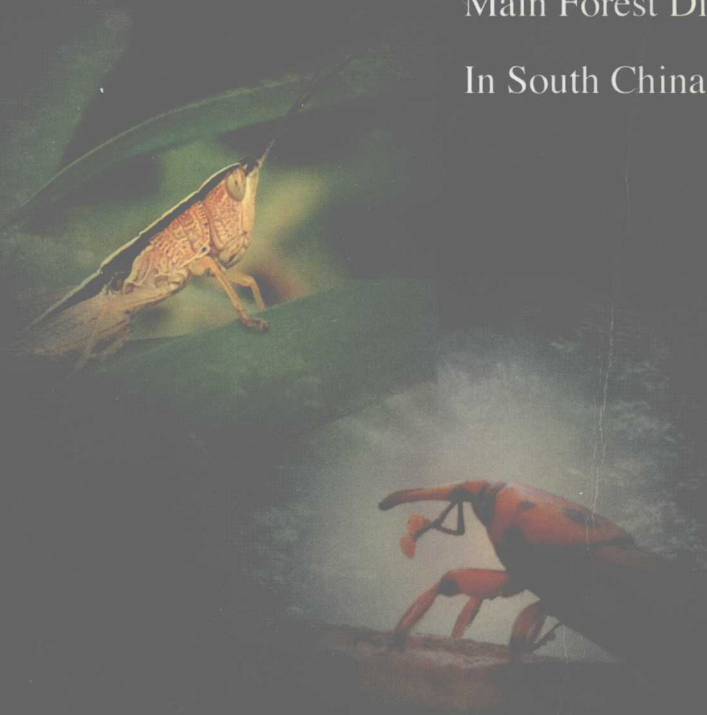


梁承丰 主编

中国南方 主要林木病虫害 测报与防治

Forecast And Control Of
Main Forest Diseases And Pests
In South China



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国南方主要林木病虫害测报与防治/梁承丰主编. 北京:
中国林业出版社, 2003.9
ISBN 7-5038-3535-4

I. 中… II. 梁… III. ①林木-病虫害-预测②林木-病虫害防治方法 IV. S763

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 079855 号

出版: 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行: 新华书店北京发行所

印刷: 昌平百善印刷厂

版次: 2003 年 9 月第 1 版

印次: 2003 年 9 月第 1 次

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 17

彩插: 20

字数: 425 千字

印数: 1~3200 册

定价: 50.00 元

编著委员会

主 编

梁承丰

编著者

广东省森林病虫害防治与检疫总站

梁承丰 余海滨 蔡卫群 林育红 童国健

黄茂俊 王 忠 方天松 刘建锋

广州市森林病虫害防治检疫站

钟填奎 王卫文

广东省林业科学研究院森林保护研究所

徐家雄 黄焕华

广东省惠州市林业局森林病虫害防治检疫站

谢 诚

广东省德庆县林业局森林病虫害防治检疫站

陈荣雄 李南林

序

我国林业可持续发展的总体目标是到本世纪中叶,基本建成资源丰富、功能完善、效益显著、生态良好的现代林业,最大限度地满足国民经济与社会发展对林业的需要。但我们要看到,森林病虫害已成为实现这一目标的重大障碍。在过去的10年间,我国每年人工林森林病虫害发生面积在800万 hm^2 左右,其中,中度、严重发生面积约426.7万 hm^2 ,占总发生面积的60%,而每年森林病虫害发生面积占年均造林面积的80%以上。以1998年为例,当年因病虫害致死树木4亿株,按造林面积计算,相当于损失当年造林面积的6%。据统计,全国每年因森林病虫害危害,减少林木生长量1700万 m^3 ,直接经济损失近100亿元,由此造成的生态效益和社会效益方面的损失是直接经济损失的10倍,若再加上天然次生林和荒漠林中病虫害以及有害植物的危害,损失更为惊人。森林病虫害对森林的破坏作用和造成的经济损失远远大于森林火灾。

谈及森林病虫害,就不得不提及林业有害生物入侵,也就是检疫性林业有害生物的问题。境外有害生物随进口森林植物及其制品通过多种渠道侵入我国并迅速扩散,造成巨大经济损失和重大生态灾难。这样的例证仅广东一省就有数例。如松突圆蚧原产日本,自1982年在我国广东省的珠海市发现以来,已在广东省扩散、蔓延至58个县(市、区),2001年在福建省也发现有松突圆蚧,致使全国约73.1万 hm^2 松林受害。1988年,未经检疫从美国佐治亚州引进湿地松穗条,使湿地松粉蚧传入我国广东省台山市,其后迅速扩散,2000年已扩展到广西境内,发生面积达23.4万 hm^2 。松材线虫病是我国近些年发生的危险性检疫病害,从1982年在南京发现松材线虫病至今,虽然采取了各种严格的检疫和防治措施,但病害还在不断蔓延。目前,松材线虫病在江苏、广东、浙江、安徽、山东等地发生,发生面积达8.23万 hm^2 ,累计致死松树3500万株,直接经济损失超过30亿元。

