

PUTONGKUNCHONGXUESHIYANJI ACHENG

普通昆虫学

实验教程

刘志琦 董民 编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

普通昆虫学实验教程

刘志琦 董 民 编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通昆虫学实验教程/刘志琦,董民编. —北京:中国农业大学出版社,2009.9
ISBN 978-7-81117-822-7

I. 普… II. ①刘…②董… III. 昆虫学-实验 IV. Q96-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 118303 号

书 名 普通昆虫学实验教程

作 者 刘志琦 董民 编

策划编辑 孙 勇

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 13.5 印张 243 千字

印 数 1~3 000

定 价 20.00 元

责任编辑 潘晓丽

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440.

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

普通昆虫学一直是我国植保专业、森保专业、生物专业 and 动物学等专业的学习的主干课程之一。

中国农业大学与西北农林科技大学、华南农业大学合作编写的“面向 21 世纪课程教材”《普通昆虫学》(彩万志、庞雄飞、花保祯、宋敦伦, 2001) 已出版多年。但教学中, 由于一直没有与之配套的实验教材, 教师和学生都深感不便。为此, 我们编写了这本实验指导。

本书包括昆虫的外部形态、昆虫的内部解剖与生理、昆虫的生物学、昆虫的分类、昆虫的生态和昆虫实验技术 6 部分, 共 20 个实验。考虑到目前各院校普通昆虫学课程的学时在不断减少, 普通昆虫学的一些课程内容已延伸为一些专业选修课, 如昆虫生理生化、昆虫分子生物学、昆虫遗传学和昆虫生态学等, 所以在本书编写过程中, 我们加强了各院校都普遍设置的基础知识部分的实验, 适当精简和合并了一些机理性或生理生化等方面的实验。由于近年出版的教科书受篇幅所限, 在昆虫分类部分仅多提供常见昆虫或经济昆虫的整体图, 本实验指导特意补充了昆虫分目和 11 个常见目的分科检索表、大量的特征图和整体图, 为读者准确地把握鉴别特征和正确地鉴定昆虫提供有效的工具和帮助。

同样由于篇幅原因, 对于配套教材中已有的昆虫整体图, 在此多不再重复, 对此还请读者使用时注意。另外, 在本书编写初期, 曾计划增加一些探究性或试验性的实验内容, 但由于时间仓促, 只好待以后再版时补充了。

本书的第一章至第三章由董民编写, 第四章由刘志琦执笔, 第五章和第六章由董民完成, 全书由刘志琦统稿。

本书的编写, 得到河北大学的任国栋教授、石福明教授, 中国农业大学的杨定教授、王心丽教授等许多专家的支持与帮助, 彩万志教授审阅了全稿, 田燕林同学完成了本书部分内容的录入和图片处理工作, 谨此鸣谢!

对于本书特别是检索表中的错漏之处, 恳请读者批评指正。

编者

2009 年 6 月

学生实验室守则

普通昆虫学实验是理论联系实际的重要方式之一。实验工作能够直接观察昆虫的形态、结构和生物学特性,进行分类鉴定,了解昆虫某些生理特征及其与生活环境的关系,不仅有助于更牢固地掌握昆虫学的基础知识,而且也是培养和加强学生基本操作技术和正确分析实验结果,撰写报告等各种能力的教学环节。为保证实验的顺利进行,培养良好的工作习惯,学生必须遵守下列规则:

1. 对实验内容的理解程度是实验能否顺利进行的关键。因此,在实验前必须仔细阅读实验指导,了解实验内容、原理、操作步骤与方法以及注意事项等信息,准备好必须的物品和文具。

2. 保持实验室安静,不要嬉笑和高声说话。实验过程中要听从教师指导,严肃、认真地按照操作规程使用仪器设备、有毒和腐蚀性的药品等。注意观察、分析,独立思考,按时完成作业,不要做与实验无关的事情。

3. 节约使用标本和药品等实验材料,节约水、电。对公共财产如仪器、家具和小工具等要特别爱护。实验室内的一切设备应力求整齐、清洁,切勿杂乱放置,未经教师允许,不得带出实验室。

