

高等学校教学用书

动物学专题

王所安 和振武 主编

北京师范大学出版社

高等学校教学用书

动物学专题

王所安 和振武 主编

*

北京师范大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京朝阳展望印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.125 字数: 350 千

1991年5月第1版

1991年5月第1次印刷

印数: 1—7 500

ISBN7-303-01102-1/Q·22

定价: 3.70 元

前 言

动物学是生命科学中最早建成的分支学科之一,它们研究的对象是形形色色的动物。自然界的动物资源十分丰富,人类要合理地开发利用动物资源,就必然要研究动物。动物界的五光十色、绚丽多彩,动物的广泛分布和它们多种多样的生活方式,以及它们巧妙的、常常陷入于“拟人化”思考中的行为,强烈地诱发人们研究的兴趣,启发人们对生命的起源和进化、生命的本质等问题的探索。此外,近几十年、自然环境遭到严重破坏、动物资源减少、濒危动物的名单越拉越长,更激发人们对动物学研究的重视。

正是由于动物界和人类的生活休戚相关,动物学得以很早建立起来,并且长盛不衰、富有生命力,能在科学进步的途程中不断提高水平,永葆青春。

现在,按照教学计划,初中学生都要学习动物学,高等院校生物系也都开设动物学基础课。如何进一步提高这门重要基础课的水平,使它内容更丰富、趣味盎然,更能引人入胜?关键的问题是教材,是给教师和学生提供足够的资料。我国的动物学教材,包括翻译的国外教材在内,不过区区六七种。国外教材虽多,在我国却不普及,并且内容也极少涉及我国动物学的研究成果。没有足够的教学参考资料,教师讲课就难以旁征博引;讲课内容也自然难以枝叶繁茂、丰满多姿。教师常因缺乏参考资料而苦恼,学生也常因缺乏补充读物而放松学习。

有鉴于此,教育部生物学教材编审委员会动物学组和中国动物学会教学委员会,1984年以来连续召开多次动物学教学研讨会,决定发动教师编写一本小专题方式的动物学补充教材。选题的根据是:首先,为动物学教学中遇到的难点提供较详细的资料;其次是补充动物学新进展的资料;第三,提供我国动物学研究的一些在教学中可用的新资料。会议还推举王所安、和振武负责选题、组稿工作。

现在,经过组稿同志和全体供稿同志的共同努力,在中国动物学会的鼓励下,本书得以和读者见面。全书共包括75个选题,其中无脊椎动物27篇,脊椎动物48篇,辑为上下两篇。质量如何,有待读者评定。但应指出,参加编写的全部同志,都曾从事动物学教学和研究多年,他们编写的资料必能符合教学的需要。此外,组织各地教师、群策群力,以小专题的方式编写补充教材,这在动物学教学工作中是一个创举。衷心希望读者支持这一工作,积极提出宝贵意见,指出本书的缺点和错误,以便在今后编写中进一步提高质量,更好地满足教学的需要。

陈阅增

1990.9.10

目 录

上篇 无脊椎动物

原生动物的细胞器.....	(1)
原生动物与环境监测.....	(10)
中国的淡水水母.....	(14)
海月水母的胃循环系统与消化.....	(21)
海月水母的有性生殖.....	(24)
珊瑚的骨骼与隔膜.....	(26)
涡虫纲无肠目、单肠目及多肠目动物的基本结构.....	(29)
我国的淡水涡虫.....	(32)
涡虫焰细胞的观察.....	(36)
多毛类的生殖.....	(37)
环节动物的刚毛.....	(40)
蚯蚓的呼吸.....	(44)
蛭类动物的体腔和血管系统.....	(48)
蛭类的医学意义.....	(51)
单板纲.....	(52)
我国习见的陆生贝类.....	(55)
贝类的染色体.....	(60)
鹦鹉螺.....	(63)
中国的现生蚌壳虫.....	(65)
甲壳类的鳃.....	(69)
甲壳动物的循环系统.....	(70)
蜘蛛与灭虫.....	(74)
蝎毒.....	(76)
蚂蚁的防治与利用.....	(79)
我国主要资源昆虫的利用与保护.....	(85)
无脊椎动物的孤雌生殖.....	(88)
无脊椎动物“小门类”的系统发生.....	(91)

下篇 脊椎动物

文昌鱼在生殖内分泌进化中的地位.....	(97)
中国的海鞘.....	(99)
鱼类视觉的特点.....	(104)
鱼鳔.....	(109)
鱼类的性别决定和性别分化.....	(112)
黄鳝的自然性反转.....	(115)
肺鱼.....	(117)
我国的海洋渔业现状.....	(119)
我国淡水鱼养殖近况.....	(124)

大麻哈鱼的洄游产卵习性和特点.....	(125)
中国的内陆冷水鱼.....	(127)
鱼类的集群与信号.....	(131)
两栖动物的眼及视觉调节.....	(133)
东北小鲵的生殖行为.....	(135)
牛蛙的习性与养殖.....	(136)
中国的恐龙.....	(139)
丽斑麻蜥.....	(141)
蜥蜴尾的自残及再生.....	(142)
非鳄类爬行动物的血液循环.....	(148)
中国的毒蛇.....	(150)
蛇毒研究和应用的现状.....	(153)
鳖和鳖的人工养殖.....	(155)
中国林蛙的半人工养殖.....	(157)
化石鸟类的介绍.....	(160)
鸟类的起源.....	(165)
鸟类的发声器、语言结构与发声中枢.....	(167)
鸟肺及其特殊的呼吸.....	(174)
鸟类的换羽.....	(177)
鸟类的求偶炫耀.....	(179)
鸟类迁徙及定向的研究现状.....	(181)
中国几种珍禽的保护现状.....	(183)
鸟类分类的新系统.....	(186)
鸟类环志.....	(187)
白鱀豚.....	(188)
大熊猫的栖息环境及食物基地.....	(190)
大熊猫的行为生态.....	(192)
麋鹿养殖的现状.....	(194)
国内试管动物研究的进展.....	(197)
水生哺乳动物的呼吸.....	(198)
反刍动物的消化和反刍途径.....	(201)
鲸的集体自杀.....	(204)
鼠害及其控制原则.....	(205)
白化动物.....	(208)
中国家兔的起源.....	(210)
动物行为的进化.....	(211)
脊椎动物的孤雌生殖.....	(213)
鸭嘴兽.....	(214)
麝科动物与麝香.....	(215)