由长期从事森林病虫害防治检疫工作者编著的此书，在此大的背景下出版发行，无疑是一件好事，有利于记录、总结、推广现有的主要病虫害测报和防治技术，加强科技支撑，解决基层防治中的技术难点。

在测报与防治中，我认为最重要的工作是科学调查的问题。如不能全面如实地了解病虫害发生情况，就不可能真正搞好防治工作。最近，我们一直倡导要注重普查和监测，要全面，而不是把注意力主要集中在一些标准地的系统调查上。对于防范外来有害生物，普查的重要性尤为突出。这是我们开展防治检疫工作的基础。

本书有以下特点：一是对与测报、防治有关的知识作了较全面系统的介绍；二是有理论，更有作者从实践中总结出来的经验，具有很好的指导性；三是对测报、防治数据管理的操作性强，并配有大量的图片，便于基层生产人员的应用。可以说，这本书的内容丰富、新颖、翔实，它的出版必将有益于我国森林病虫害防治水平的普及与提高。作为全国森林病虫害防治战线上的一员，在此，除祝贺其早日出版外，并乐之为序。

吴望

2003年5月15日于北京

前言

林木病虫害是无烟火灾，在我国林业上称为“三害”之一，每年造成的直接经济损失达近 100 亿元。随着我国林业建设由以木材生产为主转向以生态效益为主的历史性转变和城市日益重视环境绿化，林木的病虫害测报与防治显得尤为重要。国家对林木病虫害实行“预防为主，综合治理”的方针，针对我国主要森林病虫害，在全国布设了 1000 个国家级森林病虫害中心测报点，对 13 种森林病虫害主测对象进行系统监测。南方的主要测报对象为马尾松毛虫、松材线虫病、松突圆蚧、湿地松粉蚧、黄脊竹蝗等病虫害。同时，随着城市绿化树木品种的引进和种植的发展，绿化树木病虫害也日趋严重。为了进一步做好主要林木病虫害测报和防治工作，提高监测、预报、防治方法的可操作性和科学性，我们编著了该书。

编著者在原编写的《马尾松毛虫预测预报》和《森林病虫害预测预报》的基础上，吸收国内外有关研究的最新成果和应用技术，总结 20 多年的工作经验，加以修订充实。本书主要内容有：13 种林木病虫害的形态特征、生物学特性、虫情调查方法、检疫检验、病虫害测报点观察方法以及最新的科学除害与防治方法等系统知识。在整理原有图片和照片的基础上，将多年来拍摄和收集的约 150 幅彩色照片、电镜扫描照片编入书中，其中 120 多幅珍贵的图片是首次正式发表；使病虫害的危害症状、各虫态（龄）特征既有绘图描述也有实物照片，特征显而易见，形象直观易懂，便于对照和鉴别，非常适应当前森林病虫害测报和防治以及林木管理工作的需要。

编写该书得到本专业的同行及中山大学、华南农业大学专家、教授的大力支持和配合，他们提供了大量的素材和参考资料；特别是潘务耀、徐世多、唐子颖、苏星、任辉、陈纪文、黄逾天、程月明等给予诸多帮助，陈沐荣等给予热情指导，特表谢忱！该书专业

性、实用性、操作性强，是一部关于林木病虫害测报、防治的工具书。由于涉及内容广泛，错漏和不足之处在所难免，敬请批评指正。

编著者

2003 年 4 月 1 日

目 录

序

前言

第一章 昆虫的基础知识	(1)
第一节 昆虫的体躯构造	(1)
第二节 昆虫的发育与行为	(8)
第三节 昆虫的分类	(12)
第二章 预测预报基础知识	(15)
第一节 病虫害监测和数理统计基础	(15)
第二节 调查取样技术与方法	(18)
第三节 预测预报的方法	(27)
第四节 预测预报质量的评估	(34)
第三章 测报管理与数据统计标准	(37)
第一节 森林病虫害监测、调查和预测预报流程图	(37)
第二节 森林病虫害数据管理方法和统计标准	(38)
第四章 马尾松毛虫	(49)
第一节 概述	(49)
第二节 形态特征及生物学特性	(51)
第三节 地形图的基本知识及分区管理方法	(62)
第四节 虫情调查方法、调查材料综合、填报	(69)
第五节 马尾松毛虫各虫态专业性调查	(73)
第六节 全年资料汇总	(76)
第七节 预测预报的种类和内容	(78)
第八节 预测预报的方法	(79)
第九节 预测预报的步骤与实例	(101)
第十节 性引诱剂监测技术的应用	(109)
第十一节 松毛虫防治技术措施	(111)
第五章 植物线虫与松材线虫病	(115)