4. 仪器发生故障时,应立即报告教师。如有仪器损坏或丢失,应报告教师说明原因,根据具体情况按相关制度处理。

5. 实验完毕,应对仪器和用具进行检查,清洗整理,归还所借物品,公共用具归还原处。昆虫尸体等残杂物品要放入指定的容器内,不得乱扔。经教师验收后方可离开实验室。

6. 值日生做好实验室的清洁整理工作,离开实验室前,应认真检查水、电等是否关好,严防事故发生。

目 录

学生实验室守则	1
第一章 昆虫的外部形态	1
实验一 昆虫体躯及头部的一般构造	1
实验二 昆虫的感觉器官与口器	6
实验三 昆虫颈部与胸部的基本构造	17
实验四 昆虫的胸足和翅	22
实验五 昆虫腹部的基本构造及附肢	29
第二章 昆虫的内部解剖与生理	34
实验六 昆虫内部器官的相互位置及消化系统	34
实验七 昆虫的神经系统	37
实验八 昆虫的呼吸系统和生殖系统	39
第三章 昆虫的生物学	43
实验九 昆虫的变态与各虫态的类型及某些生物学特性	43
第四章 昆虫的分类	52
实验十 无翅亚纲及有翅亚纲外生翅部一些小目的分类	52
实验十一 直翅类昆虫的分类	62
实验十二 同翅目、缨翅目昆虫的分类	71
实验十三 半翅目昆虫的分类	85
实验十四 脉翅类及内生翅部一些小目的昆虫的分类	96
实验十五 鞘翅目昆虫的分类	99
实验十六 鳞翅目昆虫的分类	119



实验十七 双翅目昆虫的分类·····	140
实验十八 膜翅目昆虫的分类·····	158
第五章 昆虫的生态 ·····	178
实验十九 昆虫过冷却点的测定·····	178
实验二十 昆虫种群生命表的组建与分析·····	183
第六章 昆虫实验技术 ·····	188
第一节 双筒体视显微镜的构造及使用·····	188
第二节 昆虫绘图的基本方法·····	190
第三节 昆虫标本的采集·····	192
第四节 昆虫标本的制作与保存·····	199
参考文献 ·····	203

第一章 昆虫的外部形态

实验一

昆虫体躯及头部的一般构造

【目的】

了解昆虫体躯的一般结构,掌握昆虫纲的特征及其与蛛形纲、甲壳纲和多足纲的区别;了解昆虫头壳上的沟、分区及一些昆虫额唇基区和后头区发生的主要变化。

【材料】

蝗虫(东亚飞蝗或棉蝗等)、金龟子、家蝇成虫液浸标本;家蚕幼虫、黏虫幼虫及蝉、步甲、蝼蛄、象甲成虫液浸标本;昆虫头式类型示范标本(包括蝗虫、步甲及蝉等)。

【用具】

双筒镜、蜡盘、镊子、解剖针和大头针等常用解剖工具。

【内容与方法】

一、观察蝗虫

取蝗虫 1 头,头向左侧放蜡盘中,用大头针自后胸插入固定在蜡盘上;用镊子拉开体背的前翅和下面褶叠着的后翅,使两翅不遮盖体躯,分别用大头针固定后进行观察(图 1-1)。

(1)体躯分段、分节及排列情况。昆虫的体躯分为头、胸、腹 3 段,胸部和腹部由一系列连续的环节组成,各称为体节(somite)。体躯表面是体壁形成的坚硬外骨骼(exoskeleton)。

