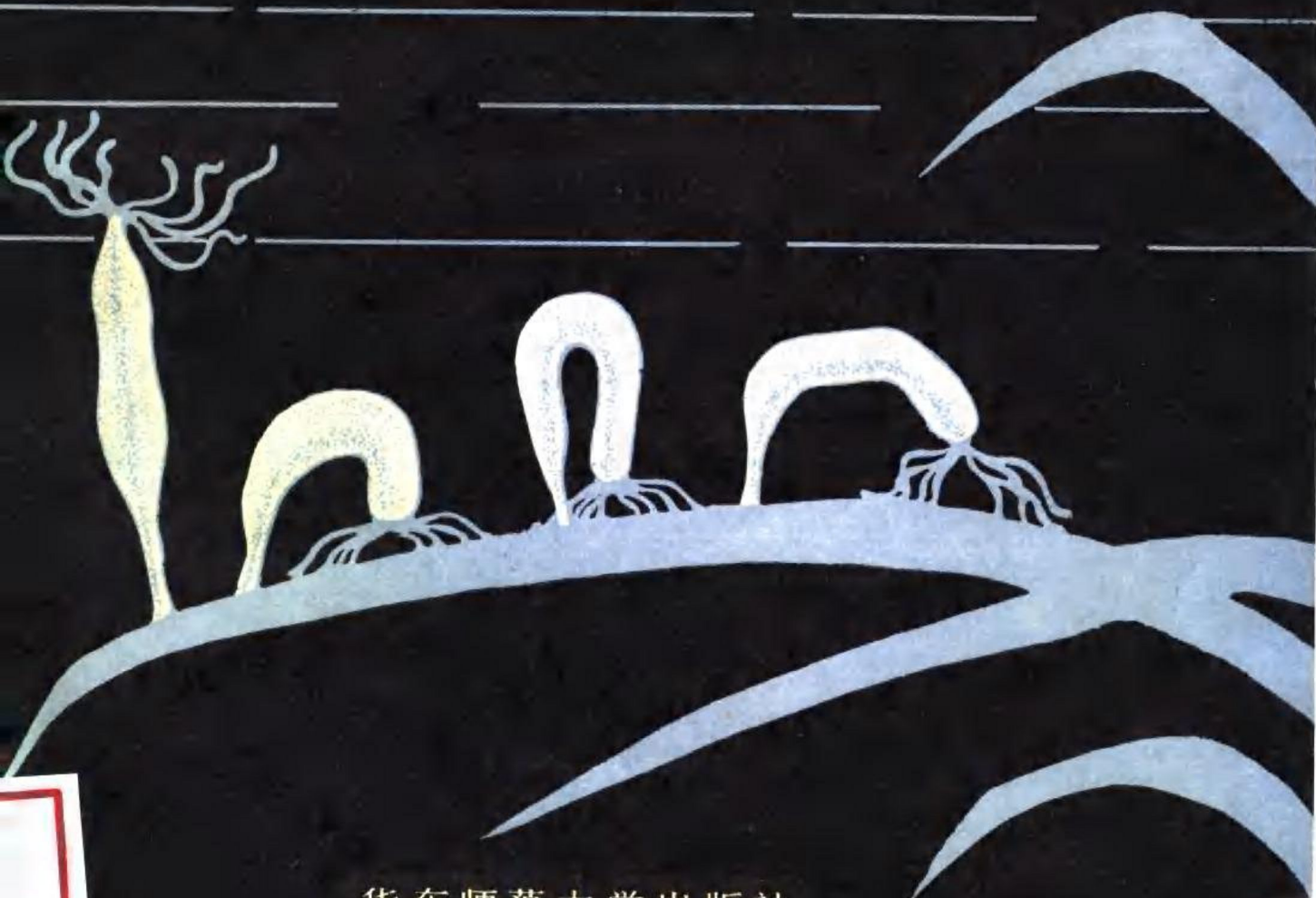


无脊椎动物学

堵南山等 编著



华东师范大学出版社

内 容 简 介

本书与依据教学大纲编写的同类教材不同，内容的繁简根据各门动物种类的多少以及与人类的关系安排。全书以系统发生为脉络，除阐述各门动物的形态、机能与分类外，还着重介绍它们的生物学学习性。在编写过程中，作者根据多年来的研究和教学经验，特别注重如何调动青年学生的学习积极性，因此，在内容和文字上都作了一些相应的努力。这样，也就使得本书十分适于自学。

本书可作综合性大学与师范院校生物学系的教材或参考用书。

无 脊 椎 动 物 学

堵南山 赖伟
邓雪怀 朱振勤 编著
陈炳良

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路3663号)

新华书店上海发行所发行 上海译文印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：24 字数：590千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数：1—3,500本

ISBN 7-5617-0234-5/Q·005 定价：4.80元

前 言

对如何编写无脊椎动物学的教材,多年来存在着两种不同的意见,一部分同志认为应依据动物分类系统的体系来编,这样的教材内容比较具体,学生容易接受。但另一部分同志却主张按照动物生物学的体系来写,认为这样理论性强,有利于高质量地培养学生。少数同志甚至强调依据动物分类系统编写的教材是陈旧的,只能按照动物生物学的体系来编写,才能体现动物科学的新面貌。实则这两种体系各有优缺点,至于那一种体系陈旧,那一种体系新颖的说法,我们认为是不够妥当的。本教材对上述两种体系兼收并蓄,或许既便于学生的接受,又有利于教学质量的提高。

任何教材都该传授有关学科的知识 and 理论,但如何传授却还存在着不少问题。如果不抓住内在的联系,而只简单地罗列内容,这样的教材学生学习以后,虽然也有所获,但必然学得不活、不深。例如阐述节肢动物门时,只是孤立地罗列特征、分述结构呢?还是抓住这些特征和结构的内在联系?节肢动物由海洋登上陆地,在漫长的演化历程中,取得巨大的胜利开拓了陆上广阔的生境,绝大多数变成陆栖种类。它们所具备的坚实的外骨骼,书肺、气管等空气呼吸器,发达的附肢以及可在开阔的空间飞翔的翅等都密切与登陆相关;节肢动物的各种特征和结构是它们对陆上生活适应的结果。如果教材能抓住这种内在联系,或者说,教材依循这条线脉,将内容综合贯穿起来,开拓学生的思路,使之透澈理解教材内容,进而对本学科有较深的认识,并发生浓厚的兴趣。

编写某门学科的教材是为了学生的学习,因此首先就得引起学生对该门学科的兴趣。我们坚信青年学生都有远大的抱负,对人类、对祖国肩负着重大的责任,他们一旦领悟了该门学科对我们的生活、健康、环境、精神文明和经济建设等的重要意义以后,必然会加倍努力,积极学习。本教材绪论一章,尤其在论述无脊椎动物与国民经济关系的部分,内容较为丰富,其目的就在于引起学生的兴趣,调动学习的积极性。这部分内容教师只须择要讲解,学生可进行自学。

教材与参考书理应有所不同,前者内容要精炼,切忌繁琐,哪些该多多阐述,哪些可略而少写或不写,我们认为都应遵循上面提到的内在线脉来加以剪裁。清代书画家郑板桥,擅画兰竹,他积累了几十年绘画的经验,深切感到要创造一件上好的艺术品,必须“冗繁削尽留清瘦”。把郑板桥的这句诗移来作为编写教材的一个重要准则,倒也十分妥贴。

作为教材出版,文字的润色是十分重要的。行文要通顺简练;能使学生像读文学作品那样有美的感觉,那自然更为理想了。对教材中一些复杂的结构、现象、理论等尤其要写得言简意赅,使学生获得明确的概念。

以上所说,是我们对教材编写的一些看法;在编写本教材过程中,虽然按照这些看法作了一番努力,但囿于水平,还远远不够,热诚期待着读者的批评和指正!

