



国际自然与自然资源保护联合会推荐的优秀科普读物
被译成30多种文字，畅销60多个国家，销量突破500万册

昆虫



百科全书

The New Encyclopedia of Insects
and Their Allies

[英]克里斯托弗·奥图尔 主编

林汉梅 译



黑龙江科学技术出版社



中国科学院植物研究所 中国科学院动物研究所 中国科学院微生物研究所 中国科学院植物研究所 中国科学院动物研究所 中国科学院微生物研究所

昆虫

百科全书



THE NEW ENCYCLOPEDIA OF INSECTS
AND THEIR ALLIES

昆虫 百科全书

[英] 克里斯托弗·奥图尔 主编
林汉梅 译



黑龙江科学技术出版社
中国·哈尔滨

黑版贸审字 08-2008-041

图书在版编目(CIP)数据

昆虫百科全书/[英] 克里斯托弗·奥图尔主编; 林汉梅译. —哈尔滨:
黑龙江科学技术出版社, 2008.4

ISBN 978-7-5388-5705-4

I. 昆… II. ①克…②林… III. 昆虫学—普及读物 IV. Q96-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 023076 号

The New Encyclopedia of Insects and Their Allies by CHRISTOPHER O'TOOLE(Editor)

Copyright © 2002 The Brown Reference Group Plc.

Simplified Chinese edition copyright ©

2006 Beijing Zhongzhibowen Book Publishing Co.,Ltd.

This edition published by the arrangement with The Brown Reference Group Plc.

All rights reserved

昆虫百科全书

KUNCHONG BAIKE QUANSHU

主 编 [英] 克里斯托弗·奥图尔

译 者 林汉梅

责任编辑 张丽生 焦 琰

封面设计 李卫锋

文字编辑 万永勇 徐胜华

美术编辑 杨玉萍 刘欣梅

出 版 黑龙江科学技术出版社

地址: 哈尔滨市南岗区湘江路 77 号 邮编: 150090

电话: 0451-53642106 传真: 0451-53642143(发行部)

发 行 全国新华书店

印 刷 三河市华新科达彩色印刷有限公司

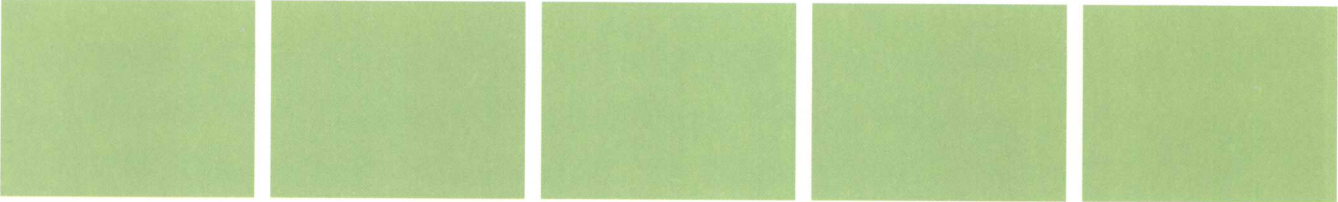
开 本 889 × 1194 1/16

印 张 15.5

版 次 2008 年 10 月第 1 版 · 2008 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5388-5705-4/Q · 11

定 价 49.80 元



前言

P R E F A C E

谈到昆虫，我们很可能会想到色彩缤纷的蝴蝶；访花酿蜜的蜜蜂；引吭高歌的蝉；身手矫健的蜻蜓；挥舞“大刀”的螳螂；成群结队的蚂蚁；令人生厌的苍蝇、蚊子、蟑螂等等。昆虫的历史之久、数量之多、分布面之广是其他动物所望尘莫及的，目前已知的昆虫种类近100万种，占动物界已知种类的约85%，然而，按最保守的估计，世界上至少应有300万种昆虫，也就是说还有约200万种昆虫有待我们去发现、描述。昆虫不仅种类多，而且同一种昆虫的个体数量也很多，有的个体数量大得惊人：一个蚂蚁群可多达50万个体；一棵树可拥有10万的蚜虫个体；蝗灾发生时，蝗虫个体数可达7亿~12亿之多，总重量约1250~3000吨，群飞覆盖面积可达500~1200公顷，可以说是遮天盖日。昆虫的分布遍及整个地球，从赤道到两极，从河流到沙漠，上至世界之巅——珠穆朗玛峰，下至几米深的土壤里，都有其存在。这样广泛的分布，说明昆虫有惊人的适应能力，也是昆虫种类繁多的生态基础。

事实上，昆虫是我们这个地球至关重要的一部分，在确保我们的生态系统动态发展的过程中占据着显要的地位。它们分解死亡的植被、动物的尸体、粪便，还是主要的食草动物，大量的营养成分被它们处理并返还到土壤中。作为花卉的授粉员，它们也是植物繁衍过程中的关键环节。一个令人震惊的事实是：我们这个星球，没有人类照样存在，没有昆虫却不行！

而之所以昆虫群体如此值得研究，还因为诸多具有社会性组织的昆虫同人类一样，都代表着生物进化了不起的成就，就群体的凝聚力、等级划分的精细度和个体的利他行为而言，它们充分展现了社会组织的极致水平。种类数以万计的胡蜂、蚂蚁、蜜蜂、白蚁都是运用社群组织的力量来解决各种生态问题的，因此常有人把社会性昆虫群体称为“超有机体”，因为社会性昆虫的组织活动可以同生物体的器官和组织的生物学特性比拟。

然而，尽管昆虫世界仍然兴旺发达，人类的活动已经逐渐影响到了昆虫的生存和发展，比如改变了多种昆虫的栖息地和生境等，这使得越来越多的昆虫品种灭绝或濒临灭绝。尽管昆虫中不乏对人类有害的品种，比如会将疾病传播给人类和牲畜的虱子、跳蚤以及各种蝇类；危害庄稼和树木的甲虫、螨等等，但这些变化可能导致的严重后果最终还是会使人自身受害。现在，人们越来越强烈地意识到，人类的生存依赖于对生物多样性的深刻理解和保护，人类只有与动植物相互协调作用才能实现可持续发展，而昆虫就为我们提供了一个完美的范本。这也是我们引进并出版这本《昆虫百科全书》的宗旨。

本书由英国牛津大学自然历史博物馆专家克里斯托弗·奥图尔主编，由来自国际自然与自然资源保护联合会、英国伦敦自然历史博物馆、英国牛津大学自然历史博物馆、英国牛津大学动物学系等机构的数十位著名昆虫学专家、教授撰写，内容涵盖了全球对昆虫的最新研究成果，并撷取了关于昆虫的专业刊物和文章的精华，书中上千幅照片和插图生动地再现了昆虫那令人眼花缭乱的外形、色彩和生活习性。这些照片全是由普利玛弗特野生生物组织在野外拍摄的，拍摄的足迹遍布全球各地，既有关于昆虫自然栖息地的，也有关于其生命周期和习性的细节，比如从虫卵到幼虫阶段、蜕皮成为成虫、求偶、交配、喂食，再到防御、飞翔和死亡等。对照片和插图的解说拓展了正文的主题，并且便于我们辨别种类。手绘插图从不同角度生动展示了正文所阐述的某昆虫物种的形态和行为。全书中的框图、跨页图和图片解说集中于昆虫行为、形态、生态关系、科学或医学价值等重点主题上，使本书内容更为丰满详实，可读性更强。

此外，本书也用了小部分篇幅介绍与昆虫密切相关的其他主要陆生节肢动物群，包括一些多足动物和蛛形动物，比如马陆、蜈蚣、蜘蛛、蝎子、螨等等，采用的是与论述昆虫一致的叙述和表现模式，对这些动物的阐述能更好地帮助读者认识昆虫的分类，并使读者深刻理解这些与人类密切相关的节肢动物。