(2)头部是感觉和取食的中心。头部各体节愈合成一个坚硬的头壳(cap-sule),其上着生触角、复眼、单眼和口器。观察它们着生的位置与数目。

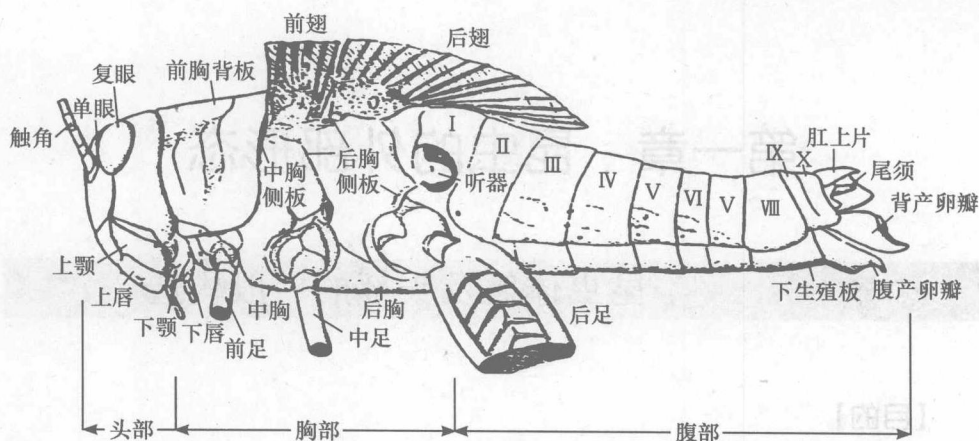


图 1-1 昆虫的体躯及其基本构造

(仿周尧)

(3)胸部是运动的中心,由3个体节组成,从前向后依次称为前胸、中胸和后胸。各体节分别由背板、侧板和腹板组成。各体节的侧板与腹板间分别生有1对分节的足。在中、后胸的背板与侧板间各生有1对翅,分别称为前翅和后翅。观察各体节连接的紧密程度;足的分节情况及前后翅质地的差异。

(4)腹部一般由9~11个体节组成,末端有外生殖器、尾须及肛门。观察它们的位置、形状及相对位置。观察蝗虫体节数目;用镊子夹住腹部末端轻轻拉动,观察各体节间的连接方式及其坚硬程度。由于大部分内脏器官位于腹部,所以腹部是内脏活动与生殖中心。

(5)气门是气管系统与外界沟通的构造,一般成对位于中、后胸的前部及腹部第1~8节的两侧。观察蝗虫第1腹节两侧的1对大鼓膜听器及它与腹部第1对气门的相对位置。

二、观察金龟子和家蝇

取金龟子和家蝇各1头,按同样步骤进行观察,比较各部分构造的同异。注意观察金龟子腹部气门的位置与数目;家蝇的一对翅为前翅还是后翅。

三、观察蝗虫头壳的构造

取蝗虫1头,观察头壳的构造。昆虫头壳上有一些后生的沟(sulcus),它们将头壳分为若干个区(area)。以蝗虫为例,观察以下沟和区(图1-2)。

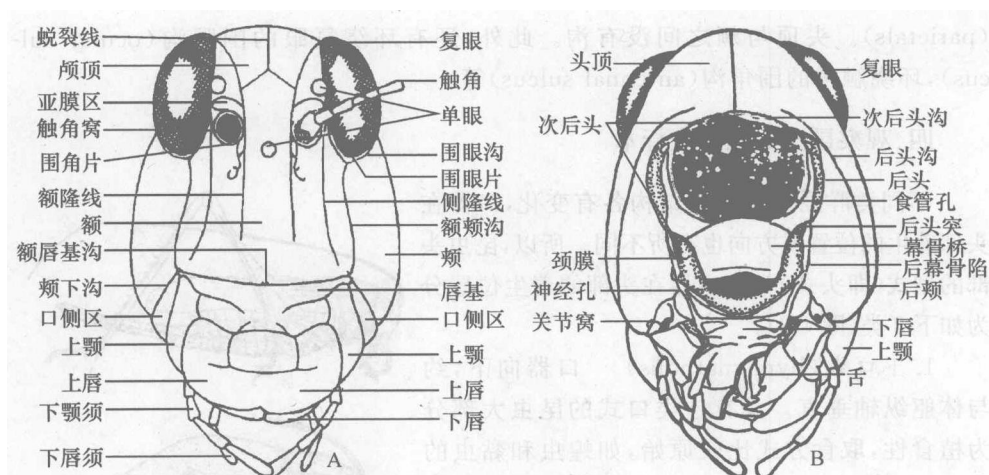


图 1-2 东亚飞蝗的头部

A. 前面观； B. 后面观

(仿陆近仁等)

