



文中坚 陈洪英 编著

生物与仿生学

生物与仿生学

文中坚 陈滇英 编著

☆

广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 广西民族印刷厂印刷

★

开本 850×1168 1/32 印张 9.125 字数 226,000

1982年1月第1版 1982年1月第1次印刷

印数 1—5,600 册

书号: 13113·26 定价: 0.90 元

前 言

古人从风吹车蓬草转动得到启示，发明了车轮。近代，人们孜孜不倦地研究鸟类的飞行机理而发明了飞机。现代，科学家根据青蛙眼睛的特殊构造研制了电子蛙眼，用于监视飞机的起落和跟踪人造卫星。明天，科学家将根据人脑加工和处理信息的原理来推动人工智能科学的发展。人工智能是研究人造“思维系统”的科学，它有着美好的前景，将使复杂的繁重的脑力劳动自动化。

人们从过去不甚自觉地受到生物的启示而发明科学技术装备，发展到有意识地向生物界取经求教。人们向生物界的学习，已经突破了对生物体几何尺寸及其外形的模仿，进入到学习生物界支配其生命运动的普遍规律，并根据生物原形研制新的科学技术装备的阶段。于是，一门新的边缘学科——仿生学便在一九六〇年正式诞生了。

本书便是向读者介绍什么是仿生学，以及与仿生学有关的一些知识：诸如生物学的基本常识、生物界的各种物理化学现象、仿生学的有关成就和有关仿生的一些设想等。它可以作为理工科领域的科技人员、科普工作者以及大专院校师生和中学教师，了解一门新的边缘学科的入门读物。

本书承胡少波、谭顾周教授，温科英同志审阅，在此向他们表示感谢。

作 者

1981年5月

绪 论

仿生学是二十世纪六十年代初诞生的一门新兴的边缘学科。它的定义和包含的内容,到目前还没有完全统一的看法。有人曾经把外科医师用的手术刀和电子工程用的电烙铁,用一个数学的积分符号连接起来,作为仿生学的标记;还有人把仿生学与生物电子学等同起来;也许还将有人把仿生学看作是生物物理的工程化,等等。这些看法虽然有一定的局限性,但确又反映出仿生学内容的丰富多彩。仿生学,是一门属于生物科学与技术科学之间的边缘学科,简单地说就是对生物界的学习和模仿。那么,哪些部门需要对生物界模仿呢?关于这一点,从名称上是看不出来的。需要向生物界请教的部门将是很多的,譬如:电子学、建筑学、航空、航海、化学、自动控制和导航,等等。

近代自然科学的发展,表现出一种矛盾的倾向。一方面,科学的分工越来越细,专门化的要求也越来越高,例如,生物学就分为植物、动物、微生物、生态、生理和细胞结构等,电子学则可分为通讯、微波、测量和电子仪器等,再往下分,还都可以分得更细一些。另一方面,不同学科的互相渗透产生了许多边缘科学,如电生理学、生物工程、生物化学和生物量子力学,等等。人类对自然的认识,从初始阶段由号称包罗万象的自然哲学,分化出生命科学(生物学)和非生命科学(物理学、化学)两大分支以来,现在已是门类繁多、琳琅满目。今后,随着边缘科学的发

展，自然科学的两大分支又将在新的、更高的水平上综合起来，这是辩证法的必然趋势。

尽管属于工程技术领域的学科是研究非生命世界各领域的特殊矛盾和运动规律，而生命科学研究的是生命物质（一类特殊的物质）的各种矛盾和运动规律，但是支配两类物质世界的各种规律又都是相互联系、相互制约、不可分割的。自然科学的分工越来越细，虽然可以促使各学科在其所研究的范围内进入到更深的程度，但是伴随而来的却是各学科的内容趋于狭隘，结果不自觉地忽视了各学科之间的内在联系，从而一定程度地限制了人们认识自然、改造自然的能动性。

