



自然的启示



自然的启示

王书荣 编著



上海人民出版社

自然的启示

王书荣 编著

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.75 字数 147,000

1974年6月第1版 1974年6月第1次印刷

印数 1—250,000

统一书号: 13171·94 定价: 0.41元

毛主席语录

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

前 言

人类一在地球上出现，就作为自然界的主体来认识自然和改造自然了。

恩格斯说：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”。生产实践的需要推动了人们对自然界的研究，而对于自然规律的认识又反过来促进了生产的发展。

四千多年前，我国古代劳动人民“见飞蓬转而知为车”，模仿遇风转动的飞蓬草发明了轮子。四百多年前，意大利人达·芬奇根据对鸟类和蝙蝠的研究，设计了扑翼机——在人身上装上一对翅膀，利用脚的蹬力来扑动的飞行器。后来，在劳动人民丰富的实践基础上，人们研究了鸟类的飞行动力学，才于上世纪末发明了飞机，实现了人类几千年来梦想象鸟类那样飞上天空的宿愿。这些例子说明，在过去，生物现象的研究，曾对技术的发展起了一定的作用。

现在，认识生物的功能原理，建造它们的各种功能模型，为什么成了最有趣和有益的科学领域了呢？

这是由于科学技术发展到现今，人类所创造的技术装置日益复杂和昂贵，体积庞大，操纵复杂，其可靠性和效率都不能满足工业、农业、医学、特别是宇宙航行和军事技术越来越高的要求，这就迫使人们去寻找崭新的技术原理。另一方面，生物界在亿万年的漫长进化过程中，通过自然选择，形成许多卓有成效的导航、发现、计算、生物合成和能量转换等系统，其小巧性、灵敏性、快速性、高效性、可靠性和抗干扰性令人惊叹

不已！例如，在许多方面，电子计算机尚不及昆虫的区区之脑。螳螂能在 0.05 秒的一瞬间，计算出飞掠眼前的小昆虫的速度、方向和距离，一举捕获之，使上吨重的电子跟踪系统为之相形见绌。又如，人眼能在 20°C 温度下感受几个光量子的变化，而现代技术要达到这一点，则需在液氮的温度下，即在周围热噪声几乎等于零的条件下。因此，若能创造出具有人眼灵敏度的光敏仪器，那就意味着测量技术的革命。所以，在揭示了许多自然现象的奥秘以后，人们自然而然地就把寻求新技术原理的目光转向了生物界。

现代科学技术的发展，使学科越分越细，目前知道的学科已有 1150 种之多。同时，它也促使各学科之间，有时是本来相距很远的部门之间的相互渗透，产生了一系列所谓边缘科学，这一点在诸如生物物理学、生物化学、分子生物学的名称上也有所反映。同样地，在生物学、数学、工程技术学的边缘上一门崭新的科学——仿生学就这样产生了。

仿生学是 1960 年正式诞生的。它研究生物系统的结构性质、能量转换和信息过程，并将所获得的知识用来改善现有的和创造崭新的机械、仪器、建筑结构和工艺过程。因此，生物模拟就成为现代发展新技术的重要途径之一，著名的格言“生物原型——新技术的钥匙”就是这个意思。

重要的是，其他一切生物都是被动地适应自然，只有人类才能主动地改造自然。“动物仅仅利用外部自然界，单纯地以自己的存在来使自然界改变；而人则通过他所作出的改变来使自然界为自己的目的服务，来支配自然界。”因此，我们不能盲目地模仿生物，跟随自然亦步亦趋，因为这样不但不能推动技术的前进，反而会阻碍它的发展。这在技术发展史上是不乏其例的，例如：基于对鸟类的观察，不少人把翼绑在臂上，试

图完全象鸟那样飞翔,结果是翼损人亡。因为他们不了解,一个人要想完全凭借自身的力量来飞行,他的胸骨就要象鸟那样突起 1 米左右,才能承托住扑动双臂所需的强健的胸肌。以后,人们根据鸟类的飞行原理发明了飞机。人在学会了飞行后,于 1912 年超过了鸟的飞行速度,1916 年超过了鸟的飞行高度,1924 年超过了鸟的飞行距离。大家知道,现代飞机比任何鸟类飞得更快,更高,更远。这是人类智慧和劳动的结晶。

仿生学是一门综合科学,它需要生物学、生理学、神经学、神经生理学、心理学、生物物理学、生物化学、控制论、数学、自动学、电子学、通信、航空和航海工程等领域里的工作者,进行跨行业的通力合作。这不仅因为仿生学研究需要广泛的科学知识,而且这些领域也需要仿生学来协助解决某些问题。

