



自然科学小丛书

仿生学漫话



北京出版社



自然科学小丛书

仿生学漫话

王谷岩

北京出版社

自然科学小丛书
仿生学漫话
王 谷 岩

*

北 京 出 版 社 出 版
新华书店北京发行所发行
北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 3.125印张 47,000字

1979年9月第1版 1979年9月第1次印刷

印数1—80,000

书号: 13071·87 定价: 0.25元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

- 一 从飞行的故事谈起..... (1)
 - 会飞的木鸟(2) “插翅难飞”(3) 上天的
愿望实现了(5) 未来的飞机(6)
- 二 仿生学的诞生 (8)
 - 什么是仿生学(8) 由来已久(10) 应运而
生(12)
- 三 生物的机械原理 (16)
 - 肌肉机(16) 奇特的车辆(19) 航速之谜
(22) 完美的设计(26)
- 四 奇妙的感觉器官 (29)
 - 眼睛——脑的一部分(30) “火眼金睛”(33)
复眼的启示(38) “电子鼻”与“人工耳”(43)
- 五 动物的定向与导航 (46)
 - 动物“声雷达”(47) 巧妙的生物定位(52)
昆虫的化学通信(55) 远程导航(57)
- 六 生物的化学原理 (62)
 - 高效催化剂(63) 生物发光(65) 生物电池
和“宇宙绿洲”(68) 绿色化工厂(71) “人

工鳃”和海水淡化器(73)

七 大脑与电子计算机..... (76)

神通广大的“电脑”(77) 最完善的“天然计算机”(78) 可靠的精巧原型(82) 机器和人的记忆(85)

八 发展新技术的钥匙..... (87)

独特的研究方法(88) 仿生学展望(91)

一 从飞行的故事谈起

人们在儿童时期，大概都喜欢看空中的飞鸟，喜欢看晴朗夜空的月亮和那闪烁的点点繁星。看，鸟儿多么自由，星星和月亮多么令人神往。要是能长上一对翅膀飞上天空，飞到月亮上去看看，该多好啊！

古时候的人们，也有这种想法。然而限于当时的条件，他们对鸟儿只好羡慕，对月亮只能感到神秘。仰望着辽阔的天空，他们曾产生出种种美妙的幻想、神话和传说。

我国战国时代的伟大诗人屈原，在他的长诗《离骚》里，就曾想象自己坐在飞龙拉着的车里在空中飞行。《西游记》里那个大名鼎鼎的孙悟空，真是神通广大，一个筋斗就是十万八千里。“嫦娥奔月”的故事，更是人所共知。至今仍保存在敦煌石窟里的壁画，给我们留下了许多美丽动人的“飞天”形象（图1）。此外，世界各个国家的人民也都有自己想象丰富的神话故事和传说。

那些传说中的人物，都是古人幻想中的飞行家。人们幻想着，希望总有一天能够象鸟一样在空中自由飞翔。



图1 飞天

会飞的木鸟

大约在三亿年前，第一批动物占领了天空，这些“飞行先锋”是低等的昆虫。而脊椎动物(鸟类等)学会飞行的技巧，却是在这一亿年以后的事情。现在，在我们上空飞翔的大约有 25000 个物种和亚种的鸟类，另外还有数量更多的有翅昆虫。

鸟会飞，甚至低等昆虫也能在空中自由飞翔，而人只能在地面上行走。因此，人想模仿鸟类的飞行，是很自然的事情。

传说，两千三百多年前，墨子曾带领三百多弟子用了三年时间，制成一只“会飞的木鸟”，古书上把它叫做“竹鸢〔音却què〕”或“木鸢〔音冤yuān〕”。也有人认

为，这只木鸟是春秋时代的著名工匠鲁班制作的。同一时期，希腊人阿奇太也制成了一只“机械鸽子”。十五世纪，德国人米勒又建造了“铁苍蝇”和“机械鹰”，据说都曾飞过。

东汉时期，我国杰出的科学家张衡经过不断地研究和试验，制成了一架装有“机关”的飞行器，叫做“木雕”，“能飞数里”。唐朝工匠韩志和，也曾制作了一架能升高 100 尺、飞行 400 多尺远的飞行器。