如何使用本书

HOW TO USE THIS BOOK

《昆虫百科全书》是涵盖全球昆虫学最新研究成果，科学、全面、深入阐述昆虫的权威性、实用性昆虫学文献，掌握使用本书的方法将使你更高效、深刻地理解本书内容。

书眉页码

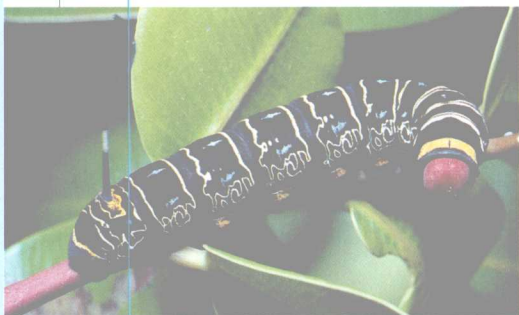
见于两页书眉，标明该页内容所属部分、页码。

172 昆虫百科全书

特别专题
SPECIAL FEATURE

敌人当心！

——毛虫的防御措施



毛虫很脆弱，它们几乎全都行动缓慢，而且常暴露在外。对鸟类和其他敌人来说，毛虫又圆又胖的身体是很容易到手的一小顿美餐。因此，毫不奇怪地，毛虫们拥有多种防御本领。

许多小型种类毛虫把自己藏在植物的根、茎、虫瘿、种子和其他组织中，间接地以这种方式保护自己。有些大型种类也同样从它们选择的居所中得到庇护。例如，蝙蝠蛾科的幽灵蛾毛虫住在树干或树根里；木蠹蛾（蠹蛾科）的幼虫会钻进树干中去。

“结草虫”（蓑蛾科）会做一个让幼虫（通常与无翅的雌性成虫住在一起）住的壳。壳用丝做成，幼虫会把它粘到沙砾、小树枝或叶子上去。有些体型较大的种类，如非洲的蛾的毛虫，做的壳非常坚硬，你很难把它撕开。脆弱的幼虫能在里面得到很好的保护。巢蛾科的很多种毛虫用自己吐出的丝织成又大又厚的网，然后大伙一起躲在里面。

○ 这只环绕着白色涂奶油般花纹的巴西天蛾毛虫非常有效地利用了黑白相间的色彩作为“警戒色”。

在所有动物中，伪装是一种很普遍的防御手段。鳞翅目昆虫也不例外。最非凡的那些例子出现在尺蠖总科的毛虫中。它们中的许多与所取食植物的小枝惊人的相似。它们用后抱握器抱紧树枝，并使身体保持静止，完美地伪装成一根小枝。

其他有些毛虫像鸟粪，如燕尾蝶的一种，在它们幼虫阶段（龄）的早期，黑色的身体正中会出现一块白斑。刚孵化不久的柞木蛾也使用这种伪装策略。

有些昆虫用视觉警报器保护自己。身体上有“眼点”的大象天蛾幼虫一旦受惊，会把脑袋缩进去，然后突然把“眼点”露出来。有迹象显示，这种行为会把捕食者吓得立刻丢开猎物逃之夭夭。

某种毛虫会把让人讨厌的气味和“闪动的”色彩结合在一起。欧洲的黑带二尾舟蛾毛虫不仅会摆出一个吓唬人的姿势，还会从胸腺中

喷出强烈的刺激物（蚁酸）。此外，它们的腹部末端的“尾巴”附近能伸出一对亮红色的须，并且能舞动。据说这种方法能防止寄生性的膜翅目昆虫靠近它们。

那些长有毒性纤毛的毛虫，大概也明白这些毛会引起讨厌的皮疹。有时候这种症状来的又急又猛。对人有不利影响。招致不良反应的纤毛被称为螫毛。主要有两种：一种是基部长有毒腺，向入侵者喷射毒液的；另一种无毒，但是有刺，如捕食者碰到会有刺痛感。据说，一只未龄的黄尾蛾毛虫身上就长有200万根螫毛。

这种蛾属于毒蛾科，该科成员以其长有毒毛的幼虫而著称。委内瑞拉皇蛾毛虫会喷出一种强力的抗凝血



○ 受到惊扰的时候，许多天蛾的毛虫（天蛾科）会露出显眼的腺状花斑，并开始左右摆动“头部”。这种演示使它看起来很像一条蛇，大概用来恐吓并阻止那些稍小的且比较胆小的捕食者。

剂，会导致严重刺痛的“簇簇尖锐的、针常常武装着毒素，一名字既指它们也指它们波浪般如果不小心碰到引起剧烈的疼痛一般为绿色，但点缀，大概是起

如果捕食者的颜色和不愉快吃。在被捕食者前，也会有性许多幼虫都体组织内含氮化

蝴蝶和蛾总科

下表通常用于区分鳞翅目的蛾和蝴蝶。除非有特殊说明，这些总科里的昆虫在全球均有分布。

蛾
小翅蛾总科（原始具翅蛾）
1科，约120–150种。是最原始的蛾类群体。成体很小，有咀嚼式口器，以花粉为食；幼虫生活在落叶构成的沃土中，以腐殖质为食。

贝壳衫蛾总科（贝壳衫蛾）
1属（贝壳衫蛾）2种。分布在澳大利亚及西南太平洋地区。

虫生活在潮湿土上的丝状结构中，以腐殖质为食。

蝙蝠蛾总科（幽灵蛾和蝙蝠蛾）
大约520种小型到大型的蛾，有非功能性口器；幼虫常在植物的根部或者茎部进食。包括维纳斯蛾等。部分种类雄性的求偶行为不太常见。

微蛾总科（侏儒蛾及相关蛾类）
大约900种微蛾。幼虫一般为潜叶虫。包括微蛾科和茎潜蛾科等。

曲蛾总科（切叶蛾、枝兰蛾及相

种严重的谷类作物害虫，群集在茎网中进食。

麦蛾总科（潜蛾和相关蛾类）
超过1.625万种的小型蛾类，分为15科。包括潜蛾（鞘蛾科）以及幼虫潜入草茎中的种类（草潜蛾科）。

斑蛾总科（地榆蛾、林蛾及相关蛾类）
超过2 600种的小型或中型蛾类；成虫通常在白天出现，体色鲜艳且常有金属光泽，是有毒性的警告。幼虫同样具有鲜艳的颜色，具有化学性（斑蛾科）

豆蛾
大约
是近
物上
8种
植物
斑蛾
超过
常在
部进
宿主
的邻

72 昆虫百科

叶虫

在引入中，叶虫和竹的，并且其的，能种很色、形状和习名称来源于意思是“幻影”于伪装的外形

创下昆虫西亚的一种竹达555毫米。目昆虫的体长节虫的体长能有更大的体长而创下体重记西亚扁竹节虫体长150毫米到60克。

夜间的食叶形态和功能

根据化石出现于2.51亿叠纪，与直翅缘关系。然而特征把它们和虫区别开来，立的群体：比前胸都有一对类的雄性都有语叫做犁骨的在生殖器的上在交尾时能紧该目昆虫是夜行性的，带，它们栖息个亚目只包含括枝蛾科和竹

特别专题

从最前沿的科学角度透彻阐述某一目昆虫代表种类的生理机制、典型特征或行为，深化章节主题。

图注

帮助读者理解书中各种图片的内容，同时也作为对正文内容的补充和拓展。

超大精美图片
高清晰度实景照片，体现所表现事物的细节。

二级标题

从属于大标题，是对大标题的扩展，以及对详细描述内容的概括。

开篇文字

对章节大标题的概述，提纲挈领，使读者对大标题有大致的概念。

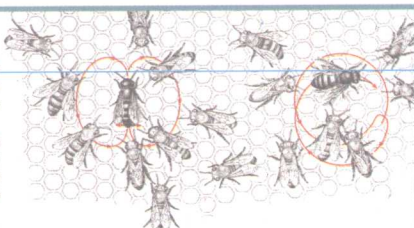
舞蹈语言

蜜蜂工蜂通过“舞蹈”向巢穴的同伴说明食物的信息。舞蹈是在蜂巢的垂直面那一排蜂房造成的黑暗中进行表演的。舞者总是会受到数只“追随者”的注意。

觅食的工蜂如果在离蜂房25米内的地方找到食物的话，就会返回蜂房表演绕圈跑一般的“圆舞”，其中伴随着方向的变化，变化的频率时多时少。变换方向的频率越高，就表示目的地的食物所含的热量价值越高。

