

储藏物害虫与防治

白旭光 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

2025/3

储藏物害虫与防治

主 编：白旭光

编写人员（以编写章节为序）：

白旭光 赵英杰 曹 阳

王殿轩 周玉香

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书分为两编：第一编为“储藏物昆虫学”，讲述储藏物昆虫的形态、分类、生理、生物学、生态学及重要的储藏物害虫；第二编为“储藏物害虫综合治理”，讲述储藏物害虫的综合防治原理与技术，包括虫情检测、检疫防治、物理防治、生物防治、化学防治原理、储粮保护剂与熏蒸剂的应用技术及杀虫剂的毒力与药效测定。两编相互关联又自成体系，可以作为一门课程学习，也可各自独立讲授与学习。各章开头有本章的内容提要，结尾有思考题和主要参考文献，便于学生自学和复习。

本教材是食品科学与工程专业本科生的教学用书，也可作为植物保护、植物检疫、粮食、食品、物流、仓储等专业师生及相关行业技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

储藏物害虫与防治/白旭光主编. —北京: 科学出版社, 2002

ISBN 7-03-010702-0

I. 储… II. 白… III. 粮油贮藏-防虫-高等学校-教材 IV. S379.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2002) 第 056027 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年9月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2002年9月第一次印刷 印张: 34 1/4

印数: 1—2 500 字数: 678 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈兰各〉)

序

储藏物害虫是危及人类衣、食、住、行的重要害虫类群，其危害物包括粮食、食品、油料、畜产品、中药材、烟草、皮毛制品、木材、图书档案和动植物标本等，经济意义十分重大。

近年来，储藏物害虫已是经济昆虫学研究的热点之一，国外的许多大学都开设有与储藏物害虫及防治相关的课程。在国内，较系统阐述储藏物害虫与防治的教材和参考书仍十分缺乏。《储藏物害虫与防治》这本教材的编著者均为多年从事储藏物昆虫学教学与研究的中青年专家，具有较为坚实的理论基础和丰富的实践经验。在编写过程中，他们广泛参考了国内外有关文献资料，编写内容充分反映了当代储藏物害虫及防治的新理论、新进展，吸纳了新的成果和新经验。全教材构思新颖、结构严谨、文笔流畅、图表清晰，是一本难得的好教材。本教材的出版无疑对我国的储藏物昆虫学科的发展具有积极的促进作用。

本教材分为两编：第一编系统论述了储藏物昆虫学的基础知识，包括储藏物昆虫的形态、分类、生物学、生理学、生态学和储藏物害虫的重要类群；第二编介绍了储藏物害虫的防治原理和技术，包括储藏物害虫的检查、检疫、物理防治、生物防治、化学防治及杀虫剂的毒力与药效测定。在编写过程中还注意了理论与实际紧密结合，对储藏物害虫的防治技术进行了充分的阐述，这也正是本教材的特色之处。

本教材不仅适用于食品类专业，对于农业院校的植物保护、植物检疫等专业的师生及有关粮食、仓储、检疫等部门的技术人员，都有重要的参考价值。

李隆术

2002年4月于西南农业大学

编写说明

本教材是郑州工程学院组织编写的一部“特色优势教材”。《储藏物害虫与防治》是食品科学与工程专业本科生的教学用书，也可作为植物保护、植物检疫、粮食、食品、物流、仓储等专业师生及相关行业技术人员的参考书。

本书分为两编：第一编为“储藏物昆虫学”，讲述储藏物昆虫的形态、分类、生理、生物学、生态学及重要的储藏物害虫；第二编为“储藏物害虫综合治理”，讲述储藏物害虫的综合防治原理与技术，包括虫情检测、检疫防治、物理防治、生物防治、化学防治原理、储粮保护剂与熏蒸剂的应用技术及杀虫剂的毒力与药效测定。两编相互关联又自成体系，可以作为一门课程讲授，也可各自独立讲授。

书中有关昆虫学的英文专业词，尽可能参照了全国科学技术名词审定委员会2000年公布的《昆虫学名词》。

本书的绪论、第一、第二、第七章由白旭光编写，第三章由赵英杰编写，第四、第十一章由曹阳编写，第五、第八、第十章由王殿轩编写，第九章由赵英杰和曹阳编写，第六章由王殿轩、曹阳、赵英杰、白旭光和周玉香共同编写；书中插图由周玉香和白旭光描绘与制作。书中插图除有注明外，其余为作者原图。