1. 额唇基沟(frontoclypeal sulcus) 额唇基沟又称口上沟,是位于两上颚前关节之间的横沟。沟上面的部分称为额(frons),下面的部分称为唇基(clypeus)。通常将额与唇基合称为额唇基区,构成头壳的前面。此沟两端有2个陷口,称前幕骨陷(anterior tentorial pits)。

2. 额颊沟(frontogenal sulcus) 额颊沟是由上颚前关节向上至复眼下面的纵沟,为额与颊的分界线。两沟间的区域称为额,沟的外侧部分则称为颊(gena)。此沟在高等昆虫中已消失。

3. 后头沟(occipital sulcus) 后头沟是两上颚后关节向上环绕后头孔的第二条马蹄形沟。沟后的窄条骨片称后头(occiput),颊后的部分称后颊(postgena)。

4. 次后头沟(postoccipital sulcus) 次后头沟是环绕后头孔的第一条马蹄形沟。此沟近两侧下端的陷口,称后幕骨陷。沟后的骨片称次后头(postocciput)。次后头与颈膜相连,因此必须将头拉出才能观察到,并可看到沟的侧面有两个后头突,它们是颈部侧颈片的支撑点。

5. 颊下沟(subgenal sulcus) 颊下沟是额颊沟与次后头沟间的1条横沟。沟下的部分称颊下区(subgenal region),又称口侧区。

6. 蜕裂线(ecdysial line) 蜕裂线是头顶中央1条倒“Y”形线,蜕皮时由此裂开。其两侧臂常为额的上界。

额之上,两复眼间背上方的部分称为头顶(vertex),它与颊合称为颊侧区



(parietals)。头顶与颊之间没有沟。此外,还有环绕复眼的围限沟(ocular sulcus),环绕触角的围角沟(antennal sulcus)等。

四、观察昆虫头式类型标本

不同类群昆虫的头部结构各有变化,口器在头部着生的位置或方向也有所不同。所以,昆虫头部的型式(即头式)常按口器在头部的着生位置分为如下3类(图1-3)。

1. 下口式(hypognathous) 口器向下,约与体躯纵轴垂直。具有这类口式的昆虫大部分为植食性,取食方式比较原始,如蝗虫和黏虫的幼虫等。

2. 前口式(prognathous) 口器向前,与体躯纵轴呈钝角或近乎平行。多数捕食性昆虫具有这类口式,如步甲和草蛉幼虫等。

3. 后口式(opisthognathous) 口器向后斜伸,与体躯纵轴成一锐角,不用时常弯贴在身体腹面。刺吸式口器的昆虫多属于这类口式,如蝉、蚜虫和蜡等。

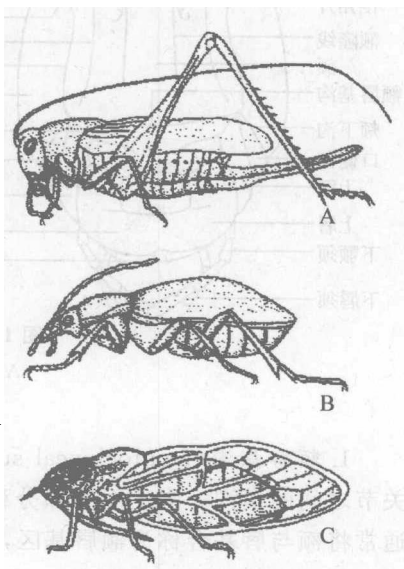


图1-3 昆虫的3种头式

A. 下口式(螞斯); B. 前口式(步甲);
C. 后口式(蝉)
(仿 Eidmann)

五、观察昆虫头部的变化

昆虫头部发生变化的主要部位是头前面的额、唇基和后面的后头区(图1-4)。

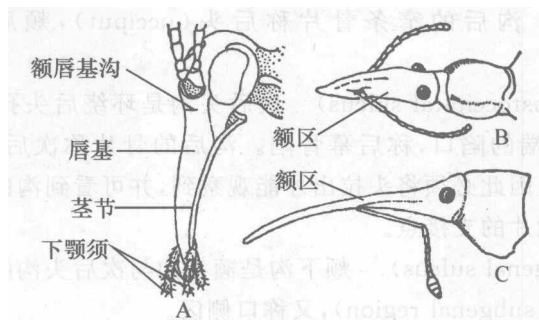


图1-4 额唇基区的延长

A. 褐蛉; B, C. 象甲

(A 仿陆宝麟; B, C 仿 ШВАНВИЧ)