恩格斯指出：“黑格尔的（最初的）分类：机械论、化学论、有机论，在当时是完备的。机械论——质量的运动；化学论——分子的运动（因为这里也包括物理学，而且两者——物理学和化学——都属于同一系统）和原子的运动；有机论——上两项运动不可分地包含于其中的那些物体的运动。因为有机论无疑是把力学、物理学和化学结合为一个整体的高度的统一，因这种三位一体是不能再分离的。在机体中，机械运动直接由物理变化和化学变化引起，这和营养、呼吸、排泄等等有关，也同样地和纯粹的肌肉运动有关。”（恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社一九七一年版，第二二八页）恩格斯的论述，为生命科学和非生命科学有必要在更高的水平上综合起来指明了方向。随着生产力的发展和科学技术的进步，仿生学顺应潮流而诞生了。仿生学综合了生物学、生理学、神经化学、电子学、控制论和信息论等许多学科的新成就，它观察和研究自然界中生物体的结构性质、能量转换和信息传递，模仿某些生物的特殊器官，并将向生物界学习所获得的知识应用到人类的生产斗争中去，以改善现有的或创造崭新的机械、仪器、建筑结构和工艺流程等。毫无疑问，仿生学不仅对工程技术的发展有重大影响，而且对生物科学、医学和农业科学

的发展也有重要的促进作用。

仿生学这门新兴的边缘学科，同其他学科刚刚在人们面前出现时一样，容易使人产生两种错觉：一是仿生学神秘，二是仿生学万能。对仿生学感到神秘，是因为科学分工越来越细，使从事于生物学科的专业人员，对于数学、物理、化学和工程技术方面的知识相对地欠缺，继之望而生畏，不然就轻率地拒绝或降低用数学、物理的方法来揭示生命规律的作用。而从事数学、物理、化学和工程技术方面的专业人员，则习惯于在抽象的理想条件下考虑问题，然而那些被抽象时所忽略掉的次要因素，在生命现象中有时却往往是必不可少的。这种抽象的研究方法，势必产生面对极为复杂的生命现象束手无策的恶果；要不然他们就埋怨生命科学的逻辑推理不够严密，记录和描述很不精确。产生第二种错觉，把仿生学视为万能，是因为仿生学内容很丰富、涉及面广，因而被某些人加以神化。因此，在生命科学与非生命科学向更高水平综合——包括仿生学的发展——过程中，从事于仿生学的各种专业人员都必须向自己知识的局限性作斗争，同时还要通过自己的实践，努力学习辩证唯物主义，防止滑到唯心主义的邪路上去。

仿生学的诞生虽然只有短短二十年的时间，但它却以自己对生产建设和生活实践的影响，显示出强大的生命力。我国对于这门新的边缘学科十分重视，投入了大量的人力、物力和资金，使此项研究取得了一些可喜的成就。毫无疑义，仿生学将会成为我国科学百花园中一支艳丽的鲜花，从事仿生学研究的科学工作者将为“四个现代化”作出应有的贡献。

目 录

绪 论

第一章 什么叫仿生学

- 第一节 多彩多姿的自然界…………… (1)
- 第二节 动物的类群…………… (2)
- 第三节 仿生学的史前史…………… (11)
- 第四节 仿生学的诞生、内容和研究方法…………… (14)

第二章 生物界的物理现象

- 第一节 生物界的力学现象…………… (18)
- 第二节 生物界的电学现象…………… (40)
- 第三节 生物界的磁学现象…………… (46)
- 第四节 生物界的光学现象…………… (53)
- 第五节 生物界的热现象…………… (70)
- 第六节 生物界的声学现象…………… (78)

第三章 生物界的化学现象

- 第一节 细胞…………… (86)
- 第二节 激素…………… (94)
- 第三节 蛋白质…………… (101)
- 第四节 核酸和蛋白质的合成…………… (107)

第四章 生物感受器及其仿生

- 第一节 生物的光感受器与仿生…………… (112)