堵南山

1988年于华东师范大学生物学系

目 录

第一章 绪论 1	(四)珊瑚礁及其形成..... 96
一、无脊椎动物的涵义..... 1	三、分类..... 99
(一)动物分类..... 1	(一)水螅纲..... 99
(二)动物界的演化..... 3	(二)钵水母纲..... 105
二、无脊椎动物与国民经济..... 5	(三)珊瑚纲..... 107
(一)有益无脊椎动物及其开发利用..... 5	第五章 扁形动物门 112
(二)有害无脊椎动物及其防治..... 18	一、形态与机能..... 112
第二章 原生动物门 31	二、生物学..... 121
一、形态与机能..... 31	(一)生殖..... 121
二、生物学..... 37	(二)发育..... 122
(一)生殖..... 37	(三)分布..... 128
(二)群体..... 40	(四)共栖、共生和寄生..... 130
(三)营养..... 43	三、分类..... 130
(四)包裹..... 43	(一)涡虫纲..... 131
(五)分布..... 44	(二)吸虫纲..... 132
三、分类..... 45	(三)绦虫纲..... 134
(一)鞭毛虫纲..... 45	(四)中生动物纲..... 137
(二)肉足虫纲..... 51	第六章 线形动物门 140
(三)孢子虫纲..... 57	一、形态与机能..... 140
(四)丝孢子虫纲..... 62	二、生物学..... 147
(五)纤毛虫纲..... 64	(一)发育..... 147
第三章 海绵动物门 70	(二)生活习性..... 148
一、形态与机能..... 70	三、分类..... 150
二、生物学..... 73	(一)轮虫纲..... 150
(一)分布..... 73	(二)腹毛纲..... 153
(二)生殖和发育..... 74	(三)线虫纲..... 155
三、分类..... 76	第七章 环节动物门 161
(一)钙质海绵纲..... 76	一、形态与机能..... 161
(二)硅质海绵纲..... 77	二、生物学..... 173
第四章 腔肠动物门 80	(一)生殖..... 173
一、形态与机能..... 80	(二)发育..... 177
二、生物学..... 91	(三)生活习性..... 178
(一)生殖和发育..... 91	三、分类..... 179
(二)世代交替..... 93	(一)多毛纲..... 179
(三)分布..... 95	(二)生殖带纲..... 181

第八章 软体动物门	186	(一)头虾亚纲.....	271
一、形态与机能.....	186	(二)鳃足亚纲.....	272
二、生物学.....	203	(三)介形亚纲.....	272
(一)生殖.....	203	(四)须虾亚纲.....	274
(二)发育.....	203	(五)桡足亚纲.....	274
(三)分布.....	206	(六)鳃尾亚纲.....	276
(四)摄食.....	206	(七)蔓足亚纲.....	277
三、分类.....	207	(八)软甲亚纲.....	279
(一)多板纲.....	207	第四节 多足纲	294
(二)无板纲.....	208	一、形态与机能.....	294
(三)单板纲.....	208	二、生物学.....	300
(四)腹足纲.....	208	(一)生殖.....	300
(五)瓣鳃纲.....	214	(二)发育.....	301
(六)掘足纲.....	220	(三)分布与食性.....	302
(七)头足纲.....	220	三、分类.....	303
第九章 节肢动物门	223	(一)唇足亚纲.....	303
第一节 概论	223	(二)前殖亚纲.....	305
一、结构模式.....	223	第五节 昆虫纲	306
二、分类.....	235	一、形态与机能.....	306
(一)有爪纲.....	235	二、生物学.....	331
(二)肢口纲.....	236	(一)生殖.....	331
(三)蛛形纲.....	237	(二)发育与变态.....	333
(四)甲壳纲.....	237	(三)世代.....	338
(五)多足纲.....	237	(四)摄食.....	338
(六)昆虫纲.....	237	(五)多态现象.....	339
第二节 蛛形纲	238	(六)迁飞.....	342
一、形态与机能.....	238	三、分类.....	344
二、生物学.....	244	(一)无翅亚纲.....	344
(一)生殖与发育.....	244	(二)有翅亚纲.....	346
(二)分布.....	246	第十章 棘皮动物门	359
(三)纺丝与织网.....	247	一、形态与机能.....	359
三、分类.....	250	二、生物学.....	372
第三节 甲壳纲	256	(一)生殖与发育.....	372
一、形态与机能.....	256	(二)分布.....	373
二、生物学.....	265	三、分类.....	373
(一)生殖与世代交替.....	265	(一)海百合纲.....	374
(二)变态.....	266	(二)海星纲.....	374
(三)分布.....	268	(三)蛇尾纲.....	374
(四)昼夜垂直移动.....	268	(四)海胆纲.....	375
(五)洄游.....	269	(五)海参纲.....	376
三、分类.....	270		

第一章 绪论

无脊椎动物是体内无脊椎、除脑外中枢神经系统均位于消化管腹侧的一类低等动物。它种类多，数量大，分布广，与人类关系十分密切。

一、无脊椎动物的涵义

(一) 动物分类

动物界是一个十分庞大的王国，据目前所知，现存动物约有150万种；已经绝灭的古动物（化石动物）那就更多了，估计约700万种。动物学家将种类这样丰富的动物根据形态的异同，分门别类，编列成所谓动物分类系统。动物分类系统不仅简单的显示动物种类间形态的同一和差异，还同时表明动物的亲缘关系，反映动物界在前后接续的历史长河中系统发生的演化历程。各种不同的动物各有不同的形态，而同一类群的动物在形态上又往往有许多相同之处。这些形态的同一和差异不是人为地排列与组合的结果，而是动物界历史事实的反映。在演化过程中，亲缘关系比较密切的动物，其形态同一大而差异小；反之，亲缘关系比较疏远的动物则同一小而差异大。

种是动物分类系统中最基本的阶元，在形态上具备一定的特徵，因此种与种可以相互区别；同时每个种在地球上都占有一定的分布区。种内个体之间可以相互交配而生殖后代，但种与种之间在生殖上却相互隔离，也就是说，在自然条件下这一种的个体不能与别一种的个体交配生殖，即使人工使之杂交，所产子裔也都无生育能力。恩格斯十分重视种的概念，他认为生物科学的一切部门都需要以种的概念作为基础。但种并不是固定不变的，在演化过程中，种内个体间出现无数差异，当这些差异增大到突破种的性状时，就可能形成新种。

在分类系统中，比种高一级的阶元是属，属由具备共同特徵的种集合而成。进一步，具备共同的重要特徵的属再组合成科，科又组合成目，目向上便组合成纲，最后纲组合成为门。在这些分类阶元之外有时还建立亚种、亚属、亚科、亚目、亚纲与亚门以及总种、总目与总纲等。总之，门是最大的分类阶元，而种是最小的分类阶元；种以下的亚种是地方性种群的集合体。一般采用的分类阶元如下：