上篇 无脊椎动物

原生动物的细胞器

原生动物是真核单细胞生物，具有与多细胞动物细胞相似的细胞器 (cell organs)。但由于原生动物细胞适应长久的独立生活，在细胞范围内走过漫长的进化道路，因而发展了细胞器。那些在其它细胞中少见或没有的细胞器又名细胞小器 (organelles)。本文除简要说明原生动物前一类细胞器的特点外，主要介绍后一类细胞器。

原生动物和多细胞动物的细胞一样，都具有细胞的界膜、膜内的细胞质和中部的细胞核三个主要部分。但原生动物为适应保护、支持及运动等需要，其细胞的界膜多非简单的一层单位膜。除变形虫类只具简单的质膜外，多数原生动物都有复杂的被膜，名表膜 (pellicle)。有的在表膜外还可分泌非活质的细胞壁、介壳、兜甲等。

原生动物的细胞核随其各类的进化程度不同而不同。一般原生动物只有一种细胞核，间期都可区分出核膜、核基质、核仁和染色体 (或质) 等部分。有的原生动物，如某些有孔虫，腰鞭毛虫和超鞭毛虫，在它们的间期核中即可看到染色体。一部分有孔虫和全部的纤毛虫具有核的二态现象，即有了大核和小核的区分。大核管营养，小核管有性生殖，下代大核来自上代小核。纤毛虫的小核中无核仁，但有染色体；大核中却富有核仁而无染色体。

原生动物的细胞质基质与一般细胞的相似。其中的所谓细胞器也与普通细胞的大同小异。内质网也因核糖体的附着与否分粗面的和光滑的两种，但原生物的内质网比较分散而不规则。寄生原生动物的内质网大为减少。原生动物的线粒体多分布在能量高度消耗的细胞质区域，如毛基体和伸缩泡附近。多数原生物的线粒体内膜的嵴是管状的，如纤毛虫；有的管状嵴非常多而且在线粒腔内回旋，如多核变形虫 (*Pelomyxa*)；也有的呈片状，如眼虫 (*Euglena*)；或泡状，如腰鞭毛虫类 (*Dinoflagellates*) 和反刍类瘤胃中的头毛虫类 (*Opphryoscolecids*)。多数原生动物具高尔基体，但在一部分纤毛虫中至今尚未找到高尔基体。原生动物的高尔基体数目及大小变化很大，同是变形虫类，有的属有很多很小的高尔基体，有的属则只有 2 个。原生动物的溶酶体是含水解酶的小泡，自高尔基体产生，常集聚在食物泡的周围，然后与食物泡合并，帮助消化。食物泡在各类原生动物的异养型种中都能形成，包括在疟原虫的滋养体中。它在营细胞内消化的低等后生动物中也很普遍。多数原生动物没有中心体，但孢子虫中的簇虫类 (*Gregarines*) 和超鞭毛虫类 (*Hypermastigina*) 在有丝分裂期都有明显的中心体。质体是自养型鞭毛虫都具有的光合胞器，它具有与高等植物的质体相似的类囊体 (thylakoid)。原生动物的质体主要包括只含叶绿素的叶绿体 (chloroplast) 和含其它色素的有色体 (chromoplast)。原生动物的叶绿体与高等植物的最大不同是，前者的中心有蛋白核或称淀粉核 (pyrenoid)，它有将单糖合成淀粉粒或副淀粉粒的功能。

除上述普通细胞器外，原生动物还有它们所特有的细胞小器及其复合体，以下将按原生动物的不同类群分别介绍。

一、鞭毛虫的细胞小器

1. 鞭毛 (flagellum) 为鞭毛虫的运动胞器。其微细结构和运动机制在动物学和细胞学专著中都有描述。这里只介绍鞭毛的不同类型。根据鞭毛茸 (mastigonemes) 的有无及其生长情况, 可将鞭毛分为四种类型。如图1所示: A为无茸型 (acronematie), 如衣滴虫 (*Chlamydomonas*) 的鞭毛; B为单茸型 (stichonematic) 如眼虫的鞭毛; C为侧茸型 (pleuronematic), 具两侧排细的鞭毛茸, 如隐滴虫类 (*Cryptomonas*) 的鞭毛; D为泛茸型 (pantonematic), 具两侧排粗的鞭毛茸, 茸上再生细的侧茸, 如金滴虫类 (*Chrysomonad*) 的鞭毛。鞭毛一般至少2根, 有的2根中一根短, 在中途与另一根长的会合。

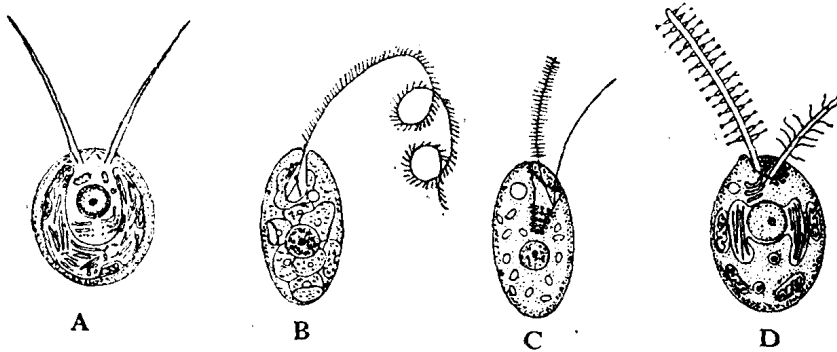


图1 四种类型的鞭毛 (说明见正文) (自J.N.Farmer)

