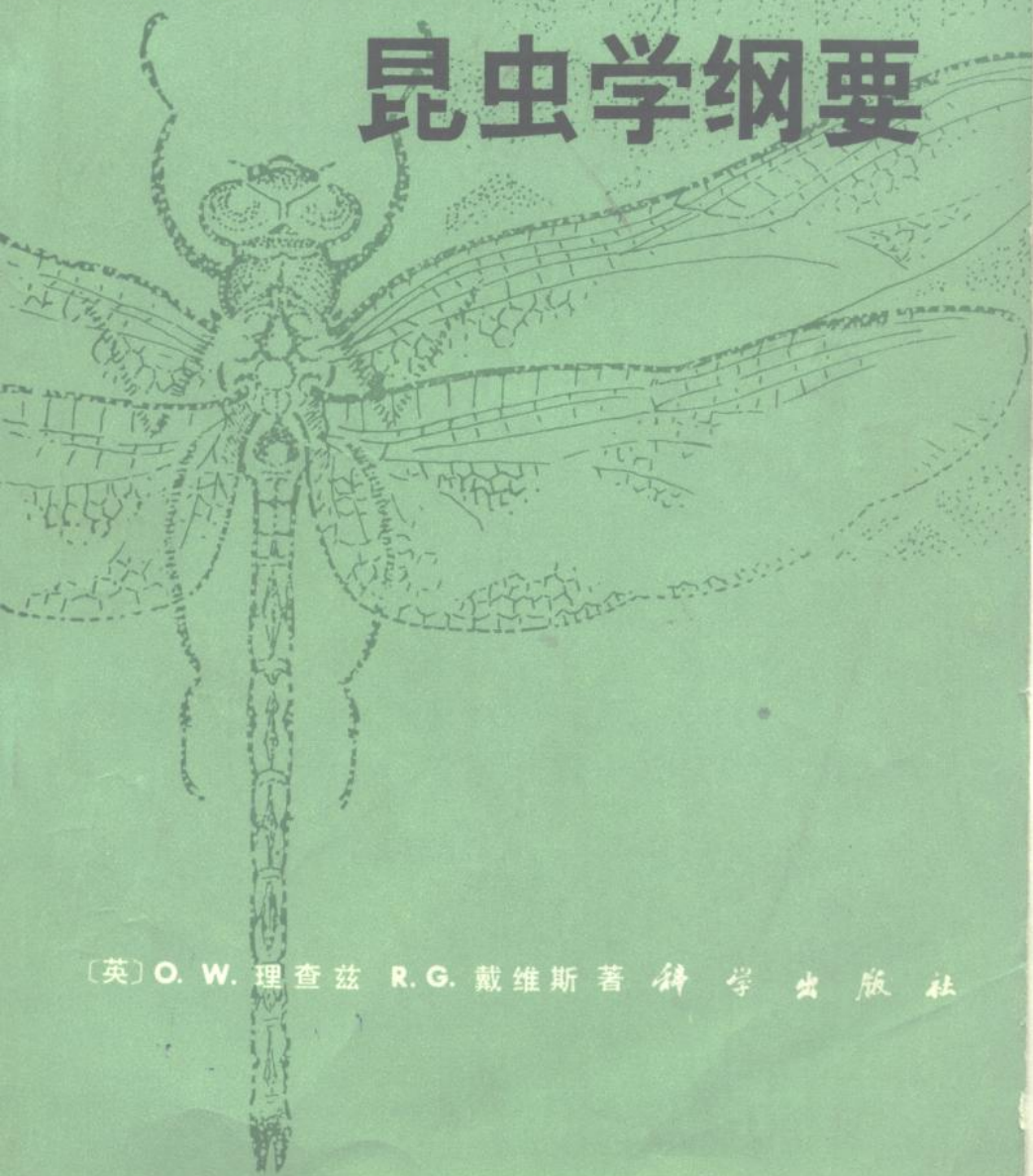


依姆斯

昆虫学纲要



[英] O. W. 理查兹 R. G. 戴维斯 著 科学出版社

依姆斯昆虫学纲要

〔英〕 O. W. 理查兹 著
R. G. 戴维斯

管致和 常玉珍 译

科 学 出 版 社

1982

内 容 简 介

本书连同附录,共分七部分。1. 绪论; 2. 解剖和生理; 3. 发育和变态; 4. 昆虫的一些重要生活方式; 5. 命名、分类和生物学; 6. 昆虫的亲缘关系; 7. 附录。本书篇幅不大,而对昆虫的各个重要部分都融合了各该部分的最新研究成果,予以扼要的论述,可供综合性大学生物系、医学院校以及农林院校师生和广大流行病学、植物保护干部阅读。

O. W. Richards R. G. Davies
IMMS' OUTLINES OF ENTOMOLOGY
Sixth Edition
Chapman and Hall Ltd, 1978

依姆斯昆虫学纲要

[英] O. W. 理查兹 著
R. G. 戴维斯
管致和 常玉珍 译

责任编辑 倪健生

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年5月第一版	开本: 850 × 1188	1/32
1982年5月第一次印刷	印张	7 5/16
印数: 0001—3,600	字数:	185,000

统一书号: 13031·1794

本社书号: 2440·13—7

定价: 1.40元

目 录

第六版前言	(1)
译序	(2)
1. 绪论	(3)
2. 解剖和生理	(9)
体壁及其衍生物, 体色	(9)
分节和体区	(12)
头部及其附肢	(13)
胸部、足和翅	(17)
腹部和外生殖器	(27)
肌肉系统	(32)
神经系统	(39)
感觉器官和感受	(44)
消化道, 营养和消化	(56)
呼吸系统	(63)
循环系统及有关组织	(72)
排泄器官、脂肪体及其它血腔中的构造	(75)
腺体或分泌器官	(79)
生殖系统和生殖	(80)
3. 发育和变态	(91)
胚胎发育	(91)
胚后发育	(97)
4. 昆虫的一些重要生活方式	(108)