如果食物距离巢穴的距离为25~100米，那么蜜蜂的舞蹈介于圆舞和摆尾舞之间，用来表示距离较长的摆尾舞是一种特定的“8”字舞。蜜蜂跳这种舞的时候，会在舞蹈两端两个半圆的直线轨迹上左右来回摆动自己的腹部。“8”字舞中，食物的距离通过直线轨迹的持续时间和摆尾的频率来说明（右边的图用来解释它们如何说明方向的）：摆尾身体，以及伴随着这一动作的高频的嗡嗡声相结合，用来告知食物的质量。

追随者们通过用触角接触舞者，并且对空气振动（声音）的感受性接受这些信息，而在舞者身上留下的花朵的特殊气味也很重要。因此，蜜蜂的舞蹈语言是一种多通道的信息系统。



① 蜜蜂舞蹈的类型。觅食者返回巢穴并表演两种基本形式的舞蹈。左边，蜜蜂正在表演“圆舞”，而右边的那只在表演“摆尾舞”。

② 从巢穴入口看去，跳“摆尾舞”的时候，直线垂直的角度与食物和太阳之间的角度相关联（图中是90°）。



洲的石巢蜂现在在美国东南部和加勒比海地区很常见，人们猜测这种蜂是通过奴隶贸易被带到

在摩鹿加群岛中的几个岛屿上，雌性用它们巨大的腹部在构成白蚁丘侧面的坚实泥巴中开凿甬道



分类列表

昆虫各个目所有已知种类的国际通用详细分类。

资料摘要

介绍某个目的昆虫的特殊种类、现象的资料性专栏，作为该章节内容的补充与延伸。

大标题

用简明的词句介绍本章节要表现的内容，给读者一个清晰的印象。

手绘插图

昆虫身体结构细节及形态的逼真手绘图片，作为实景照片的补充。

竹节虫

知识档案

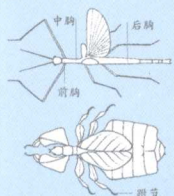
叶虫和竹节虫

纲 昆虫纲
目 竹节目
共 2500 种，6 科

分布 全球均有分布，特别是热带地区。

体型 最大体长一般为30厘米。

特征 触角细长，口器外突，体形通



常为圆柱形，前胸比中胸或后胸短，腿分为细长的节，腿节分5节，2对翅，有的退化或缺失，尾须短，无分节。

生命周期 不完全变态，若虫大就类似成虫。

保护级别 一个澳大利亚种类——罗德威竹节虫被列为近期灭绝物种。



① 来自世界各地的竹节虫。1. 马来群岛的一种竹节虫。2. 特立尼达的一种竹节虫能够安全的坐在叶子上。无论你看哪个方向，它都像一根倒下的小树枝。3. 澳大利亚最细长的竹节虫。有的可达25厘米长。4. 南美洲秘鲁的一种竹节虫。5. 澳大利亚巨型竹节虫。

包括杆螋科、拟螋科、叶螋科。第6个科——矮竹节虫科，有时并不被认为属于竹节虫目，这个科仅包含一个属，只有13个小型的、且大多数没有翅膀的品种，仅在北美的山区有发现。

在全世界广泛分布的枝螋科囊括了约1000种竹节虫，著名的实验用印度竹节虫就属于这个家族。竹节虫科含750种左右的竹节虫，包括大多数体型巨大的竹节虫；杆螋科含300种左右的竹节虫，大多数分布于东南亚地区；拟螋科的300多种竹节虫世

界各地都有；叶螋科的竹节虫俗称叶虫，旗下的30个品种全部来自东南亚。

竹节虫食性单一，基本上只吃叶子，口器为咀嚼式。很多竹节虫从它们的幼年时代起口味就很挑剔，愿意吃的植物种类不多。在饲养条件下，大多数竹节虫已经开始吃一些非同一般的寄主植物，比如荆棘。