这门新科学首先是根据技术提出的任务,来研究生物系统某方面的结构或功能特性,此即生物原型研究。其次,将研究所得资料进行数学分析,建立数学模型。正是在这个阶段,要把生物现象和过程一分为二,取其对技术有益的方面,舍其无益的方面。在第三个阶段,就是将有益的生物原理应用于工程技术。当然,它并不是过程的终结,还需要“由实践到认识,由认识到实践这样多次的反复”,才能使模拟出来的东西越来越符合生产的需要。

事实表明,当人们有意识地去研究和模拟生物系统的功能和结构时,仿生学就得到了迅速的发展。在短短的十多年时间里,仿生学所取得的成果,已给人们留下了深刻的印象。例如,用电子蛙眼跟踪人造地球卫星;具有鲸体型的船可使航速提高 25%;模仿苍蝇嗅觉器官的极其灵敏的小型气体分析仪,已在宇宙飞船座舱里开始了工作,等等。仿生学的实践

表明，它不仅对技术的进步有一定的意义，而且对生物科学本身的发展也有推动作用。人们为了创造一个器官的技术模型，必须首先研究这一器官的性质，定性和定量的性质。这样，不仅使生物学理论数学化，而且能创立新的理论。同时，各种模型的建立，反过来也有助于生物学知识的检验和深化。例如，由于心脏工作的数学模型的建立，发现了一种新的心脏病，并得到临床实践的证实。显然，仿生学对其他自然科学部门也有一定推动作用。

最后，我们要强调指出，无论模仿品和活机体多么相似，它们之间却有着本质的区别。恩格斯指出：“生命是蛋白体的存在方式，这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分的不断的自我更新。”因此，人制造的技术模型不能够再现生命的全部特征，以及由此导出的最简单的生命要素：刺激感应性、收缩性、成长的能力和内在的运动，更不具有人脑的思维能力。所以，技术仿生系统只可能是某种模型，绝不是人脑、新陈代谢系统等的无异复制。

目 次

前 言

第一章 生物的时钟和罗盘

生物钟·····	1
生物钟和人·····	7
动物的航行本领·····	8
天文罗盘·····	11
地磁罗盘·····	16
苍蝇的振动陀螺仪·····	19
蜜蜂的偏光导航仪·····	20

第二章 模仿眼睛的仪器

人造眼·····	27
蛙的千里眼·····	32
鹰眼电视机·····	39
鸽子帮助雷达·····	44
昆虫的慧眼·····	47
看见热线的眼睛·····	52

第三章 检测气味的电子鼻

气味“语言”·····	56
嗅觉之谜·····	61
电子鼻·····	65
苍蝇和宇宙航行·····	69
电子警犬·····	70

第四章 生物定位和通信

活雷达——蝙蝠·····	72
--------------	----

夜蛾的反雷达战术·····	78
海豚的声纳·····	81
水母的顺风耳·····	87
动物的“语言”·····	89
水下电波·····	93
表面水波·····	96

第五章 生物化工厂

蜘蛛和甲虫·····	98
特种粘合剂·····	101
鳄鱼的眼泪·····	103
特殊的化工厂·····	104
模拟酶·····	110
两个酶模型·····	113

第六章 自然设计师

鲸形船·····	117
海豚雷·····	123
昆虫飞机·····	127
无轮汽车·····	132
恐龙钻头·····	135
生物和建筑·····	138
植物的数学·····	147

第七章 新的能源

模仿肌肉的机器·····	150
未来的光源·····	156
生产粮食的工厂·····	160
生物电器官·····	164
生物电池·····	167
人体热电视机·····	170

第八章 神经和计算机

神经元和神经系统·····	173
人造神经元·····	176
大脑和计算机·····	181

第九章 人和机器

“机器人”·····	186
听话的机器·····	192
生物电控制·····	195
皮肤“视觉”·····	199
神经-电子系统 ·····	201

第一章 生物的时钟和罗盘



生物钟

鸡叫三遍天亮, 牵牛花破晓开放,
青蛙冬眠春晓, 大雁南来北往(图 1)。
这些与昼夜交替和四季变更有关的生物现象, 是大家都知道的。但另有许多依赖于时间的生物学过程, 却并不是每个人



