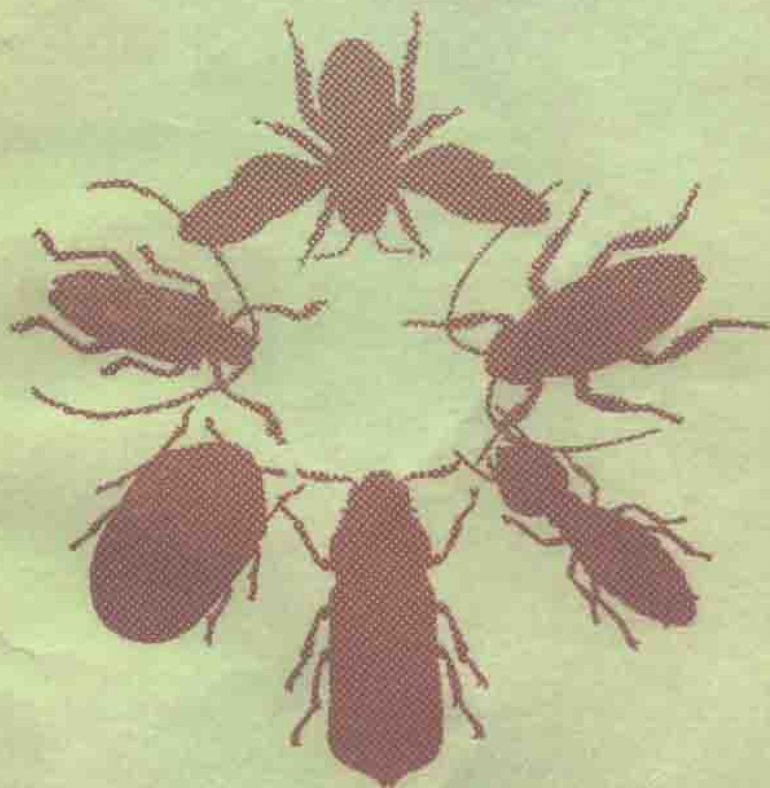


电子设备及材料的 有害生物与防护

陈永圣 编著



新 时 代 出 版 社

电子设备及材料的有害 生物与防护

陈永圣 编著

新时代出版社

内 容 简 介

本书介绍了电子设备及材料在使用、运输和贮存过程中受各种有害生物（昆虫、霉菌等）的为害，并分别描述了各类害虫和霉菌等的形态特征、生活习性、为害情况和防护方法。

本书是编者二十多年来从事科研工作的经验总结，书中附有各种害虫和霉菌形态图与电子设备及材料被害的实物图片等145幅，是一份有参考价值的资料。这些资料可供电子设备的科研人员、设计师、电信工作者、物资保管员、产品质量管理人员和有关院校师生参考。

电子设备及材料的有害生物与防护

陈永圣 编著

责任编辑 王细李

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 6印张 156千字

1985年8月第1版 1985年8月北京第1次印刷

印数：0001—3220册

统一书号：15241·52

定价：1.25元

前 言

自从有人类历史以来，人们与有害生物就进行着激烈的斗争。许多有害生物（害虫、细菌、霉菌等）会直接侵蚀人们的肌体，导致生命危险；有些害虫会掠夺人们的财富，毁坏庄稼，蛀蚀贮粮、衣物、木材、家俱、书籍、文件、电工产品、电子设备及材料等。数千年来，科学家们研究了种种防护措施，从最原始的徒手捕捉，日光曝晒，到目前所使用的各种化学药物、原子能和生物防治等。但是，有害生物还是不断发生。所以尽管有各种有效的防护措施，如果稍有疏忽或放松警惕，它们还会兴风作浪，猖獗起来，酿成严重损失，历史上有过多次的蝗灾使人丧命。因蚊虫、苍蝇、跳蚤传递病菌致死者也不计其数。白蚁蛀蚀梁柱、电力电杆、通信电杆，由此造成倒塌而丧失人命的也屡见不鲜。竹木蜂、蠹虫为害铅包电缆造成通信故障的损失，是一笔难以计数的款项。