水生昆虫	(108)

昆虫的食性.....	(110)
捕食性.....	(110)
寄生性.....	(111)
社会性昆虫.....	(113)
5. 命名、分类和生物学	(117)
第 一 目 缨尾目.....	(120)
第 二 目 双尾目.....	(122)
第 三 目 原尾目.....	(124)
第 四 目 弹尾目.....	(125)
第 五 目 蜉蝣目.....	(126)
第 六 目 蜻蜓目.....	(128)
第 七 目 襀翅目.....	(131)
第 八 目 蚤螋目.....	(132)
第 九 目 直翅目.....	(132)
第 十 目 蜚目.....	(134)
第 十 一 目 革翅目.....	(136)
第 十 二 目 纺织目.....	(136)
第 十 三 目 网翅目.....	(137)
第 十 四 目 等翅目.....	(137)
第 十 五 目 绝翅目.....	(139)
第 十 六 目 啮虫目.....	(140)
第 十 七 目 食毛目.....	(141)
第 十 八 目 虱目	(141)
第 十 九 目 半翅目.....	(142)
第 二 十 目 缨翅目.....	(147)
第 二 十 一 目 脉翅目.....	(148)
第 二 十 二 目 鞘翅目.....	(150)
第 二 十 三 目 捻翅目.....	(154)
第 二 十 四 目 长翅目.....	(155)

第二十五目 蚤目	(156)
第二十六目 双翅目	(158)
第二十七目 鳞翅目	(166)
第二十八目 毛翅目	(171)
第二十九目 膜翅目	(172)
6. 昆虫的亲缘关系	(179)
昆虫和其它节肢动物	(179)
昆虫的祖先	(183)
相互关系	(185)
7. 附录: 文献	(189)
索引	
1. 属名索引	(200)
2. 名词索引	(208)

第 六 版 前 言

本书的已故作者A. D. Imms博士曾经在他前几版的前言中说，他把这本书看作是昆虫学——作为普通生物学的一个分支学科——的基本概述。他特别念念不忘于学动物学和农业的大学生以及那些准备以后专攻昆虫学的人的需要。他认为这本书对在学学校里教高级生物学的教师也许也会感兴趣的。