第二节	声和生物的声感受器官·····	(136)
第三节	生物的触觉和空间感觉·····	(153)
第四节	生物的嗅觉及其模拟·····	(171)
第五节	味觉器官——舌·····	(176)

第五章 人的中枢神经系统和脑的模拟

第一节	人的神经系统·····	(179)
第二节	神经元和中枢神经介质·····	(188)
第三节	脑的模拟·····	(210)

第六章 人工智能及其有关知识

第一节	集和域的简单概念·····	(221)
第二节	图论的基本知识·····	(227)
第三节	信息论·····	(230)
第四节	控制论·····	(234)
第五节	神经网络·····	(240)
第六节	人工智能·····	(248)

第七章 生物的全息原理

第一节	全息的基本知识·····	(261)
第二节	生物全息·····	(265)
第三节	主动类型的生物全息·····	(267)
第四节	被动类型的生物全息·····	(270)

第八章 仿生学与生命科学

第一章 什么叫仿生学

仿生学是研究生物系统的结构性质、能量转换和信息传递与处理的原理，并将所获得的知识，用来改进和完善现有的科学技术设备、装置，以及为创造新的科学技术装备、建筑结构和新工艺提供原理、设计思想或规划蓝图。

由于仿生学这门学科与生物学有着密切的关系。因此，我们在阐述仿生学的内容之前，首先介绍一些生物学的基本常识，至于与仿生学有直接关系的其他生物学知识，将在有关章节分别介绍。

第一节 多彩多姿的自然界

早在三十二亿年以前，人类居住的地球上，还是一片荒凉，但是无机自然界已经为地球进化出第一代的有机生物准备了条件。一些资格最老的生物，包括近年来在南非太古代地层发现的古杆菌和巴贝通球藻化石中的生物，它们是属于原核细胞生物。原核细胞生物经历了几十亿年的进化过程，直到今天还没有什么变化，其结构十分简单，全身只有一个细胞，并且没有细胞核，世世代代只能进行无性生殖。这样，时至今日，原核细胞的后代在地球上只留下五千多种。其中细菌、蓝藻和枝原属微生物等，在地球上有着广泛的分布。由原核细胞进化出来的真核细胞生物，却有着旺盛的生命力。真核细胞生物由一个、几个甚至千万亿个细

胞组成。真核细胞的结构复杂,有包含遗传物质的细胞核,有细胞质和由细胞质分化出来的功能小体——细胞器。大部分真核细胞生物由于有了细胞核,可以进行有性生殖,因此在真核细胞出现后的十亿年间,地球上的生命世界由低级向高级进化,进入了生气勃勃的新境界,进化出近一百五十多万种生物,直到人类的出现。

在我们居住的地球上,有着各种各样的自然条件,从冰天雪地的南、北极到烈日炎炎的赤道,有高山峻岭和平原河谷,有一望无际的沙漠和碧波万顷的海洋。这些,我们通常称为非生命自然界。有一百五十多万种生物,包括四十多万种植物和一百多万种动物,就分布在赤道半径为6,378.2公里的地球上,构成了生命自然界。

在生命自然界中,有生活在海洋里长达35米巨大的鲸,有生活在原始森林中高达3.5米的大象,有能表达感情的类人猿,有身长1~3毫米、而力量却大得与其身体不相称的蚂蚁,还有那长度为300微米的变形虫和号称世界上最小的、直径只有3微米的单细胞动物——微粒子,天空有飞禽,地上有走兽和郁郁葱葱的森林、莽莽的草原,等等。它们世世代代互相依存,又相互间展开着斗争。这一切,把广阔的自然界打扮得多彩多姿。