(一) 额唇基区的变化

1. 额唇基区的延长 取象甲 1 头, 观察其额区延长。象甲的额区通常延长呈象鼻状, 触角着生位置移到了喙的中部附近, 离复眼甚远。观察蜴蛉唇基延长。蜴蛉头部为唇基延长, 其触角和额唇基沟仍在正常位置。

2. 额和唇基的位置与形状的变化 观察蝉头部的前面, 触角之间, 单眼区以下隆起的大片部分都称为唇基。在此区的下部有一条横沟将其分成两部分, 上面的大块称后唇基(postclypeus), 下面的小块称前唇基(anteclypeus)。后唇基很发达, 具横纹。额区则被后唇基挤到头顶, 成为中单眼周围划分不明显的小区。

观察鳞翅目幼虫(如家蚕或黏虫等)头部(图 1-5)。其前面的一块三角形骨片称为唇基。唇基三角两侧边的沟为额唇基沟, 在沟的中部附近有前幕骨陷, 此沟两旁呈“八”字形的两块狭窄骨片为额。即额位移到了唇基的两侧。

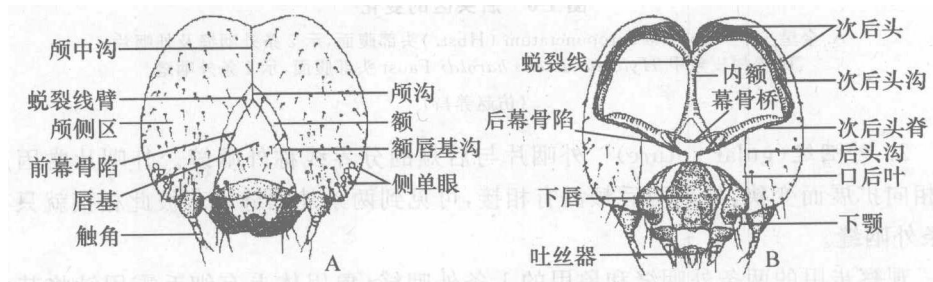


图 1-5 家蚕头部构造

A. 正面观; B. 后面观

(仿吴维均等)

3. 颅中沟和蜕裂线 观察家蚕和黏虫幼虫的头顶中央。该部位有 1 条从次后头沟向前伸到额区的纵沟, 称颅中沟(epicranial sulcus)。蜕裂线的中干与颅中沟重合, 两侧臂外露。两侧臂以内的狭窄骨片为额区。

(二) 后头区的变化

昆虫后头区的变化主要是扩大的口后片、口后桥、后颊桥及外咽片的形成。这里着重看外咽片和外咽缝(图 1-6)。

1. 外咽片(gula) 在前口式昆虫中, 由于口器转向前方, 使头部前面的额唇基区转向上面; 后颊区及口后区扩展延伸, 头部的后面转向下方; 原次后头沟下端的后幕骨陷被拉向前方、远距后头孔。这样, 在后幕骨陷与后头孔之间与两段次后头沟围成的一块骨片即称为外咽片。

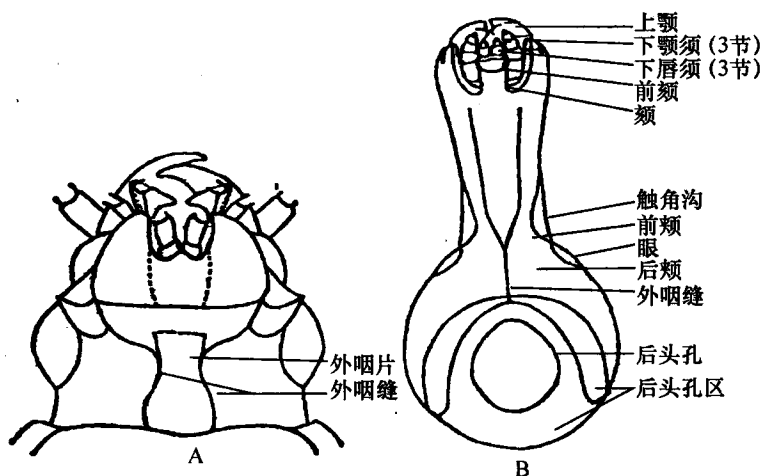


图 1-6 后头区的变化

- A. 金星步甲 *Calosoma auropunctatum* (Hbst.) 头部腹面, 示 2 条外咽缝及外咽片;
 B. 松树皮象甲 *Hylobius abietis haroldi* Faust 头部腹面, 示 1 条外咽缝