界 Kingdom
门 Phylum
亚门 Subphylum
总纲 Superclass
纲 Class
亚纲 Subclass
总目 Superorder
目 Order

亚目 Suborder
 总科 Superfamily
 科 Family
 亚科 Subfamily
 属 Genus
 亚属 Subgenus
 种 Species
 亚种 Subspecies

动物各个分类阶元国际上通用拉丁文命名，各个分类阶元的拉丁文名称叫做学名 (science name)。亚属以上所有各个阶元都只用一个拉丁文命名，例如Arthropoda (节肢动物门)、Crustacea (甲壳纲)、Decapoda (十足目)、Palaemonidae (长臂虾科)、Palaemon (长臂虾属) 以及 *Exopalaemon* (白虾亚属) 等，但种名 (specific name) 却由两个拉丁文组成，前一个就是该种动物所统隶的属名，而后一个是种本名 (specific trivial name)，例如 *Eriocheir sinensis* (中华绒螯蟹) 中的 *Eriocheir* (绒螯蟹属) 是属名，而 *sinensis* 则为种本名。至于亚种名则由三个拉丁文组成，除属名和种本名外，还有第三个拉丁文是亚种本名 (subspecific trivial name)，例如 *Epilachna sparsa orientalis* (酸浆瓢虫)。这里附带的提出两点，请加以注意：第一，种名下可附加命名者的姓名，例如 *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards，这并没有改变种名的双名法，因为附加的命名者姓名并不是种名的组成部分。第二，亚属名也不作为种名的组成部分，但应加括号。例如秀丽白虾的学名为 *Palaemon (Exopalaemon) modestus*，其中 *Exopalaemon* 这一亚属名已用括号表示从组合中提出。可见同由三个拉丁文组成的学名，其中有无括号，意义就大不相同，有括号的是种名，无括号的为亚种名。

动物学家将约150万种现存动物分为许多门，但各家意见不一，有的将单细胞的原生动物就分为不少门，还有的将甲壳纲等门以下的分类阶元提升为甲壳动物门等，我们则按照大多数学者的意见划分为下列19门：

①原生动物门 (Protozoa)	30000种
②海绵动物门 (Spongia)	5000种
= 多孔动物门 (Porifera)	
③腔肠动物门 (Coelenterata)	10000种
④栉水母门 (Ctenophora)	90种
⑤扁形动物门 (Platyhelminthes)	10000种
⑥纽形动物门 (Nemertinea)	400种
⑦线形动物门 (Nemathelminthes)	15000种
⑧棘头动物门 (Acanthocephala)	500种
⑨环节动物门 (Annelida)	13000种
⑩软体动物门 (Mollusca)	130000种
⑪节肢动物门 (Arthropoda)	1100000—1200000种
⑫苔藓动物门 (Bryozoa)	4000种
⑬腕足动物门 (Brachiopoda)	250种

⑭扁虫动物门 (Phoronida)	10种
⑮毛颚动物门 (Chaetognatha)	50种
⑯棘皮动物门 (Echinodermata)	6000种
⑰须腕动物门 (Pogonophora)	70种
⑱半索动物门 (Hemichordata)	50种
⑲脊索动物门 (Chordata)	60000种

在上列前十八门动物以及脊索动物门的一小部分种类中，体内都无脊椎，除脑外中枢神经系统均位于消化管的腹侧，这一大类动物合称为无脊椎动物 (Invertebrate)。我们将择其中重要的九门，分章论述于后。

(二) 动物界的演化

原生动物是动物界最低等的一门动物，这是大家所公认的，但关于原生动物的祖先究竟是怎样的这一问题却各有不同的看法。有的动物学家认为肉足虫纲，特别是其中的变形虫目，构造最简单，是原生动物门中最原始的类群，原生动物的祖先可能就与这一类群近似，但肉足虫纲进行着异养性营养，以伪足摄取细菌和单细胞的动植物为食，不可能最早出现。有的动物学家则认为鞭毛虫纲中的绿色鞭毛虫最原始，因这类鞭毛虫体内含有叶绿体，能利用无机物质进行自养性营养。但叶绿体的构造和化学组成都十分复杂，最早出现的原生动物中不可能形成这样复杂的胞器。古代的绿色鞭毛虫可能演化成现代的植物界，但不能就视为这是原生动物的祖先。就生命的起源而言，在细胞形成之前，地球上已存在复杂的有机物质以及细胞前期的生活物质，最早的原生动物不一定藉无机物质存活，它们可从周围环境中摄食溶解在水里的有机物质，也就是说，原始原生动物的营养方式类似现代原生动物的腐食性营养，而鞭毛虫纲中的无色鞭毛虫就以这种营养方式为主，在污水中通过体表直接从外界吸收有机物质。同时，肉足虫纲与孢子虫纲在其生活史的每个阶段，都具备鞭毛。这些事实都足以说明原生动物的祖先很可能与现代腐食性的无色鞭毛虫相类似；原生动物这样的祖先称为原鞭毛虫 (*Protomastigophora*)。它们在水中过着异养性生活，摄食周围环境中的有机物质。有些原鞭毛虫可能摄获了一些蓝藻，这些蓝藻在原鞭毛虫体内不但没有被消化，反而共生其中，变为色素体。这种带有色素体的鞭毛虫就开始自己制造食物，后来就演化成为有色素体的原生动物和单细胞植物，而无色素体的原鞭毛虫则发展成为无色素体的原生动物，可见原鞭毛虫不仅是原生动物的，也是动植物的共同原始远祖。

多细胞动物在个体发育之初也只是一个细胞——受精卵，同时体内有些细胞具有鞭毛、纤毛或伪足，这些事实都显示多细胞动物与原生动物在系统发生上的联系。多细胞动物起源于原生动物，这是无可置疑的，但多细胞动物的原始祖先究竟是怎样的？关于这个问题，却众说纷纭，莫衷一是。海克尔 (E. Haeckel 1834-1919) 认为多细胞动物的祖先很象多细胞动物个体发育过程中由囊胚内陷而成的原肠胚，他将这种假想的动物称为原肠虫 (*gastrea*)。原肠虫有口和原肠，体壁由外胚层和内胚层两层细胞构成，现存的海绵动物和腔肠动物还保持着这种近似于原始祖先的形态。但梅契尼科夫 И. И. Мечников (1845—1916) 指出由内陷而形成的原肠胚出现较迟，因此多细胞动物的原始祖先不可能是原肠虫。他认为比较原始的原肠胚的形成方式是移入，囊胚一部分细胞进入内部，形成内胚层，具有吞噬机能；胚胎内部并不出现象原肠那样的空腔。多细胞动物的祖先理应

比原肠虫还要原始，近似通过移入方式形成的那种原肠胚，也就是一种内无空腔的细胞团，其内胚层细胞具有吞噬机能。梅契尼科夫称这种假想的原始祖先为无腔胚虫 (*Loricochymella*) 或吞噬虫 (*Phagocytella*)。