变色

色彩

大多数竹节虫的体色为绿色和棕色的夹杂色。然而，同一种竹节虫能变幻出许多种颜色来。这种色彩的变化在不同地方的同一种类中也会出现。

种群的密度会影响发育中的竹节虫的体色。尽管竹节虫中的大多数都是独来独往的昆虫，有

知识档案

关于昆虫每个目的从属关系、分类、特征、分布等情况的概述，简明扼要、一目了然。

正文

对章节主题的详细描述，全书正文即连袂成一个有机的整体。

目录

Contents

节肢动物总述 10

昆虫纲 17

概述 18

特别专题：飞行的动力 24

特别专题：信息素 26

特别专题：拟态：用伪装进行防御 30

石蛎 32

蜉蝣 34

蜻蜓和螳 38

蟑螂 44

白蚁 48

螳螂 52

螳螂 56

石蝇 58

蟋蟀和蚱蜢 60

特别专题：独居还是群居？ 69

叶虫和竹节虫 72

书虱和足丝蚁 76

缺翅虫和蓟马 78

寄生虱 80

臭虫 83

特别专题：在斑花椿象的看护下长大 100

蛇蛉和泥蛉 102

草蜻蛉 104

甲虫 106

特别专题：有目标的入侵者 123

蝎蛉 124

跳蚤 126

蝇 130

特别专题：蝇传播的疾病 146

石蚕蛾 148

蝴蝶和蛾 150

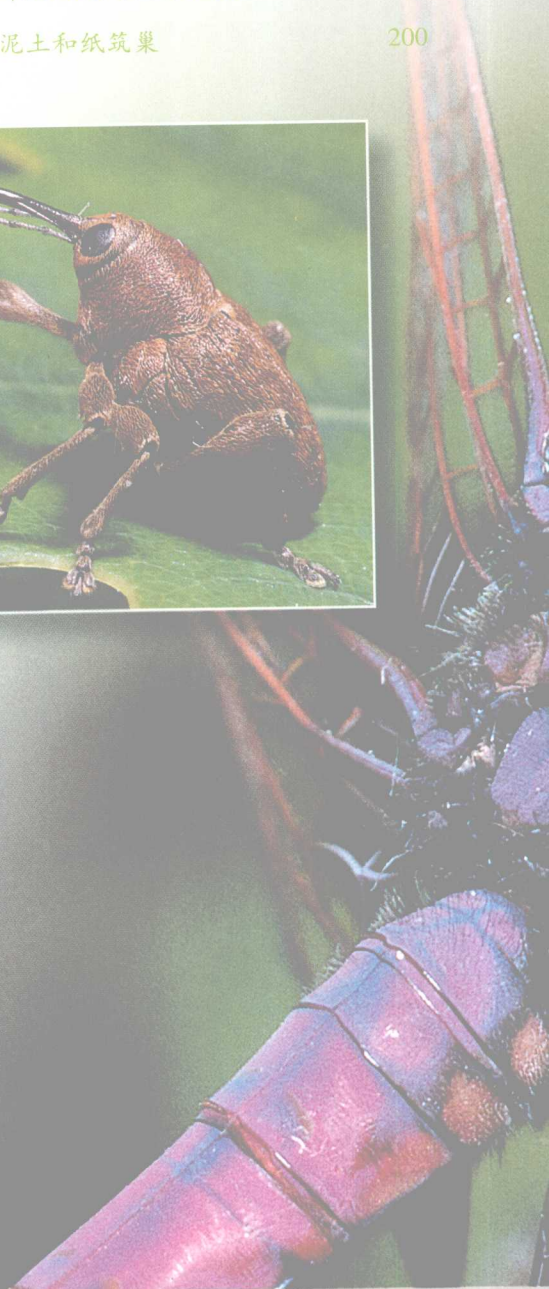
特别专题：敌人当心 172

特别专题：色彩万花筒 174

黄蜂、蚂蚁和蜜蜂 176

特别专题：蜜蜂给人类的宝贵礼物 196

特别专题：用泥土和纸筑巢 200





蛛形纲、倍足纲和唇足纲 203

蛛形纲概述 204

蜘蛛 208

特别专题：丝网 220

螨和蜱 224

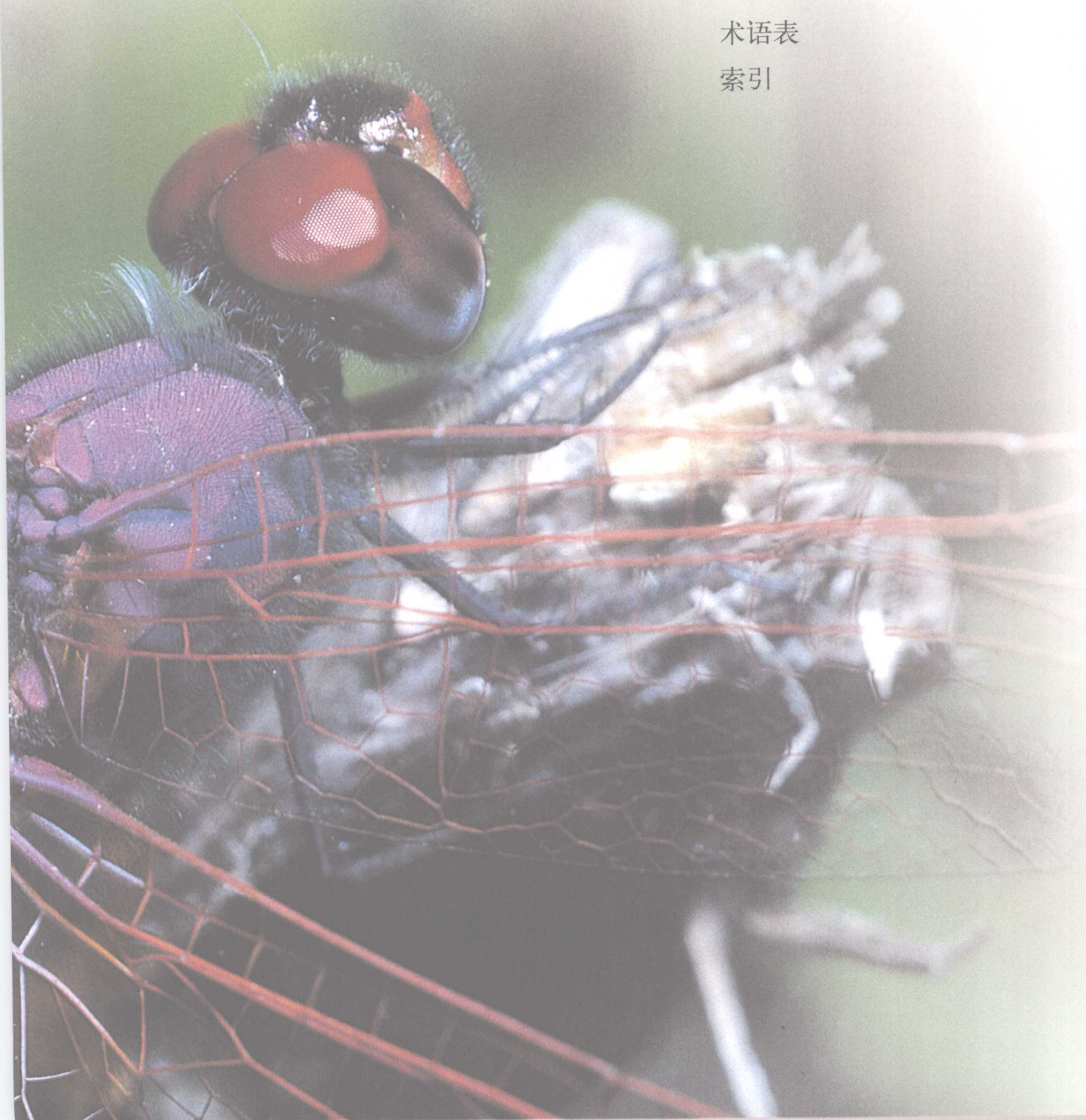
特别专题：螨：与人类零距离 228

蝎子和其他蛛形纲动物 230

倍足纲和唇足纲 235

术语表 242

索引 244



节肢动物总述

节肢动物是地球上进化得最成功的动物，海洋中、淡水中、陆地上，它们的数量让其他动物群体望尘莫及，只有人类堪与之匹敌。有不少节肢动物会吃掉我们人类的粮食、原料和建筑，在牲畜的体内寄生，并传播疾病。但对人类的生存来说，节肢动物又是不可或缺的：甲壳类动物是食用鱼的主要食物来源；陆生节肢动物是营养循环的关键，也可用来制造丝绸、蜡、燃料和蜜。至关重要的是，它们能帮农作物授粉。节肢动物和人类之间的平衡得到了精妙的调和，对整个生态系统来说，它们起着关键的支撑作用。

节肢动物为什么这么“虫”丁兴旺呢？答案或许很简单——它们有外骨骼，或称为“外表皮”。这个群体的特殊适应性和身体器官大多数起源于这个基本的特征，也是辨别节肢动物的最重要特征。

单源还是多源？

进化

节肢动物最早出现于五六亿年前的寒武纪时期，可能是从某种不像现代的海洋环节动物形式的蠕虫进化而来的，它们的身体也有体节，却很柔软，有简单的叶状附肢。环节动物和节肢动物具有一些共同的进化特征，也有非常相似的神经系统。引起长时间争论的是：节肢动

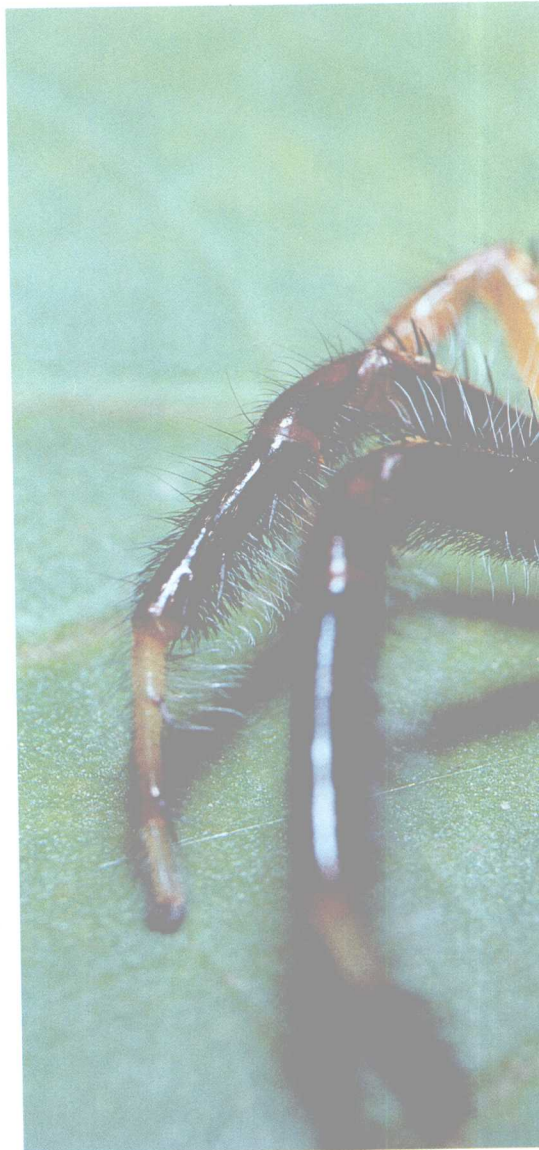
天鹅绒虫——遗漏的一环？

天鹅绒虫，或称“行走的蠕虫”，属于有爪动物门，是生活于热带或温带南部陆地的一种古老的动物。它们的形态介于环节蠕虫和“正统”节肢动物之间，有些生物学家称它们为“遗漏的一环”。