对这些总的目标和各部分内容之间的平衡，在这次和前次修订时都没有作什么变动。但我们指望能使本版达到如我们所修订的《依姆斯普通昆虫学教科书》第十版(1977年出版)的时代水平。课文已经整个重作安排，有十一个图换了新图。昆虫的分目数同前版相同，但在内翅部中目的顺序作了改变，以期更正确地反映可能的演化关系。生理学部分作了许多小的改动并增加了一些内容；昆虫的起源和系统发生那章已经重写。新的参考文献为专家们提供了近代的参考资料。我们的目的是既要作这些改动而又使这本书不增加多少篇幅或难度。

十分感谢我们据以作图解的一些图的作者们，他们的姓名都已写在有关的图注中。

O. W. 理查兹

R. G. 戴维斯

1977年9月

译 序

1953年，吴维均同志和我合译了1949年 Methuen & Co. 出版的A. D. Imms 著的《昆虫学纲要》第四版。作者恰在这一年去世了。我们译书时就有纪念这位世界著名的老昆虫学家之意。当时我们都以为这是这本书的最后版本了。可是1959年伦敦大学名誉教授O. W. Richards和讲师R. G. Davies 修订了这本《昆虫学纲要》，是为第五版；1978年又出了第六版。我读了一遍，很为 Richards和Davies二位先生下的功夫所感动：他们既尊重原作者写这本书的本意，又在篇幅不作很大变动的情况下把书改写得能反应昆虫学的最新进展。这是很不容易的。如果不把它译出来供我国读者参考，未免遗憾！

但是维均同志因受“四人帮”迫害在1968年含冤去世了！为了纪念老朋友，更促使我们尽快地把书译出来。常玉珍同志，作为吴维均的学生，抱着同样的心情同我合作工作。

我想特别提一下，我们在翻译第四版时，曾经作过不少注解；有的注解是好的，新版本也已作了同我们意见一致的修改；有的注解并不完全恰当，这次重译时完全按照原书不再作注解。

最后，我们要感谢科学出版社为我们提供了原著的复印本，使早日译出，以飨读者。

管致和

一九七九年八月于北京

绪 论

昆虫是具有较硬的体壁并着生分节附肢、身体分节的动物。用气管呼吸，体躯分为头、胸、腹三部。头部为感觉和取食的中心，具有口器以及一对触角——可能相当于甲壳纲的触须；通常有复眼和单眼。胸部是行动的中心，具有三对足，一般还有两对翅。腹部是代谢和生殖的中心，它包含生殖腺、消化与排泄器官以及与交配和产卵有关的特殊构造。刚从卵孵出来的幼期昆虫与成虫的形状差别颇大，所以它的发育要经过一定程度的变态。

已知昆虫的种数是很难估算的，但是一定超过其余动物种类的总数。大约有 800,000 种不同的昆虫已经被命名和描述，也许这还是个保守的估计。每一年通常总要描述数千个新种，尽管以这样快的速率在发现新种，然而无疑地有待去发现的种类要比已知种类还多。单是鞘翅目 (Coleoptera)，或称甲虫，已经命名的种类就在 330,000 种以上。甚至象甲科 (Curculionidae) 一科就包括了 60,000 多种，步甲科 (Carabidae) 大约 25,000 种。

昆虫所显示的这种惊人的分化能力是很难给以正确地分析的。但考虑究竟哪些原因最可能使这一纲获得它们在动物界中突出的地位是很有意义的。

(a) 飞行能力。大多数昆虫的活动范围并不完全局限在地面和植物上，而且还会飞。翅的获得，对它们在分布，求偶，觅食和躲避敌害等方面提供了独特的好处。能有这样一些有利条件综合在一起，在其他无脊椎动物中是从未见过的。