“插翅难飞”

这些成就并没有使人们满足。真鸟会飞，装上翅膀的木鸟也会飞，要是人装上两个大翅膀，是不是也能够飞上天空呢？不少古人怀着这种想法和希望，曾经做过种种大胆的试验。

一千九百多年前，西汉的一位“飞行家”曾在当时我国的京都长安，举行了一次飞行表演。这个人“取大鸟翮〔音核hé，翅膀〕为两翼，头与身皆着毛”，结果“飞数百步”。这是一次滑翔飞行，在当时真算是一件了不起的创举。

国内外还有不少人曾制作了各种各样的翅膀，将其绑在自己的手臂上，试图完全象鸟那样飞翔。然而，其结果不是飞不起来，就是翼破人亡。事实证明，靠

人的臂力扇动翅膀是飞不上天空的。

人的两条腿那是比较有劲的吧。四百多年前，意大利著名科学家、艺术家达·芬奇，在前人实践的基础上，根据对鸟类、蝙蝠飞行的观察和研究，设计了一种象人那样大小的“扑翼机”(图2)，试图用人脚的蹬力扑动翅膀而飞行，然而也没有成功。

鸟有翅膀能飞，人插上翅膀为什么还是飞不起来呢？

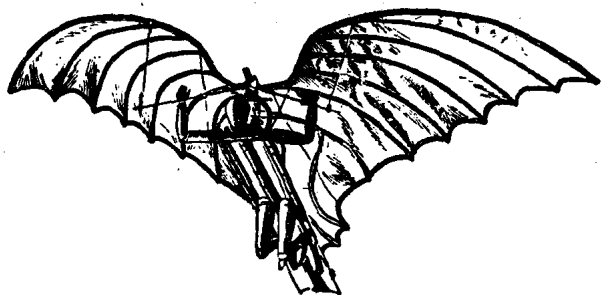


图2 扑翼机模型

随着对鸟类的进一步研究，人们终于找到了答案。鸟类能飞，不只是因为它们有翅膀，还由于它们经过了亿万年的自然演化，整个身体结构都适应了飞行的需要。鸟类具有符合流线型的体形，飞行阻力很小。它的骨骼中空，同样长的一段腿骨，鸟骨只有兽骨重量的三分之一；张开翅膀，翼展达2米的巨大的军舰鸟的骨骼总重只有100克。鸟类的“天然发动机”——肌

肉集中于胸部，胸肌约占体重的五分之一。鸟类有特别发达的大片胸骨，以附着胸肌并作为翅膀的基座。按单位体重来计算，鸟的“发动机”功率是相当可观的。例如，一只鸽子约重 340 克，实际发出的总功率约为 0.0256 马力，折合每公斤体重为 0.075 马力。

而人呢，不但体形不符合流线型，且骨骼很重，肌肉又分散在全身各部，臂肌和胸肌并不特别发达。倘若一个人想仅仅凭借自身的力量飞行，就要长有近 15 公斤重的胸肌和臂肌，他的胸骨也要向外突出 1 米才行。何况人体的肌肉“发动机”功率，最好的运动员手脚并用也不过 1.5 马力（0.3 秒钟内），一般人则只有 0.5 马力。人的体重再加上翅膀的重量按 70 公斤计算，每公斤体重不过为 0.007~0.021 马力，仅相当于鸽子的十分之一到四分之一。