热带、亚热带地区是有害生物生长繁殖最良好的地方，其生物种类繁多，生长、发育、蔓延极快，繁殖的世代相对增多，种群个体数也相对庞大。这就严重地威胁着各种物质的保存、使用和使用寿命。研究电子设备的可靠性和环境适应性的同时，了解生物因素中——昆虫和霉菌对电子设备及材料有何影响、为害程度、为害与环境条件的关系、应否采取防护措施，乃是电子设备的设计部门、使用和维护部门、贮存保养部门极为重要的课题。

有害生物对电子设备及材料的为害，主要是昆虫和霉菌。而其他生物，如鼠类、蛙类、壁虎、蛇、鸟、水生动物——牡蛎和钻蛀虫等则次要一些。

许多使用、维护、保管部门发现电子设备及材料受害之后，由于对有害生物的名称、生活习性及发生规律缺乏了解，故往往

是束手无策，或者是急于求成搞防护，结果是无的放矢，造成捉襟见肘，顾此失彼，达不到预期效果。因此，本书除介绍为害情况及防护方法外，也介绍了有害生物的形态特征、生活习性、发生规律、生态环境，以供研究防护方法的依据。

本书是许多人的劳动成果，编著者只不过是总其成而加以汇编。全书共分八章，第五章和第六章分别由胡昌洪、刘鸿熙同志提供初稿。参加试验研究工作的还有贺锦川、韩美贞同志。书内的害虫名称是中国科学院动物研究所蔡邦华教授和吴燕如、朱金亮、周昌清等同志鉴定的。害虫的外形图是陈瑞瑾、孙宏等同志绘制的。实物照片是刘照辉同志拍摄。北京大学生物系张宗炳教授对本书作了技术上的全面审阅。对上述同志在此表示致谢。由于作者水平低，错漏或谬误肯定不少，请读者批评指正。

1982年

目 录

第一章	电子设备及材料的受害概况	1
第二章	白蚁对电子设备及材料的为害与防护方法	9
第三章	蜚蠊对电子设备及材料的为害与防护方法	51
第四章	竹木蜂对架空铅包电缆的为害与防护方法	63
第五章	蠹虫对通信电缆的为害与防护方法	82
第六章	衣蛾对电子设备及材料的为害与防护方法	106
第七章	对电子设备及材料有害的其它虫、鼠与防护方法	119
第八章	霉菌对电子设备及材料的侵蚀与防护方法	141
参考资料		183

第 一 章

电子设备及材料的受害概况

我们所讨论的电子设备及材料受生物的为害，主要是指昆虫和霉菌的为害。昆虫对电子设备的为害，在国外已作了许多研究，早有资料报道。我国对电子设备及材料受生物的为害与防护的研究还是不多的，即使有一些，也是一鳞半爪，既不全面，也不系统。霉菌对电子设备及材料的侵蚀与防护的研究却与此相反，即较为全面、系统。

一、早期对电子设备及材料受害的研究

早在一八九六年，玻立尔 (Bourier) 就对昆虫为害电子设备及材料进行过研究，报道了白蚁蛀蚀电报电缆的实况。随后又有不少科学家报道了类似情况。例如安诺尼摩斯 (Anonymous) 于 1915 年，报道过白蚁蛀蚀地下铅包电缆的情况。利夫洛希 (Lefrog) 于 1923 年，记述了从开罗飞往好望角的运输机躯干的木制部位和滑轮，因暂时停放在机场上而遭受白蚁的蛀蚀，结果全机报废。尉斯坎贝 (Withcumber) 于 1928 年，在非洲东部的赞稷巴 (Zangiber) 发现白蚁蛀蚀橡皮电缆。缪尔林 (Mullen) 于 1942 年，在美洲记述了散白蚁 (*Reticulitermes flavipes*) 蛀蚀包装密封用的铝箔。亚耳波温 (Ehrhorn) 于 1936 年，研究了电缆受白蚁蛀蚀情况。随后，拉特克莱夫 (Ratcliff) 于 1952 年和斯尼德 (Snyder) 于 1956 年，又进一步研究了在巴拿马的家白蚁 (*Coptotermes Wasmann*) 蛀蚀地下铅包电缆问题，并且认为地下铅包电缆受白蚁的为害不仅是事实，而且是比较普遍存在的问题。除白蚁之外，还有其他许多有害生物对电子设备及材料的为害。斯尼德 (Snyder) 于 1955 年，在《昆虫蛀蚀金属》一文中全面地记载了长蠹虫 (*Bostrychide*)、天牛 (*Cerambycid*)、