第一节 植物线虫基础知识·····	(115)
第二节 松材线虫病·····	(126)
第三节 松墨天牛·····	(132)
第四节 松材线虫病治理措施与方法·····	(137)
第六章 松突圆蚧与湿地松粉蚧·····	(141)
第一节 介壳虫基础知识·····	(141)
第二节 松突圆蚧·····	(147)
第三节 湿地松粉蚧·····	(162)
第七章 萧氏松茎象·····	(175)
第八章 黄脊竹蝗·····	(181)
第九章 棕榈植物虫害·····	(197)
第一节 椰心叶甲·····	(197)
第二节 水椰八角铁甲·····	(200)
第三节 锈色棕榈象·····	(201)
第四节 美洲棕榈象·····	(203)
第五节 棕榈象近缘种的特征区别·····	(205)
第十章 其它林木害虫·····	(209)
第一节 蔗扁蛾·····	(209)
第二节 双钩异翅长蠹·····	(212)
第十一章 全球定位系统 (GPS) 及其应用·····	(217)
第一节 全球定位系统 (GPS) ·····	(217)
第二节 摄影测量与遥感的几何定位·····	(219)
第三节 系统应用示例·····	(222)
第四节 DGPS 用于飞机导航应注意的问题 ·····	(225)
第五节 DGPS 应用需解决的关键技术问题 ·····	(225)
附: GPS12 使用说明 (GPS72/72XL) ·····	(226)
参考文献·····	(231)
附录 I: 1. 森林病虫害基础报表及说明 ·····	(233)
2. 松毛虫专业调查表 ·····	(246)
附录 II: ·····	(255)
1. 病虫害及天敌中文名称与拉丁学名索引 ·····	(255)
2. 病虫害及天敌拉丁学名与中文名称索引 ·····	(258)
3. 寄主植物中文名称与拉丁学名索引 ·····	(261)
4. 寄主植物拉丁学名与中文名称索引 ·····	(262)

第一章

昆虫的基础知识

昆虫是昆虫纲动物的简称，在口语中被称为“虫”或“虫子”。林木昆虫是指生活在森林或园林中与森林或园林有直接或间接关系的昆虫，这些昆虫包括森林和园林绿地中的害虫、天敌、利害参半的林木昆虫和特用林木昆虫等。

林木害虫是指对树木有直接或间接影响，危害树木的各种器官，影响树木的生长发育、观赏和林产品质量的一类昆虫。

第一节 昆虫的体躯构造

与其它动物相比，识别昆虫主要通过体躯构造的特点来识别，最主要特征和简便识别方法是：昆虫具有“三、三、二”特征，即躯体分为头、胸、腹“三”部分，胸部具有“三”对足，着生有“二”对翅膀。较详细的解释是昆虫体被外骨骼，体躯可分为头、胸、腹3个体段，而各体段又由若干体节所组成。头部通常着生有口器、1对触角、1对复眼、0~3个单眼等。胸部由前胸、中胸、后胸3个胸节组成，每胸节着生1对足，共3对足；一般在中胸及后胸还各有1对翅。大多数昆虫的腹部由9~11个体节组成，腹部末端数节具外生殖器（产卵器或交配器）和尾须等（图1-1）。

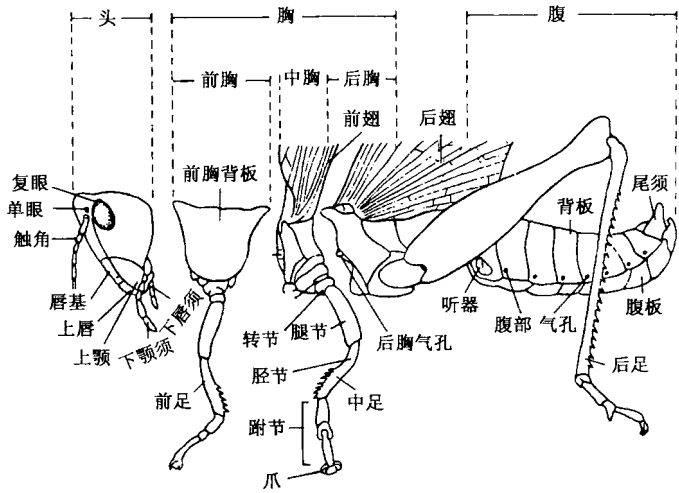


图 1-1 昆虫躯体构造侧面图（黄脊竹蝗）^[3]

一、昆虫的头部

头部位于体躯的最前端，由坚硬的头壳、口器、1对触角、1对复眼、0~3个单眼等组成。

1. 昆虫的触角

大多数昆虫都具有1对触角，着生在额区复眼之间。触角从基部向端部通常分3部分：①柄节，是基部第一节，通常短而粗；②梗节，基部第二节；③鞭节，梗节以后各节（图1-2）。触角的主要功能为感觉作用，其上着生许多不同形式的感觉器，具有触觉、嗅觉、听觉、对温度或湿度的感觉作用。许多昆