第二节 动 物 的 类 群

动物的种类繁多,遍布全球,它们的构造也千差万别。有的构造非常简单,整个身体由一个细胞组成,叫单细胞动物。有的身体由很多细胞构成,叫做多细胞动物。高等动物的构造非常复杂,它们的身体中不但有组织和器官的分化,而且几个器官联合起来组成系统,完成某些生理功能。形形色色的动物,有的对人类有益,如马、牛、骆驼、羊、猪、鸡、鸭,以及鹿、麝、貂、虎、豹等,都有一定的经济价值,还有捕食鼠类的猫头鹰,捕捉

害虫的青蛙等。有的则危害人类，如寄生虫、病原虫、农业害虫等。动物学家根据它们的形态和构造特点，把它们分成一些大的类群。

一、原生动物门

原生动物门是动物界中最低等的类群。它的特点是一切生命活动都在一个细胞内进行，是单细胞动物。它们的生活方式有寄生的，如疟原虫和阿米巴痢疾变形虫(图 1—1)，以及生活在污水中吃细菌和单细胞藻类等微生物的草履虫。还有一种介于动物和植物之间的绿眼虫(图 1—2)，它含有叶绿体，能进行光合作用，自己制造养料。

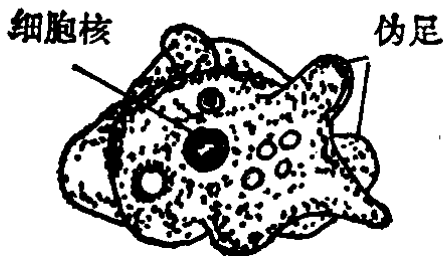


图 1—1 变形虫

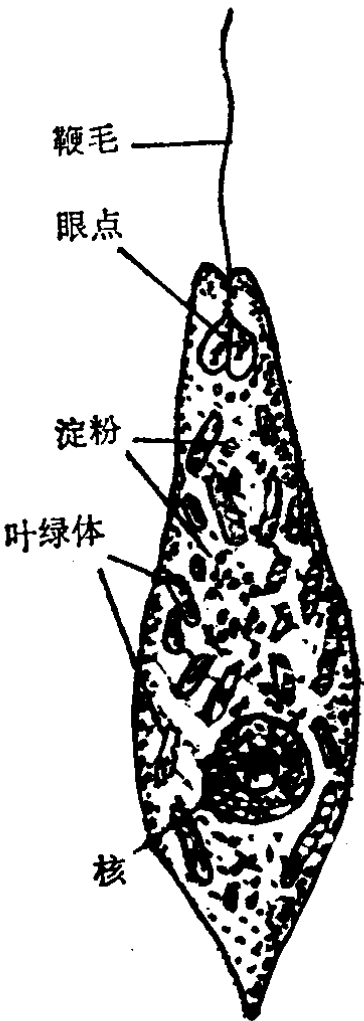


图 1—2 绿眼虫

二、腔肠动物门

腔肠动物包括水螅、珊瑚和海蜇等，是一种生活在水中的多细胞低等动物(图 1—3、1—4、1—5)。

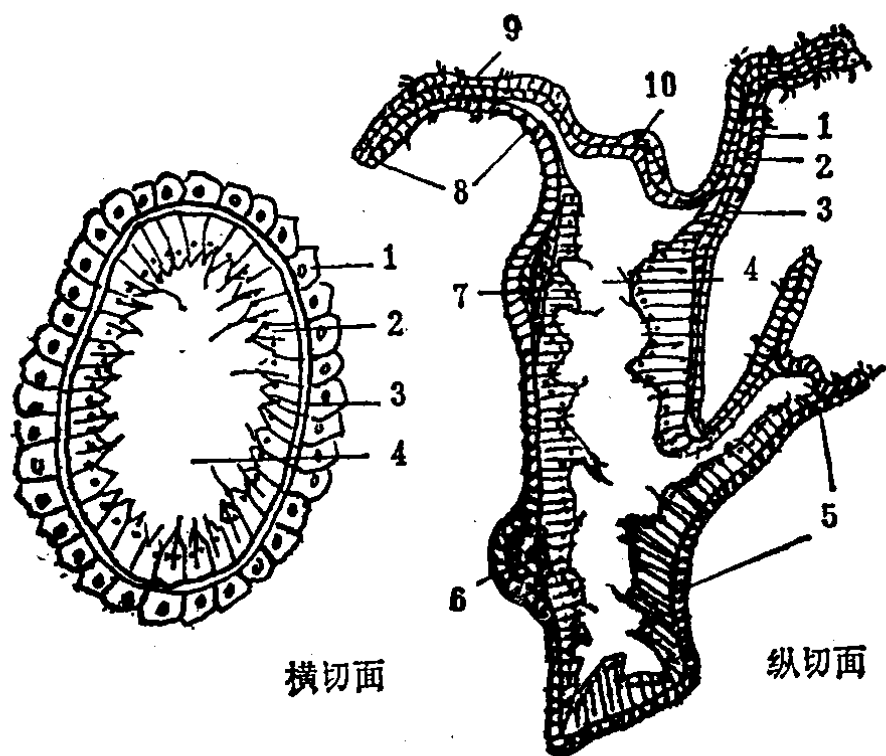


图 1—3 水螅的构造

1.体壁的外层细胞 2.体壁的内层细胞 3.体壁的胶质层
4.消化腔 5.芽体 6.卵巢 7.精巢 8.触手 9.刺细胞 10.口

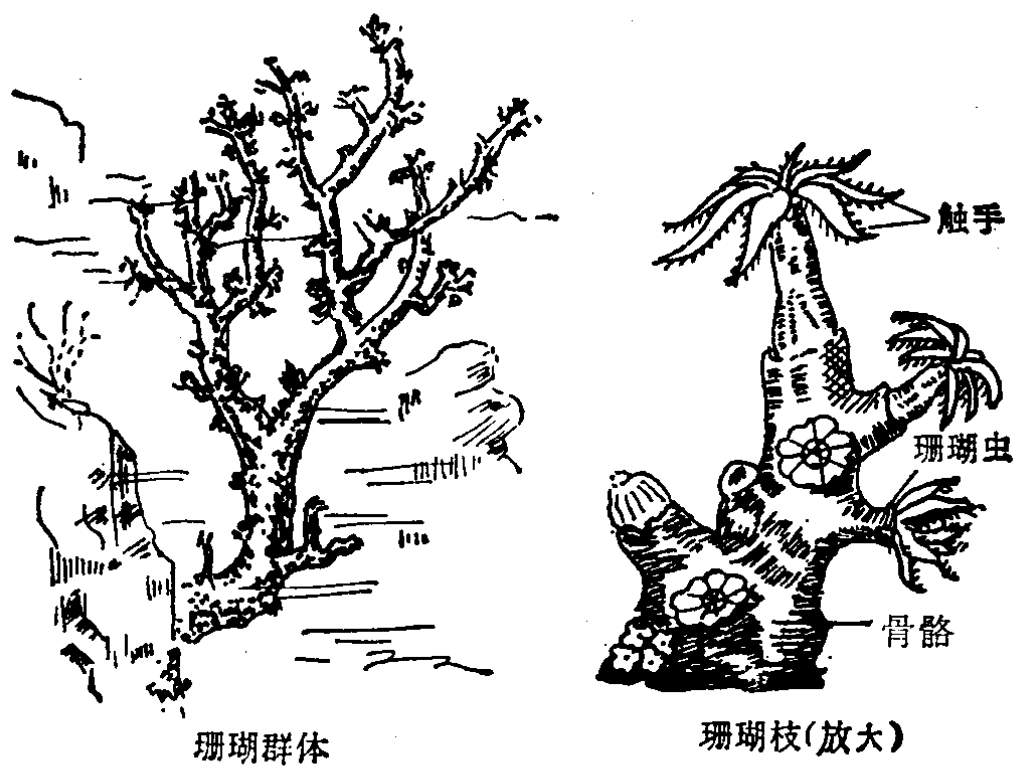


图 1—4 珊 瑚