2. 波动膜 (undulating membrane) 在锥体虫 (*Trypanosoma*) 和毛滴虫 (*Trichomonas*) 细胞上有一根鞭毛向后与细胞膜相联, 形成所谓波动膜 (图2 UM, 图3 um), 过去以为是一根普通的鞭与细胞膜之间真正的联合, 经电镜证实, 此鞭毛除具一般9+2微管构成的轴丝 (图2 AN) 外, 还有一微丝结构的副轴棒 (图2 PR)。此鞭毛与细胞膜之间也只有桥粒状的联系 (图2, DR)。

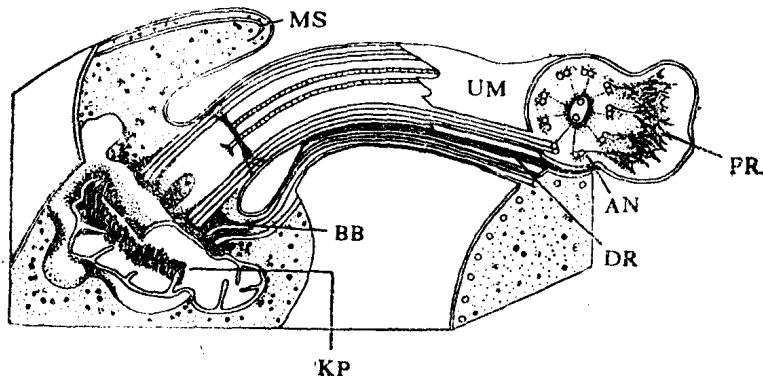


图2 锥体虫的波动膜和局部超微结构剖面 (说明见正文) (自J.N.Farmer)

3. 动基体 (kinetoplast) 光镜看到的动基体是鞭毛基部一个能被孚尔根反应着色的颗粒, 因它含有DNA, 又叫动核 (kinetoplucelus)。由于它的存在, 最近的鞭毛虫分类中新立一个动基体目, 包括自由生活的波豆虫亚目 (*Bodonina*) 和寄生生活的锥体虫亚目 (*Trypanosomatina*)。动基体在电镜下证明是一个大的线粒体, 在有的种动基体可贯通虫体全长,

其前端有DNA集中的部分,靠近毛基体,即以往看到的动核(图2, KP)功的体基动。能显然与线粒体的功能有关。

4. 副基体(parabasae body) 这一名称常被乱用,有的书中将非副基体的结构,动基体也称为副基体。真正的副基体只存在于毛滴虫类(Trichomonadida)和超鞭毛虫类(Hypermastigina)中(图3)。在毛滴虫类中只有一个副基体,并缠绕着轴杆在超鞭毛虫类中有多个副基体围绕核分布。副基体的超微结构实际是高尔基体,细胞化学证明,副基体的泡囊中有多糖分泌物,与形成鞭毛虫的新表膜有关。

5. 轴杆(axostyle) 毛滴虫类有此结构(图3)。在电镜下,轴杆是一由微管捆成的棒状物。在有的种,轴杆包含5000根微管。轴杆有波动的能力。有人认为它是运动胞器,有人认为它是细胞骨骼,起支持作用。

6. 肋(costa) 也是毛滴虫特有的结构(图3),是在波动膜下方细胞质表层的一条细杆由微丝构成,有收缩性。

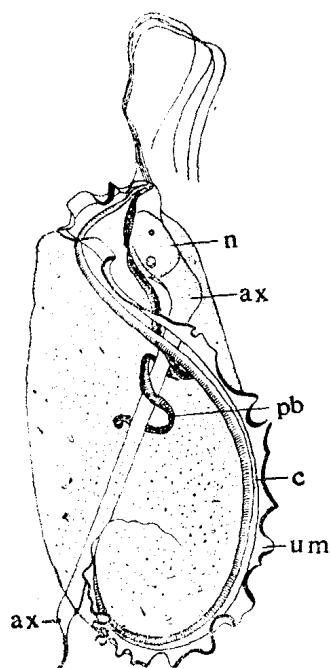


图3 毛滴虫 (*Trichomonas termopsidis*) 的细胞小器

ax. 轴杆 c. 肋 n. 核 pb. 副基体 um. 波动膜

(自A. Hollande, J. Valentin)

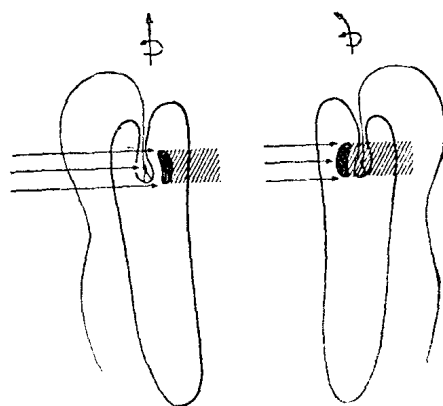


图4 眼虫的光感受器及其趋光性机理示意图

箭头示光线方向,左图中间箭头所指为副鞭毛体(光感受器),肾形黑体为眼点,环形箭头示眼虫前进时旋转方向,中央箭头示眼虫前进方向

(自W. Haupt)

7. 眼点(stigma)和光感受器 (photoreceptor) 眼虫有向光性,一直认为眼点是它的光感受器。近年发现,对着眼点的鞭毛处有一膨大,名副鞭毛体 (paraflagellar body),它才是真正的光感受器(图4)。副鞭毛体内可能含有少量色素,在光照射下可产生能量改变鞭毛水面的角度。眼点只起对副鞭毛体挡光的作用。当眼虫的长轴与光射方向垂直时,由于其旋转前进,副鞭毛体就要周期性的受眼点挡光(图4)这样可使副鞭毛体调节鞭毛的击水面,使眼虫前端朝向光线射束方向转动。一旦眼虫长轴转到与光线接近平行时,副鞭毛体即不再接受周期性变化的光刺激,眼虫的鞭毛即按直线前进的方式击水,从而产生向光运动。