一切都清楚了，不借助于机械动力，人想单靠自身的体力作扑翼飞行，那将是“插翅难飞”！

上天的愿望实现了

人类模仿鸟类飞行的一次次失败，促使人们开始认真研究鸟类的飞行原理和飞行动力学等问题。

我国东晋时代的学者葛洪，就曾探讨过鸟类的飞行原理。他认为，用机械作为飞行动力才是发展方向；

制作飞行器不要老在振翅上转圈子，仿照老鹰那样平伸着翅膀也是可行的。

约在公元 1800 年，气体动力学创始人之一的英国科学家凯利，曾深入地研究过飞行动物的形态，寻找最流线型的结构。他模仿鸟翼设计的一种机翼曲线，与现代飞机机翼截面曲线几乎完全相同。法国生理学家马雷曾写过一本研究鸟类飞行的《动物的机器》，介绍了鸟的体重与其翅膀负荷（即单位翅膀面积所负的重量）的知识。后来，俄国科学家茹可夫斯基也正是在研究鸟类飞行的基础上，提出了航空动力学的理论。

只是到了这时，人们才找到了飞行的关键所在。在模仿鸟类翅膀确定了前缘厚、后缘薄的机翼截面和接近鸟翼的负荷，又采用了大功率轻便发动机推动螺旋桨之后，美国的赖特兄弟终于在 1903 年发明了飞机，实现了人类几千年来梦寐以求的飞上天空的愿望。

未 来 的 飞 机

早期的飞机，支杆纵横，骨架裸露，只能摇摇晃晃地勉强飞离地面。经过不断地改进和发展，现代飞机不仅结构坚固紧凑、机型新颖、操纵自如、平稳可靠，而且载重量之大、速度之快是任何鸟类都望尘莫及的。

但是，即使在已经有了现代化飞机的今天，我们仍然需要继续向昆虫和鸟类学习，以求进一步模仿它们的某些特殊本领，不断提高飞机的性能，更快地发展航空技术。

比如，飞行动物并不因为没有螺旋桨而感到不便。对长有四翅的一种沙漠蝗虫所做的“风洞试验”表明，它的翅膀所做的优美而复杂的“8”字形运动，能够产生惊人的推进效率(图3)。沙漠蝗的神经系统可以控制它的翅膀，连续不断地改变角度，以便和飞行速度、气压最佳地协调起来。这是一种比目前人所能建造的最好的自动驾驶仪还要精巧得多的自动控制系统。

蚊、蝇和蜜蜂等昆虫，还会做现有的任何飞机都做不到的各种灵活机动的飞行：向上飞升，垂直下降，

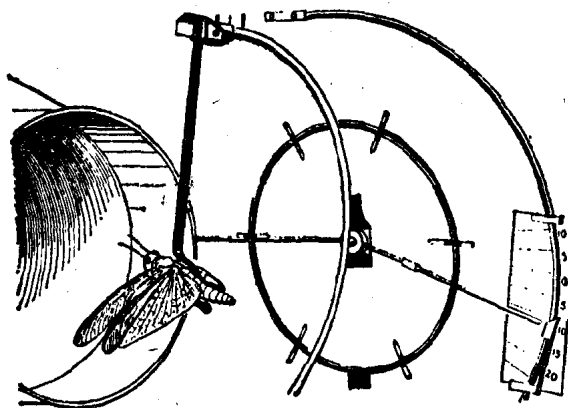


图3 沙漠蝗虫的风洞试验(左侧为风洞口)

陡然起飞，掉头飞行以及定悬空中等。

昆虫的翅膀是柔软而单薄的。例如，蜻蜓的翅膀一般长约5厘米，面积约4.6平方厘米，仅重0.005克。然而它却能有足够的强度和刚度，每秒钟可扑动16~40次，使蜻蜓的飞行速度达到每小时五十多公里。昆虫的翅膀真是一种超轻型结构！

鸟类飞行是极其节省“燃料”的。有一种小鸟叫金色鹬〔音育yù〕，从加拿大越海连续飞到南美洲，行程三千九百公里，而体重只减轻60克。若能赶上这种效率，那么一架轻型飞机飞行三十公里，只需耗用0.5升汽油，仅相当于目前用量的九分之一。

鸟类和昆虫的飞行，还有其他许多优异特性是现代飞机所不具备的，因而是未来进行飞机设计时可以借鉴的。可以乐观地预测，继续深入地研究虫、鸟的飞行并从中得到有益的启示，一定可以有效地改进现有飞机的性能，给未来新型飞机的设计增添异彩！