皮蠹 (Dermestid)、棘胫小蠹 (Scolytid beetle)、木蠹蛾 (Cossid moth) 幼虫和木蜂 (Carpenter bees) 蛀蚀铅包电缆和其他金属件的现象^[71]。并且指出了这类害虫中, 长蠹虫和天牛的为害最严重。有些昆虫寄生于电线杆或线担木上, 到了成虫期, 转迁寄主, 蔓延扩大, 为害架空铅包电缆。

二、电子设备的常用材料

电子设备的常用材料可分为有机绝缘材料和无机绝缘材料两大类。有机绝缘材料中包括有: 植物油、纤维酯、天然树脂、塑料、绝缘漆、胶纸板、胶布板、沥青纸、天然橡胶、合成橡胶、硅橡胶、有机硅树脂、尼龙布、黄蜡布、黄蜡绸、人造革、皮革、漆布、漆纸、漆包线、漆类、卡普隆等。无机绝缘材料中包括有: 玻璃纸、陶瓷绝缘材料、结晶石英、云母制品、石棉、电解电容器材料、氧化绝缘物等。以上所列的部分材料, 不论是有机材料或无机材料都会受有害生物的为害, 只是程度不同而已。木材、塑料、胶纸板、胶布板、沥青纸、橡胶、纤维板和云母制品等, 既会遭受白蚁蛀蚀, 也会受霉菌侵蚀。随着电子工业的不断发展, 电子设备所用材料也会不断更新, 使用范围越广, 遭受有害生物的为害机会就越多。同时, 有害生物的食性, 为了生存和繁殖子代, 取食种类也不是一成不变的, 它们会随着时间的推移和环境的变迁, 生态的更迭, 而改变其食性和侵蚀对象。

三、国内电子设备材料受害情况调查

一九五八年以来, 对电子设备材料的有害生物的为害情况, 进行了多年的调研工作。调查的地区有: 湖北的武汉, 湖南的长沙、衡阳、湘潭、株洲, 四川的重庆、成都, 贵州的贵阳, 云南的昆明、西双版纳, 广西的桂林、柳州、南宁、凭祥、龙州, 福建的厦门、福州、泉州、南平, 广东的广州、汕头、湛江、海南岛等。调查的单位有各地区的省市和县的邮电管理局、电信局、邮电科学研究所、广播电台、交电公司、广播站、化工厂、绝缘材料的生产厂、电机厂、电线电缆厂、无线电厂、无线电修理店、部队的通信兵处、生产资料站仓库。

调查是以实地观察为主，采访座谈为辅。每到一地区或一个单位，首先调查者深入到电子设备的贮存仓库和使用场所。观察设备和材料所处环境条件与有害生物的为害程度的关系；为害程度与维护保管好坏的关系，除详细观察记录外，还向使用、保管人员了解有害生物发生为害的历史资料，采集被害样品，以便加以分析比较，找出发生规律，研究有效的防护措施。

调查结果表明，有害生物中，为害较严重的有白蚁、蜚蠊、蠹虫、衣蛾、竹木蜂和霉菌等。它们中，由于栖息环境不同，生活习性有别，为害对象及为害程度也有很大差异。这将在以下各章详细介绍。