天鹅绒虫生活在潮湿的环境如林地的落叶堆里，以蠕虫和昆虫为食。遭到攻击时会从嘴巴两侧的乳突中喷出一种黏质的胶状物。它们的交配是单独进行的，约120种中的多数会直接生育活体幼虫。

它们的身体呈圆柱形，通常只有几厘米长（1~15厘米），腿粗短，覆盖全身的几丁质表皮定期脱落，呼吸气管在表皮上面留下了很多小洞；头顶生有一对触须，结实、爪状的颚非常适合肉食习性；体内各组织都直接浸泡在血液中，除了背部的心脏，没有其他血管存在——这些都是节肢动物的特征。然而它们的触须是肉质而有环纹的，体壁薄而柔软，有渗透性，并没有坚硬的外表皮；它们移动时主要靠收缩肌肉来改变体形和体长，这是蠕虫所特有的方式，附肢此时起的作用有限，虽然其数量有14~43对之多，却都很短，柔软，无关节。

由于这些特性，天鹅绒虫虽然也有其他昆虫和多足节肢动物的共同特征，包括拥有共同的祖先等，它们还是被列入单独的门——有爪动物门——这个名称来源于它们附肢顶端的两个小爪。最著名的有爪动物是栉蚕（右图）。



●一只雄性双带跳蛛正在苏拉威西岛雨林中捕食。像其他节肢动物一样，蜘蛛也依赖那层保护性的外表皮对它们体内脆弱的器官进行保护。

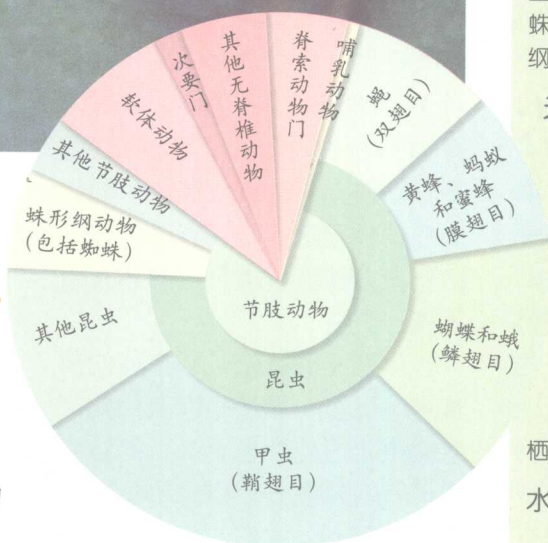
物到底是起源于蠕虫状的祖先，而后变得多样化，还是有多条独立的进化线。前者，即单源论将“节肢动物门”定义为1个精确的门；但后者，即多源论认为节肢动物并非一个精确的集合，应将其划分为3个主要的新式门，即：甲壳动物门（螃蟹、虾和其他）、螯肢动物门（蛛形纲动物——蜘蛛、蝎子、螨和蜱），以及单肢动物门（昆虫、蜈蚣和马陆）。

之所以出现这种争议，部分



是因为早期节肢动物的化石记录非常少，不能提供答案。毋庸置疑的是节肢动物都长得差不多，而且相似的特征不仅存在于外表，它们还有近似的肠、眼睛、肌肉组织、性腺和精液，以及开放式的血液系统。单源论因此认为可以将节肢动物归纳为一个门，没必要把它们分开。

然而，对这些“相似”特征的解剖研究揭示了差异的存在：与甲壳动物和昆虫相比，蛛形动物的口器向前多伸出了一节，并且长着可戳刺的螯肢，而不是可咀嚼的颚部，甲壳动物和昆虫的颚部也有区别，咬合的动作也不



我们根据地球上所有动物的数量画了这个示意图，可以看出，其中节肢动物占据了惊人的比例，而昆虫纲又以其种类达上百万种成为节肢动物中最庞大的一族。新的昆虫种类仍在不停地被发现并被分类，鞘翅目的甲虫以其到目前为止已发现的30多万种成为昆虫纲中最大的一个目。相比之下，科学家们迄今为止仅发现了不到5000种哺乳动物。

节肢动物门

近期的研究，特别是基于分子种系发生的研究，倾向于认为节肢动物是一个单一的门（单源论）。然而，为了体现其持续的不确定，并不严格界定各节肢动物所属门和纲。

单肢动物

单肢动物门（纲）

在两个主类中，已发现的大约有近100万种（估计实际存在500万到3000万种）。

多足总纲

多足动物包括4个纲：唇足纲（蜈蚣）、倍足纲（马陆）、少足纲、综合纲。

六足总纲

六足动物包括4个纲：昆虫纲（昆虫）、弹尾纲（弹尾虫）、原尾纲、双尾纲。

螯肢动物

螯肢动物门（纲），大约7万种。

蛛形纲

八足蛛形动物由11个亚纲组成，包括蜘蛛亚纲（陆生蜘蛛）、蝎亚纲（蝎子）、蜱螨亚纲（蜱和虱）等。

此外，还包括水栖马蹄蟹或肢口亚纲（帝王蟹）、海蜘蛛亚纲（海蜘蛛），可能还包括已经消失的三叶虫亚纲（三叶虫），本书中未收录。

天鹅绒虫

有爪动物门（纲），约120种。

甲壳动物

甲壳动物门种（纲），约3万种，主要是水栖类（蟹、虾等）。此外，也有部分陆栖种类，如木虱、陆生寄居蟹，本书中未收录。

舌种形虫

舌形动物门（纲），大约90种水栖种类，本书中未收录。

水熊虫

缓步动物门（纲），大约180种，主要为水栖种类，本书中未收录。

同。甲壳动物有双分叉的附肢，副分叉附肢通常形成鳃，而目前单肢动物和螯肢动物的附肢虽然都是单肢的，但它们的起源又不同。此外，甲壳动物和昆虫不同的生长方式也和同源进化论相矛盾。

尽管以上证据指向多源论，但仍然存在两个关键问题需要多源论者解释。

首先，这几组动物之间大量的相似之处真的可以作为趋同进化而被忽略掉吗？这几组动物也许是各自独立地进化，最后却殊途同归——拥有一套限制身体的外骨骼，这是唯一一个解决问题的可行性方案。

那么，对一只蠕虫来说，进化出一层硬的外骨骼将不可避免地带来其他变化，包括因为运动的需要而出现附器（腿），因为生长的需要而蜕皮。这些进化的结果就是我们称其为节肢动物的根据。此外，节肢动物趋同进化的典型、明确的实例是：这些不同组的动物均长出了气管和马氏管，使陆上生活成为可能。换句话说，显著精确的趋同进化确实发生了，这在节肢动物中是很难得的，因为它们的身体构造严格限制了可能的解决方案的数量。

第二个问题是：为什么“节肢动物化”这种情况发生了好几次？为了回答这个问题，多源论学家认为：外骨骼作为进化上的主要进步，被自然选择一直保留了下来。因此，认为节肢动物有数个外骨骼的进化原型，每一个都多样化地发展为独立的“节肢动物”群体。

人们原本希望分子分析能解决这个问题。多数对RNA和DNA序列的分析都显示节肢动物群体之间存在非常近的亲缘关系。但

分子证据既没有清楚地把它们和其他无脊椎动物分开，也没能给这个群体的内部各纲之间画上泾渭分明的界线，比如把多足动物和昆虫区分开（与形态学的根据相反）。因此评判员们仍然无法判决这些关键问题，于是各节肢动物仍然既有可能属于一个门，下分四五个纲，也有可能属于各个不同的门。