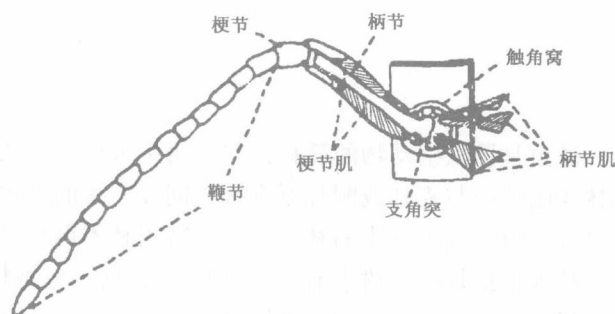


图 1-2 昆虫触角构造模式图

虫的触角在求偶和交配上起着重要作用。触角通常用于昆虫的分类，因为不同种类的昆虫其触角形状各不相同。

根据触角的形态，通常触角分为丝状、刚毛状、念珠状、棍棒状、锯齿状、锤状、膝状、鳃片状、栉齿状、具芒状、环毛状、双栉齿状等12种类型（图1-3）。

（1）丝状（线状） 触角细长如丝，除基部2节稍粗大外，鞭节各亚节大小相似，向端部逐渐变细。如蝗虫的触角（图1-3A）。

（2）刚毛状 触角短小，基部1~2节粗大，鞭节纤细，类似刚毛。如蝉的触角（图1-3B）。

（3）念珠状 触角各节大小相似，近球形，整个触角形似一串念珠。如白蚁的触角（图1-3C）。

（4）棍棒状 基部各节细长如杆，端部数节逐渐膨大形似棍棒。如蝶类触角（图1-3D）。

（5）锯齿状 鞭节各亚节向一侧突出成三角形，整个触角形似锯条。如叩头虫、芫菁的触角（图1-3E）。

（6）锤状 基部各节细长如杆，端部数节突然膨大，末端平截，形状如锤。如某些甲虫的触角（图1-3F）。

（7）膝状（肘状） 柄节特长，梗节细小，鞭节各节大小相似，与柄节之间形成膝状或肘状弯曲。如蜜蜂触角（图1-3G）。

（8）鳃片状 触角端部数节（3~7节）扩展成片状，结合在一起，可以开合，形似鱼鳃。如金龟甲触角（图1-3H）。

（9）栉齿状（梳状） 除基部1~2节外，其余鞭节各亚节向一侧突出成梳齿状，整个触角形似梳子。如某些甲虫的触角、马尾松毛虫雄成虫触角（图1-3I）。

（10）具芒状 触角短，一般为3节，鞭节膨大，只有1节，具刚毛1根，称为触角芒，芒上有时还有许多细毛。如蝇类触角（图1-3J）。

(11) 环毛状 鞭节各节都具一圈细毛, 愈近基部毛愈长 (图 1-3K)。

(12) 双栉齿状 (羽状) 鞭节各亚节向两侧突出成细枝状, 形状如羽毛。如蝶类雄虫触角 (图 1-3L)。

2. 昆虫的口器

口器为昆虫的取食器官, 由上唇、上颚、下颚、下唇、舌等 5 部分组成 (图 1-4)。昆虫的口器有不同类型, 昆虫不同类型的口器, 取食方式不同, 植物的被害状也就不同。口器通常分 7 类: 咀嚼式、刺吸式、虹吸式、舐吸式、嚼吸式口器、锉吸式, 其中前 5 类为林木害虫主要的口器。

(1) 咀嚼式口器 是昆虫中最原始的口器, 其它类型口器均认为由它演化而来的, 如蝗虫的口器。口器由 5 部分组成: 上唇 (是一块双层薄片, 基部与唇基相连, 覆盖于上颚前面)、上颚 (为一坚硬的锥状结构, 连接于头壳的侧下缘)、下颚 (位于上颚之后, 左右成对)、下唇 (位于下颚之后)、舌, 舌为一袋形结构, 位于下唇前方, 舌上有密毛和味觉器, 司味觉作用, 舌可活动, 能帮助运送和吞咽食物 (图 1-4)。如蝗虫、鳞翅目幼虫、膜翅目叶蜂类幼虫。

(2) 刺吸式口器 能刺入寄主组织并吸取其中汁液, 如蝉、蝽、蚜虫等的口器。它的构造特点是: 上颚和下颚延长、特化成口针, 包括 1 对上颚针和 1 对下颚针; 由下唇延长形成喙; 前肠前端形成强有力的抽吸机构 (图 1-5A)。如松突圆蚧、湿地松粉蚧等若虫、雌成虫。

(3) 虹吸式口器 上唇、上颚和下唇的 2 对唇叶已退化或消失, 下颚的内颚叶和下颚须也不发达, 只有外颚叶极度延长成一条中空的管子, 平时卷曲在头的下方, 取食时伸到花心吸取花蜜 (图 1-5B)。这类口