四、试验与研究情况

为了较准确地了解有害生物的生活习性、发生规律和为害程度，以便研究防护措施，开展了天然暴露试验和人工模拟试验。

天然暴露试验地址选择在广东省徐闻县，雷州半岛的坑仔村。该地区位于东经 $110^{\circ}09'$ ，北纬 $20^{\circ}20'$ ，海拔 105m，属亚热带季风气候，年平均温度为 $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ 。温度最高月份是六月，月平均温度为 28°C ，温度最低月份是一月，月平均温度为 $16\sim 17^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量为 1400~1600mm，雨量最多月份是五月~九月，占全年雨量的 80% 以上。土壤是红壤，土层较厚，地下水位低。该地区是雷州半岛最大的原始灌木林带（六十年代后期，因开垦种植橡胶，生态平衡受到一定破坏），其环境非常适合白蚁的生长发育，分布的白蚁种类多，虫口密度大，居全国的第二位，仅次于云南的西双版纳地区，是白蚁破坏性试验的好场地。其次是广州的华南农学院校园内和广西的龙州红岭农场。作了同类试验样品的比较试验。其结果，前者为害严重，后者较轻微。

人工模拟试验是把有害生物从野外采集而引入室内，在实验室的特定条件下，经过人工饲养一段时间，待其适应之后，再进行电子设备及材料的样品试验。

为了考核白蚁的蛀蚀能力，作了多次多种的样品的破坏性试验，其中有塑料制品、金属件、各种导线、各种电缆以及电子设

备的常用绝缘材料，如黄蜡管、黄蜡绸、有机玻璃、云母制品类、酚醛树脂胶纸板类、胶布板和收音机外壳等。

蜚蠊蛀蚀试验的样品有材料和元器件，其中包括：黄蜡绸、黄蜡布、喇叭纸、扬声器、电解电容器、纸介电容器等。

试验结果表明：人工模拟试验和天然暴露试验结果是一致的，凡是在室内人工模拟试验会被为害的样品，在天然暴露试验的样品同样会被为害，只是受为害的严重程度有所差别，前者严重，后者较轻微（见图 1-1～图 1-6 所示）。