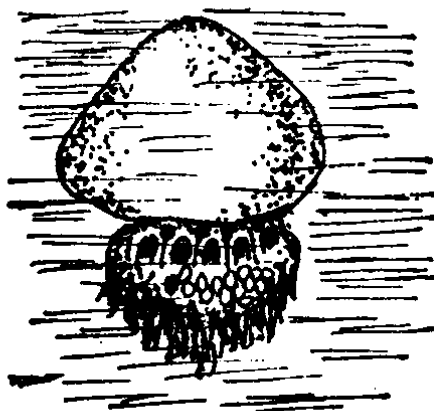
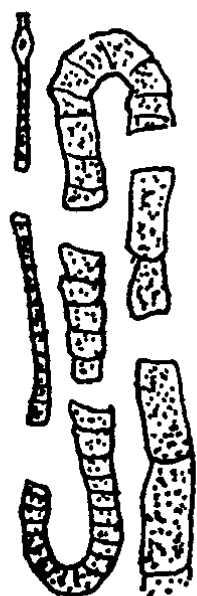


图 1—5 海 蜇

三、扁 形 动 物 门

扁形动物是一种构造比腔肠动物复杂的呈带状或叶状的扁平动物，多寄生于人、畜体内。如猪绦虫、血吸虫等（图 1—6、1—7）。



外形

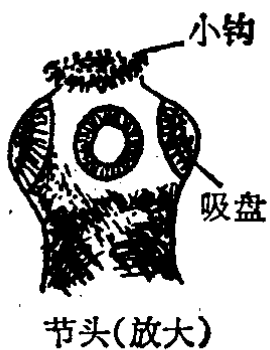


图 1—6 猪绦虫

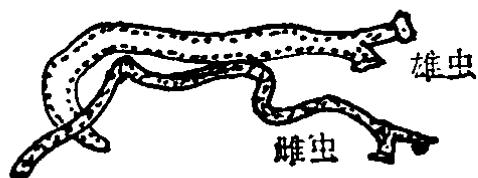


图 1—7 血吸虫

四、线形动物门

线形动物是根据它的长线形体型而得名，包括铁线虫、蛲虫和蛔虫等。它雌雄异体，消化管分化为口、肠和肛门。体壁和消化管之间出现空腔，体内器官有发展的空间（图 1—8），提高了代谢作用，增加了适应能力。有的生活在水里和土壤中，有的则寄生于人、畜体内。