虽然多细胞动物的祖先究竟是怎样的，目前还难下定论，同时许多原始的多细胞动物可能也都已灭亡，但从现存动物中我们仍然可以清楚地看出多细胞动物有两个不同的演化方向，其一，由近似现代动鞭毛虫亚纲的类群演化成为海绵动物。现代动鞭毛虫亚纲中领鞭毛虫目 (*Choanoflagellata*) 的大部分种类形成群体，各个体具备鞭毛和领，不仅形态近似海绵动物的领细胞，就是营养方式也完全一样。这一目中的原绵虫属 (*Proterospongia*) 所形成的群体很象海绵，外周为领细胞，中央为变形细胞。海绵动物与原生动物领鞭毛虫目显然有较近的亲缘关系，但与其他多细胞动物的亲缘关系却较疏远，它在形态结构以及个体发育上显然不同于其他多细胞动物。海绵动物在演化进程中好象是一条闭锁的小道，进化到此为止。其二，腔肠动物并非起源于海绵动物，是由近似现代植鞭毛虫亚纲的类群演化而成的，再由此演化成为其他更高级的多细胞动物。

腔肠动物象海绵动物一样，也是现代多细胞动物最原始的类群，还停留在身体只由内外两个胚层形成而没有真正器官的阶段。近似腔肠动物甚至也可归入腔肠动物的栉水母则较进化，除内外胚层外，出现中胚层芽，身体左右辐射对称，有些种类如扁栉虫属 (*Ctenoplana*) 与腔栉虫属 (*Coeloplana*) 等背腹扁平，匍匐爬行，有朝扁形动物发展的趋向，通过栉水母的存在，推测腔肠动物可能与原始两侧对称动物有共同的远祖，由这远祖再演化成为两条主枝，即原口动物 (*Protostomia*) 与后口动物 (*Deuterostomia*)。所谓原口动物也就是在胚胎发育中成熟个体的口由胚胎的原口变成的一类三胚层动物，其中扁形动物血缘关系与腔肠动物最密切，不仅因为近似腔肠动物而可归入腔肠动物的栉水母有朝扁形动物发展的趋向，同时另一方面，扁形动物中最原始的一纲即涡虫纲也保留了许多腔肠动物的特性，例如口兼肛门以及神经系统有辐射对称的趋势等。至于扁形动物其余两纲，即吸虫纲与绦虫纲，显然都由涡虫纲演化而来，不过适应于寄生生活而已。环节动物无疑的由扁形动物演化而来，在涡虫纲的有些种类中肠的分枝与生殖腺等已出现分节现象，同时另一方面，环节动物中有些海洋种类的幼体即担轮幼体 (*trochophore larva*) 具有焰细胞，并且幼体的形态和海洋涡虫的幼体即牟勒氏幼体 (*Muellers larva*) 也颇近似。软体动物和节肢动物都是由环节动物演化来的，只不过软体动物较早从环节动物中分化出来，因此产生了许多次生性的徵状。环节动物与软体动物不仅在个体发育上如卵裂方式和幼体形态等有不少类似之处，就是成体的结构也颇相近，例如都有真体腔和后管肾等。但这两门动物朝着不同的方向发展，环节动物趋向于比较活动的生活方式，因此身体分节，运动器官发达，而软体动物则趋向较不活动的生活方式，身体分节现象消失，具有笨重的介壳等。至于节肢动物，上面已经提到虽然也由环节动物演化而来，并且在个体发育与形态结构上仍然保持着许多近似于环节动物的特点，但比环节动物要高等得多，身体异律分节，有分节的附肢，感觉器官和神经系统高度发达，适应性能增强。这门动物成了动物界分布最广、种类最多的一个大类群。线形动物的演化到目前为止，还很不清楚，由于有此种类型具有和涡虫相类似的原管肾，因此有的动物学家认为线形动物与扁形动物有较近的亲缘关系。纽形动物已发生分节现象，似与环节动物近缘。棘头动物与其他原口动物的亲缘关系尚未明瞭，它在动物界的位置还颇多争论。

所谓后口动物也就是在胚胎发育中原口或者变为成体的肛门，或者封闭，而在相反一端另由外胚层内陷形成口的三胚层动物。其中毛颚动物营浮游生活，形态十分特殊，无疑是一个古老的动物类群，它可能由较大而复杂的类群残遗形成。须腕动物也是很早就已分化出来的类群，但适应于固着生活。棘皮动物是后口动物中最古老的一支，在地质时代曾经盛极一时，但其中不少种类目前已绝灭。这门动物与其他绝大多数无脊椎动物很少类似之处，通过半索动物的存在，反而可以推断棘皮动物与脊索动物具有较为密切的亲缘关系。这两门动物成体都具备由中胚层发育而来的内骨骼，在个体发育上口的形成也相似。同时棘皮动物中如海参纲的短腕幼体 (auricularia) 不仅与半索动物，也与脊索动物中尾索动物的柱头虫幼体 (tornaria) 相似。半索动物种类不多，关于它的分类地位，长期以来，争议很多。它一方面具备脊索动物的性状，如有口索 (stomochord) 和咽鳃裂 (pharyngeal gill slits) 等，但另一方面它没有真正的脊索 (notochord)，并且还具有一些与无脊椎动物相同的性状，因此半索动物宜作为无脊椎动物中的一个门。尤其值得注意的是半索动物与棘皮动物的关系，两者均是后口动物，中胚层都以腔肠法由原肠凸出形成，柱头虫幼体和短腕幼体十分相似，因此这两门动物可能由共同的祖先演化而来。

苔藓动物、腕足动物以及帚虫动物三者的位置至今还很难确定，一方面它们都有近似担轮幼体的幼体，理应归入原口动物，但另一方面，它们却又具备后口动物的特点，例如辐射卵裂等，因此通常认为它们是介乎原口动物与后口动物之间而相互又独立的三个小类群。

根据以上论述，可知地球上现存的一切动物，都是在地质时代已经出现的动物的后代。每个动物种或每个动物类群之间都有或亲或疏的血缘关系，这个种和那个种或这个类群和那个类群都起源于共同的原始祖型。每个种或每个类群遵循着自己的发展规律，从无到有，从简单到复杂，从低级到高级逐步演化，这是动物界发展的规律。根据这些规律，我们用树状的图表来列示动物界各类群的发生和发展以及类群之间的亲缘关系，这样的图表称为系统树 (phylogenetic tree)。系统树的根部或分支处代表共同的祖先，从根部或主干发出的分枝代表不同进化水平的动物类群，上部的分枝代表较高等的动物，下部的分枝则代表较低等的动物 (图1·1)

二、无脊椎动物与国民经济

(一) 有益无脊椎动物及其开发利用

无脊椎动物种类多、数量大，遍布在地球各个角落，和我们人类关系十分密切。根据对人类的利害关系，无脊动物可分有益与有害两大类。但这样的划分是相对的，而不是绝对的，例如蜈蚣尽人皆知能分泌毒液，咬螫伤人，但另一方面，也可作为药物，医治一些疾病。现在先讲有益无脊椎动物；它们对人类所起的作用主要表现在下列各个方面：

1. 可作人类食品

在无脊椎动物中，可作为人类食品而经济价值特别大的首推软体动物和甲壳动物。这两类动物是除鱼类外人们爱食的主要水产品，不仅滋味鲜美，胜过鱼类，同时营养价值又很高 (表1-1)。鲍鱼、干贝、对虾、河蟹等都是水产珍品。