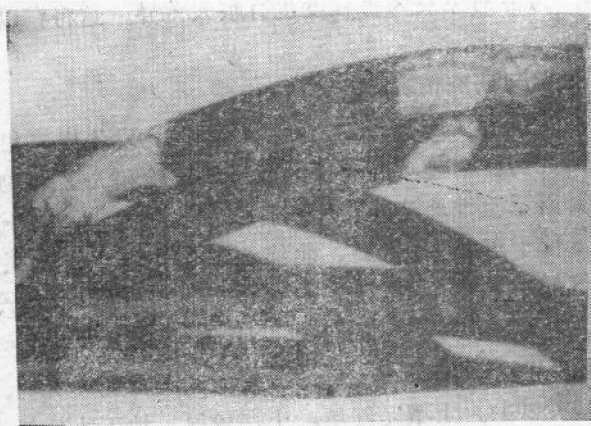


图1-1 工业电视电缆受白蚁为害状况

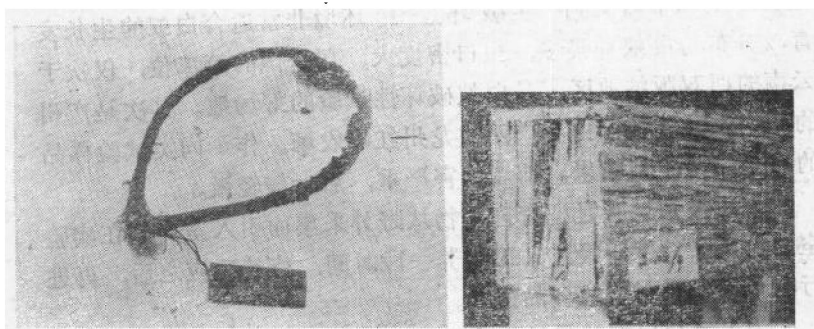


图1-2 铜芯导线受白蚁为害状况

图1-3 包装木箱受白蚁为害状况

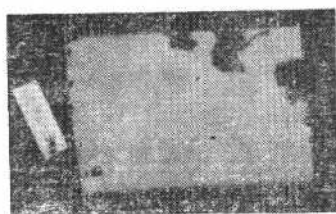


图1-4 聚氯乙烯受白蚁为害状况

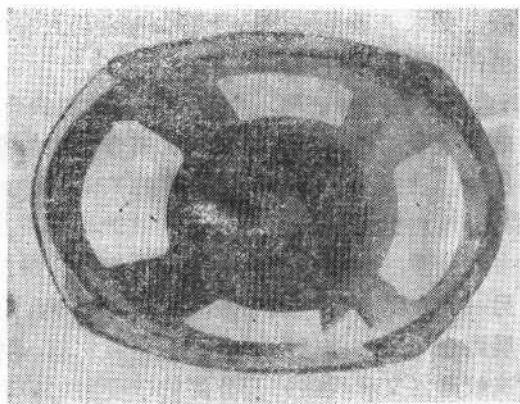


图1-5 喇叭纸盆受蜚蠊为害状况

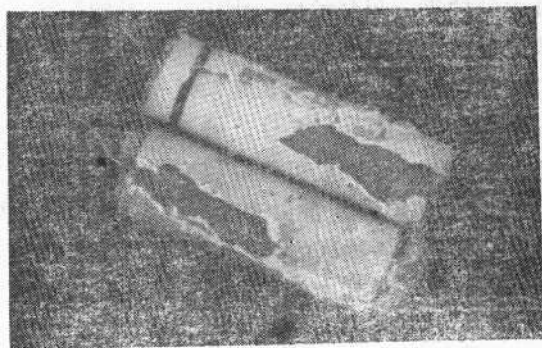


图1-6 纸介电容器受蜚蠊为害状况

五、几点看法

(1) 在调查前及调查过程中, 由于国内缺乏资料可查, 所以我们将精力集中到国外资料的收集。经过多年的查找, 国外资料也极少报道, 即使有, 也是三言两语, 或者在有关研究成果的报道中略提几句。从调查、试验和文献三方面所获得的结果看来, 情况基本相同, 无相互矛盾的问题出现。可见, 受有害生物为害的电子设备及材料的种类, 为害电子设备及材料的有害生物种类, 不会超出目前已经知道的范围, 即便是有也不多。因此, 如果再行调查, 扩大调查范围, 估计不会再发现更有经济意义或具有研究价值的有害生物种类。

(2) 调查与试验结果证明, 在我国有多种白蚁会破坏各种物质, 包括电子设备的常用材料, 其中为害性最大的是家白蚁, 其次是霉菌侵蚀。白蚁为害的第一特点是面广, 除能蛀蚀与它营养有关的各种纤维质组成的物品外, 还能蛀蚀与它所需要的营养完全无关的多种物质, 如铅包电缆、塑料电缆、云母制品及其他塑料制品。另一特点是为害方式隐蔽, 它通常沿地下而朝上延伸, 一直扩展到仓库或储物场所。先蛀蚀包装木箱, 再蛀蚀内装的器材, 或筑蚁路(又称垆路)及分泌物于受害物的表面, 使器材的金属部分受腐蚀而报废。家白蚁为害包装木箱和电线杆, 具有普遍性与严重性, 对用于地表面或矿井下的埋设塑料导线和电缆, 为害十分严重, 必须采取防护措施。其他电子设备及材料受为害, 多数是由于存放场地不妥, 或设备在使用过程中与地面直接接触, 或管理不善, 或储物长期缺乏检查等所造成。有害生物的为害, 要具备一定的环境条件, 若具备了它的生活活动所必须的条件则为害严重, 否则就可以避免或大大减轻其为害。