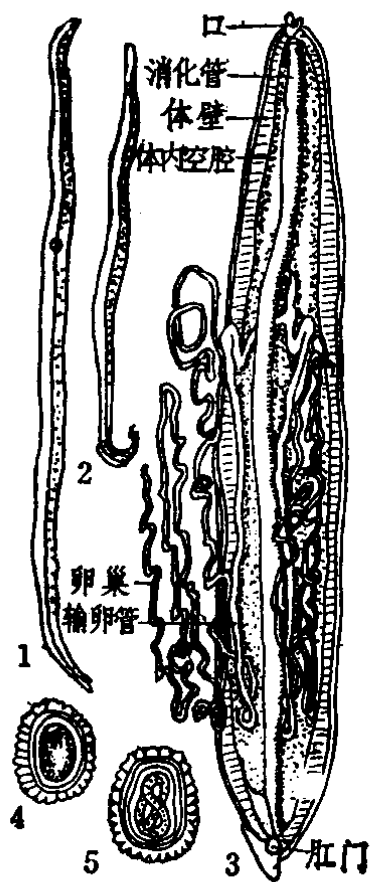


图 1—8 蛔 虫

1.雌虫的外形 2.雄虫的外形 3.雌虫的纵剖面
4.卵 5.已经发育的卵（含有幼虫）

五、环节动物门

常见的环节动物有蚯蚓和蚂蟥等。它们由许多环节构成，有体腔，体腔又分为许多小室（图 1—9）。

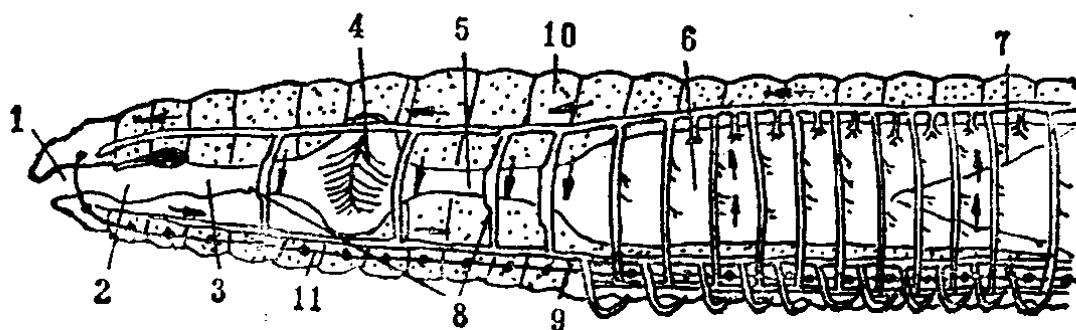


图 1—9 蚯蚓的纵切面

- 1.口 2.咽头 3.食管 4.沙囊 5.胃 6.肠 7.盲肠
8.心脏 9.血管 10.体腔 11.腹神经索

六、软体动物门

常见的软体动物有河蚌、乌贼、牡蛎、蛭和贝等。河蚌的身体柔软，体外有由外套膜分泌形成的两片介壳。外套膜下面便是运动器官——柔软的斧足（图 1—10）。

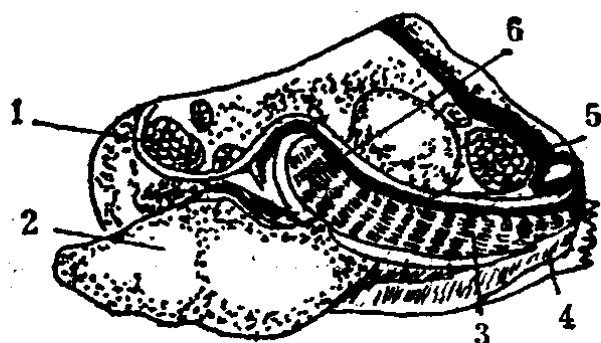


图 1—10 河蚌的构造

- 1.前闭壳肌 2.斧足 3.鳃 4.外套膜
5.后闭壳肌 6.剪去外套膜后的痕迹

七、节肢动物门

节肢动物绝大部分是昆虫，此外还有虾、蟹和蜘蛛等一百多

万种。它是动物界为数最多的一类，分布区域极广。以蝗虫为例，昆虫的身体由头、胸和腹三部分组成。头部有一对触角，一对复眼，胸部有两对翅，三对足，足又分节（图1—11）。