由于节肢动物庞大的数量证明了它们在基本身体构造上的成功，也支持了它们来自数个蠕虫祖先的多源观点，因此后面我们将以多源论的可能性为依据来讲解节肢动物的身体构造。

住在管状外表皮里

外骨骼

外骨骼的演化，对节肢动物的进化来说有几个意义，一个主要的影响是限制了节肢动物的体型，使它们不会长得太大，而且这层外部管状骨骼仅用有限的材料就提供了最好的力学支持。但对大型动物来说，身体内部的支撑（如脊椎骨）是更好的解决方案。外骨骼在生长时需要脱落，如果大型动物也这样，在新的骨骼长出变硬之前就会被自己的体重给压垮。

体型小的好处是：个体的数量可以更多，繁殖率以及由此产生的进化适应性也更高，而且它们也因此拥有了更大的活动空间。外骨骼限制了它们的体型，却让它们发展出令人瞩目的多样性。

骨骼是节肢动物成功生存的核心，因此其自身的构造很关键。所有的节肢动物的外骨骼都有相似的三层结构，都有关节和类似的跗节，里面也都有腺体和特别的感官系统。节肢动物群体

虽然众多，但外骨骼的微观结构和化学成分却都是一样的：在蛋白质矩阵中，长而坚韧的、链状的几丁质纤维以一种独特的方式排列，最大限度地做多方向上强化了骨骼。但各群体蜕皮后新骨骼硬化的方式各不相同，骨骼表面的附加层也不同（比如，只有陆生节肢动物使用蜡质的防水层）。

除了群体之间的差异，不同种类的节肢动物的外骨骼也有差别，正是这种多样性使之成为如此成功的一种物质——可以厚而有力；可以薄而柔软；可以让翅膀和足部关节具有弹性；重量能忽略浮力，或轻得足以飞行；可利用色彩进行伪装或发出警告；可在水中呼吸，或在陆地上用来防水。上述特性可以存在于同一个体的不同部位，也可以差异性地在生命周期的不同阶段，因此促成了昆虫——所有这些群体中最成功的一类——的极端变异。

外骨骼是节肢动物与外部世界之间的屏障，为软组织提供物理性保护，抵御寄生虫、病菌和天敌，同时也是一把化学保护伞，控制着环境气体、盐、水和其他分子间的交换。因此，全副武装的海洋龙虾几乎是无懈可击的（除了蜕皮的时候）；淡水蚊子的幼体利用它们外骨骼的协助，均衡渗透以避免被水淹；陆生昆虫和蜘蛛依靠外骨骼预防脱水，还能减轻被风吹走和掉落伤害。

坚硬的外骨骼给运动带来了深远的影响，要想游泳、行走和跳跃自如，分节的附肢就成为必须。

作用力相反的屈肌和伸肌控制着每个跗节，使其在不同的平面上均具有最大限度的机动性。所有节肢动物的步法都基于附肢

的波状运动——相对的附肢交替运动。许多节肢动物还对应不同的速度使用不同的步法。节肢动物还有个性化的身体姿势，与大多数脊椎动物不一样，它们从身体下表面侧部抬起附肢；为获得更强的稳定性，身体则陷进悬垂的附肢间。对于翅膀来说，外表皮也是理想的材料，很轻却很坚韧，便于飞行。

作为一种生物构造材料，外表皮多种功能中最强大的大概是进食功能。在陆地上，节肢动物口器的多样性是得到公认的：从食肉动物坚硬的螯肢和顎部，到咬人蝇刺、吮两用的管状吻，再到食蜜蝴蝶灵敏、柔软的螺旋状“舌头”，以及家蝇肉质的、重叠的唇瓣。水生节肢动物的口器很坚硬，有嘎吱作响的顎部和口钳，能对付软体动物或其他甲壳动物的壳，而且它们还能变成细

小的刚毛，组成一张能过滤微小浮游生物的网。

多功能的建筑材料

繁殖和体内平衡

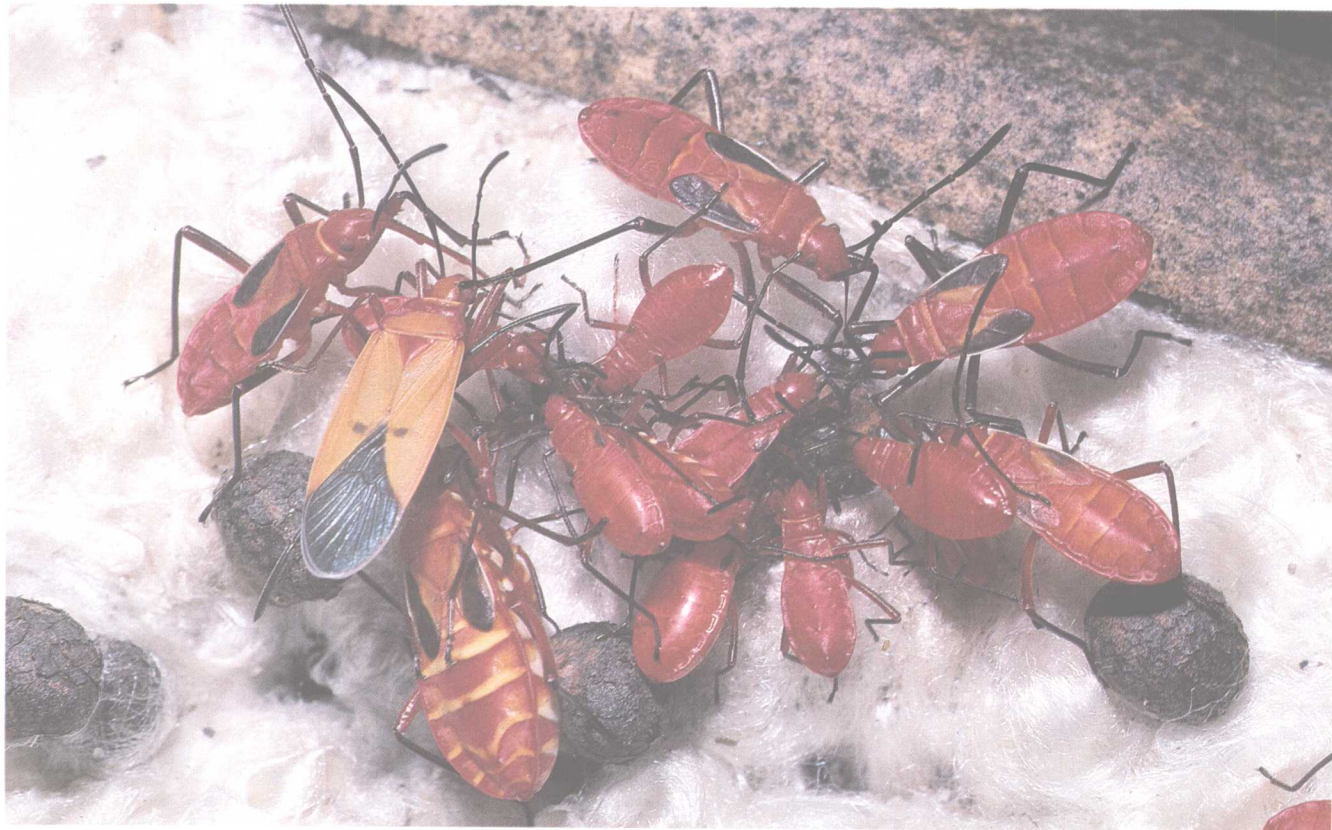
海洋节肢动物总是随意地在海洋里产下无数的卵和精子，受精与否仅凭运气，但在其他栖息地的节肢动物则需专门的过程。淡水中的甲壳动物通常产下有卵黄、附有表皮（壳状）的卵，或在特殊的壳状育儿袋中孵化后代。陆生节肢动物则必须通过交尾使精子和卵子结合，因此它们通常生有复杂的生殖器，并要求该器官能精确地匹配，以确保交尾只能在同种类间进行。它们也会用外表皮为卵做壳（非常精妙的结构，确保胚胎能够呼吸），为了把卵产在湿度合适的环境中，很多雌性都长有产卵器，很长、尖锐、能将卵灵敏地置入寄主的体内；

