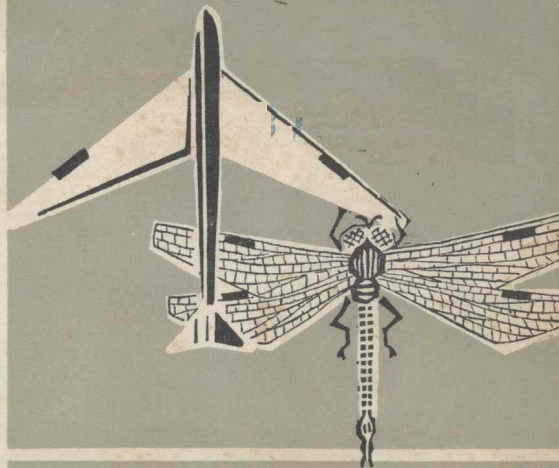
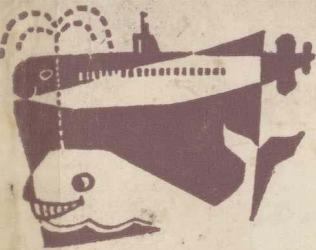
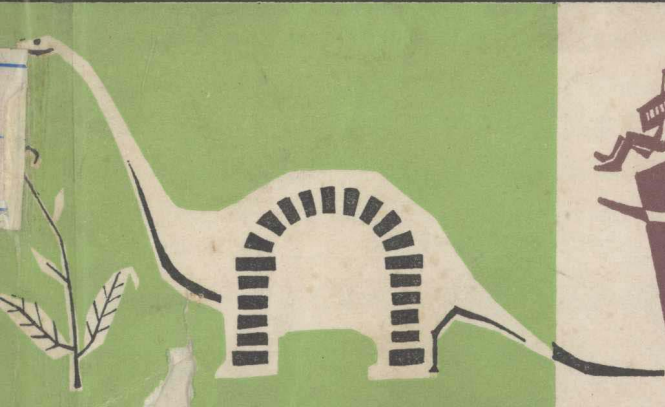




自然的启示



自然的启示

王书荣 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 9.25 字数 201,000

1978 年 1 月第 1 版 1982 年 8 月第 3 次印刷

印数 185,001—193,100

书号: 13119.704

定价: (科四) 0.59 元

前 言

蜂飞蝶舞，兽走鱼游，花繁叶茂，虫鸣鸟啭。自然界生机勃勃，气象万千。

在征服大自然的艰苦战斗中，人类逐渐接触生物，认识生物，利用和改造生物。有时人们也会受到生物的启发，创造一些社会生产需要的工具。

鲁班是我国古代著名的工匠，他在土木工程方面有许多创造发明。有一次，鲁班上山砍树被野草划破了手，他摘下草叶轻轻一摸，发现叶子边缘上有许多锋利的小齿。于是，鲁班就在铁片上做出一些小齿，通过反复试验和改进，终于发明了当时急需的伐木工具——锯。

“百闻不如一见”，眼睛是人与周围环境打交道的重要感官。身在东海边，欲观昆仑巅，人早就需要“千里眼”了。人们一发现硒的光电现象，自然马上就想用它来制造“千里眼”了。但是，硒片并不能把图象整个地传递出去。人们转而研究生物的眼睛构造和视觉过程，并设计出模仿视网膜的“电眼”，把图象划分成许多小点——象素分别进行传递。这就是其后发展起来的机械扫描和电子扫描电视的根本原理。

在波澜壮阔的生产斗争中，人们多么需要迅速克服巨大的空间距离啊。鹰击长空，鸽翔千里，激励了人类的飞天思想。我国古代鲁班、张衡等人制造过能飞的木鸟，意大利人达·芬奇设计了扑翼机。又经过许多人长时间的艰苦努力，

深入研究鸟类飞行,反复进行模型试验,最后得出结论:飞机机翼要和鸟类翅膀大致差不多,应取前缘厚后边薄的曲面才能产生升力。在工业能提供需要的材料和发动机的情况下,终于在1903年发明了飞机,实现了人类几千年来梦想象鸟类那样飞上天空的宿愿。

恩格斯在《自然辩证法》一书中指出:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”。仿生学的发生和发展正验证了这一光辉论述。

科学技术发展到本世纪中期,人类所创造的技术装置日益复杂和昂贵,体积庞大,操纵困难,其功能、可靠性和效率都不能满足工业、农业、医学,特别是航天、海洋开发和军事技术越来越高的要求,这就迫使人们去寻找新的技术原理。另一方面,现代工业为科学研究提供了许多新的仪器装备,使人们得以揭示生物的种种奥秘。生物界在亿万年的漫长进化过程中,形成了许多卓有成效的导航、识别、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,赫赫之电子计算机尚不及昆虫区区之脑。螳螂能在0.05秒的一瞬间,计算出飞掠眼前的小昆虫的方向、速度和距离,一举捕获之,使上吨重的电子跟踪系统为之相形见绌。所以,人们就把寻找新技术原理的部分目光转向了生物界。