可作为食品软体动物和甲壳动物产量都十分可观，我国沿海乌贼年产量曾达到75000

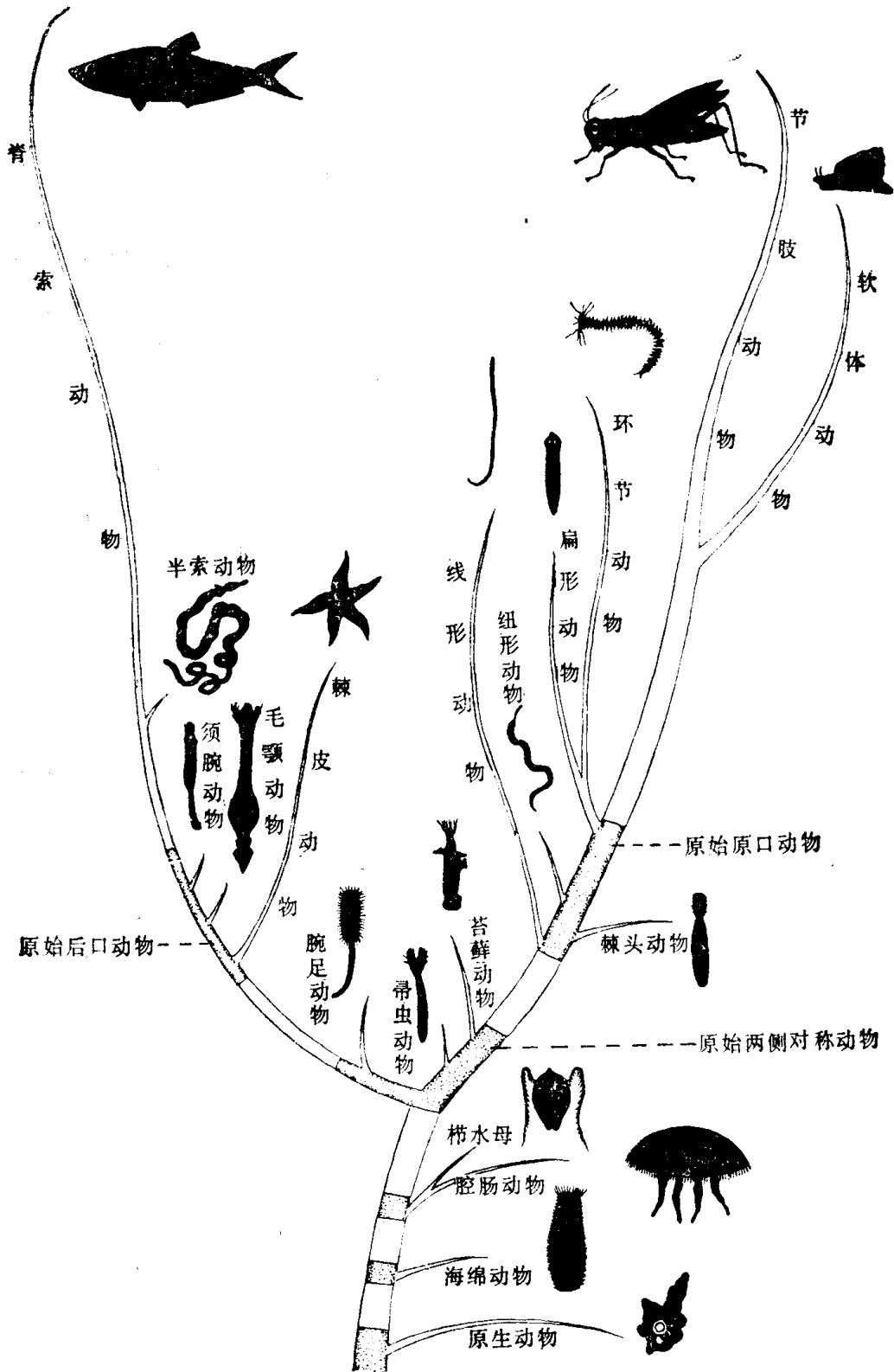


图 1-1 动物界系统树(原图)

表 1-1 两种虾蟹的营养分析(100克可食部分内的含量)

成分	种类	
	对 虾	河 蟹
水分(克)	77.0	71.0
蛋白质(克)	20.6	14.0
脂肪(克)	0.7	5.9
碳水化合物(克)	0.2	7.0
灰分(克)	1.5	1.8
钙(毫克)	35.00	129.00
磷(毫克)	150.00	145.00
铁(毫克)	0.10	13.00
硫胺素(毫克)	0.10	0.03
核黄素(毫克)	0.11	0.71
尼克酸(毫克)	1.70	2.70
维生素A(国际单位)	360	5960
热量(千卡)	90	139

吨, 舟山群岛和嵎泗列岛产量最高; 和小黄鱼、大黄鱼以及带鱼号称为我国四大渔业。近年来世界各地传统的经济鱼类产量每况愈下, 甲壳动物资源因此受到人们极大的重视, 特别是虾类, 通过不断的开发和利用, 产量明显逐年上升, 五十年代全世界虾类年产不到50万吨, 六十年代为67万吨, 七十年代就突破100万吨大关, 1980年达到168万吨。我国近几年来虾类的年产量也在20万吨以上, 仅就对虾而言, 过去完全依靠捕捞, 年捕捞量3000吨, 1985年达到20000吨, 近年来同时又进行养殖, 1982年养殖产量只5700吨, 1983年8500吨, 1984年达到12000吨, 1985年竟达30000多吨。

腔肠动物中的海蜇和棘皮动物中的海参都是东方人所喜爱的食物, 在晋代张华的《博物志》中已经提到人们食用海蜇, 当时称为“鲎鱼”。海蜇作为食物, 不但营养丰富, 且别具风味, “凉拌海蜇”尤其脍炙人口。海参西方人称为“海黄瓜”, 干制品很象人参, 且常作为滋补品, 因而得名。刺参是我国最普通的一种食用海参, 分布在北方近海, 尤其辽东半岛所产的刺参, 质量最好, 称为“辽参”。我国有关刺参的记载始自明代万历年间, 但我国人民食用刺参的习惯可能早已形成。过去海蜇和刺参在海洋中都自生自长, 只捕不养, 产量每年丰歉不定。新中国成立以后, 人工培育刺参幼体, 选择适宜海湾进行放养, 已取得了一定的成果。近年来我国动物学家对海蜇生活史的研究也有了很大的突破, 海蜇的资源增殖工作方兴未艾。

人类家养蜜蜂, 历史已很悠久, 在我国至少在一千五百年以前早就开始, 不过我国原来饲养的是土生土长的本地种, 即中国蜜蜂 (*Apis cerana*), 而目前普遍养的意大利蜜蜂 (*A. mellifera fasciata*), 是二十世纪初期引进的。我国土地辽阔, 蜜源植物十分丰富;