二 仿生学的诞生

什么是仿生学

上面谈的飞行故事，可以说是具体应用仿生学的

一个例子。但是，作为一门独立的学科，仿生学是本世纪中期才出现的。它研究生物体结构与功能的工作原理，并且根据这些原理发明出性能优异的新型机械系统、仪器设备、建筑结构和工艺过程，创造出新技术和新原理。简单地说，仿生学是模仿生物来建造先进技术装置的科学。

在自然科学研究领域里，有所谓“生物科学”（或称“生命科学”）与“技术科学”之分。研究自然界生物机体的发生、发育及其结构、功能特点等生命现象和规律的科学，即是生物科学。它包括动物学、植物学、生理学、神经学、生物物理学等等。而技术科学则是研究各生产部门的科学技术问题的科学，也称作工程科学或工程技术。如自动化技术、电子技术、航空技术、航海技术等等。

现代科学技术的飞速发展，使得研究领域越来越宽广，研究方法越来越精确，学科也越分越细；同时，科学技术的进一步发展，又不断地促成了许多学科之间的相互渗透、紧密结合，从而产生出许多新的边缘科学。仿生学便是在生物科学与技术科学之间发展起来的一门重要的新兴边缘科学。

仿生学不是纯生物科学，它并不把弄清生命活动的规律作为研究工作的全过程，而是作为研究工作的

第一步，是为着向生物体索取工程设计的蓝图；它也不是纯技术科学，而是开辟了一条发展技术科学的新途径。仿生学作为这两门学科之间的边缘学科，是连接它们的纽带和桥梁。它从研究生物系统开始，使人造技术系统获得生物系统的机能特征，大大提高其性能；另一方面，在以建成技术装置为其最后目的的同时，又可在工程模拟过程中进一步阐述生物系统的规律，促进生物科学的新发展。

仿生学发展到今天，还不到二十年的时间。然而，它已经表现出了强大的生命力，开拓了一条向生物界索取设计蓝图的发展科学技术的新途径。

由 来 已 久

人类生活在地球上，与自然界现有的二百多万种生物作邻居。这些生物形形色色的奇异本领，自古以来一直吸引着人们。人们很早以前便开始了模仿生物的活动。

古时候，人们看到鱼儿在水中自由地游来游去，就千方百计地去模仿。先是用木材仿照鱼的体形做成船体，继而又仿照鱼的胸鳍和尾鳍，制成了双桨和单橹，因而取得了水上行动的自由。从古代的独木舟逐步发展到现代化的船舶，这就使人类在占地球表面十

分之七的海洋上得以通行无阻。

相传两千多年前，我国著名工匠鲁班上山砍树时，被一种茅草拉破了手，经过仔细观察，他发现草叶边缘上长有许多小齿，因而得到启示，发明了木工用的锯子。

几百年前，阿拉伯医生在眼科手术的实践中，发现在两个不同的透明介质交界面上光线会产生折射。对人眼晶状体的研究，导致了应用“透镜”的设想。后来，人们真的研制出了用水晶和玻璃制成的光学透镜（图4）。利用透镜制成了各种现代光学仪器，如放大镜、望远镜、显微镜、照相机等。

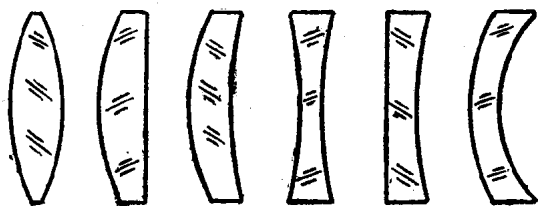


图4 各种光学透镜

“生命的火花”这一说法，是对生命活动的确切描述。古罗马时就已经知道生物有电，罗马医生就曾用电鳗的电击来治疗精神病人。十八世纪，意大利人伽伐尼发现，在用金属物体与蛙腿接触时，蛙腿就会收缩。另一个意大利人伏打在解释这种生物电现象的过程中，发明了第一个人造电池——伏打电池。