(b) 适应能力。没有其他哪一纲的动物能像昆虫这样彻底地侵占并征服了整个地球的。它们的分布范围由两极到赤道；每种显花植物都可作为一种或几种昆虫的食料，而腐烂的有机物吸引和供养了成千上万种的昆虫。许多是另外一些昆虫和若干很不相同的动物（包括脊椎动物）的体外或体内寄生物。土壤和淡水中各拥有它们自己的大量昆虫区系。高温和严寒对于昆虫并不是一个不可逾越的障碍，因为有些种类可以忍受约 -50°C 的低温，相反的，而另外一些种类可栖息在 40°C 以上的温泉或沙漠中，在那里中午的地面温度还可以再高出 20°C 。有少数种类生活在看来几乎是不可能的环境中；如一种水蝇科（Ephydriidae）的幼虫生活在加利福尼亚州的原油池中；据报道，有的甲虫是从粗酒石（含有80%酒石酸钾）、鸦片、辣椒、砒砂和马钱素等物中找到的。

(c) 大小。大多数昆虫的身体较小有许多好处。一个昆虫所需要的食物极少，因此大种群可以占有小生境，而小生境往往也可用来逃避敌害。例如，在一小片叶子的上下表皮层之间的组织内可供几个潜叶幼虫发育，一个象鼻虫可以在一粒小小的金雀花种子内完成其发育，而一个中等大小的羣足以供养许多甲虫和蝇蛆。

实际上，昆虫的大小变化很大，从体长只有0.2毫米的微小的膜翅目寄生蜂到庞大的高力亚士（Goliath）甲虫体长达120毫米，（译者按：即Goliathus属金龟子。）然而这些都是极端的例子，而且过大或特小的昆虫不如大小介于两者之间的大多数种类有利。倘若一个微小的昆虫被沾湿了，周身水的重量以及水膜表面张力不久就使它无力自拔。相反，极大的种类则受到它们特殊的气管呼吸方式的限制。氧气靠气体的扩散作用沿气管进入组织，但这要遵从这样的物理定律，即一个昆虫体躯的增长不能伴随按同样比例增加氧到达组织的速率（第84页）。所以当昆虫身体的直径超过2厘米的时候，它的呼吸方式就使它陷入困境

而变得迟钝，体积再增大就迟缓得不能同别的生物竞争而生存下来。由于这种理由，在甲虫、蚱蜢、水生半翅目和化石蜻蜓中比较大型的种类在同类中它们只占极少数。此外，甚至在大的昆虫中，体躯直径超过半英寸（译者按：相当于1.27厘米）上下的昆虫是极少的，尽管体长可以大大延长，或可以有扁平的板状外长物。因而，一种巨型竹节虫 *Pharnacia serratipes* 长达260毫米，但在比例上仍然维持一个细长的体躯。有些巨大的石炭纪化石蜻蜓翅展超过2英尺，但体躯依然细长。一种庞大的夜蛾 *Erebus agrippina* 翅展280毫米，但是它的细弱的体躯长不过55毫米，巨型的 *Atlas* 天蚕蛾和 *Troides* 属的东方凤蝶等也有相同的情形。

(d) 骨骼。昆虫的骨骼和其他节肢动物一样是外骨骼，并具有许多有重大意义的特点。它是由柔软的膜区所分割的骨片组成的，因此坚硬性和弹性兼而有之。外骨骼对昆虫具有机械的保护作用，为运动体躯的肌肉提供坚实的着生点、有时可作为一种贮藏能量的机构，用各种方式凹入以支持一些内部器官，以及作为气管和少数其他结构的内壁。

外骨骼构成一系列包在体躯和附肢外面的分节的管子，比脊椎动物的内骨骼更能抵抗弯曲。俄国学者契特凡立可夫 (S. S. Chetverikov) 曾对比过这两种情形。如图1所示，A代表一个具有管状外骨骼的昆虫附肢的横断面，B和C是两个具有轴心内骨骼的脊椎动物附肢的横断面。根据物理学原理，实心 and 空心圆柱抵抗弯曲的效率可用下列二式表示：

$$M = \frac{\pi D^4}{32} \quad \text{和} \quad M_1 = \frac{\pi(D_1^4 - d^4)}{32D_1}$$