解放以后，养蜂事业发展很快，目前已拥有六百多万群蜂，每年可产蜂蜜十万吨，蜂蜡上千吨，蜂王浆三百多吨。蜂蜜由蜜蜂采集花蜜酿制而成；所谓酿制，也就是将花蜜中过多的水分蒸发掉，同时通过蜜蜂吐出的唾液中所含转化酶将花蜜中的蔗糖转变成葡萄糖和果糖。蜂蜜的甜度大致与蔗糖相等，但蜂蜜内的葡萄糖和果糖都是单糖，人体肠道可以直接吸收，而蔗糖必需经过消化，才能被人体利用。食用大量蔗糖，使口腔内某些细菌产出溶解珐琅质的酸类，从而引起龋齿。常吃蜂蜜可保护牙齿，减少龋齿的发生，因蜂蜜渗透压很高，又偏酸性，同时内含葡萄糖氧化酶，可将蜜中一部分葡萄糖转化成葡萄糖酸和过氧化氢，具有抑制和杀灭细菌的作用。蜂王浆是位于工蜂头部内左右侧的一对咽喉腺的分泌物（以蛋白质为主），其中混有少量大颚腺的分泌物（以脂肪酸为主）与蜂蜜。它是一种滋补品，具有促进消化吸收、镇静安眠、加强造血机能、增强体质、提高抗病力与免疫力、恢复人体物质代谢平衡、防止衰老、延年益寿和杀菌抗癌等作用。

2. 提供工业原料

蜜蜂不仅产蜂蜜和蜂王浆，还产蜂蜡。蜂蜡是由工蜂四对蜡腺的分泌物形成的，这四对蜡腺位于腹部第四至第七节腹板之内，分泌的蜡液透过角质膜，一和空气接触，就立即变硬。蜂蜡原呈白色，由于混有花粉的油溶性色素而转呈黄色。它是工业上用途十分广泛的原料，可配制冷霜、唇膏、药膏、药丸衣、家具上光蜡和鞋油等。

不少种昆虫都能分泌蜡质，但大多不能利用，有经济价值的除上述蜂蜡外，还有虫白蜡。虫白蜡是我国传统的土特产，年产一千多吨，产于四川、云南、贵州和湖南等省，其中四川省产量最大，占全国总产量的90%以上。它是一种具有高分子化学结构的动物蜡，由白蜡虫（*Ericerus pela*）雄幼虫的分泌物熬煮而成，主要成份为脂肪族一价酸的酯类混合物。白蜡虫属于半翅目、同翅亚目、蚧总科（Coccoidea）、蜡蚧科（Coccidae），雌雄异形，雌虫无翅，雄虫也只是一对前翅，后翅变成平衡棍；口器退化。这种昆虫寄生在白蜡树（*Fraxinus chinensis*）和女贞（*Ligustrum lucidum*）等树木上，以口针刺入叶或茎的组织内，吸食液汁。越冬的雌成虫到2月份气温逐渐升高后，迅速生长发育，身体鼓起呈球形，直径自刚成熟时的2毫米增加到10毫米左右。到3、4月间，虫体腹部腹面凹缩，形成一腔，称为卵囊，不久也就开始产卵于其中。每只雌虫可产卵数千粒；在产卵过程中，虫体逐渐干瘪，最后成为薄壳，紧紧包住卵粒。在产区，蜡农称这样的卵块为“虫子”。虫子稍大于豌豆粒，表面坚硬、红润而带光泽。到4、5月间，虫卵孵出第一龄幼虫，幼虫先栖憩在寄主树的叶片上，约经半个月，蜕皮一次，变成第二龄幼虫。接着就离开叶片，爬到枝条上，雌幼虫也就定居下来，终生不再移动，到夏季第二次蜕皮后，变为成虫。雄幼虫移动到枝条上后两、三天，就开始泌蜡。蜡质由身体上皮层内的蜡腺细胞产生，通过在体表开孔的小管间歇地分泌出来。经过100天左右的时间，雪白的蜡花已包住枝条，厚达6~7毫米，雌幼虫也就埋入其中，直到八、九月间，通过第二次蜕皮，变为预蛹。预蛹不食不动，呈休眠状，4、5天后，再通过第三次蜕皮，变为真蛹。又经4、5天，真蛹羽化出雄成虫。雄成虫不久从蜡花内钻出，飞去寻找雌成虫，与之交配。交配后数天，雄成虫就死亡，而在寄主树枝条上定居的雌成虫则交配后身体逐渐增大，进入休眠期，准备越冬。至于未曾交配的雌成虫在寒冬降临之前，逐渐死去。我国从唐代开始，就放养白蜡虫。产区蜡农一般在立夏节前后，从寄主树上摘取虫子，摊放在室内。到小满节前后，用纱布或锦纶袋等包裹虫子，绑挂在寄主树上，使其逐渐孵出第一龄幼虫。幼虫孵出后，就从虫包内爬到寄主

树叶上，开始其寄生生活。白蜡虫在寄主树上生活从5月到9月，大约要经过100~120天。到8月底9月初，就可采收蜡花。采收时，玉树琼花，银妆素裹，宛如雪后。蜡花采收后，加工熬煮，就成虫白蜡。虫白蜡在古代主要与蜂蜡混合，制成蜡烛，用来照明。现代则广泛应用于工业，仅上海市一地，每年用于轻工业的虫白蜡至少有十万斤。军工上的铸模与精密造型，特别是飞机零件的铸造，以及仪器、机械、金属器皿的防锈、防潮与润滑都需用虫白蜡，同时它也是纺织品与高级纸张的着光剂以及汽车蜡、地板蜡、上光蜡、皮鞋油与化妆品的重要原料。

半翅目、同翅亚目、蚧总科中另有属于胶蚧科 (*Kerriidae*) 的紫胶虫 (*Kerria lacca*)，能产紫胶。紫胶主要产在南亚和东南亚，其中印度产量居世界首位，泰国次之，我国占第三位；我国的产区在云南。紫胶虫的生活史近似白蜡虫，但一年发生两个世代，每年4、5月间至9、10月间为第一代，9、10月间至次年4、5月间为第二代。这种昆虫的寄主树种类繁多，其中以蝶形花科为主，桑科次之；各种黄檀 (*Dalbergia*) 在生产上常用作寄主树。象白蜡虫一样，也进行放养。在枝条上形成厚达0.3—0.5厘米的紫色胶被，剥取后加工制成紫胶，也称虫胶。它在工业上用途很广，可作各种武器、金属制品、木器、橡胶制品、高级纸张等的涂料，也是制造信号弹、粘结剂以及油墨等的原料，还可作为各种电器的绝缘材料。

半翅目、同翅亚目、蚜总科 (*Aphidoidea*) 中的蚜科 (*Aphididae*) 几乎所有种类都是植物害虫，但有少数几种致瘿蚜虫如角倍蚜 (*Schlechtendalia chinensis*) 与倍花蚜 (*Nurdea shiraii*) 等都可在盐肤木 (*Rhus chinensis*) 等树木上形成五倍子 (*chinese gallnut*)。这些致瘿蚜虫刺伤寄主树木的幼嫩芽叶，吸食液汁，刺激树木组织而引起畸形生长，膨大成为虫瘿。虫瘿内原来只有一头蚜虫，但经过几次孤雌生殖，虫数增加，虫瘿随之逐渐增大，最后形成囊状的瘿瘤，也就是所谓五倍子。五倍子可制取五倍子酸；五倍子酸是墨水、照相显影剂、收敛药品以及染料等的重要原料。我国五倍子的产区很广，其中四川、湖南与贵州三省出产最多。