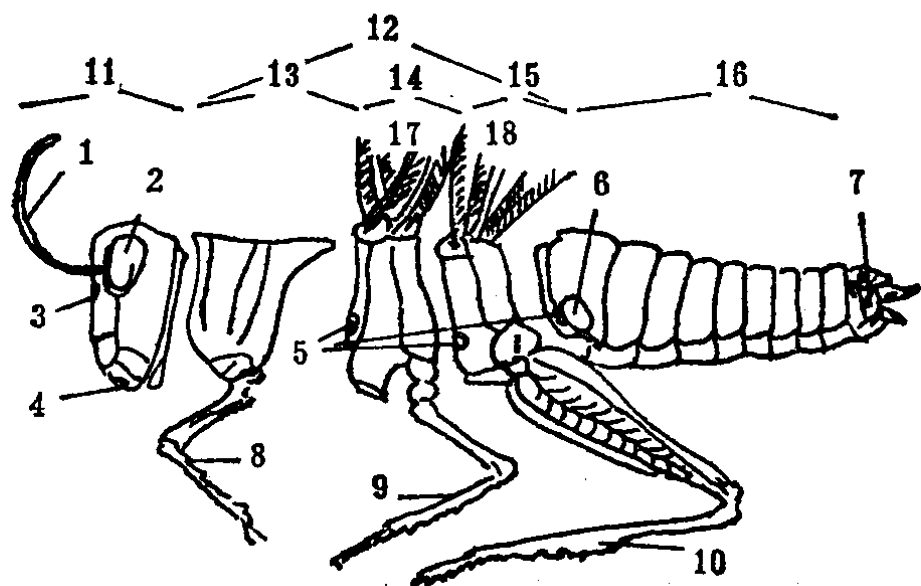


图1—11 蝗虫体躯侧面图

- 1.触角 2.复眼 3.单眼 4.口器 5.气门 6.听器
7.尾须 8.前足 9.中足 10.后足 11.头 12.胸
13.前胸 14.中胸 15.后胸 16.腹 17.前翅 18.后翅

上述七门都归并于无脊椎动物。现将以上七门动物的神经系统简要作个介绍。有机体的种种活动，与周围环境有着密切的联系。动物维持体内各部分的协调和对外界环境的适应，主要依靠神经系统的作用。

原生动物直接感受外界刺激。腔肠动物有明显的神经细胞，构成散漫的网状神经系。扁形动物的神经细胞集中形成神经索，出现了头部神经节，构成梯型神经系。环节动物的神经细胞，更进一步集中形成神经节，构成链状神经系。节肢动物在链状神经系的基础上，神经节更进一步合并，神经节的数目减少，体积增大。不大活动的软体动物，神经系统不发达，较为活动的软体动物神经系统有了较高级的发展。由此可见，神经系统的发展是从

分散到集中，从神经节到脑的。

简单的低等动物没有集中的感觉器官和运动器官，有些寄生动物的感觉和运动器官很原始，甚至退化。原生动物的运动器官主要是行动细胞器，如鞭毛、伪足和纤毛。腔肠动物有的固定生活，有的无定向漂游，它们的皮肤里有特殊的感觉细胞或特殊的感觉囊。扁形动物一般是爬行的，感觉器官是皮肤中的感觉细胞。线形动物体壁只有一层纵肌，活动能力小，为蛇形蠕动，感觉器官也是皮肤里的感觉细胞。节肢动物肌肉发达，感觉器官有触手、触角和眼等。节肢动物活动能力强，有分节附肢，横纹肌发达，全身由几丁质与骨蛋白结合的体壁所包裹，感觉器官发达且多集中于头部，因此适应能力也很强。活动型软体动物的感觉器官和运动器官也较为发达，有触手、眼等。

八、脊 索 动 物 门

脊索动物包括脊索动物和脊椎动物两个亚门，是动物界中的高等类群，构造非常复杂。低等动物的神经索是实心的，主要分布在消化管的腹面。脊椎动物的中枢神经是管状的，分布在消化系统的背面。随着神经系统的不断进化，一些特殊的感觉器官逐步形成和完善，担负起视觉、听觉、嗅觉和味觉等功能。

脊索动物都由一条脊索支持身体。原始的脊索动物一生中都有脊索，高等动物——脊椎动物只有在胚胎时期才有脊索，成长以后由脊椎取代脊索。脊椎动物体内有一条由脊椎骨构成的脊柱，前端是大脑，整个神经系统完善，比无脊椎动物有较高的适应能力。对此，恩格斯曾经指出：“〔脊椎动物〕。它们的主要特征：**整个身体都聚集在神经系统周围**。因此便有了发展到自我意识等等的可能性。在其他一切动物那里，神经系统是次要的东西，在这里则是整个机体的基础。”（恩格斯：《自然辩证法》，