或是长有坚硬的锯状物，可以刺入坚硬的树身。

所有的节肢动物都受益于一个稳定的内环境，使其生化系统保持最佳功能，这也有外表皮的大力协助。因为外表皮能调节与外部环境如热量、气体和其他物质之间的交换率。但这种适合它们的小体型也存在弊端，因为温度和化学物质在较小的身体里面不可避免地波动得更快，所以节肢动物需要更有效率的器官进行气体交换和维持水分及盐分平衡，而且还要有很好的流体分布系统以平衡给养和废物的循环。

因此，正是外表皮造就了节肢动物生命的几乎每一个方面，引导它们的进化，约束它们的身体构造和尺寸，最重要的是使它们以异乎寻常的多样性存在于这个世界的每一个角落。

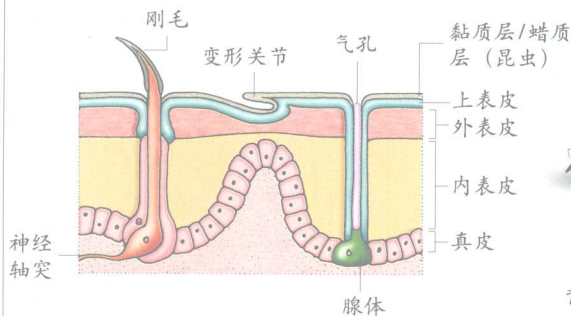
● 红蜡以木棉花的种子为食。图中展示了它们的几种不同的蜕变期形态。



节肢动物身体结构

外表皮

节肢动物的外表皮是其成功发展的核心因素，它主要由一种多糖几丁质纤维构成，形成很薄的一层，并嵌在蛋白质层中。在同一层中，纤维平行排列，但在连续层之间却稍稍扭转。因此节肢动物的外表皮虽极轻巧，却具有相当的强度。蛋白质交联（昆虫为苯醌，蛛形动物为硫桥）使外表皮硬化，甲壳动物和一些多足动物则通过沉淀的钙盐使外表皮硬化。内表皮较柔软，并且每



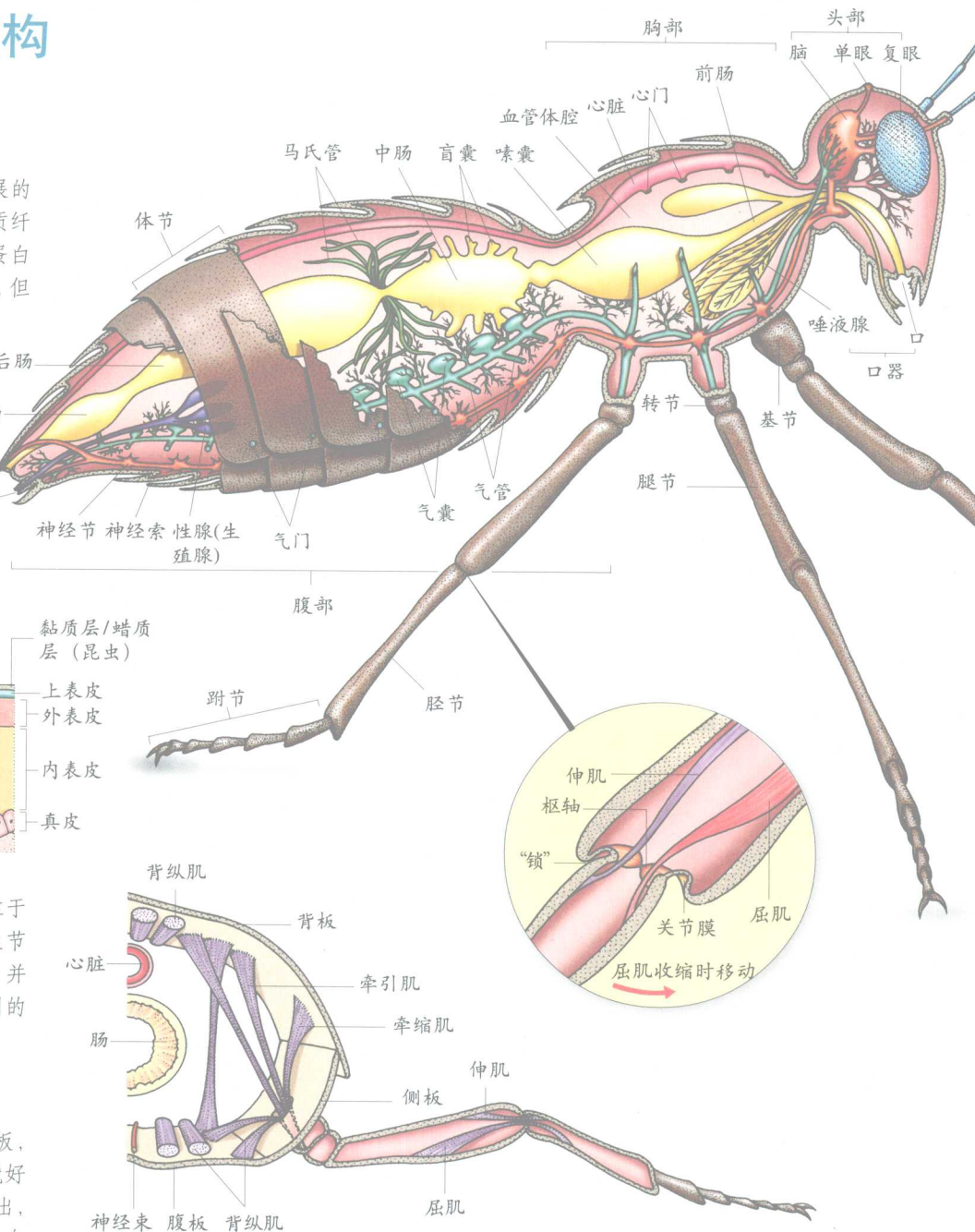
次蜕皮时就会再生。薄薄的外表皮位于最外层，由蛋白质和脂质构成。陆生节肢动物的外表皮还有防水的蜡质层，并且通常有一层坚韧的、具有保护作用的黏质层。

体节

节肢动物每一体节的顶部是背板，底部是胸板，再加上两侧的腹膜，就好比一个小盒子。附肢从腹膜的下侧伸出，有发达的肌肉（牵引肌和牵缩肌）与身体的各板相连，以抬起或落下附肢。其他肌肉连接相邻的体节，使身体屈伸，或连接体节的背板和胸板，使身体变得扁平。只有神经束、肠和心脏纵贯全身。

关节

体节上有分节的附肢是节肢动物名称的由来。由于关节通常只能在一个平面上运动，因此，每条附肢需要好几个附节，以满足运动时的机动性。坚硬的外表皮形成的“管”在各关节处被更柔韧的表皮连接起来。因此当一只节肢动物的身体完全展开后，如图所示那样，