西南农业大学的李隆术教授和郑州工程学院的陆安邦教授仔细审阅了全部书稿，并提出了宝贵的修改意见，最后由白旭光统稿。

本教材的编写力求反映本学科当代国内外的最新进展。但由于编者水平所限，书中难免有谬误和疏漏之处，恳请读者不吝指正，使本教材逐渐臻于完善。

编者

2002年4月于郑州

目 录

序 编写说明

绪论	(1)
一、本课程研究的对象和内容	(1)
二、储藏物害虫的概念	(2)
三、储藏物害虫的防治策略	(3)
四、昆虫纲的基本特征及其在动物界的地位	(10)
五、储藏物螨类的基本特征	(13)

第一编 储藏物昆虫学

第一章 储藏物昆虫的外部形态	(17)
第一节 昆虫体躯的分节、分段和体向	(17)
第二节 储藏物昆虫的头部	(19)
第三节 储藏物昆虫的胸部	(27)
第四节 储藏物昆虫的腹部	(39)
第五节 储藏物昆虫幼虫的形态	(43)
第二章 储藏物昆虫的分类学	(54)
第一节 昆虫分类的基本原理和方法	(54)
第二节 储藏物昆虫的分目	(62)
第三节 无翅亚纲 Apterygota	(65)
一、缨尾目 Thysanura	(65)
第四节 有翅亚纲 Pterygota (一) 外生翅类	(66)
二、蜚蠊目 Blattaria	(66)
三、等翅目 Isoptera	(69)
四、革翅目 Dermaptera	(72)
五、半翅目 Hemiptera	(73)
六、啮虫目 Psocoptera	(75)
第五节 有翅亚纲 Pterygota (二) 内生翅类	(76)
七、鳞翅目 Lepidoptera	(76)
八、鞘翅目 Coleoptera	(83)

九、膜翅目 Hymenoptera	(106)
十、双翅目 Diptera	(108)
第三章 储藏物昆虫的内部解剖与生理	(112)
第一节 体腔与各器官的相互位置	(112)
第二节 体壁及其生理	(114)
第三节 消化系统及其生理	(123)
第四节 呼吸系统及其生理	(131)
第五节 循环系统	(138)
第六节 排泄器官	(143)
第七节 神经系统及主要感觉器官	(148)
第八节 肌肉系统及其生理	(160)
第九节 昆虫的激素和信息素	(163)
第十节 生殖系统及其生理	(174)
第四章 储藏物昆虫的生物学	(180)
第一节 储藏物昆虫的生殖方式	(180)
第二节 储藏物昆虫的生长发育	(185)
第三节 储藏物昆虫的生物学特性	(192)
第五章 储藏物昆虫的生态学	(205)
第一节 昆虫生态学的基本概念	(205)
第二节 储藏物昆虫与环境的关系	(211)
第三节 储藏物昆虫的种群动态	(240)
第六章 重要储藏物害虫	(253)
第一节 危险性害虫	(253)
一、菜豆象 <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	(253)
二、谷斑皮蠹 <i>Trogoderma granarium</i> Everts	(255)
三、鹰嘴豆象 <i>Callosobruchus analis</i> (Fabricius)	(258)
四、巴西豆象 <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Bohenman)	(261)
五、灰豆象 <i>Callosobruchus phaseoli</i> (Gyllenhal)	(263)
六、大谷蠹 <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn)	(264)
第二节 蛀食性害虫	(267)
七、玉米象 <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	(267)
八、米象 <i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus)	(268)
九、谷象 <i>Sitophilus granarius</i> (Linnaeus)	(270)
十、谷蠹 <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	(271)
十一、咖啡豆象 <i>Araecerus fasciculatus</i> (Degeer)	(273)
十二、豌豆象 <i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus)	(274)