二、肉足虫的细胞小器

1. 伪足(pseudopodium) 是肉足虫类和少量鞭毛虫的运动和捕食胞器, 其运动机理将在另文中讨论。伪足是细胞质的临时突出物, 有的伪足内只含外质, 有的外质内质都进入伪足。肉足虫的伪足按形状可分为叶状、指状、丝状、根状等不同类型。另有一类轴状伪足(axopodium), 为太阳虫类和放射虫类所特有。其形状细长, 中心有一起支持作用的轴丝(axoneme)。在电镜下, 轴丝由多达500根的微管按两圈同心圆排列而成(图5), 外包以细胞质和质膜。近年发现, 轴丝两侧的细胞质可按相反方向流动, 并可有线粒体进入伪足细胞质。在太阳虫的轴状伪足发现一种葫芦状的动胞(kinetocyst), 它可发射麻痹捕获物(小的鞭毛虫或纤毛虫和细菌), 然后转送给细胞质的另一种突出物做食物杯(food cup), 被包入并形成食物泡。动胞和捕获物等的转移运动靠细胞质内的肌动球蛋白(actomyosin)纤维的滑动和收缩来完成(图6)。

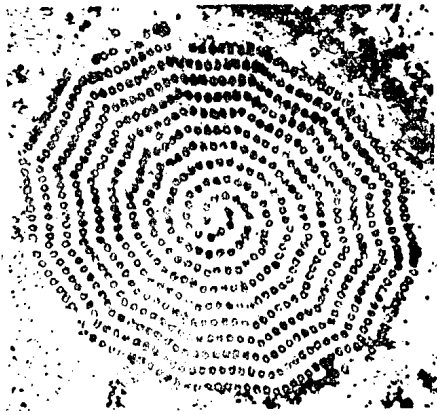


图5 太阳虫(*Echinospaerium*)轴状的足中轴丝基部的横切面超微结构图示
轴丝微管(自K. G. Grell)

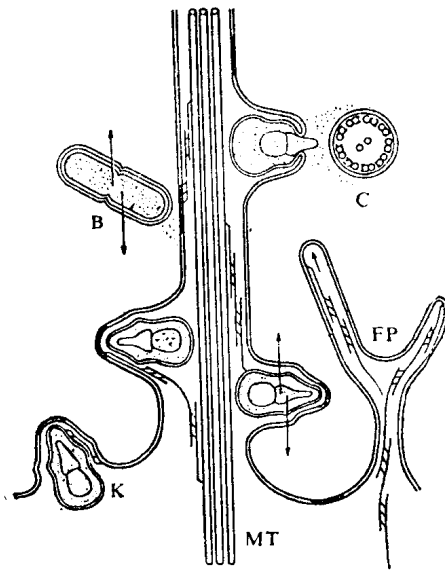


图6 太阳虫轴状伪足纵切面的结构及捕食的示意图

B, 粘在伪足表面的细菌, 箭头示细菌可被迁移的方向
C, 将被捕获的鞭毛虫的鞭毛、葫芦形的动胞正在向着鞭毛虫射出 FP, 伪足形成的食物杯 K, 动胞, 伪足右下位一个动胞上的箭头, 示动胞可移动的方向。伪足内有联系的双线示肌动球蛋白(自J. N. Farmer)

2. 中央囊(central capsule) 中央囊是放射虫细胞的中央部分, 虽不属于细胞器, 但也是细胞质的一部分。许多教科书中习惯把中央囊的膜称为中央囊, 实际应将此膜和囊内细胞质及核合称中央囊。中央囊膜有孔与囊外细胞质交通, 去掉囊外细胞质, 有的放射虫可靠中央囊再生成完整的放射虫。中央囊的形状随放射的形状不解而有变化。

三、孢子虫的细胞小器

1. 顶复体(apical complex) 是近年在电镜下发现的孢子虫特有的结构。由于它的存在, 最新的原生动物分类已成立顶复体动物门, 以区别于过去广义的其它孢子虫类。在孢子虫的子孢子和裂殖子的前端都有此结构(图7)。它包括由螺旋纤丝构成的锥形体, 最前端用

至今尚不明确。微孔是孢子虫的摄食胞器，已证明孢子虫通过微孔吞噬寄主的细胞质。

2. 放射孢子、粘孢和微孢子 放射孢子虫类、粘孢子虫类和微孢子虫类生活史中任何时期都无顶复体的结构，在一定时期却都能形成构造复杂的孢子。现已知这三类孢子的形成和构造也不相同，所以它们在现行的原生动物分类中不但独立于典型的孢子虫，而且其差别也已上升为门或纲的差别。它们的极环、在锥形体中央穿过的棒状体与棒状体有立体联系的微纤丝等部分可能与穿透寄主的细胞膜有关，其中棒状体可能分泌细胞溶解酶，其它组分的功的孢子的各部构造也具有细胞器的含义。放射孢子虫类的孢子（图8，A）为多细胞起源，孢子膜由3瓣构成，内有3个极囊，每一极囊内有1条缠卷的极丝，膜瓣和极囊都由细胞构成，具8到多个孢原质（sporoplasm）。孢原质由膜瓣裂缝处逸出。粘孢子虫类的孢子（图8，B）也是多细胞起源，孢子膜分2瓣（有的可达6瓣），具二极囊和一或二个孢原质。孢原质也是由膜瓣裂缝处逸出。微孢子虫类的孢子（图8，C）单枝细胞起源。孢子膜非细胞结构，膜内无极囊，但有一缠卷的管状极丝，还有一双核孢原质，孢原质由射出的极丝管中钻出。