图 1 生物的时钟

都了解的。例如，人的体温、血糖含量、基础代谢率、经络电势等都发生昼夜性变化；海洋生物在春季望月由深海浮向水面；每当涨潮的时候，海边岩石上的牡蛎都张开自己的贝壳。

动物按时间进行活动的惊人的例子，可以用一种鸟来说明。这种鸟叫做雀鲷鹭，生活在离海边 50 公里的地方。它们每天飞到海边来的时间，总比前一天推迟 50 分钟。这样，每当退潮后，它们总是海滩上的第一批食客——要知道，潮汐时间每天恰好向后推迟 50 分钟！在我国海滩上有一种小蟹，雄的有一只大螯，渔民们称之为“招潮”，说明这种小蟹与潮汐有关。在昼夜的不同时间里，它身体的颜色暗淡不一。正象涨潮和落潮时间每天向后推迟 50 分钟一样，招潮小蟹体色最暗的时间也每天向后推迟 50 分钟！这种小蟹落潮时活动，涨潮时栖息。由此可见，生物“测量”时间的精确度是很高的。生物这种测量时间的本领，现在通常称作“生物钟”。它使生物在时间上与外界周期性过程（昼夜交替、四季变更、潮汐涨落等）相呼应，以保证生物对环境的适应。

但是，怎样区分是生物钟的作用，还是生物对自然界某些因素周期性变化的简单反应呢？为了回答这个问题，我们可以把生物从自然环境中取出来，将它放在实验室里，把假定它敏感的那些因素维持在恒定的水平上。如果生物在恒定条件下依然故我，则说明生物体具有某种保持这种节律的体内机构。

例如，在自然条件下，许多植物都有“睡眠”和“觉醒”的周期交替现象。如豆、豌豆和三叶草的叶子夜间垂下，白天竖起。如果把这些植株置于黑暗之中，它们的行为没有丝毫改变，叶子依然周期性地垂下和竖起。好象植物继续在受着昼夜交替的影响，虽然事实上这种影响已被排除。

生活在恒定条件下的生物，它们的活动也会发生变化。有一种哺乳动物叫鼯鼠，白天躲在树洞里休息，而于黄昏时分钻出洞穴，通宵达旦地沿树干奔来跑去，由这棵树跳到那棵树以觅食(图2)。鼯鼠的活动大约开始于日落后半小时，或精确些说，当光照度降低到一定程度，它便开始活动。这种循环每24小时周而复始。现在我们把几只鼯鼠放在旋转铁丝笼中，只要动物一开始活动，笼子就旋转起来，



图2 鼯鼠

这样将便于我们观察；然后把它们置于完全黑暗中。根据观察，受试动物的活动周期逐渐发生变化，变成23小时至稍大于24小时之间。这种偏离24小时周期的节律，叫做近似昼夜节律。持最短周期(23小时)的动物，每天比前一天提前1小时开始奔跑。这样，大约经过3个星期，生活在恒定条件下的鼯鼠的活动，就比自由生活在森林中的鼯鼠推迟一昼夜。有趣的是，重获自由的鼯鼠很快又恢复正常的24小时循环。“外因通过内因而起作用”。在自然条件下，在外界因素(例如，光照度)变化的影响下，近似昼夜节律与严格的24小时循环是同步的。对于鼯鼠，这种同步因素是黄昏，即从光亮到黑暗的过渡时期。

显然,如果改变同步因素的作用时间,便可调快或拨慢生物钟。我们可以做一个实验。蟑螂的活动周期与黑暗的到来是一致的,但它最活跃的时间是傍晚。假使在实验条件下,人为地颠倒白天和黑夜的顺序,便可轻而易举地调拨蟑螂的生物钟。现在,我们把盛放蟑螂的笼子放入暗室,用“电子眼”来记录它的活动。夜间用电灯照亮暗室,每天早晨9点钟熄灯。这样,对暗室中的蟑螂来说,白天变黑夜,黑夜变白天(图3)。大约经过1个星期,昆虫便改变了原来的活动顺序——在人造黑夜时呈现活动,尽管实际上这时实验室外面仍是白天。这时,蟑螂的生物钟被调拨了。

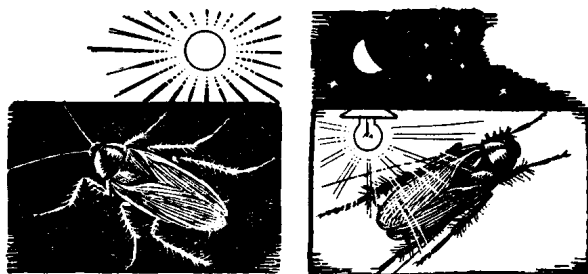


图 3 蟑螂的生物钟被调拨了

目前,人们已从充塞雨滴的微生物到高等植物和人类这些形形色色的生物中,找到了这种无声无息的生物钟。现已发现,许多生物学现象,不用生物钟这个概念,就不能得到合理的解释。可以说,生物钟已成为有机体的一个特征。