M和M₁依次代表两种效率，D为内骨骼的直径，d和D₁是外骨骼的内径和外径。为便于论证起见，我们假定 $d = \frac{4}{5}D_1$ ，比较图A与B，二附肢的骨骼和肌肉横断面的面积相等，则公式表示具有实心内骨骼的附肢比实心外骨骼的附肢大约弱三倍。而且，还可

以看出如果要得到与图 1 A 的外骨骼同样的抵抗力时，则实心内骨骼要占据附肢整个直径的 84%（图 1 C）；在这种情况下留给肌肉的地位就很少了。

由于它的机械效能，因此昆虫的骨骼既坚强而又轻便。好象由一种奇异的可塑性物质所组成，在自然选择的影响下演化过程可以有最多样性的变化。它们能有无穷尽的方法和适应各种需要来增积表皮物质。特别值得注意的是头部和上下颚的形状、大小的无穷变化；角突、刺及其他突起；刚毛和鳞片；膜质翅和角质的鞘翅；强大的开掘足；针状的产卵器等等的生长。此外，也正是外骨骼形成了大量可用来鉴别许多昆虫种的构造特征。

因为它具有坚硬的外骨骼，所以昆虫在生长过程中必须周期性的脱皮。昆虫在脱皮过程中是比较地易受伤害，但是这种不利比起在一系列脱皮的基础上演变出来的出现在较高等昆虫生活史中幼期和成虫期形态分化以适应各自的生活条件来说是微不足道的。

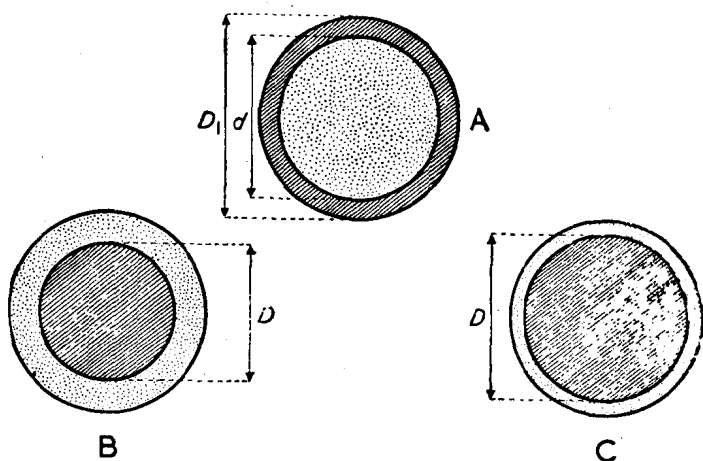


图 1 附肢横切面图解，取自 Chetverikov

A, 外骨骼, 其内径 $d = \frac{4}{5}$ 外径 D_1 ; B 和 C, 内骨骼 (斜线示骨骼; 打点示肌肉等)

(e) 抗干燥能力。虽然一些昆虫是水生的或者栖息在潮湿的环境中，但这个纲的得以繁荣，在很大程度上有赖于在比较干燥的陆地上能存活下来的能力。昆虫用各种方式抵抗干燥和保持水分。表皮具有一薄层的蜡质，大大的减少了水分从身体表面的蒸发；气管系统的开口，即气门，具有开闭机构或其他装置，进一步减少水的散失而不影响足够的氧气进入。大多数昆虫的主要排泄物是非水溶性的，所以不需要用大量的水形成溶液从体内排出去。消化道末端还可再次吸回在粪便中丢失的水分。有些经常生活在干燥条件下的昆虫，很大程度上依赖它们身体内食料氧化后所产生的水——即所谓代谢水。最后，在昆虫生殖的行为方面，以及它的体内受精和产卵的习性，不透水的卵壳，保护了发育着的胚胎以防失水，因而昆虫能很好的适应陆生条件。