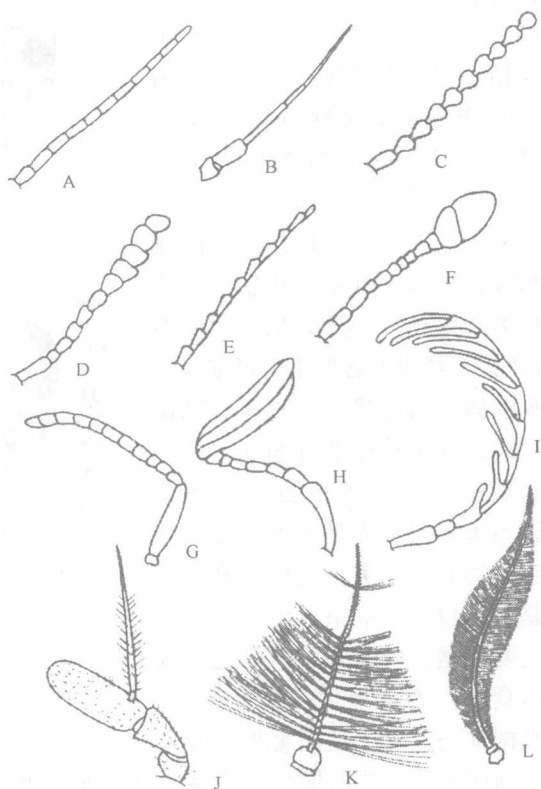


图 1-3 昆虫触角类型

- A. 丝 (线) 状 B. 刚毛状 C. 念珠状 D. 棍棒状 E. 锯齿状
F. 锤状 G. 膝 (肘) 状 H. 鳞片状 I. 栉齿状 (梳状)
J. 具芒状 K. 环毛状 L. 双栉齿状 (羽状)

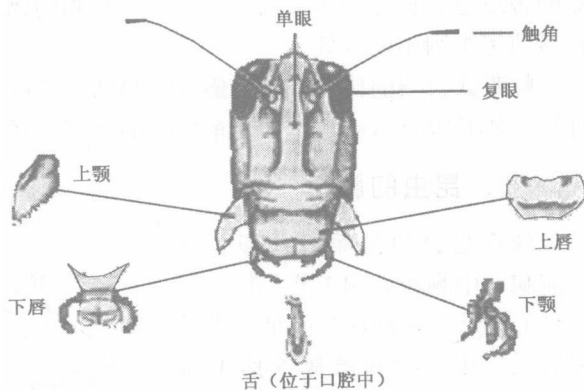


图 1-4 咀嚼式口器

器为蛾类和蝶类成虫所特有。

(4) 舐吸式口器 上颚消失，下颚除保留1对下颚须外，其余部分消失，下唇变为粗短的喙（图1-5D）。舐吸式口器为双翅目蝇类成虫所具有，如家蝇、花蝇、食蚜蝇等。

(5) 嚼吸式口器 兼有咀嚼固体食物和吸食液体食物两种功能，为一些高等蜂类所特有。上颚发达，可以咀嚼固体食物，下颚和下唇特化为可临时组成吮吸液体食物的喙。上唇和上颚保持咀嚼式口器的形式（图1-5C）。

口器的类型与害虫防治密切相关。防治害虫时首先是考虑害虫是如何危害植物的，即害虫是属于哪类口器，是选择胃毒、触杀或内吸性杀虫剂的主要依据。咀嚼式口器的昆虫取食固体食物，吞食植物各部分组织，造成机械损伤，对于这类害虫一般采用胃毒剂或触杀剂进行防治。蛀茎、潜叶或蛀果等钻蛀性害虫，因只是短时间暴露在外，故施药时间应掌握在害虫蛀入之前，入蛀后，一般只能采取内吸性药剂；对于地下害虫，一般使用毒饵、毒谷，使之和食物一起吞下，导致它们死亡。

被具有刺吸式口器的昆虫如蜡、蚜虫、叶蝉和飞虱等危害的植物，外表没有显著的残缺与破损，但往往造成生理伤害。植物叶片被害后，常出现各种斑点或引起变色、皱缩或卷曲。防治刺吸式口器的害虫，一般使用内吸性杀虫剂防治效果最好，触杀剂对刺吸式口器的害虫也有良好的防治效果，对有保护物的刺吸式害虫则效果不佳；而胃毒剂对刺吸式口器的害虫则不能奏效。

虹吸式口器的昆虫吸食暴露在植物体外表的液体，根据这一习性可将胃毒剂制成液体毒饵，使其吸食后中毒，如目前常用的糖酒醋诱杀液等。

二、昆虫的胸部

胸部是昆虫的第二体段。分为前胸、中胸和后胸3节，每一节各具1对足，分别称为前足、中足和后足。中、后胸通常各具1对翅，分别称为前翅和后翅。中、后胸通常还各有气孔1对。