(3) 架空铅包电缆的害虫有长蠹虫、天牛、竹木蜂和天社蛾科的幼虫。在国内各地区的调查中, 只发现长蠹虫和竹木蜂。为害最大的是长蠹虫, 其中包括芒果长蠹和凤凰木二棘长蠹, 其次是竹木蜂。竹木蜂的为害虽很普遍, 但有逐年下降的趋势。从观察的结果分析, 其原因是多种的, 但主要原因是竹木蜂在寻找

新寄主（电缆）时，每逢蛀穿铅皮层后，遇到了电缆芯线（铜或铝芯线）的硬度比铅大，不能继续穿孔营巢，以获得它所需要的栖住环境。因此，经过无数次的尝试（蛀蚀），久而久之，通过生物世代的自然选择，逐渐地排弃了对铅包电缆的尝试。长蠹虫的为害，则相反，有逐年上升的趋向，一九六四年达到高峰。各地邮电和电信部门正在大力研究防护措施。调查和试验结果表明，不论是长蠹虫或竹木蜂，均可轻而易举地蛀穿铅包电缆的铅包层。其原因是铅的硬度小，然而比铅硬度大的铝和尼龙1010，则未曾被蛀蚀。因而建议有关设计部门和生产厂可适量地改用比铅硬度大的金属或尼龙1010，作为电缆的护套层。

（4）电子设备的门框密封材料，旋钮的垫圈和包装垫料等，大多数是采用毛纺织品。毛纺织品的受害多数发生在仓库，特别是那些环境条件较差的仓库，阴暗潮湿，无通风设备，长期贮存而又不常检查的产品。目前，用来防震的垫料，毛纺织品虽已逐步被海绵橡胶和泡沫塑料所代替。但是，有些电子设备的某个部位却非用不可，如收音机、电视机、仪器仪表上的调节器、旋钮的垫圈等。这些为害虽不甚严重，不直接影响电性能，但影响其密封，也应引起重视。

（5）蜚蠊对电子设备和材料的为害，在我国长江以南地区比较普遍。这类害虫种类较多，会为害电子设备和材料的种类也不少。蜚蠊的幼虫期（即若虫期）因躯体小，能从设备的隙缝中钻进机内，并在其中发育长大，蛀蚀元器件，造成故障。它对电子设备的为害，多数是损坏其表面光泽度，但由于在机内排泄粪便，为霉菌生长提供了营养，也会间接地影响电性能。

（6）调查和试验的结果，没有标准的统计公式，对所发现的虫害起数，蛀损件数，每件被蛀蚀的程度均未能加以统计。因此，要以量来说明害虫的为害程度，是有困难的。我们认为，目前把有害生物的为害程度分为：严重、中量、轻微和无蛀蚀，或者必然性与偶然性、直接与间接、连续与断续的等术语来描述是可行的。

(7) 生物有机体是与外界环境相互矛盾的统一体，是生物与自然界长期斗争而相适应的结果。如果它们脱离了本来的生活环境就难于生存，甚至将被淘汰。热带、亚热带地区构成了生物最适宜的生活活动环境。但是，各类生物所需要的环境条件不尽相同。昆虫和霉菌所需要的环境条件就有很大的差异。在地球上，从高山到山谷、从天空到海洋、从沙漠到极地的浩瀚大气中，无不含有霉菌孢子。这些孢子飘浮于任何空间，在环境不利的条件下，可以较长期地停止发育，处于休眠状态，一旦出现环境条件适宜时，就开始生长发育，完成它的生活史。每当环境条件出现有利于霉菌生长发育时，凡能为霉菌提供营养的材料均会生霉。昆虫多数是靠飞翔或借风力，或以跳跃来传播的。它受地理条件（如高山与海洋）、生活条件（食物种类与分布多寡）和生态条件（沙漠、森林、草原）的限制很大。昆虫生活史中的任何一个发育阶段，都不能无限期地停止发育，所以当它们传播到或遇到不利环境条件时，多数自然死亡或被其他动物所消灭。其次，即是在害虫分布的区域内，由于生态小环境（如高山与平原）的影响，生活活动也会受到限制。因此，在适宜的环境条件下，易生霉的电子设备和材料必定会受霉菌侵蚀而遭到损坏。然而在昆虫分布区域内，环境条件虽然适宜，可被蛀蚀的电子设备和材料有被为害的可能性，但却不一定会被为害。这是因为电子设备的使用环境多数是在特定条件下进行的，受害的可能性就少得多。所以，只要充分了解各种有害生物的生活习性、发生规律，生物为害与环境的关系，就能够合理地采取有效的防护措施。