十三、蚕豆象 <i>Bruchus rufimanus</i> Boheman	(275)
十四、绿豆象 <i>Callosobruchus chinensis</i> Linnaeus	(277)
十五、四纹豆象 <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fabricius)	(278)
十六、麦蛾 <i>Sitotroga cerealella</i> Oliver	(279)
第三节 其他重要害虫	(281)
十七、大谷盗 <i>Tenebroides mauritanicus</i> (Linnaeus)	(281)
十八、锯谷盗 <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	(283)
十九、锈赤扁谷盗 <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	(285)
二十、赤拟谷盗 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	(287)
二十一、白腹皮蠹 <i>Dermestes maculatus</i> Degeer	(289)
二十二、黑毛皮蠹 <i>Attagenus unicolor japonicus</i> Reitter	(291)
二十三、药材甲 <i>Stegobium paniceum</i> (Linnaeus)	(293)
二十四、烟草甲 <i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius)	(294)
二十五、印度谷螟 <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner)	(295)
二十六、粉斑螟 <i>Cadra cautella</i> (Walker)	(296)
二十七、嗜卷书虱 <i>Liposcelis bostrychophila</i> Bodonnel	(297)
二十八、腐食酪螨 <i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Schrank)	(299)
二十九、粗脚粉螨 <i>Acarus siro</i> Linnaeus	(300)

第二编 储藏物害虫综合治理

第七章 储藏物害虫的非化学防治	(305)
第一节 虫情检测	(305)
第二节 植物检疫防治	(314)
第三节 物理防治	(322)
第四节 生物防治	(349)
第八章 储藏物害虫化学防治的基本原理	(378)
第一节 杀虫剂及化学防治的特点	(378)
第二节 杀虫剂的理化性质与药效的关系	(383)
第三节 储藏物害虫对杀虫剂的敏感性	(391)
第四节 环境与杀虫剂发挥药效的关系	(398)
第五节 杀虫剂的科学选用	(407)
第九章 储粮保护剂与空仓杀虫剂	(412)
第一节 储粮保护剂的种类及特性	(412)
第二节 开发中的储粮保护剂	(429)
第三节 空仓及器材用杀虫剂	(432)
第四节 储粮保护剂的应用技术	(435)

第五节	惰性粉保护剂·····	(438)
第十章	熏蒸剂及其应用·····	(451)
第一节	常用熏蒸剂的性质与特点·····	(451)
第二节	熏蒸剂的应用技术·····	(480)
第十一章	杀虫剂的毒力与药效测定·····	(503)
第一节	杀虫剂的毒力与药效测定的意义·····	(503)
第二节	储粮害虫杀虫剂的毒力测定·····	(509)
第三节	储粮杀虫剂的药效测定·····	(531)

绪 论

一、本课程研究的对象和内容

本课程研究的对象是储藏物昆虫。

昆虫作为地球上的一类动物，具有漫长的进化历史、繁多的种类、庞大的数量和广泛的分布。

人类的出现仅有 200 万年左右的历史，而有翅昆虫的历史至少有 3.5 亿年；无翅亚纲的昆虫可能有 4 亿年或更长的历史。昆虫也是动物界中最为繁盛的一个类群，以前认为只有 300 万~400 万种，近年的研究表明，地球上的昆虫可能达 1000 万种，约占全球生物多样性的一半。目前已被命名的昆虫在 100 万种左右，占动物界已知种类的 2/3 强。同种昆虫的个体数量有时可能很大，有些昆虫局部的种群数量可达数十万个个体，有时甚至上亿个。地球上没有任何一类其他生物像昆虫这样分布广泛，从赤道到两极，从高山到海洋，它们几乎分布于地球的各个角落。

储藏物昆虫仅是整个昆虫纲的一小部分，它们通常栖息在我们人类的生活环境中，取食和危害人类的食品和其他储藏产品，与我们的生活密切相关。由于储藏物昆虫大多体小、色暗，而且活动隐蔽，我们常常忽略它们的存在。

本课程研究的内容分两大部分，即储藏物昆虫学和储藏物害虫的防治。

储藏物昆虫学 (stored products entomology) 亦称仓库昆虫学或仓储昆虫学，是昆虫学的一个分支，从研究内容上属于应用昆虫学 (applied entomology；又称经济昆虫学 economic entomology) 的范畴，其研究内容包括：