(f) 气管呼吸。昆虫独特的气管呼吸系统趋向于限制它们的大小，为了补偿这种不利和限制水分损失需要有所变异。但另一方面，气管呼吸具有很高的效能直接将气态的氧运送到短距离的呼吸组织内使昆虫在快速飞行中具有非常高的代谢活动。昆虫的飞行肌实际上是已知动物组织中呼吸最活泼的，而气管系统表现出若干特别令人感兴趣的适应来供应足够的氧（见第69页）。还值得强调指出，虽然气管系统可能最初是在陆地的和空中的生境中发展出来的，但几乎所有后来又回到水生环境中去的昆虫都还保留着（虽然往往是封闭式的气管系统）。只有相当少量的、很小的昆虫能够只通过组织扩散而获得足够的氧。

(g) 完全变态。昆虫生活史的较高级的演化类型从未成熟的幼虫阶段到具有翅的性成熟成虫阶段必须通过蛹作为过渡（第103页）。这种发育的类型例如甲虫、蛾、蝇类，与较简单的不全变态类型如蝗虫或蜚蠊不同，它们的幼虫和成虫可以利用不同的食物来源并占有不同的生态小生境。从幼虫到成虫的这一过渡，包含着在解剖上、组织上和机能上的广泛变化，主要出现在貌似静止的蛹期。因此蛹代表了很重要的演化上的变革。这可以从完全

变态的昆虫种类大大超出不全变态，其比值大约是10：1，而且它们已经成功地侵占了一个范围要广泛得多的生境等事实看出来。

这一小段综述了使昆虫这种结构型取得成功的一些比较显著的因素。同时也有助于说明为什么这样一类动物能够从石炭纪前期持续到现在，以不断分化和扩展而超越其他任何一个纲的动物。接下去我们要讨论昆虫构造的基本特征和功能。然后简短地述及发育和变态，简单地讨论较重要的生活方式，并有一节讨论命名、分类和生物学。29目昆虫中的每一目的基本特性都给予扼要叙述。最后，扼要地讨论这些动物在节肢动物系中的地位、它们的祖先以及它们相互间的亲缘关系。

2

解剖和生理

体壁及其衍生物；体色

体壁（图2） 体壁包括一层细胞层，即真皮和外面一层非细胞性的表皮。皮细胞分泌大部分的表皮；在昆虫脱皮（第98页）时溶解和吸收绝大部分的旧表皮；并起愈伤和分化作用——从而决定昆虫的形状和外貌。表皮形成外面的外骨骼，还形成前、后肠，气管和其它由外胚层以同样方式内陷而成的部分的内膜。典型的包括下列三层：

(i) 最外层即上表皮，厚度不到4微米，大部分为硬化的蛋白质，但也含有蜡质（对减少水通过表皮而损失起主要作用），再外面还有‘护蜡层’。

(ii) 外表皮要厚得多，主要包括几丁和蛋白质，后者被酚类物质‘鞣化’而产生一种硬的棕褐色物质，称为骨蛋白，使表皮变得坚硬。体壁中较有弹性的部位没有或很少有外表皮，表皮软而薄的昆虫，完全没有外表皮。

(iii) 内表皮，通常是最厚的一层，也含有几丁和蛋白质，但后者没有被鞣化，所以这部份表皮软而有弹性。

内表皮和外表皮都包含有许多大致与表面相平行的层次，并贯穿着无数的孔道，每一条孔道可含有一根皮细胞的细胞质丝。几丁组成表皮干物重的25—60%，是一种含氮的多糖类化合物，由许多似糖的单元首尾相接成为一条长分子链形成。能抗碱和稀

矿酸。而它可用van Wisselingh测定法来检验：与浓的氢氧化钠在160°C下热20分钟，使转变成几丁醌，这对含0.2%碘的1%硫酸溶液呈玫瑰紫色反应。在表皮中，几丁形成超显微的纤维包埋在一种蛋白质基质之中。