第二章

白蚁对电子设备及材料的为害 与防护方法

§ 2-1 白蚁的一般形态

白蚁（又称白蚂蚁）是一类昆虫的俗称，在文献资料和书籍上多数称为蜚（Termite），也有称白蚁（White ant）的。我国古书（《尔雅翼》约 789 年前，罗愿）上也有蜚之称^[1]。这是因为白蚁和蚂蚁（真蚁）这两类昆虫的体形大小、生活方式等，在某些方面，从表面上看确有相似之处，所以容易被等同起来，混为一类看待。其实白蚁和蚂蚁在分类系统上，两者之间所处的地位及亲缘关系，均有很大差距。白蚁是比较低等而原始的昆虫，属于等翅目（Isoptera）或白蚁目，与蜚蠊类比较近缘。蚂蚁是一类比较高等的昆虫，属于膜翅目（Hymenoptera）和蜜蜂有近缘关系。它们两者之间在形态方面的主要区别有以下几点（见图 2-1）：

（1）白蚁的前后翅大小相等，而蚂蚁的前后翅是不相等的，前翅较大，后翅较小。

（2）白蚁的腹部和胸部相连接处几乎等宽，没有细小的柄状部分，而蚂蚁的腹部和胸部的连接处有细小的柄状部分。

（3）白蚁的变态为不完全变态，蚂蚁的变态为完全变态。

（4）白蚁的触角是念佛珠状，而蚂蚁的触角是膝状。

很明显，有了以上四点的区别作依据，就可以避免张冠李戴。我们认为，凡是过去把白蚁和蚂蚁相互混淆的，今后应该纠正过来。在书籍和论文、资料上均有蜚和白蚁的名称出现，这给

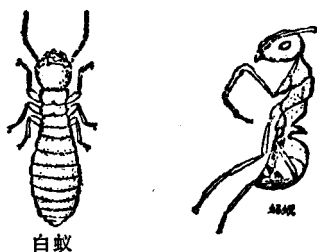


图 2-1 白蚁与蚂蚁的外部形态
（蚂蚁是侧视图）

工作上带来了一定困难。所以要有一个统一的名称。到底是叫蜚好，还是白蚁好呢？这应该由有关部门来确定。作者认为，如果统一称蜚，在农村甚至城市居民均不习惯，不易接受，所以本书还是按民间习惯称为白蚁。

白蚁是一种群居生活的昆虫。由于它们有分工的习性，相应地产生了形态上和机能上的分化。于是，在白蚁群体中就有若干不同形态的个体群，从一对繁殖蚁（通称为蚁王和蚁后）建巢繁殖，即经过产卵，卵孵化为幼蚁。在幼蚁中就有生殖型和非生殖型之分。生殖型有雌雄之别，具有繁殖功能。它们包括长翅繁殖蚁（又称飞蚁或有翅成虫，见图 2-2）和补充繁殖蚁（包括短翅型和无翅型两种）。非生殖型也有雌雄之分，但无繁殖功能。它们包括工蚁和兵蚁。