储藏物昆虫的形态；

储藏物昆虫的分类；

储藏物昆虫的生物学；

储藏物昆虫的生理；

储藏物昆虫的生态学。

储藏物害虫的防治是研究储藏物害虫防治原理与技术的科学，其主要内容包括：

储藏物害虫的检测；

储藏物害虫的检疫防治；

储藏物害虫的非化学防治，包括物理防治、生物防治等；

储藏物害虫的化学防治原理；

保护剂及其应用技术；

熏蒸剂及其应用技术；
杀虫剂的毒力与药效测定。

二、储藏物害虫的概念

(一) 储藏物昆虫和储藏物害虫的定义

关于储藏物昆虫及储藏物害虫目前还没有严格的定义。

一般认为，储藏物昆虫 (stored product insect) 是指能适应储藏物环境，在干燥的储藏物内能正常繁殖的一类昆虫。包括危害储藏物的有害昆虫，以及捕食、寄生这些害虫的天敌昆虫，前者称为储藏物害虫 (stored product insect pest)。储藏物昆虫也称为仓库昆虫，简称“仓虫”。

广义的储藏物害虫 (stored product pest) 还应包括危害储藏物的螨类、鸟类、啮齿动物、微生物及其他节肢动物等。

储藏物昆虫生活的环境有别于其他农、林昆虫。所谓储藏物环境，是指储藏物流通的各个环节或场所，通常情况下是室内环境，如仓库、货栈、加工厂、商店，以及人类居住的室内等。因此，从储藏物昆虫栖息的环境来看，储藏物昆虫又属于城市昆虫学 (urban entomology) 研究的范畴。

从储藏物昆虫的寄主来看，是停止生长的储藏物，而非田间生长中的作物或活体动物。同时这些储藏物含水量较低，是干燥的，而像收获后的新鲜水果和蔬菜等则不属于此处所指的储藏物之列。储藏物包括植物性、动物性物品，有时也包括某些金属材料及其成品和合成材料，因为这些物品也会受到储藏物害虫的威胁。

另外，真正意义上的储藏物昆虫必须能在储藏物内正常繁殖，即储藏物环境中必须有成虫、幼虫需要的食物。有些昆虫虽然出现于储藏物环境中，但由于缺乏必需的食物而不能繁殖，必须依靠自然界的食物进行繁殖。如豌豆象的成虫在产卵前取食了豌豆的花粉、花蜜或花瓣才能产卵，幼虫主要在生长中的豌豆内发育；还有一些昆虫的生活环境介于室内与室外之间，如仓潜、沙潜等，严格讲它们都不是真正的储藏物昆虫。但习惯上也将它们视为储藏物昆虫，亦有人称之为仓库寄居昆虫。

在所有储藏物中，最为重要和数量最大的是收获后的粮食，通常把危害储藏粮食及其产品的昆虫称为储粮害虫 (stored grain insect pest)。因此，储粮害虫是储藏物害虫中主要的类群。有时储粮害虫和其他储藏物害虫并没有严格的界限，因为许多储粮害虫除了可以危害储粮外，同时也可以危害其他多种储藏物。

(二) 储藏物害虫的经济意义

储藏物害虫与农业害虫重要的区别之一是它们危害的对象不同。农业害虫危害的对象是田间生长中的作物，可造成作物的减产；而储藏物害虫直接危害的是

储藏物，而储藏物通常是农作物收获后的产品，是农作物的精华部分，它凝聚了大量的人类劳动，具有更高的价值。因此，从某种意义上讲，储藏物害虫的经济意义更为重大。

储藏物害虫造成的损失包括由害虫取食的直接损失、被害虫危害造成的间接损失、由于商品生虫而引起的商品信誉损失以及对人们心理的不良影响等。

巨大的直接损失往往是把大量物品储藏在适于害虫繁殖的环境下引起的。据文献记载，在1914年至1918年米象、谷象和谷蠹在澳大利亚造成了巨大的储粮损失，仅从一个堆存场，每天就可以筛出1吨米象。当时的损失连同防除费用超过100万英镑。有人曾估计，全世界每年因储藏物害虫造成的粮食、豆类、油料的损失约占总储存量的5%。随着人类社会的进步和科学技术的发展，许多储藏物害虫得到了较为有效的控制，但在发展中国家和热带地区储藏物害虫造成的损失仍然不可忽视。据有关部门调查，我国储藏中的粮食损失，国家粮库为0.2%；农户的储粮损失为6%~9%，其中引起损失的主要因素是储粮害虫的危害。目前我国粮食的年产量已超过5亿吨，而农户储粮占2/3以上，因此储粮因虫害引起的损失仍是非常巨大的。