生物钟在生物体的什么地方?它的本质是什么?现在有许多人在研究这些问题。

我们知道,人的激素对生长、消化、生殖等过程有着十分重要的意义。激素分泌的量不足或过剩,都会引起我们身体

病变。例如，我们头部的一个内分泌腺——脑垂体活性亢进时，小孩就会发育成巨人；而其活性过低时，小孩就会长成侏儒。在其他动物的生命活动中，激素也起着非常大的作用。那末，生物钟是否可以通过某种激素的影响来解释呢？

我们把两只蟑螂的背上都打一个小洞，通过洞把它们的血液循环系统连通起来。用蜡把它们固定在一起，并把上面那只蟑螂的所有腿全部切除以限制其运动（图4）。手术前，上面那只蟑螂生活在正常情况下，并表现出典型的活动循环。下面那只蟑螂的正常活动循环，在经过长时间连续光照后暂时中止了。当把它们移置到连续光照条件下，下面那只蟑螂立即表现出明显的活动规律：它在相应于上面

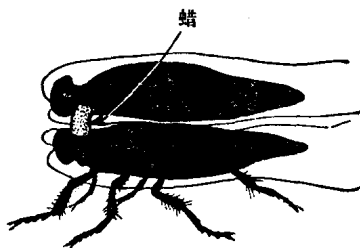


图4 具有同一血液循环系统的两只蟑螂

那只蟑螂原先活动的那个时间开始奔跑。因此，上面那只蟑螂血液中的某种激素，是下面那只蟑螂活动的启动者。

后来，在蟑螂的咽下神经节找到了它们的生物钟。这是一群神经分泌细胞，位于神经节的侧面和腹面（图5）。把这团神经组织移植到另一只蟑螂身上，钟则“继续行走”，在体内有规律地生成控制蟑螂活动的激素。这样，就证明了这种神经细胞团起着计时机构的作用。

别的地方还有没有这种生物钟呢？如果用局部冰冻法使钟停走一段时间，正常的活动规律不被破坏；当钟重新发动起来时（即解除冰冻），激素分泌继续按原先的时刻表进行。看来，在蟑螂的这个生物钟暂时停走的那个期间，在有机体某个

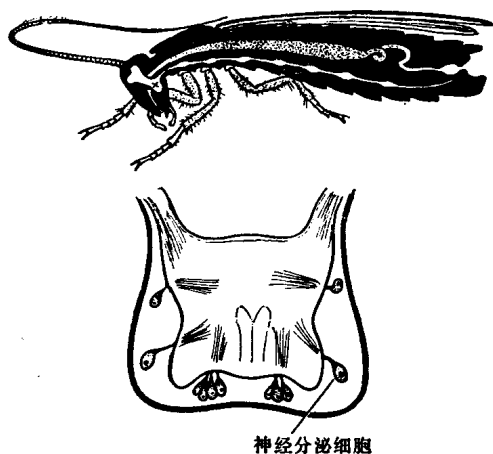
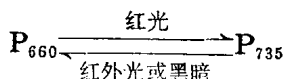


图 5 蟑螂体内神经分泌细胞所在的咽下神经节(×记号处)
下为咽下神经节的横切面

未被冰冻的部分还有更重要的生物钟在行走，在计量时间。这种生物钟，有人称为母钟。这些母钟就是神经突触（神经纤维分枝末端小的纽结）分泌激素的有规律的活动，它们控制着神经分泌细胞中激素的产生。可以设想，一般的生物钟（即子钟）调节蟑螂

的日常活动；母钟仅在这些日常钟的指示稍微发生偏差的情况下才发挥作用。例如，随着季节的变更，光照度在逐渐变化，母钟的“指针”发生移动，它将首先拨动日常钟，好象对它说：“要改变一下自己的步伐，白昼正在变长！”

各种生物的生物钟是不相同的，特别是植物和动物的生物钟各不相同。关于植物的生物钟，就让我们看一下一种重要的植物色素——光敏素。这种色素可以两种形式存在：一种吸收红光，叫红光吸收色素，或简称为 P_{660} ；另一种吸收红外光，叫红外光吸收色素，或简称为 P_{735} 。通过吸收光线两者可以互变：



它们的互变可以形成振荡系统，由它控制植物的开花时间。