同时,现代工业也能为模拟生物系统提供一定的物质技术基础。于是,仿生学便应“运”而生了。

仿生学作为独立的一门学科是1960年出现的。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或创造崭新的机械、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。

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,不少人把翼绑在手臂上,试图完全象鸟那样飞翔,结果是翼破人亡。因为那时他们不了解,一个人要想仅凭借自身的力量来飞行,他的胸骨就要象鸟那样突起一米左右,才能承托住扑动双臂所需的强健的胸肌。以后,人们根据鸟类翅膀确定了机翼截面,制造了大功率的轻便发动机,才真正实现了人类的飞天愿望。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。

仿生学是生物学、数学和工程技术学边缘上的一门崭新科学。它首先是根据生产实际提出的技术问题,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。然后,将研究所得生物资料进行数学分析,抽象出它们之间的内在联系,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。在第三阶段,就将有益的生物原理应用于工程技术。要仿中有创,仿生物的功能或结构原理是手段,创造实用的技术系统才是目的。当然,生物模拟还需要反复实践、反复研究,只有这样,才能使模拟出来的东西越来越符合生产的需要。

事实表明,当人们在广泛联系实际的基础上去研究生物

系统的功能和结构,并创造性地模拟它们时,仿生学就得到了迅速发展。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,核潜艇和巨大的油船模仿了鲸类体形;电子蛙眼跟踪着人造地球卫星;“机器人”在工厂里“兢兢业业”地工作;识别机在海岸上侦听潜艇。

在此,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可能再现生命的本质特征,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,更不可能具有人脑的思维能力。技术仿生系统只可能是某种模型,是生物结构和功能的粗糙模拟,绝不会是人脑、新陈代谢等生物系统的无异复制。资产阶级学者编造出来的“机器战胜人类”的神话,只不过是重复了几十年前的一些陈词滥调,但却由此可见资产阶级哲学堕落之一斑。辩证唯物主义者坚信,不管科学技术如何先进,人类永远是自然界的主人。人所创造的一切机器,无论其功能多么完善,也都只不过是借以改造客观世界的工具。

目 录

前 言

第一章 生物的时钟和罗盘

生物钟	1
生物钟和人	8
天文罗盘	10
偏光罗盘	16
地磁罗盘	22
苍蝇的振动陀螺仪	29
蜜蜂的偏光导航仪	31

第二章 模仿眼睛的仪器

人造眼	37
蛙的千里眼	43
鹰眼电视机	49
鸽眼雷达	56
电光鹰眼	60
虫眼速度计	63
鱼的瞄准仪	67
蛇的热定位器	71

第三章 检测气味的电子鼻

气味“语言”	76
嗅觉之谜	82
电子鼻	86
苍蝇和航天	91
电子警犬	93

第四章 生物定位和通信

活雷达——蝙蝠	96
夜蛾的反雷达战术	104
海豚的声纳	109
水母的顺风耳	115
生物地震预报仪	117
蚊式测向仪	120
生物通信	126
水下电波	129
表面水波	133

第五章 生物化工厂

蜘蛛和人造丝	136
特种粘合剂	140
鳄鱼淡化器	141
细胞化工厂	144
模拟酶	149
两个酶模型	152
生物膜技术	156

遗传工程.....	160
-----------	-----

第六章 自然设计师

鲸形船.....	167
海豚雷.....	173
鱼式振荡泵.....	177
无轮汽车.....	181
新奇的坦克.....	183
恐龙钻头.....	184
生物和飞机.....	187
生物和建筑.....	196
植物的数学.....	207

第七章 新的能源

模仿肌肉的机器.....	211
生物光源.....	218
绿色的工厂.....	223
微型动力站.....	227
电鱼和伏打电池.....	231
生物电池.....	234
人体热电视机.....	237

第八章 神经和计算机

神经元和神经系统.....	239
人造神经元和神经网络.....	242
大脑和计算机.....	247
识别机.....	252

第九章 人和机器

“机器人”	255
听话的机器	262
生物电控制	267
人工视觉	272
生物—电子系统	278

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，是大家知道的。但另有许多依赖于时间的生物学过程，却并不是



图1 生物的时钟

每个人都了解的。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；人的痛觉、视觉和嗅觉，人对疾病、噪音和药物的敏感性，以及人的出生和死亡都有周期性节律；海洋生物在春季望月由深海浮向水面；每当涨潮的时候，海边沙滩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。这种小蟹落潮时活动，涨潮时栖息，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！