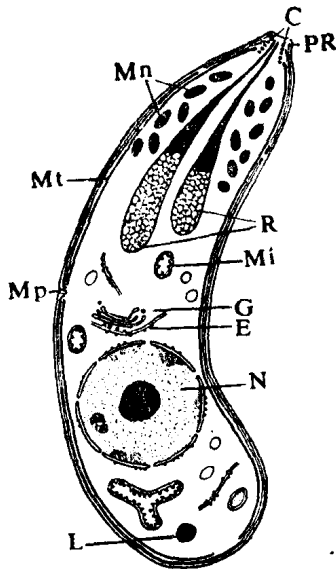


图7 孢子虫孢子超微结构模式图

前部为顶复体，后部示各种胞器 C. 锥形体 E. 内质网 G. 高尔基体 L. 脂肪体 MI. 线粒体 Mt. 表膜下微管 Mn. 微纤丝 Mp. 微孔 PR. 极环 R. 棒状体

(自 E. Perchhet Hennere & E. Vivler)

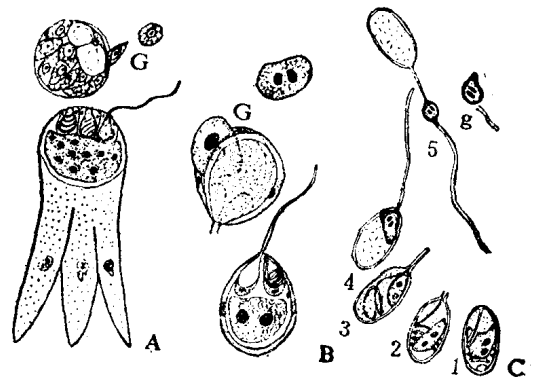


图8 三种广义的孢子虫孢子的比较图

A. 放射孢子虫 *Gyenoitia* 属的孢子，具3个膜瓣，呈三足鼎立状，3个极囊和多核孢原质。注意膜瓣及极囊都有细胞核 A. 逸出的孢原质细胞 B. 粘孢子虫的一种孢子，具二膜瓣二极囊和二核孢原质，G. 逸出的孢原质 C. 微孢子虫的一种孢子，膜不分瓣，无极囊，只有一条极丝，孢原质(g)由射出的极丝管中钻出。1—5示钻出的过程

(自J. W. Isr)

四、纤毛虫的细胞小器和胞器复合体

1. 纤毛(cilium)、动胞器(kinetid)和动胞器列(kinety) 纤毛的超微结构与鞭毛基本相同，其基部的一段名动体(kinetosome)，动体是由9组三联体微管围成的短圆柱状体，可成双存在，也可成单或多个集聚存在。动体和它相联的纤维加上围绕这一动体单元的表膜结构合称为动胞器。许多动胞器前后相联成行，叫做动胞器列。以草履虫为例，可用图9A、B、二图将这一复合胞器揭示清楚。与动体的三联体微管相联的有三种纤维，一种是向前

右方向走的动纤丝(kinetodesmata,k,kd);第二种横向走的是横微管带(transverse microtubules,TMt)第三种是自动体后部发出向表层走的纤毛后微管带(postciliary microtubules, PCMt)。这些纤丝和微管带都与动体上固定的三联体微管相联系,因地动体中的定9组三联体已可定出序号。表膜泡(pellicular alveolus, OA或PA)是在细胞三联体已可出序号。表膜泡(pellicular alveolus, OA或PA)是在细胞膜下由单位膜形成的两个肾脏形的小泡,自左右包围动体。故草履虫的表膜在较大面积上都包含三层单位膜。表膜泡

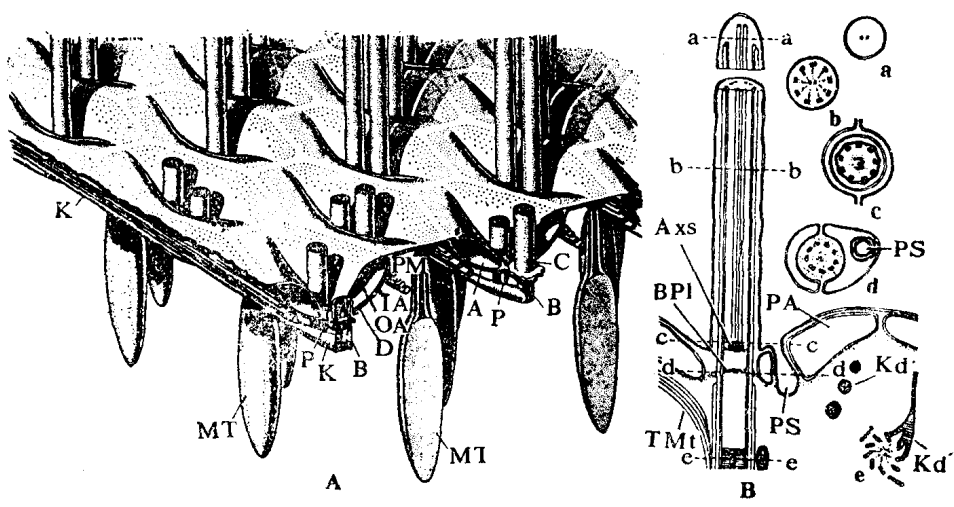


图9 草履虫动胞器、表膜及膜下结构

A. 立体剖面图,左上角为前,右下角为后 B. 左侧为过纤毛的一个动胞器的横切面图,前面观,右侧为自毛基体至纤毛顶尖的5个横切面图,自内侧向外侧观。A、PA. 表膜泡 Axs. 轴体 B. 基体(动体) BPl. 基板 C. 纤毛 D. 表膜下膜 IA. 表膜泡内膜 K, Kd. 动纤丝 MT. 刺丝胞 OA. 表膜泡外膜 P, PS. 侧体囊 PM. 质膜 TMt. 横微管带 a. 过a-a切面 b. 过b-b切面 c. 过c-c切面 d. 过d-d切面 e. 过e-e切面
(A自J. N. Farmer; B自J. O. Corliss)