1. 昆虫的足

足是昆虫的一个重要运动器

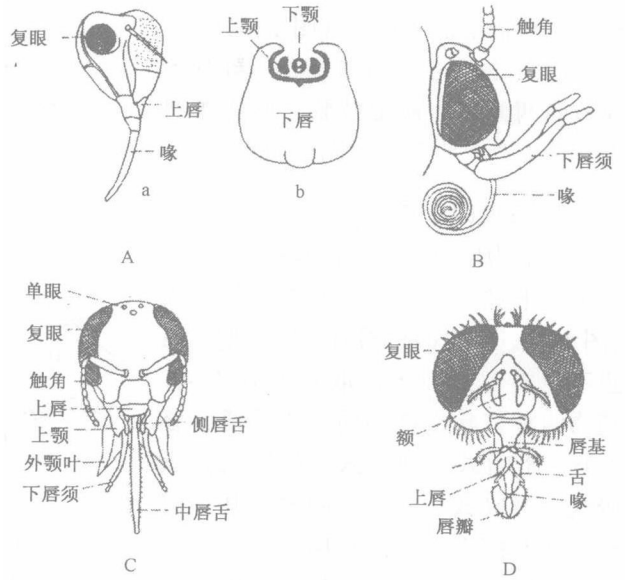


图1-5 昆虫的口器类型^[3]
A. 刺吸式 (a. 头部前面 b. 喙的横切图)
B. 虹吸式 C. 嚼吸式 D. 舐吸式

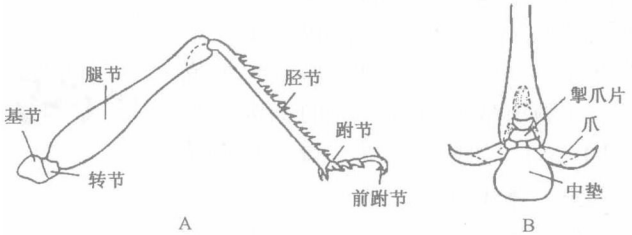


图1-6 足构造模式图^[3]
A. 中足构造 B. 足的前跗节

官，每个足由基部至端部分为6个部分，即基节、转节、腿节、胫节、跗节和前跗节（图1-6）。基节通常粗短；转节比较小；腿节大而长；胫节细长；跗节通常由2~5个小节组成；前跗节常由爪、中垫和掣爪片组成。

昆虫的足因适应不同的环境和生活方式而有种种变异，通常有如下几类：

(1) 步行足 外形细长；各节没发生显著的变化，最适于担负行走的功能（图1-7A）。如：瓢虫、步行虫、天牛等的足。

(2) 跳跃足 腿节膨大，内有发达的肌肉，可以控制胫节的屈伸，产生跳跃行为（图1-7B）。如：蝗虫、蟋蟀、跳甲等昆虫的后足。

(3) 捕捉足 基节延长，腿节腹面有槽，胫节可以折嵌到腿节的槽中，腿节和胫节上有锐刺，是捕捉猎物的有力武器。当它捕获猎物时，可以利用腿节和胫节把要吃的东西夹住，再利用胫节内侧和腿节外侧锐利的刺将猎物撕碎吃掉，这种足叫捕捉足（图1-7C）。螳螂、猎蝽等捕食性昆虫前足。

(4) 开掘足 足又粗又壮，上面还有几个大齿，像是专门挖土的铲子，掘起土来十分方便，这种足叫做开掘足（图1-7D）。如：蝼蛄的前足。

(5) 携粉足 足的胫节特化得又宽又扁，上面有长毛相对环抱，专门用来携带花粉，被称作花粉篮。它的基节也有了专门的用处，比一般昆虫的基节要大，内面有10~12排横列的硬毛，用来梳刮在身体上的花粉，这种足叫做携粉足（图1-7E）。如蜜蜂的后足。

(6) 游泳足 中足和后足又长又扁，向里的一面还长着一排整齐的长毛，这4条腿就像4只划船用的桨，这样游起来就很快了，这种足叫做游泳足（图1-7F）。如龙虱、仰蝽等生活在水中昆虫的中足和后足。

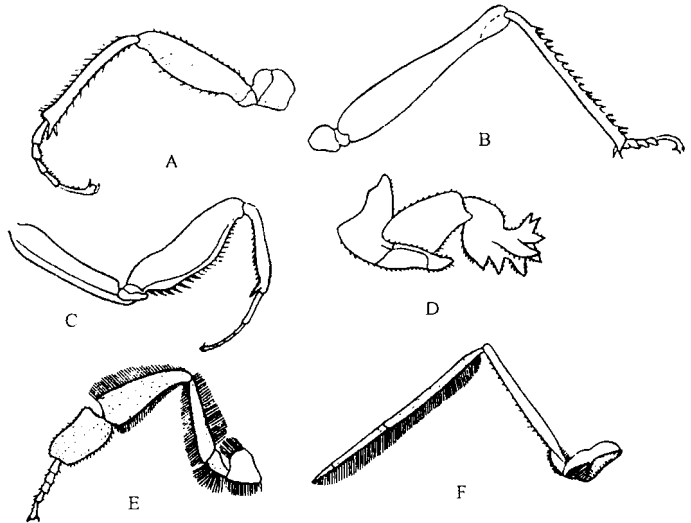


图 1-7 足的主要类型^[3]

2. 昆虫的翅

在无脊椎动物中，只有昆虫有翅。昆虫由于有翅而大大地扩大了它们的分布范围，利于求偶、觅食和避敌等活动，对昆虫的发展具有巨大意义。昆虫的翅是由前胸背板两侧向外延伸而

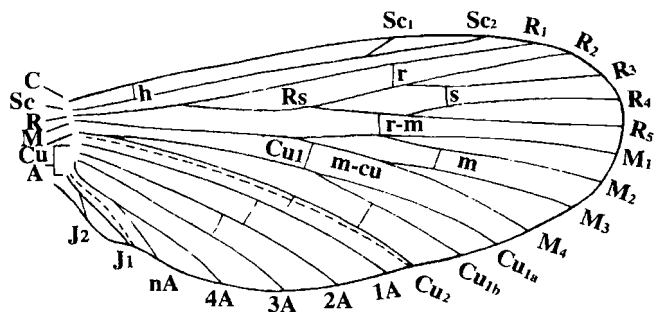


图 1-8 昆虫较通用的假想翅脉序^[3]