(仿赵养昌)

2. 外咽缝(gular suture) 外咽片与后颊的分界线称外咽缝。外咽片常因后颊相向扩展而变狭, 如果两后颊没有相接, 可见到两条外咽缝。若彼此相接就只有 1 条外咽缝。

观察步甲的两条外咽缝和象甲的 1 条外咽缝(象甲体上有细毛需用针将其去掉才看得清楚)。

作业与思考题

1. 绘制蝗虫头部前面观线条图, 注明各沟与区的中、英文名称。
2. 怎样区分昆虫头壳上的沟、线和缝?
3. 如何理解昆虫头式变化的适应意义?

实验二

昆虫的感觉器官与口器

【目的】

了解昆虫头部主要感觉器官的外部构造及类型; 了解昆虫口器的基本构造。



【材料】

东亚飞蝗、蜻蜓、金龟子、白蚁、埋葬虫、菜粉蝶、毒蛾、绿豆象(雄与雌)、叩头虫(雄)、家蝇和库蚊(雄)的触角类型玻片标本;蝗虫(或蟋蟀)、胡蜂、牛虻成虫及黏虫(或家蚕)、叶蜂幼虫、蝉、天蛾(或菜粉蝶)、蜜蜂及家蝇的液浸标本;蝉口器横切面及这几类昆虫的口器玻片标本。

