅膀，那么，即使在茫茫大海上航行时，遇到风暴也不怕了。1910年3月28日上午，他驾驶自己造的一只“飞船”在马赛港试飞成功。这只飞船就是世界上第一架水上飞机（图4）。

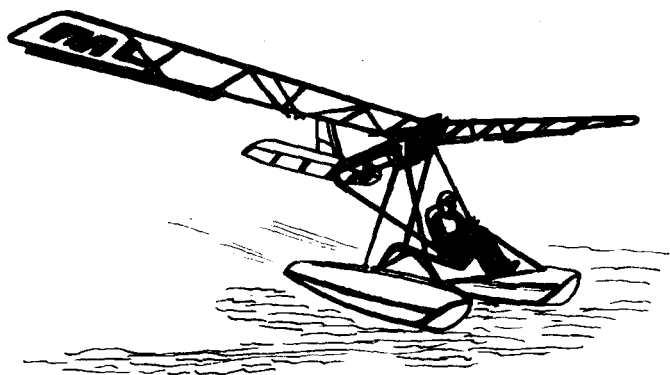


图4 世界上第一架轻型水上飞机

仿生学的诞生

尽管仿生学孕育于若干世纪以前,但这门新科学的诞生,直到 20 世纪 40~50 年代才具备了条件。

由于自然科学的迅速发展,模仿生物而创造出来的新仪器、新设备也日益增多。例如,根据蝙蝠喉头能发出超声波的原理发明了雷达;根据响尾蛇的颊窝能感知 0.001°C 的温度变化的原理,发明了可以跟踪飞机的响尾蛇导弹。此外,根据人脑模拟的电子计算机、电子脑人造神经元模型等也相继问世。

在此基础上,一些科学家从理论上提出了关于动物体和电子仪器中的信息贮存传递原理的“信息论”,关于研究机器和动物中控制和通讯的科学“控制论”等。

生物学、物理学、生物化学、控制论工程学……多种科学相互关联、相互渗透,许多世纪以来发现和发明的积累和融合,使仿生学上升到了一个新层次。这时,仿生学已如“十月怀胎”,只待“一朝分娩”了。

1958 年,美国学者 J. E. 斯梯尔首先提出了仿生学这个名词。1960 年,在美国俄亥俄州召开了有史以来第一届仿生学讨论会,会上,斯梯尔给这门学科正式下的定义是“仿生学是模仿生物系统的原理来建造技术系统,或者使人造系统具有或类似于生物系统特征的科学”,取得了与会者的一致同意,仿生学遂告诞生。

研究仿生学的人来自各方面,研究的目的也不同,因此,

对仿生学的含义就有不同的理解。广义的理解是：仿生学这门科学研究生物系统各种各样的特征（包括物质、能量、信息等），作为模拟对象，用来改善现代技术设备并制造新的工艺技术。狭义的理解是：仿生学是研究生物体接收、传递、加工信息的方法及其机制，作为模拟对象，以便设计各种各样自控机的科学。

不管对仿生学的看法有什么不同，1960年以后，它的发展十分迅速。各种形式的讨论会越来越多，在美国有几十家大公司专门设立了仿生学实验室。许多研究机构、高校、军事部门和航天部门都相继提出了关于仿生学的各种研究课题。世界上不少国家也相继建立了仿生学研究机构，还出版了一些有关仿生的书籍和杂志。我国从1960年以后也开始陆续介绍国外仿生学研究动态，并开始进行仿生学方面的专题研究。

仿生学是近二三十年发展起来的，属于生物科学与技术科学之间的边缘科学，它横跨生理学、生物物理学、生物化学、物理学、数学、军事学、控制论、工程学等学科领域。仿生学把各种生物系统所具有的功能原理和作用机理作为生物模型进行研究，希望在技术发展中能够利用这些原理和机理，最后目的是要实现新的技术设计并制造出更好的新型仪器、机械等。

在仿生学这个范畴里，还出现了不少分支学科，如数学仿生学、物理仿生学、化学仿生学、医学仿生学、机械仿生学、建筑仿生学、军事仿生学、体育仿生学等等。

总之，仿生学这门新兴的综合性边缘科学，它是由生命科学与工程技术科学相互渗透，彼此结合而产生的。它的格言是：“生物原型——开启新技术的钥匙”。