储藏物害虫引起的间接损失比直接损失更大。例如储粮害虫引起的粮食发热、霉变、品质下降，烟草甲在香烟、雪茄上的蛀孔，衣蛾在毛呢上的蛀孔。因为一支香烟只要穿了一两个孔，一件毛呢服装只要被一头害虫蛀穿，就不得不跌价处理，甚至完全失去使用价值。有时储藏物害虫污染的粮食和食品会引起人畜的疾病，损失就更大。

虫害引起的商品信誉的损失也是难以估价的。只要部分商品生虫，全部商品往往就无法销售；只要一种商品生虫，同一品牌的其余商品即使无虫，也会受到影响。一个国家在对外贸易中发生了这样的问题，影响所及更难估计，不仅影响企业的信誉，甚至会影响到一个国家的信誉。

储藏物害虫对人们心理的不良影响往往很少引起人们的重视，事实上这一影响也是不容忽视的。随着人们生活质量的不断提高，人们对生活环境有了更高的要求。而储藏物害虫在我们的生活环境中无所不在，如在高级宾馆的房间、飞机、车船内常常可以见到蟑螂的出没；在舒适的家庭房间内，又不时会有蛾子在飞舞。虽然这些害虫有时不会造成明显的危害，但对人们的心理无疑会有不良的影响，成为人们一种额外的心理负担。

三、储藏物害虫的防治策略

(一) 现代害虫防治策略提出的背景

自从人类进入农业社会以后，人类与害虫之间的斗争从来没有停止过。然而害虫防治的第一次革命性的改变发生在20世纪40年代，这是由于DDT的出现

所引起的。DDT 是一种人工合成的杀虫效力十分显著的有机杀虫剂，比以前所用的砷素剂等毒性高出 10 倍左右。随后人们又陆续合成了多种有机磷制剂和氨基甲酸酯类杀虫剂。这些新类型的合成有机杀虫剂是如此的高效，以致多数人认为害虫防治的问题基本上解决了。只要用好它们，就可以消灭掉所有的害虫。

但是这一乐观的情景很快就破灭了。由于家蝇对 DDT 产生了抗性，在不到 10 年中，DDT 对它们十分有效逐渐变得基本无效，许多其他害虫也对 DDT 及其他一些有机杀虫剂产生了抗性。

同时出现的另一个问题就是这些新杀虫剂并不是对人畜、对其他动物完全无害的。有些杀虫剂的化学成分十分稳定，在环境中滞留很久，因此造成了环境的污染。它们的残留物杀死了自然界的鱼类、鸟类、节肢动物等，从而破坏了生态平衡。

除了这两个问题外，还有第三个问题。这个问题从害虫防治本身的角度来看，更为严重。这就是在施用了这些杀虫剂之后，害虫会再度发生，而且比原来发生的程度更为严重。这种现象称为“再增猖獗”。产生这种现象的原因在于这些杀虫剂具有广谱性，它不但杀死害虫，同时也杀死害虫的天敌。当天敌被杀死后，害虫就失去了自然控制，在再度繁殖时由于天敌的缺少，因而增殖得比原来的数量更多。

伴随而来的还有第四个问题，那就是由于这些杀虫剂的广泛应用，使一些本来危害不严重的害虫上升为主要害虫。这也是由于这些杀虫剂的广谱性，天敌被杀死的缘故。

在害虫防治史上，有机杀虫剂的出现带来的一次革命，大大提高了防治害虫的效率。到今天，我们必须承认，它们是有功的。但是由于以上种种问题，它所获得的经济效益已大为减少。有人把这类新杀虫剂的问题归结为 3 个“R”，即害虫抗性 (resistance)、药剂残毒 (residue) 和再增猖獗 (resurgence)。

显然，DDT 等这一类新杀虫剂还是有效的，问题在于如何避免其不良副作用。这些不良副作用多数是由于用药过多、过频，甚至滥用所造成的。因此要尽量减少杀虫剂的应用，但更重要的是考虑构建新的害虫防治策略。从 20 世纪 60 年代以后，有 3 个新的防治策略被提出来，其中第三个策略是在前两个策略的基础上发展而来。这 3 个策略是：