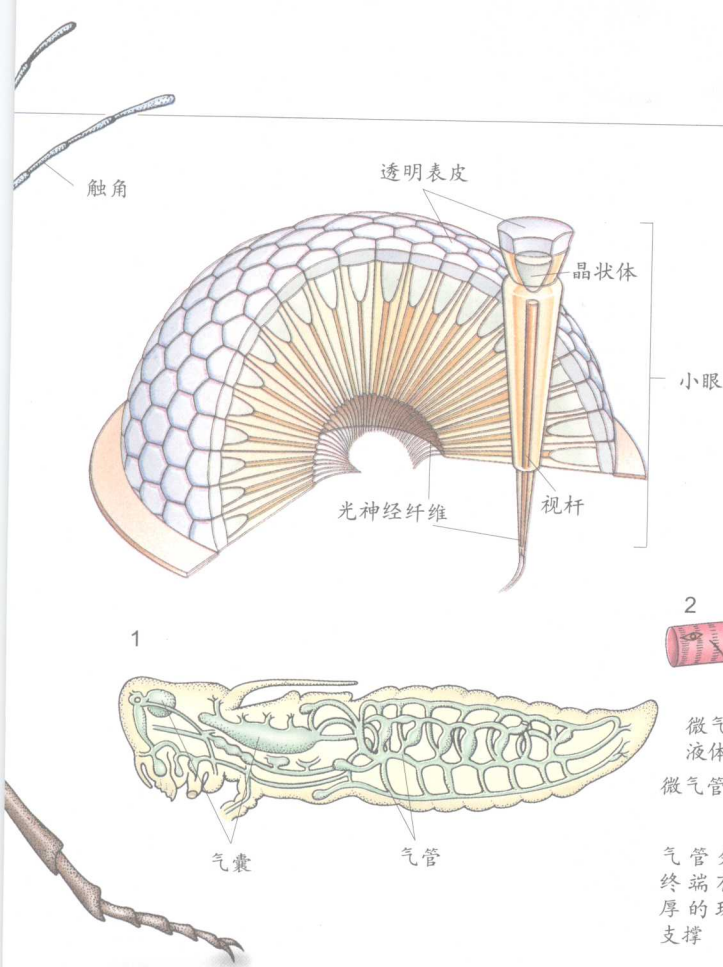
就好像一个“管”锁进另一个“管”中一样。当屈起来时，靠外的体节可绕着一个外表皮延伸部分形成的轴做90°的旋转。表皮的内部延伸部分，称为表皮内突，为关节肌肉的附着点。

感官系统

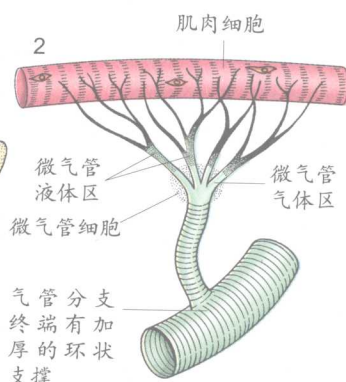
大多数节肢动物的感觉器官是外表皮自身的异化结构。最普遍存在的感觉器官为刚毛，运动的时候，刚毛内的神经末梢会受到刺激（如碰触、或因水或空气的运动而振动）。刚毛也有可能感觉到化学反应（这种情况更多的时候是

被附肢、口器和触角感觉到）。其他感觉器官包括外表皮上的沟槽和凹点，与其下的薄而神经集中的膜共同感应节肢尤其是关节处的张力和压力。此外，还有其他内部的感觉器官（本体感受器）附着在外表皮或肌肉上。

节肢动物最显而易见的感觉器官是视觉器官。很多节肢动物只有含一个或数个感受器的单眼。但昆虫和大多数甲壳动物都生有由许多长圆柱形的小眼组成的复眼，表皮通常还会形成外部透明的角膜，在大多数复眼中呈六角形排列。角膜后面是晶锥（帮助聚光）和小网膜



● 节肢动物的复眼由多达3万只小眼组成，每只均为含有独立晶状体和色素细胞的视觉单元。小眼有很窄的视域，与邻近的小眼相互拼接重叠影像；它们之间挨得越紧密，成像的质量就越高。每只小眼上都有两个聚焦的“镜头”：透明表皮形成的“角膜”和晶状体。



● 昆虫的气管系统：1. 蝗虫的解剖图，显示了主要的气管和气囊。2. 气管细节的分割图。最细的分枝的壁上没有环状支撑。

细胞，与拥有视觉色素的高度皱褶的内表面共同形成视杆。这些细胞与视觉神经纤维（轴索）相连，从那里通入大脑。小眼产生相互拼接的影像，远不如人眼看得清晰，却比人眼更能敏感地捕捉高频运动的物体。此外，节肢动物的眼睛又圆又大，如外凸的球，视域很广，通过覆盖在小网膜细胞上的色素运动进行调节后，可以在不同的光线条件下工作。复眼对色彩也极其敏感，可以分辨紫外线和偏振光。

神经系统

所有节肢动物的神经系统都差不多，并集中在头顶部的大脑处。昆虫的脑由3部分构成，其中有2部分主要负责接收从眼睛和触角传入的信息。螯肢动物（如蜘蛛）没有触角，因此缺少从触角传入的这一部分信息。神经从脑部出发，穿绕过肠道，在肠道底部汇合为数对纵向神经索，并在各体节形成神经节。每个神经节都持续传送神经图案至各体节的肌肉内并接收感觉信息；中心的运动神经激发图案能被相邻体节轻微异相地重复，以达到协调运动。

消化

节肢动物的肠形如一根分三段的

管：构成前肠及后肠的物质与真皮相同，故而有脱落的表皮内层；无内层的中肠是分泌酶及吸收营养的主要中心。大多数节肢动物有唾液腺来润滑食物，还可喷射毒液和唾液对猎物进行麻痹和预消化。部分节肢动物前肠的嗉囊是一个复杂的食物存储和粉碎区域。中肠上一般还有封闭的分支（盲囊）来增加其表面面积。后肠是调节排泄物的重要场所，大部分排泄物呈固体团状，经由肛门排出。

排泄及盐分平衡

无鳃昆虫、蛛形动物及多足动物能对身体里的盐分和水分进行体内调节。它们有马氏管（盲端，肠的侧分支）能分泌溶解盐和废物，还有可以根据需要摄入盐分和（或）水的复杂后肠。

海洋甲壳动物能迅速散发氨，使其血液与周围环境保持大致的渗透平衡。河口及淡水甲壳动物也使用氨，却是通过鳃和靠近口器的特殊“环保腺”摄取盐来调节盐分和水分。而就陆生甲壳动物而言，尿酸取代可溶氨成为主要的含氮废物。

呼吸系统

大多数水生生物种都有鳃——可渗透外表皮延伸出的细密皱褶部分。甲壳动物的鳃位于其腿部；水生昆虫的鳃则常位于其腹部末端；部分蛛形动物保留了鳃状结构（书鳃）；有的则有卷在身体中的类似的呼吸器官（书肺）。但大多数陆上节肢动物——昆虫、多足动物、部分蜘蛛——则另有一套精密的表皮管系统（气管），该系统从胸腔和腹部表面的呼吸口（气门）向内扩展，使氧气直接到达组织。这一系统在陆地上最为理想（鳃在陆地上会损毁和脱水），因为在陆地上，密集的气孔能限制水分的流失，氧气供应也会非常快。但每次蜕皮时旧的气管会被替换掉。

循环系统

节肢动物的血液通过与背部的心脏分离的很少的血管，在体腔（血管体腔）内循环。血管上有些小洞（心门），血液从那里被摄入，再将其输送到头部和其他活动部位，尽管也有可能直接被体腔的隔离物引导至附肢和肠道外，但最后还是会回到开放的体腔。

血液（血淋巴）通常为无色或黄绿色，来往于所有组织之间，携带着关键营养物质、废物及激素。节肢动物中，不包括昆虫和蜘蛛，它们的血液也将氧气从鳃传送到组织。血液还携带预防疾病侵害和对肌体进行修护的细胞；对柔软身体的而言，血液还能从肌肉转移力，即“流体静力”类型的运动力。

⑦ 空气从昆虫身体上的小孔进入，这种小孔称为气门。松天蛾幼虫身上的气门为亮黄色。