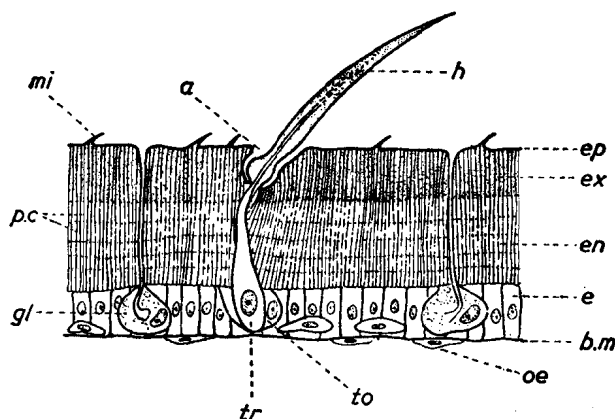


图2 昆虫的表皮，半模式切面

a, 毛窝; *b.m*, 底膜; *e*, 皮细胞层; *en*, 内表皮; *ep* 上表皮; *ex*, 外表皮; *gl*, 腺体; *h*, 毛; *mi*, 微毛; *oe*, 绿色细胞; *pc*, 孔道; *to*, 膜原细胞; *tr*, 毛原细胞。

体壁的外长物 表皮的面有两类主要的外长物：

(i) 硬的无关节突起；这些突起包括微毛和刺。微毛是非细胞性的微小毛状构造（图2）。完全由表皮形成，而在某些昆虫的翅上往往大量出现。刺是来源于多细胞的、大中空空的、高度骨化的棘状突起，常见于金龟子类（金龟科 *Scarabaeidae*）的足上。

(ii) 能活动的有关节的突起，它以一圈关节膜与表皮相连；这圈膜可能陷入在一个表皮质的窝（即毛窝）内，或突出在一个毛突上；它们包括刚毛和距。刚毛（图2）是外表皮和上表皮的中空延伸物。每一刚毛是一个特化的皮细胞，即毛原细胞的细胞质外长物分泌成的，而刚毛伸出处的毛窝则是另一个特化的皮细胞，即膜原细胞生成的。已经知道有下列几种特化了的刚

毛：(a) 被覆毛，是普遍覆盖于身体和附肢的毛。有的发生分枝或成羽状，如蜜蜂的毛；或特别坚硬，如寄蝇身上的毛。(b) 鳞片，如在鳞翅目和一些弹尾目、双翅目及鞘翅目中所见的。这些基本上是扁化了的刚毛，其表面往往有棱纹有时还包含色素。

(c) 腺毛，用以溢出皮细胞腺的分泌物；它们包括纺足目中纺丝的毛和一些鳞翅目幼虫（如棕尾毒蛾 *Euproctis chrysorrhoea*）的螫毛。(d) 感觉毛，在构造上多少有些特化，其基部有一个或多个神经细胞。它们感受各种各样的刺激，这将在第44页上讨论。距与刚毛不同，是多细胞的厚壁构造，往往比较大而在足的胫节上尤为常见。

皮细胞腺 这些可以是单细胞或多细胞的，特别特化用来分泌象蜡、胶这样的物质，还分泌各种称为外激素的物质（第80页），用以影响同种其它个体的行为和发育。

表皮内突 这些是骨化的表皮质内长物，汇总起来形成内骨骼，以供肌肉着生，而有时用以固定别的器官。它们大都为管状或扁化，虽然有时内陷的陷口还保留着，但内突随着表皮的形成而变成实心了。头部的内骨骼叫幕骨（图3），由成对的前臂和后臂组成，其起源处在外部可见到隙缝状的陷口；前、后臂的内端合并成幕骨体，在这附近往往还发生出一对背臂。幕骨增强了头壳的坚硬度，供肌肉着生，并支撑着脑和咽喉。胸部的内骨骼（图14、15）通常包括背面的悬骨，侧内脊和腹内突。腹节和外生殖器也可能有内突。

体色 昆虫的颜色分成三类：(i) 由特殊的色素所形成的（化学色），(ii) 由特殊表皮结构所产生的光学反应所产生的（物理色），以及 (iii) 由色素和生色的结构合起来形成的（合成色或理化色）。

色素可以出现在表皮中、皮细胞中或皮下组织中，大都是化学成分已知的物质，其所以有颜色是因为它们吸收某些波长的射入光，反射另一些波长的光。昆虫中三类最普通的色素是黑色素