害虫综合治理 (integrated pest management)，简称 IPM；

全部种群治理 (total population management)，简称 TPM；

大面积种群治理 (area-wide population management)，简称 APM。

这 3 个策略有它们的共同点，即都企图改变及消除单独依赖杀虫剂的不良副作用，都主张各种防治方法的配合等，但是在基本哲学及具体策略上却有很大的差别。它们各自适用的对象害虫有所不同，各有其特点，现简述如下。

(二) 害虫综合治理 (IPM)

IPM 是 1966 年在联合国粮农组织 (FAO) 及生物防治的国际组织 (IOBC) 联合召开的会议上提出的, 当时使用的名称是害虫综合防治 (integrated pest control, 简称 IPC), 其定义为: “害虫综合防治是一套害虫治理系统, 这个系统考虑到害虫的种群动态及其有关环境, 利用所有适当的方法与技术, 以尽可能互相配合的方式, 来维持害虫种群达到这样一个水平, 即低于引起经济损害的水平。”

1972 年在美国召开的环境质量会议 (CEQ) 上改为 IPM, 其含义相同。其后又有很多学者对 IPM 下过定义, 其含义基本相同。

从系统学的观点出发, 可将害虫综合治理的含义概括如下:

“害虫综合治理是根据生态学的原理和经济学的原则, 选取最优化的技术组配方案, 把害虫的种群数量较长时间地控制在经济损害水平以下, 以获取最佳的经济效益、生态效益和社会效益。”

由此可以看出, IPM 有以下几个特点: ①不仅考虑防治的经济效益, 还要考虑生态效益 (生态平衡) 及社会效益; ②把害虫作为生态系统中一个组分, 通过调节及控制生态系统中各个组分来达到控制害虫种群数量的目的; ③容忍哲学, 即允许少量不造成经济危害的害虫存在, 不要求彻底消灭害虫; ④各种防治方法的协调配合, 而各种防治方法又必须与自然控制因素相协调。

害虫综合治理提出了两个概念, 即经济损害水平 (economic injury level, EIL) 和经济阈值 (economic threshold, ET) (图 0-1)。

经济损害水平有两种解释: 一种是“能造成经济损失的害虫最低种群密度”, 达到这一水平时, 已经造成危害, 因此不能允许害虫种群达到这个数量; 另一种解释为: “一个临界的害虫密度, 在这个密度时实施人工防治的成本刚好等于由于防治而得到的经济效益。”

决定经济损害水平因素有防治费用 (包括人工成本、机械损耗、物资费用)、产品单价、每头害虫所造成的产品损失以及防治效果等。可用公式表示如下:

$$\text{经济损害水平}(EIL) = \frac{P_i + A + B}{P_c I E}$$

式中: P_i ——防治物资费用 (元/kg);

A ——防治人工成本 (元/kg);

B ——机械损耗 (元/kg);

P_c ——产品单价 (元/kg);

I ——每头害虫引起的产品损失 (kg/头);