【用具】

双筒镜及常用解剖用具等。

【内容与方法】

一、观察昆虫头部感觉器官的构造及变化

昆虫主要的感觉器官大都着生在头部,这里只观察触角、复眼和单眼。

(一)触角

昆虫触角(antenna)的变化很大,有时同种昆虫不同性别间也存在差异,但其基本构造都是一致的。

1. 观察昆虫触角的基本构造 触角是1对分节的构造,基本上由3节组成。

(1)柄节(scape)。触角基部的一节,通常粗短,由膜与头壳相连。

(2)梗节(pedicel)。触角第二节,较为细小。

(3)鞭节(flagellum)。触角第二节以后的整个部分,通常分为若干亚节,并且变化很大,形成各种类型。

2. 观察昆虫触角的基本类型 触角的形状多种多样,其变化都在鞭节,可以归纳为如下若干主要类型(图1-7)。

(1)刚毛状。触角短小,基部1、2节较粗大,鞭节突然缩小,细如刚毛,如蜻蜓、叶蝉和飞虱等(图1-7A)。

(2)线状或丝状。各节粗细相仿,整个触角细长如线,如东亚飞蝗和一些蛾类等(图1-7B)。

(3)念珠状。各节略呈球形,大小相仿,整个触角形似一串念珠,如白蚁、褐蛉等(图1-7C)。

(4)锯齿状。鞭节各亚节向一边突出,略呈三角形,状似锯齿,如雄性叩头虫、雌性绿豆象等(图1-7F)。

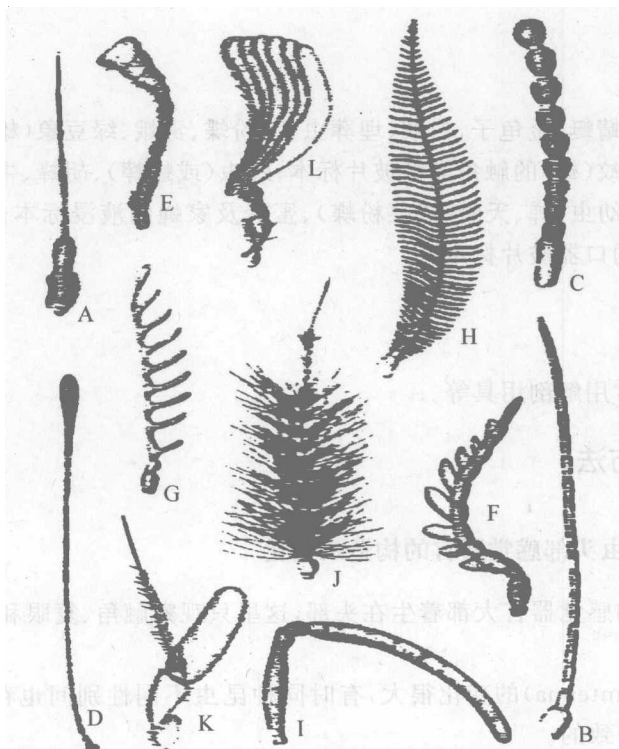


图 1-7 昆虫触角的基本类型

(仿周尧,管致和等)

(5)栉齿状。鞭节各亚节向一边伸出枝状突起,形似梳子,如雄性绿豆象等(图 1-7G)。

(6)羽毛状或双栉齿状。触角鞭节各亚节向两边伸出枝状突起,形似羽毛,如毒蛾和雄性蚕蛾等(图 1-7H)。

(7)膝状或肘状。柄节长、梗节短小,两者间折成一角度,呈膝状或肘状弯曲,鞭节由一些相似的亚节组成,如蜜蜂和一些象甲等(图 1-7I)。

(8)具芒状。触角短,末节(第 3 节)最粗大,其背侧面着生一芒状构造,称触角芒,此芒可以是 1 根刚毛或为羽状毛,如蝇类(图 1-7K)。

(9)环毛状。鞭节各亚节环生细毛,如雄性蚊和摇蚊等(图 1-7J)。

(10)球杆状。触角端部数亚节膨大合成球形,其他各节细长如杆,如蝶类等(图 1-7D)。

(11)锤状。触角端部数亚节突然膨大合成锤状,如埋葬甲、郭公虫等(图 1-7E)。

(12)鳃叶状。触角端部数亚节向一侧扩展成薄片,叠合起来成鱼鳃状,如金龟子等(图 1-7L)。

(二)复眼

复眼(compound eye)是昆虫的感光器官,由许多小眼组成。各类昆虫复眼的形状、大小以及小眼数目等都有所不同。观察和比较蝗虫、胡蜂及牛虻等昆虫的复眼。

(三)单眼

单眼(ocellus)也是昆虫的感光器官,但各个单眼只由 1 个小眼组成。昆虫的单眼分为背单眼与侧单眼两类。背单眼见于成虫及不全变态类幼期;侧单眼只见于全变态类幼虫。观察蝗虫和胡蜂的背单眼,黏虫(或家蚕)和叶蜂幼虫的侧单眼,注意它们的着生位置、数目及排列情况。