内充满液体,有维持和稳定纤毛位置和增加表膜的硬度的作用。在后纤毛的右侧有一细胞膜下陷而成的侧体囊(parasomal body,p或ps),它穿过一个表膜泡,具有胞饮(pinocytosis)作用。与动体相联的各种纤维及微管可能具有传导或支持作用。另有可发射刺丝的刺丝泡(trichocyst, MT或T)将在后文中叙述。高等纤毛虫有的纤毛发生合并形成棘毛,有的棘毛包含数十根纤毛,形如毛笔,其毛基的超微结构如图10所示。棘毛又叫复动胞器(polykinetid)。

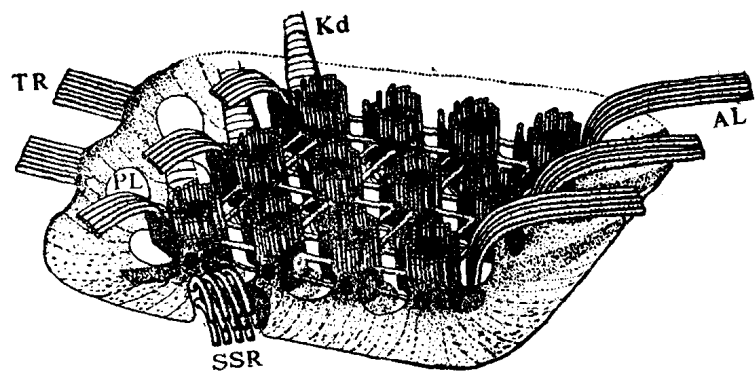


图10 棘毛毛基超微结构立体示意图

AL. 前纵纤维 Kd. 动纤丝 PL. 后纵纤维 TR. 横向小根 SSR. 外质下小根
(自 J. N. Grim)

2. 口旁膜(paroral membrane)和小膜(membranelle) 属于口纤毛器的一部分。口旁膜有多种化名, 如波动膜, 内口膜等, 都是位于口旁右侧的双胞器列, 有的只有一排胞器生出纤毛, 纤毛联合波动, 形似膜, 它与鞭毛虫的波动膜同名, 但属于根本不同的结构。小膜是由至少2排(多为3或4排)动体联合而成的复动胞器, 生出的纤毛似扁刷, 小膜至少3个, 列于口的左侧, 多者达几十个排成一带, 叫做口旁小膜带(adoral zone of membranelles, AZM)。它们都是造成水流利于捕食或滤食的胞器。

3. 口器(buccal apparatus) 纤毛虫为动物性营养, 都有摄食用的口器, 它是由纤毛及非纤毛结构联合而成的复合胞器。这里只介绍几种主要的口器类型。

(1)裸口型口器 胞口(cytostome) 直接开口于体表。属于口的纤毛器简单, 口下通一管状胞咽(cytopharynx), 管壁在光镜下可见有一圈栅栏状小杆围绕, 叫做刺杆(trichite)。电镜证明裸口型的胞口胞咽可分成两种不同的类型, 一为棒咽(rhabdos), 一为篮咽(cyrtos)。它们的超微结构不同, 可从图11, A、B中明了。现代纤毛虫分类已按棒

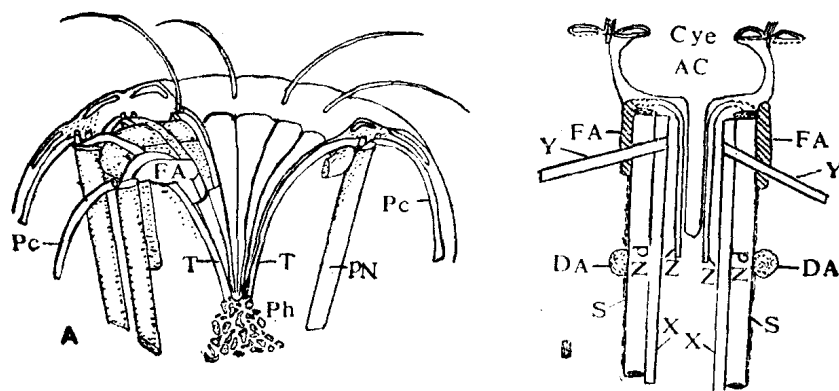


图11 裸口类口器的超微结构

A. 棒咽 B. 篮咽 AC. 口前腔 Cye. 胞口 DA. 致密环 FA. 纤维环 Nd. 纤维束 Pc. 纤毛后微管带 PN. 吞噬细胞质 S. 微丝鞘 T. 横微管带 X. x带 Z. z带

(自E.B.Small & D.H.Lynn)

咽、篮咽的不同及其它超微结构特征将大部分纤毛虫分成棒咽类(Rhabdophora)和篮咽类(Cyrtophora)两大类。常见的前管虫(*Prorodon*)、板壳虫(*Coleps*)、栉毛虫(*Didinium*)、刀口虫(*Spathidium*)都属于棒咽类, 而斜管虫(*Chilodonella*)、篮口虫(*Nassula*)、小胸虫(*Microthorax*)以及四膜虫(*Tetraymena*)和草履虫(*Paramecium*)都属于篮咽类。

(2)四膜口器 此种口器真正的胞口已深入内部, 在胞口外侧出现口腔(buccal cavity)或称口前腔。在口腔边缘右侧有波动膜(即口旁膜), 在口腔右壁有3个小膜, 口腔右壁有肋状条纹, 名肋壁(ribbed