在海滨的浅滩上，生活着一种人们肉眼看不见的微小藻类——黄棕色硅藻（图 2），它的运动方式十分奇特：通过细胞壁上的孔排出一种粘液，象喷气式飞机似的用喷射式推进法，在砂粒空隙间上下移动。大潮退去，它移动到沙滩表面，沐浴在金灿灿的阳光里，其 X 形叶绿体进行着光合作用；涨潮了，汹涌的潮水奔腾而来，就在潮水淹没沙滩之前，这种黄棕色硅藻便悄悄地钻入了沙滩下层，避免了被潮水冲刷而去的厄运。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，通常称作“生物钟”。有人巧妙地利用了这种生物钟，将一些野生植物按其开花先后顺序，栽种在钟面模样的土地上，以不同植物的开花情况来确定昼夜的时间，这就是著名的“花钟”。研究表明，正是这些生物钟，使生物在时间上与

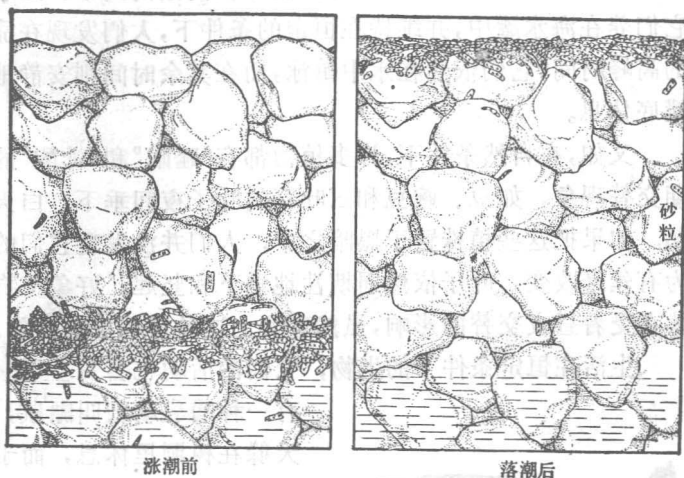


图2 海滨浅滩上的黄棕色硅藻

外界的周期性过程（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，有人把黄棕色硅藻从大海之滨，迁移到没有昼夜交替和潮汐更迭的环境之中。结果，令人惊奇的是硅藻仍然和生活在海滩上一样，周期性地上升和下潜，其时间之准确简直可以代替潮汐时间表！砂蚤是栖居于海滨的另一种生物，每当涨潮高峰时，它们从沙滩里钻出来，在波涛翻滚的大海中游

泳觅食，落潮时就钻入沙滩，静候着下次高潮的到来。如果将它们养在海水罐中，并维持在恒定的条件下，人们发现在涨潮的高峰时间，它们依然在水中游泳，而在其余时间则安静地在罐底休息。

又如，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，人们并没发现它们的行为有丝毫改变，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。



图3 鼯鼠

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3)。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，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 4)。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。

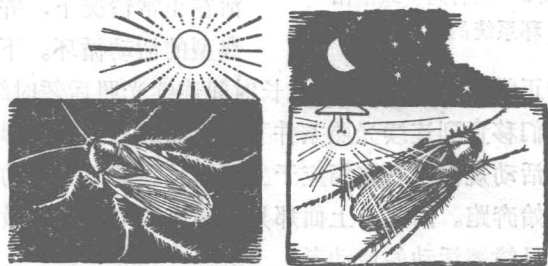


图 4 蟑螂的生物钟被调拨了

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，都会引起我们身体的病变。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？

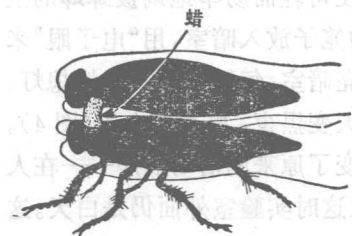


图5 具有同一血液循环系统的两只蟑螂

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5）。手术前，上面那只蟑螂生活在正常情况下，并表现出典型的的活动循环。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终止了。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6)。把这团神经组织移植到另一只蟑螂身上,钟便“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,在有机体某个未被冰冻的

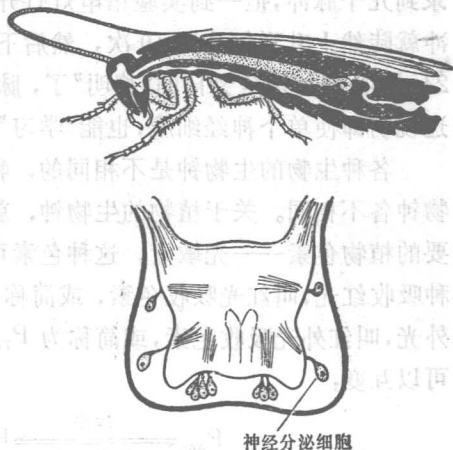


图6 蟑螂体内神经分泌细胞所在的咽下神经节(×记号处)

下为咽下神经节的横切面

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(神经纤维轴突末端与其他神经元的联接处)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!”

有一种海洋软体动物叫海兔,貌似花园里的蛞蝓。它全