E ——防治效果 (%)。

有了经济损害水平作为依据, 结合害虫发展趋势的分析, 就可以确定害虫的经济阈值。经济阈值也是一个害虫密度, 在此密度时应实施防治, 以防止害虫种

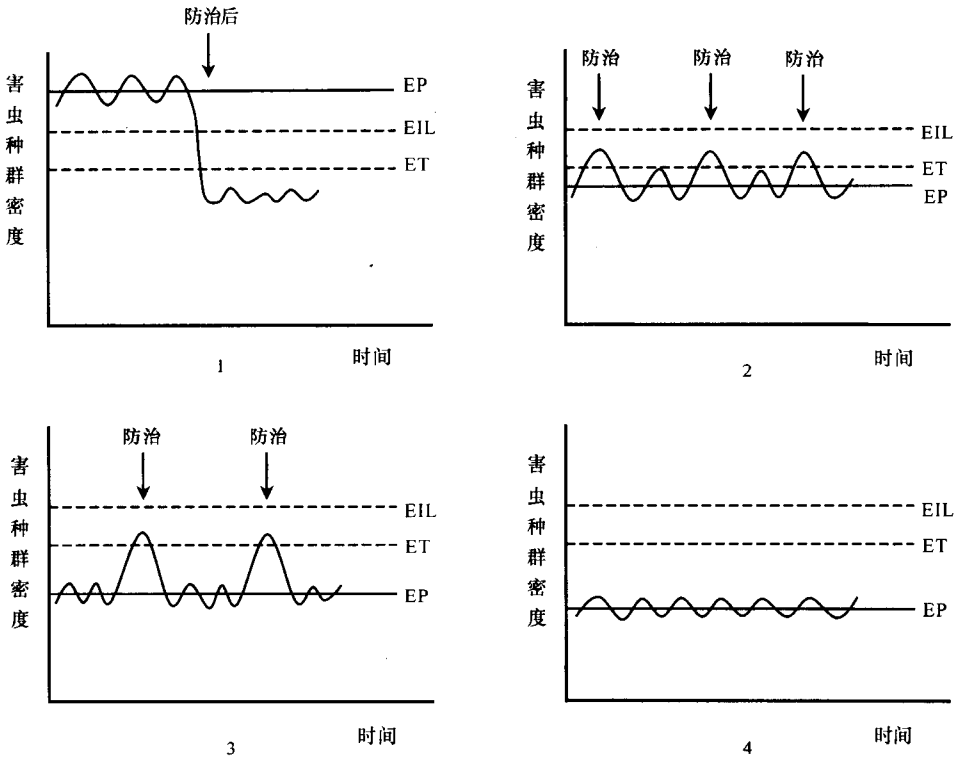


图 0-1 害虫危害与经济损害水平及经济阈值的关系
1、2、3、4 代表四种不同害虫类型（说明见正文）

群数量超过经济损害水平，造成损失。简言之，经济阈值就是在经济损害水平的基础上加上适当的保险系数，即稍低于经济损害水平。因此，这是一个报警水平，此时进行防治，费用一定小于收益；如果达到经济损害水平再去防治，费用就会超过收益。实际上，要精确地确定经济阈值还要考虑多方面的因素，还是一个比较复杂的问题。

根据经济损害水平的第一种解释，储藏物害虫的经济阈值应为零，因为只要储藏物中有一头害虫存在就会造成储藏物的损失。这与农业害虫不同，因为在作物上有少量的害虫存在并不一定会造成损失（如减产）。对于储粮害虫，IPM 的容忍哲学的防治策略是否合适有不同见解。一方面，因消费者对于粮食的要求是没有一个害虫；另一方面，由于粮仓害虫的自然控制因素极弱，不可能完全依赖天敌来控制残存的害虫，这似乎也就不需要容忍少量害虫的存在来维持自然控制。因此多数人认为这个观点不适用于粮仓害虫。

而根据经济损害水平的第二种解释，储藏物害虫的经济阈值不一定为零，其具体数值的确定需考虑经济、社会等多种因素。因此，经济阈值不是恒定不变

的，它随着环境条件、害虫种类及其危害程度、产品的价值变化等因素而改变。

为了研究分析害虫在生态系统中的地位，确定其是否有害，还要考虑害虫的平衡位置。所谓平衡位置（general equilibrium position，EP）就是在自然条件下，害虫较长时间内的平均种群密度。

根据害虫的经济损害水平、经济阈值和平衡位置的分析，可以把生态系统中的害虫划分为4类：第一类是平衡位置长期处在经济损害水平以上的（图0-1, 1）；第二类是平衡位置通常处在经济阈值附近的（图0-1, 2），这两类均划分为主要害虫；第三类是平衡位置有时达到经济阈值的，称为偶发性害虫（图0-1, 3）；第四类是平衡位置长期处在经济阈值以下的，称为潜在害虫（图0-1, 4），后两类划为次要害虫。

（三）全部种群治理（TPM）

这个策略是20世纪60年代末、70年代初在释放不育性雄虫防治害虫试验成功的基础上提出来的，它以“消灭哲学”为基础，主张在大面积上彻底消灭一种害虫。

E. F. Knipling在美国的得克萨斯州利用释放不育雄虫防治羊皮螺旋蝇 *Cochliomyia hominivorax* 获得了成功。这同所有以前的防治方法都不相同，它不是化学防治，严格讲也不是生物防治，而是利用害虫本身的一种生理特性（生殖不育性）来防治害虫。但是其效果竟如此有效，竟然把这种害虫彻底消灭了，在害虫防治史上揭开了新的一页。