在无脊椎动物中提供工业原料而经济价值特大的当推家蚕。据考证，我国是世界上养蚕历史最悠久的国家，约在五千年前就已开始养蚕。目前亚、欧、非、拉丁美洲与大洋洲共有四十多个国家和地区饲养家蚕，年产蚕茧约八百万担，产丝约五万吨，我国的产茧量和产丝量都占世界首位。虽然化学纤维日新月异，但丝织品仍被誉为“纤维女皇”，它具有其他纤维织物望尘莫及的优良特性。随着社会的发展和水平的提高，养蚕业有十分光明的前途。

珊瑚的骨骼、龙虾的甲壳以及软体动物的贝壳等都可加工制成工艺品与日用品，尤其瓣鳃纲软体动物所产的珍珠，经济价值特别大。珍珠自古以来就为人们所喜爱，价值高低因大小、形状与色泽等而不同。世界上最大的一颗珍珠略呈梨形，长50.8毫米，重约120克。根据史书记载，我国也有不少大的珍珠，单是1860年第二次鸦片战争时英法联军从北京清皇宫中，就抢走重30克以上的珍珠100多粒。珍珠的产地自古以来以我国、日本、印度以及红海沿岸各国为主，广东合浦的海产珍珠名闻遐迩，早在公元前100年已有记载。11世纪我国淡水人工育珠获得成功，日本从我国引进技术，积极开展研究，到本世纪有了很大的发展。第二次世界大战以后，更加速养殖，目前每年可输出珍珠70—80万吨。

珍珠的形成有两种原因：其一，由于砂粒、虫卵或寄生虫幼体等外来异物侵入瓣鳃纲

动物体内，这些异物与一部分外套膜的上皮细胞一起陷入外套膜的结缔组织或身体其他部分的组织中，上皮细胞分裂增殖，形成珍珠囊，包围异物，并以异物为中心，不断分泌珍珠质，层复一层，形成珍珠，这样的珍珠是有核珠。其二，由于外套膜的一部分上皮细胞受病变或创伤等的刺激而脱落，进入结缔组织中，经过分裂增殖，形成珍珠囊而产生珍珠，这样的珍珠是无核珠。不论有核珠或无核珠，凡在外套膜结缔组织或身体其他部分的组织中形成的称为真珠；而在贝壳与外套膜之间形成的则称为壳珠，有的壳珠甚至还附着在贝壳内面。海洋与淡水瓣鳃纲动物都能产珠，海洋种类所产的称为新光珠，价值高于淡水种类所产的老光珠。目前世界各地出产的珍珠以养殖珍珠为主，天然珍珠只占总产量的10%。我国广东沿海人工养殖马氏珠母贝 (*Pinctada martensis*)，生产珍珠。这种贝类约需养殖三年，方可用来植核，珠核由海洋贝类或淡水贝类的坚实厚重的贝壳作成；将人工珠核连同一小片珠母贝的外套膜一起植入另一只健壮的珠母贝体内，然后需养殖三年，方可形成有核珠。至于淡水育珠则常利用三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 与褶纹冠蚌 (*Cristaria plicata*)，将同一种蚌的外套膜外层上皮一小片植入健壮蚌的外套膜结缔组织中，使其形成无核珍珠，植珠后2—3年，方可采收。珍珠主要作为妆饰品，一小部分也作药用，解放前我国几乎已不产珍珠，全部由日本和印度等国进口，解放后为了节约外汇，只准许进口一小部分，以作药用。每年大约进口200千克，需外汇30万美元。从六十年代开始，我国育珠事业就蓬勃发展，特别是淡水育珠，仅江苏一省，年产已达一万斤以上。目前已自给有余，正在积极争取外销，可惜至今质量尚不够理想。

3. 可作经济鱼类的上等饵料

多种经济鱼类都以无脊椎动物为食，鳕鱼、比目鱼及鲟鱼等摄食底栖无脊椎动物如软体动物、甲壳动物、环节动物和棘皮动物等，鳕鱼食物中无脊椎动物约占30%，而有些比目鱼的食物中，无脊椎动物竟达到50%以上。另一部分经济鱼类如鲱鱼等则摄食浮游性甲壳动物，鲱鱼的食物中桡足类约占70%，糠虾类约占20%。我国的小黄鱼、大黄鱼和带鱼也主要以桡足类、毛虾 (*Acetes*) 与糠虾类等无脊椎动物为食。

对淡水经济鱼类而言，环节动物、摇蚊科等昆虫的幼虫、浮游桡足类和枝角类等都有重要的饵料意义，其中特别是枝角类。这类小型甲壳动物我国渔民自古以来就称为鱼虫，是鳙、鲢、鮠、鲤、鲫、鳊等多种重要淡水鱼类的天然饵料，青鱼和草鱼等其他淡水鱼类的成鱼虽然不摄食枝角类，但稚鱼也以此为食。稚鱼吃不到枝角类，正象小孩吃不到奶一样，生长和发育都会受到影响。动物学家解剖一尾赤鲈 (*Perca fluviatilis*) 的稚鱼，曾发现肠内共有800只象鼻溞 (*Bosmina*) 和70只透明薄皮溞 (*Leptodora kindti*)。众所周知，一般蛋白质饵料只能增加鱼类代谢强度20—30%，而鲤鱼若完全喂以枝角类，代谢

表 1-2 两种枝角类的化学组成(干重的百分数)

种 类	化 学 组 成				
	蛋白质	脂 肪	碳水化合物	灰 分	其 他
大型 溞	44.61	5.15	16.75	33.49	0
蚤 状 溞	46.56	3.90	9.02	25.85	14.69

强度却可提高100%，这是因为枝角类体内具有含量高达其本身干重40%以上的大量蛋白质的缘故（表1-2）。

自然，饵料中蛋白质营养价值的大小不仅取决于其含量，还与组成蛋白质的氨基酸有关。鱼类如果摄食缺乏少数几种氨基酸的蛋白质饵料，就会引起种种不正常的生理现象，如造成甲状腺素与肾上腺素等多种激素合成的停滞等，但枝角类体内的蛋白质却含有鱼类营养所必需的全部氨基酸。

愈来愈多的科学研究与生产实践都证明鱼类患维生素缺乏症时，代谢减弱，生长停滞，对疾病与外界不良条件的抗耐力下降，有时甚至于出现鱼鳍溢渗水液，鳃盖发育不全以及鱼体浮肿等症状。尤其在缺乏维生素B₁时，症状特别严重。此外，缺乏维生素A时，除上述这些症状外，还会引起鱼体色素的消失以及鱼鳍的断裂。从化学分析的结果来看，枝角类不仅含有多种维生素，并且含量又大，每百克新鲜的蚤状溞（*Daphnia pulex*）中维生素A竟含2.077毫克，维生素B₁ 0.255毫克，维生素B₂ 0.569毫克。鱼类摄食这种饵料，就能防治上述疾病。不少科学家指出：饲养稚鱼，如果只喂一种饵料，则稚鱼往往生长不良，易患各种疾病，但枝角类却是例外。鲟（*Acipenser*）与白鲟（*Psephurus*）的稚鱼只用枝角类作为活饵料进行饲养，结果稚鱼生长好，死亡少，对高温、缺氧以及污染等外界不良条件的抗耐力增强。通过对稚鱼的血相检查，发现血红素含量高达30—50%，在白血球比式中，成熟的嗜曙红白血球百分数很大，达到1.30—19.5%，这显然和稚鱼吞食富含维生素的枝角类有关。