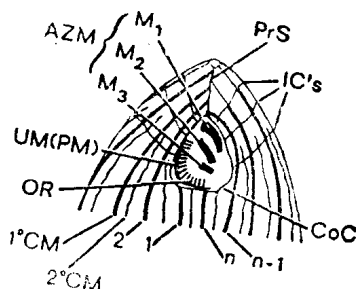


图12 四膜口器

AZM. 口旁小膜带 M1, M2, M3. 小膜1, 小膜2, 小膜3 CoC. 环口排索 1°CM. 1级子午线 2°CM. 2级子午线 IC's. 子午线间连索 OP. 口肋 (肋壁) Prs. 口前缝 1. 子午线1 2. 子午线2 n. 子午线 n n-1. n-1子午线

(自J. O. Corliss)

wall)，是由波动膜动体的纤毛后微管带延伸而成。四膜虫瞬目虫 (*Glaucama*)，豆形虫 (*Colpidium*) 都有典型的四膜口器。

(3) 咽膜型口器 此类口器除口腔外又出现前庭(vestibulum)，口腔的左壁，有3个变形的小膜，其中2个叫咽膜(peniculus)，口腔开口右边缘有内口膜(即口旁膜)。真正的胞口位于口腔后端和食物泡之间。草履虫和额口虫 (*Frontonia*) 具有此类口器(图13)。

(4) 多膜型口器 此类口器有一开阔的口围(相当于口腔)，在口围的左缘有一多小膜构成的口旁小膜带，在口围的右缘有2片口旁膜。胞口、胞咽在口围的终端和口旁小带的夹角处。口旁小带稍呈弯曲状，由其远端旋至胞口为顺时针方向。喇叭虫 (*Stentor*)、旋口虫 (*Spirostomum*)、尾柱虫 (*Urostyla*)和棘尾虫(*Stylonychia*)均具此种口器(图14)。

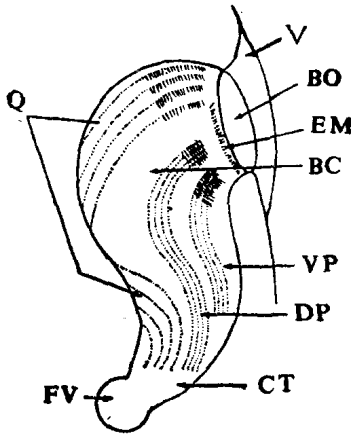


图13 咽膜型口器(草履虫口器)

BC.口腔 BO.口腔开口 CT.胞口 DP.背咽膜
EM.内口膜 FV 食物泡 Q.四分膜 V.前庭
VP.腹咽膜 (自J. N. Farmer)

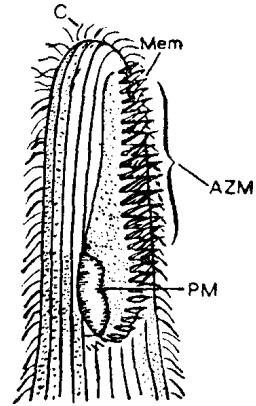


图14 多膜型口器(异毛类*Cruberia*的口器)

AZM.口旁小膜带 C.纤毛 Mem.小膜
PM.口侧膜 (自J. O. Corliss)

(5) 缘毛型口器 为缘毛类(peritricha)纤毛虫特有的口器。此种口器具有前端宽阔的口围，口围的边缘生有三层纤毛膜，由远口端以逆时针方向旋至口前庭，前庭及口腔呈漏斗状，内有波动膜及咽膜等结构(图15)。这些纤毛膜的摆动使食物颗粒进入胞口。

(6) 吸管虫的口器 吸管虫的口器就是吸管。吸管呈触手状，顶端有瘤状突。超微结构及摄食过程如图16所示。吸管的表膜结构与一般纤毛虫的相同，但瘤状突的表面只有一层单位膜。吸管内的细胞质被两圈微管隔成两部，外部的细胞质管叫外管，中央的细胞质管叫内管。瘤状突的表面有许多缚胞(haptocyst)，触及捕获物(其它纤毛虫)时缚胞穿出，可产生溶细胞酶，将捕获物的表膜溶解，吸管即穿入捕获物的细胞内，同时吸管收缩变粗，捕获物的细胞质随即被吸入内管。捕获物的细胞质被瘤状突表面的扩展着的单位膜所包被，最后在微管终止的内端形成食物泡。捕食一开始，外管的细胞质中即出现嗜饿小体，向瘤状突内移动集中，可能起补充膜物质的作用。

4. 胞肛(cytoproct) 是表膜上固定的裂缝状开口。平时紧闭，排遗时裂开“其边缘内有微管加固。有的纤毛虫无胞肛，排泄物经口道或伸缩泡排出。

5. 伸缩泡(contractile vacuole) 伸缩泡是各类淡水原生动动物都具有的平衡渗透压的胞器。纤毛虫的伸缩泡结构最复杂，并有固定的排泄孔，开在背面、体侧或后端。在光镜下，

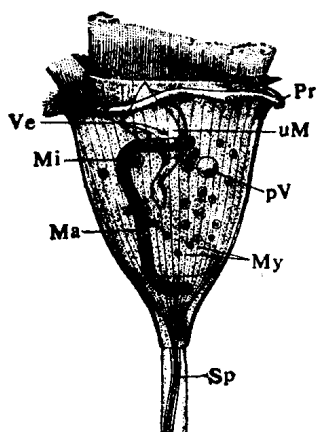


图15 缘毛类口器 (钟虫 *Vorticella* 的口器及内部结构)

Ma, 大核 Mi, 小核 My, 肌丝 Pr, 围口缘 pV, 伸缩泡 Sp, 柄肌丝 uM, 波动膜 Ve, 前庭
(自K.G. Grell)