一、生殖型长翅繁殖蚁

长翅繁殖蚁为白蚁群体中的创始者，通常在新蚁巢中仅有一对，是脱翅后（见图 2-3）形成的，为蚁巢中的亲代，即雄蚁和母

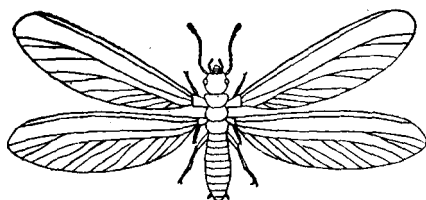


图2-2 生殖型长翅繁殖蚁外部形态
(未脱翅)

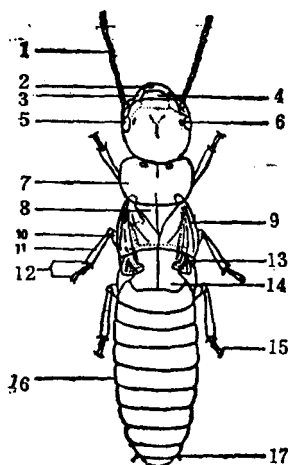


图2-3 生殖型长翅繁殖蚁外部形态的各部名称（已脱翅）^{〔4〕}

1—触角；2—上唇；3—上颌；4—唇基；5—复眼；6—单眼；7—前胸背板；8—中胸背板；9—前翅；10—腿节；11—胫节；12—跗节；13—后翅；14—后胸背板；15—爪；16—腹节背板；17—尾须。

蚁。在建立数年后蚁巢中，雄蚁腹部略增大，形态仍保持原形不变，行动活泼。而雌蚁腹部的增大，却超过了原来的数倍甚至数十倍（见图 2-4）^[2]，成为大腹部的母蚁（又称蚁后），躯体笨重，不甚活动，一生中的主要任务是产卵。由此产生许许多多的生殖型和非生殖个体，寿命较长，可活数年甚至数十年之久^[3]。长翅繁殖蚁体表几丁化程度较发达，体色较深。复眼和单眼各一对，前者比后者发达。当两对翅完全发育时，前后翅大小相等。长翅繁殖蚁每年到了成熟季节，一旦外界气温和湿度相适宜时，就成群地由巢内飞出，称为分飞（Colonizing flight），又称移殖飞翔。长翅繁殖蚁（又称飞蚁）飞出的小孔，称为分飞孔。白蚁的飞翔力不强，在空中作短暂飞翔后，跌落地面。

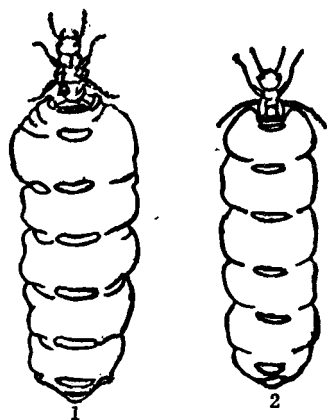


图2-4 生殖多年后的长翅繁殖蚁（又称蚁后）

有些则在夜间飞出，具有趋光性，通常向光源处飞去。在灯光上作几次碰撞，便堕落地面。飞离蚁巢的长翅繁殖蚁，多数自然死亡，幸存者则双双配对，寻找安居场所，修筑巢穴。这就是未来白蚁巢中的雄蚁和母蚁。

二、补充型繁殖蚁

补充型繁殖蚁有短翅和无翅之分，两种体形均较小于长翅繁殖蚁。雄蚁小，母蚁腹部稍增大，体表几丁化程度较小，色素较浅，常呈枯稻草色或淡褐色。每巢中其数量不定，少者数个，多者数十个，以至数百个^[2]。两者的主要区别如下：

（1）短翅繁殖蚁 翅短或仅存翅芽，像鳞片状，脉序可见，基部无可断裂的横缝，翅不脱落，永远留在背上。具有复眼，色泽正常或较淡。一生不出巢，能产卵繁殖。

（2）无翅繁殖蚁 则完全无翅，复眼仅存痕迹，全缺色泽，