枝角类不仅营养价值高，同时繁殖快，数量大，在温暖季节里，经过5天，数量就可增加5—10倍，它确是鱼类的优良饵料。贫瘠的水域通过枝角类的移殖和驯化，可以富化饵料基础，从而提高鱼类产量。在养殖鱼类时，还可用人工方法培养枝角类，作为活饵料，投喂稚鱼，以达到渔业增产的目的。

4. 充当农作物和果树的传粉者

种子植物如大麦和小麦等极少数种类自花传粉，而大多数种类却异花传粉。借风力完成传粉作用，称为风媒植物，反之，油菜以及多种果树等则借昆虫以完成传粉的称为虫媒植物。虫媒植物的花朵即虫媒花一般较大；色彩鲜丽；有香气；具蜜腺；花粉粒大，常有突起或粘液，易于附着在昆虫体上。昆虫在采花蜜或花粉的活动中，将一花的花粉传到同株或异株另一花的柱头上，使胚珠受精而结出种子。

在热带，虽然蜜鸟对蜜囊花属（*Maregravia*）也进行传粉，但除此以外，传粉的动物就只有昆虫。能传粉的昆虫并不少，包括膜翅目的蜜蜂和蚂蚁等、鳞翅目的蝶和蛾、双翅目的花蝇和花虻以及鞘翅目的露尾甲属（*Meligethes*）等。这些昆虫与虫媒植物之间在形态上往往十分配合，有时甚至分布区也完全一致。虫媒植物，其中特别是农作物和果树，如果没有昆虫传粉，将会在经济上造成极大损失。蜜蜂能产蜂蜜与蜂蜡等，又能对多种农作物和果树进行传粉，确是一种益虫，但不能说传粉的昆虫都是益虫，鳞翅目的幼虫就严重的危害农作物和果树。

5. 抑制害虫

在自然界各种动植物和微生物彼此之间由于摄食关系而形成食物链。不少昆虫食害作物、果树和树木，称为害虫，而害虫又被肉食性昆虫所吃，这些肉食性昆虫就称为天敌昆虫。天敌昆虫可分两类，即捕食性天敌昆虫和寄生性天敌昆虫。捕食性天敌昆虫直接捕捉

害虫的成虫或幼虫为食。瓢虫是鞘翅目瓢甲科(Coccinellidae)的通称,共约4000种,其中只少数如二十八星瓢虫(*Epilachna niponica*)危害马铃薯等外,大多数种类的成虫和幼虫都捕食蚜虫、介壳虫、粉虱和红蜘蛛等。麦田内就有瓢虫10多种,主要捕食麦蚜;棉田内也可见到瓢虫10多种,主要取食棉蚜和棉红蜘蛛;柑桔园内可发现瓢虫30多种,主要取食桔蚜、介壳虫、粉虱和柑桔红蜘蛛。瓢虫对这些害虫的抑制起着重要的作用,脉翅目中的草蛉科(Chrysopidae)也是著名的捕食性天敌昆虫,其幼虫用刺吸式口器吸食蚜虫体液,食量颇大,能捕食很多蚜虫,称为蚜狮。有的草蛉捕食量特别大,在棉田里成虫一生平均捕食棉蚜2201.5头,每天最多可吃303—360头,幼虫平均捕食678.3头。除棉蚜外,尤其嗜食棉铃虫卵和棉红蜘蛛,捕食量超过棉蚜1—4倍,蚂蚁是膜翅目蚁科(Formicidae)的通称,种类很多,食性也很复杂,但大多数种类是捕食性的,在森林、草原、田野和园地里捕食害虫,成为抑制害虫的重要天敌。黄猢蚁(*Oecophyla smaragdina*)在柑桔园中捕食椿象与潜叶蛾等的成虫和若虫,红蚂蚁(*Tetramorium guineese*)在广东和福建捕食蔗螟、大螟、玉米螟、菜螟以及粘虫等。此外胡蜂(*Vespa*)、蜻蜓、螳螂等也都捕食害虫。

寄生性天敌昆虫的寄生习性比较复杂,有卵寄生,幼虫寄生,蛹寄生和成虫寄生四种。有的寄生性天敌昆虫将卵产于宿主卵内并在其内孵化、生长、发育、化蛹,直到羽化为成虫,方才咬破宿主卵的卵壳而出,到植物体上行自由生活,这样的寄生称为卵寄生,例如赤眼蜂(*Trichogramma*)。赤眼蜂的宿主范围很广,但主要为蝶蛾类的卵。危害水稻的三化螟和稻纵卷叶螟、危害棉花的棉铃虫以及危害玉米的玉米螟等卵都可寄生赤眼蜂。一头雌蜂可产卵数十粒,通常在一粒宿主卵内仅产一粒卵。发育很快,在夏季只要7—8天就可完成一个世代。在人工培育条件下,每代增加的个体为前一代的10倍左右。消灭害虫卵一般可达到80%。平腹蜂(*Anastatus*)寄生在较大型的宿主卵内,宿主范围也较广,包括为害荔枝的椿象、为害柑桔的大绿椿象以及松毛虫等。黑卵蜂(*Telenomus*)的寄生范围则较专一,每一种黑卵蜂常常只有一种宿主,寄生率却相当高,寄生在三化螟的等腹黑卵蜂(*T. dignus*)寄生率可达50%,寄生于松毛虫的松毛黑卵蜂(*T. dendrolimusi*)寄生率竟达80%以上。卵寄生蜂中有一部分种类寄生在害虫的卵块内,幼虫取食多个虫卵,才能完成发育,这样的寄生方式也称为卵捕食。如螟卵啮小蜂(*Tetrastichus schoenobii*)产卵于三化螟的卵内,幼虫刚孵化时,在一个螟卵内取食,后来该螟卵内的物质全部被吃尽,幼虫就穿过卵壳,取食另一螟卵。先后约需取食3—6个螟卵,幼虫方才能完全发育,在卵块内化蛹,最后羽化为成虫,脱出卵块。三化螟的卵块由8—100粒卵组成,常排列成为三层,赤眼蜂和黑卵蜂等只能产卵于卵块的表层卵内,内层难于寄生,而螟卵啮小蜂活动能力较强,也可产卵于卵块内部的卵内,且有专门寻找三化螟卵寄生的习性,因此成为三化螟卵期的重要天敌,在海南岛南部崖县一带,每年5—7月螟卵啮小蜂发生数量较多,田间的寄生率可达72.26—99.86%。

寄生性天敌昆虫将卵产于害虫幼虫体内的寄生,称为幼虫寄生。姬蜂科(Ichneumonidae)是幼虫期寄生的重要类群,种类很多,估计约占昆虫总种数的5—8%,也就是说有5—8万种之多。它们用细长的产卵管插入害虫幼虫体内产卵,幼虫孵出后就利用害虫幼虫体内的物质为食,一个宿主一般只有一头姬蜂幼虫寄生,幼虫成熟后,在宿主体内或体外结茧化蛹,最后羽化出成虫。如寄生于稻苞虫幼虫体内的广黑点疣姬蜂(*Xanthopimpla*