TPM与IPM的第一个差异是“消灭哲学”与“容忍哲学”的差别。应该指出，这两个策略是对付两类不同的害虫的。对于农林害虫，允许它们少量存在，只要它们不造成经济危害是可以容忍的。但是对于蚊、蝇、虱、蚤类等害虫，它们也许可称为“真正的害虫”，它们是不应允许与人共存的。因此，对于第一类害虫，一般主张可用IPM的策略，而对于第二类害虫，不但大家同意彻底消灭它，并且IPM的支持者也认为应该彻底消灭，因为用他们的话说，这些害虫的经济阈值等于零，每一个害虫都可能造成极大的损害。

对于储藏物害虫，它们应该属于哪一类呢？可能它们处于中间状态，可以容忍它们在自然界存在，但又不能容忍它们在粮食中的存在，在粮食中，人们偏向于把它们彻底消灭。

TPM和IPM的第二个差别就是对于经济效益、社会效益及生态效益的着重点不同。IPM除了注意经济效益外，还强调生态效益和社会效益。TPM虽然也注重生态效益和社会效益，但是它们对于经济效益看得更重。

TPM和IPM的第三个差别是对生物防治及化学防治（以及物理防治）的看法不同。IPM的支持者因为着重自然控制因子，不主张用化学防治法及物理防治法。因而，他们偏重于生物防治。TPM的支持者却正相反，他们承认化学防治有一些不良的副作用，要进行改进。但是他们认为，化学防治法乃是害虫防治

武器库中目前最为有效的武器，从消灭害虫这一要求来考虑，生物防治基本上是无效的。

从防治储藏物害虫来考虑，自然控制的作用较小，就是用生物防治法，一般防治效果也不够理想。目前主要的防治方法是化学防治和物理防治，生物防治法只能作为辅助的手段。从这一点来考虑，储藏物害虫的防治似乎更适宜用 TPM 的策略。

最后，这两个策略还有一点差别，即 IPM 着重于生态学原则，而 TPM 着重于防治技术的改进。IPM 更多考虑到维持生态多样性，它们只要求操纵及改变生态系统中的各组分，达到一个新的生态平衡，在新的生态平衡中，害虫种群被抑制到不危害水平。TPM 却不是如此，由于它们要求彻底消灭害虫，因此它们要求防治新技术的发展。所以，有人说 IPM 从防治技术的发展这一点来看不是进步的，但是它们的进步在于在防治策略上应用了生态学原则。

对于储藏物害虫来说，既要用生态学原则来指导防治工作，也需要更新、更有效的防治技术。对于储藏物害虫，近年来电离辐射、加速电子、光能灭虫及低真空防治等方法正在试验中，这反映了人们正在对新的、更有效的防治储藏物害虫的方法进行探索，这些方法如获得成功，必将为彻底消灭储藏物害虫开辟一个新的途径。

(四) 大面积种群治理 (APM)

20 世纪 80 年代初，提出了一个新的害虫防治策略，它综合了以上两个策略叫做大面积种群治理 (APM)。提出的根据是 IPM 和 TPM 策略都有其优缺点，可以综合考虑，从而形成一个更实用的防治策略。

APM 既主张用生态学原则指导害虫防治，也同意用系统分析法决定经济阈值，作出防治决策。因此，在这些方面它与害虫综合治理是相同的。但是在防治的哲学基础方面，它却是主张消灭哲学，它承认目前对多数农作物害虫，彻底消灭还不易做到或不可能，因此它提出的是尽量消灭害虫。当达到经济阈值时要防治，而防治要尽量彻底，也就是不仅要求害虫数量达到不危害水平，而且要尽量做到尽可能地彻底消灭。

对于储藏物害虫来说，APM 这一新策略似乎更为实用。要应用生态学原则来防治害虫，在决定是否防治及如何防治时，要应用系统分析法来确定经济阈值及作出决策的选择。但是，在防治时要尽量消灭害虫，减少危害，取得最大的经济效益。从上面的讨论中已经可以看出，对于粮仓害虫的防治，用这一策略是最为合适的。

最后必须指出，害虫防治的历史经历了许多阶段，新策略的提出往往是由于新的防治技术的出现。反过来，策略的改变也促使防治技术的改变。害虫综合治理这一策略的提出推动了生物防治法及抗虫品种等非化学防治法的发展。因此，防治策略与方法是相互影响的，但新技术的发展是更主要的因素。随着新技术的