成，一般是膜质构造，其中有翅脉。翅脉为翅的两壁间留下硬化的管道，内有气管、神经，还有血液。翅一般为三角形，前面的一条边称前缘，后面的一条边称后缘或内缘，两者之间的称外缘。前缘与后缘间的角称肩；前缘与外缘间的角称顶角或翅尖；外缘与后缘间的角称臀角。翅脉在翅上的分布式称脉相或脉序（图 1-8），昆虫的翅脉有纵脉和横脉。纵脉是从翅基到翅边缘的翅脉，横脉是横列在纵脉间的短脉，纵脉及其分支各有一定的名称及简写法。

A. 纵脉的名称与简写式

纵脉名称	简写	分支数目
前缘脉	C	0
亚前缘脉	S _C	2
径脉	R	5
中脉	M	4
肘脉	C _u	3
臀脉	A	不定
轭脉	J	2

B. 横脉的名称与简写式

横脉名称	简写	连接的纵脉
肩横脉	h	C 到 S _C
径横脉	r	R ₁ + R ₂₊₃
分横脉	s	R ₃ 到 R ₄ 或 R ₂₊₃ 到 R ₄₊₅
径中横脉	r - m	R ₄₊₅ 到 M ₁₊₂
中横脉	m	M ₂ 到 M ₃
中肘横脉	m - C _u	M ₃₊₄ 到 C _{u1}

翅脉间还有翅室，翅室有开室和闭室两种。翅室的名称与包围该室的前一脉的名称相同。翅虽然大多数为膜质，但常发生种种变异。通常有以下几种特化形式：鞘翅、半鞘翅、复翅、鳞翅，双翅目类昆虫后翅退化成很小的棒状物，称平衡棒。

三、昆虫的腹部

腹部（图 1-9）是昆虫体躯的第 3 体段，胚胎时昆虫腹部有 12 节，一般昆虫腹部最多 11 节。腹部各节如胸部一样，分为背板、侧板和腹板，但各板不再分为小片。侧板一般很小，且呈膜质。节与节之间有膜相连，腹部最多有气孔 8 对，位于体侧的背板上。由于各节两侧及前后均有膜质部分，故腹部有很大的伸缩性。雌虫第 8、9 节着生有产卵器。雄虫第 9 节着生有交配器，这些着生生殖器官的体节为生殖节。生殖节前的各节为生殖前节，因其内包括有大部分的内脏，故又称脏节。生殖节后的节往往退化或变异。第 11 节分为肛上

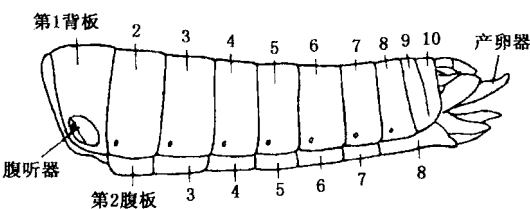
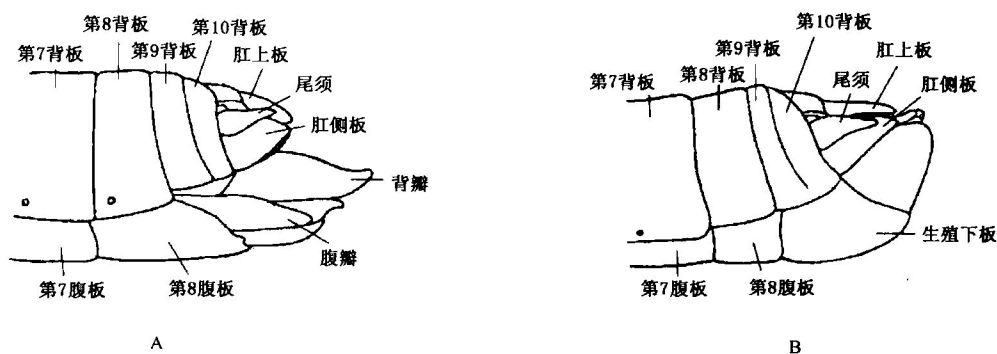


图 1-9 昆虫腹部侧面（黄脊竹蝗）^[3]

图 1-10 昆虫生殖器 (黄脊竹蝗腹部末端侧面)^[3]