二、昆虫咀嚼式口器的观察

(一)以蝗虫为例,观察典型的咀嚼式口器

昆虫因食物和取食方式不同,口器有多种适应性的变化,但都是由一种最基本、最原始的咀嚼式口器(chewing mouthparts)演化而来(图 1-8)。

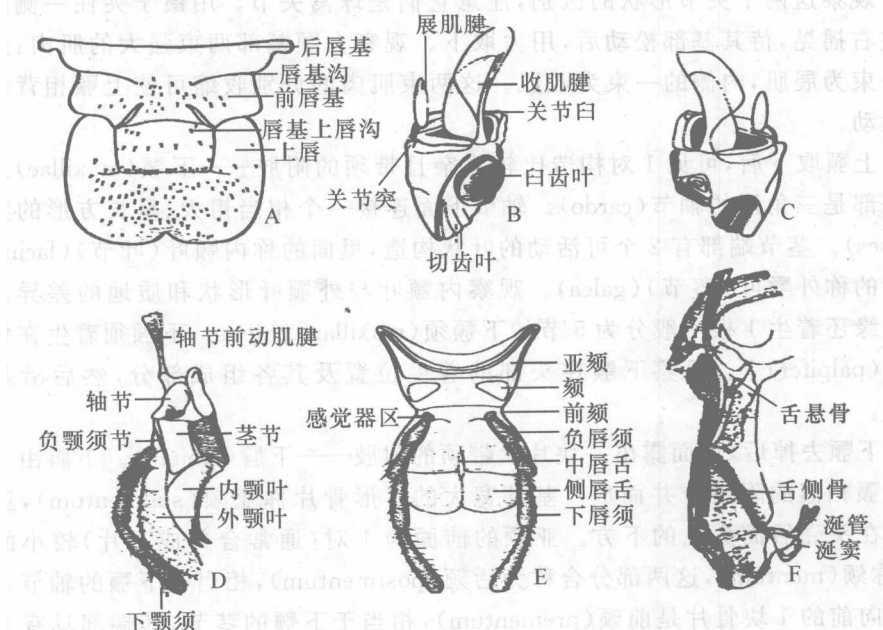


图 1-8 东亚飞蝗的口器

A. 唇基和上唇前面观; B. 左上颚里面观; C. 右上颚里面观;
D. 左下颚后面观; E. 下唇后面观; F. 舌侧面观

(仿陆近仁等)



取蝗虫头部 1 个,将腹面向上进行观察。唇基与两颊下面是蝗虫的取食器官——口器。口器由上唇、上颚、下颚、下唇和舌 5 个部分组成,用镊子拨动和区分这几个部分。上唇和 3 对口器附肢所包围成的空腔称口前腔(preoral cavity),舌位于口前腔的中央。唇基内壁与舌的前壁围成食窦(cibarium),食窦前端的食物入口处称前口。舌的后壁与下唇基部前壁围成的空腔称唾窦(salivarium),唾液腺开口于唾窦基部。

未解剖前,先观察蝗虫各口器附肢之间的相互位置以及由头的前面、侧面、后面和腹面各能看到的部分。

用解剖针拨动悬垂于唇基下的一个薄片——上唇(labrum)。注意其形状、活动方向,然后用镊子夹住上唇基部,用力取下上唇,置于蜡盘中。

取下上唇后,露出 1 对深色、大而坚硬并具齿的附肢——上颚(mandibles)。上颚的外缘呈弧形,内缘具齿,通常分为端部的切齿叶(incisor lobe)和基部的臼齿叶(molar lobe),以利于切嚼食物。观察、思考切齿叶与臼齿叶在形状和功能上的异同。上颚基部由膜与头壳、舌及下颚连接,并有前、后两个关节与头壳支持。观察这两个关节形状的区别,注意它们是球窝关节。用镊子夹住一侧的上颚左右摇晃,待其基部松动后,用力取下。观察上颚基部两束强大的肌肉:外侧的一束为展肌,内侧的一束为收肌。这两束肌肉的分别收缩可使上颚相背和相向运动。

上颚取下后,可见 1 对构造比较复杂且带须的附肢——下颚(maxillae)。下颚基部是三角形的轴节(cardo)。轴节下面连接一个相当粗大、呈长方形的茎节(stipes)。茎节端部有 2 个可活动的叶状构造,里面的称内颚叶(叶节)(lacinia),外面的称外颚叶(盔节)(galea)。观察内颚叶与外颚叶形状和质地的差异。茎节外缘还着生 1 根一般分为 5 节的下颚须(maxillary palpus),下颚须着生在负颚须节(palpifer)上。观察下颚在头部的着生位置及其各组成部分,然后沿基都取下。

下颚去掉后,后面露出一块片状带须的附肢——下唇(labium)。下唇由 1 对与下颚相似的附肢合并而成。基部宽大的弓形骨片称亚颊(submentum),亚颊着生在头壳后面头孔的下方。亚颊的前面为 1 对(通常合并成 1 片)较小的骨片,称颊(mentum),这两部分合称为后颊(postmentum),相当于下颚的轴节。后颊再向前的 1 块骨片是前颊(prementum),相当于下颚的茎节,其端部具有 2 对叶状构造,外面较大的 1 对称侧唇舌(paraglossa),中间较小的 1 对称中唇舌(glossa)。前颊的两侧着生 1 对分为 3 节的下唇须(labial palpus),其基部有 1 负唇须节(palpiger)。观察下唇在头部的着生位置及各组成部分,然后取下该