A. 雌性 B. 雄性

板及肛侧板，其间的膜上有尾须，尾须长短不一，分节或不分节。昆虫的腹部见图 1-9，雌、雄生殖器见图 1-10。

四、昆虫的体壁

体壁是昆虫体躯最外层的组织，构成颇为复杂。由于这种组织大部分硬化，着生肌肉，有些似脊椎动物的骨骼，并构成身体的躯壳，所以又有外骨骼之称 (图 1-11)。

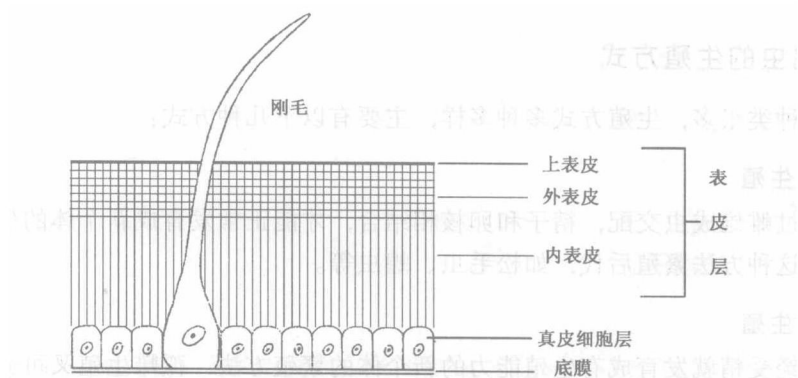


图 1-11 昆虫体壁的模式构造

昆虫体壁的功能是多方面的，除了构成昆虫的躯壳、供肌肉着生和保持虫体的体形、保护内脏免于机械损伤外，还可防止体内水分蒸发，阻止体外病原微生物及有害物质侵入。体壁上有很多感觉器，是昆虫与外界环境联系的重要组织。

体壁自内而外由底膜、真皮细胞层和表皮层组成 (图 1-11)。底膜是一层很薄的膜，紧贴于皮细胞层下，为真皮细胞层分泌而成的非细胞组织。真皮层细胞是单层的细胞，为活组织，表皮层即由其形成。昆虫在不蜕皮时期，真皮细胞层的细胞分隔模糊，不很清楚，只有在蜕皮时期，才显得明晰。刚毛、鳞片、皮层腺及许多感觉器官均由皮层细胞特化而成。

表皮层为真皮细胞层分泌形成，为非细胞的非活组织，从内而外可分为内表皮、外表皮和上表皮 3 层，整个表皮层纵贯着许多孔道。

内表皮是表皮层中最厚的一层，为片状结构，无色，富延展性，主要成分为几丁质和蛋白质。几丁质是一种与纤维素很相似的多糖，它不溶于水、酒精、乙醚等酯溶剂和稀酸、浓碱中。体壁的坚硬性与几丁质无关。

外表皮为昆虫蜕皮后的外层硬化而来的结构，除含几丁质、蛋白质外，还含有黑色素，所以这层颜色较深，呈琥珀色或深红棕色。外表皮坚硬，因其中的蛋白质与一种苯酚起作用而硬化，这种硬化了的蛋白质称为骨蛋白。软体昆虫的体壁和一般昆虫的膜质部分一样，往往缺外表皮或外表皮不发达。

上表皮为表皮层最外的一层，极薄，厚度在 $1\mu\text{m}$ 以下，无色或呈琥珀色，深灰色，构造复杂，大体上可分为 3 层，由内至外依次为表皮素层、蜡层及护蜡层。表皮素层的基本成分为表皮素，是一种脂蛋白，质地坚硬，琥珀色。蜡层所含的成分是蜡，类似蜂蜡，可防止体内水分的蒸发和外来水溶性物质侵入。护蜡层厚度不超过 $0.1\mu\text{m}$ ，其成分主要为类脂、鞣化蛋白和蜡质，主要作用为保护蜡层；上表皮层中不含几丁质。

综合上述，昆虫的体壁主要有 4 种特性，即延展性、屈折性、坚硬性和不透性。延展性和屈折性是由内表皮特性形成，坚硬是外表皮中的骨蛋白形成，不透性主要是上表皮中的蜡层形成。

第二节 昆虫的发育与行为

一、昆虫的生殖方式

昆虫的种类很多，生殖方式多种多样，主要有以下几种方式：

1. 两性生殖

需要经过雌雄成虫交配，精子和卵核相结合，才能正常发育成新个体的生殖方法。绝大多数昆虫以这种方法繁殖后代，如松毛虫、蝗虫等。

2. 孤雌生殖

即卵不经受精就发育成有生殖能力的新个体的繁殖方法，孤雌生殖又可分为以下两种类型。

(1) 产雄孤雌生殖 如蜜蜂以及多数膜翅目种类，未经交配或没有受精的卵，能成长发育为雄虫，受精卵则发育为雌虫。花角蚜小蜂的未受精卵产在同胞或同类的老熟幼虫或蛹上，产生的个体为雄蜂。

(2) 产雌孤雌生殖 如一些介壳虫、蓟马等，很少雄虫或从未见过有雄虫，未经交配所产下的卵，均能正常发育为雌性或大部分为雌性的成虫。

3. 多胚生殖

一个成熟的卵产生 2 个或多 (2~2000) 个新个体的生殖方法称为多胚生殖。如小蜂、小茧蜂、姬蜂等。

4. 卵胎生

卵成熟后不立即产下，暂时停留在母体内，依靠卵自己的营养完成胚胎发育，自母体