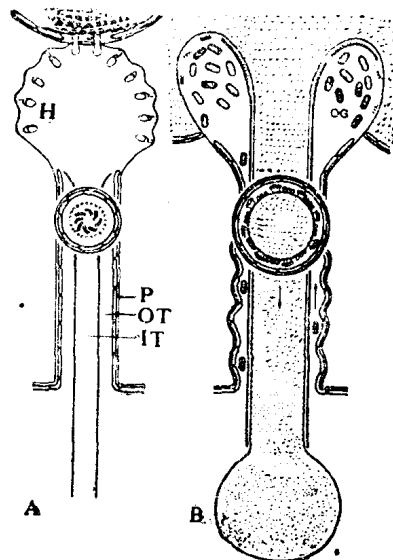


图16 吸管虫的超微结构及其摄食机制

A. 摄食之初吸管的构造。吸管顶端的瘤突已与捕获物接触，二动胞已穿入捕获物细胞内，吸管伸直，中部圆形图示此时吸管的横切面 P, 表膜(具表膜泡) OT, 外管 IT, 内管
B. 正在吸食中的吸管、瘤突已进入捕获物细胞内，瘤突的单层细胞膜包围捕获的细胞质降入吸管的内管，在微管形成的栅栏内端形成食物泡，此时的吸管收缩，内管膨大，外管及瘤突内的短棒状小体为嗜钨小体 (自J. N. Farmer)

有的伸缩泡有收集管，有的收缩后有收集小泡出现。在电镜下收集周围的伸缩泡管或都有肾细管(nephridial tubules)联合成网，它们和滑面内质网相交通。细胞质中的水分与细胞质分离主要靠内质网行使功能，然后经细肾管和收集管输入伸缩泡。伸缩泡收缩时封闭排泄孔的膜破裂；伸缩泡排空后膜可立即修复。一般动物学书上均有此图。

6. 射出体(extrusome) 分布在原生动物细胞表面，在一定的刺激下可以射出的一类小体，统称为射出体。它们在一些鞭毛虫和肉足虫中也有发现。例如有的腰鞭毛虫有与草履虫相似的刺丝胞(trichocyst)，太阳虫的轴状的足表面有动胞(图5, K)，但射出体更为普遍地存在于纤毛虫中。研究较深的是几种纤毛虫的刺丝胞(图9, A, MT)，它们在细胞质内形成，但后移至表面，铆在每两个动胞器之间。一个刺丝胞包括帽、顶夹和刺胞体三部分。在机械或化学刺激下可在几毫秒内射出，顶尖及帽都射出体外，刺胞体立即伸长至原来的10余倍，成一杆状丝；在电镜下有横纹，它的成分是刺胞蛋白，其伸展机制可能是类晶类晶格的突然伸展造成。草履虫刺丝胞的功用还不完全清楚，推测与防御有关，但尚未证实它对草履虫的敌害有任何杀伤作用。肉食性纤毛虫在胞口附近有另一种射出体叫做毒胞(toxicyst)，内含毒素，射出后可麻痹猎获物，如长颈虫(*Dileptus*)的毒胞。四膜虫两行动胞器列之间有粘液胞(mucocyst)，排出粘液性物质，形成保护性覆盖物。前述的吸管虫的缚胞也是起另一种作用的射出体。

7. 肌丝(myoneme) 有的纤毛虫具高度收缩能力，如某些异毛类(如喇叭虫)和全部缘毛类，细胞表层都有纵走的肌丝。有的缘毛类，如钟虫(*Vorticella*)和聚缩虫(*Zoothamnium*)的柄能收缩，柄内有成束的肌丝，又叫做柄肌丝(spasmoneme)，其结构如图17

所示。柄肌丝束在柄的中心，外包以鞘膜，肌丝束中的单根肌丝与虫体细胞表层的肌丝（图

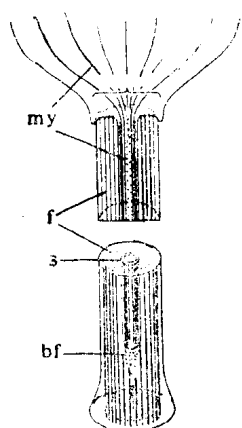


图17 钟虫的柄及其肌丝

my. 肌丝 s. 肌丝鞘 f. 纤维 bf. 纤维束

(自K. G. Grell)

15、17) 是相连的，因此只要柄收缩，虫体也必收缩。柄肌丝束的外围还有纤维，最外面是柄鞘。柄的外围纤维和柄鞘都属于细胞外的结构，它们是由帚胚 (scopula) 在游泳体固着时分泌的，只有柄肌丝束及其鞘膜属于细胞内的部分。柄肌丝束的下端还有纤维束将肌丝束牢牢固定在柄的基部。这类细胞分裂时有一个子细胞游走，叫游泳纤毛 (telotroch)，它的后端生出一圈纤毛，纤毛后面的部分叫帚胚，它固着时能分泌柄的外围部分。柄不能收缩的缘毛类 (如果枝虫 *Epistylis*) 的柄只有帚胚分泌的纤维和柄鞘，不含细胞内伸出的肌丝束。

哈尔滨师范大学生物系 史新柏 何雄

原生动物与环境监测

环境监测既是环境规划、环境科研、环境法规、环境管理的重要基础，又是进行环境管理、执行环境法规时的重要手段。我国目前已组建了一支专业化的环境监测队伍，初步形成了监测网络。全国环保系统已建立环境监测总站、中心站和监测站1700多个，各产业、行业部门建立的各类环境监测站2700多个。其中有72个站组成的大气环境监测网，109个站组成的地表水监测网，200个站组成的酸雨监测网。环境监测方法体系初步形成，并且制定了包括大气和废气、地表水和废水、噪声以及水生生物四个部分的环境监测技术规范，开展质量保证工作，环境监测质量不断提高。目前全国环境监测系统已能在大气降水、地表水、地下水、海水、噪声、土壤、生物和放射性等环境要素领域进行经常性监测，并且首次开展全国工业污染源调查；全国稻米、小麦、玉米等主要粮食有机氯农药残留量调查；全国环境背景值调查；全国降水酸度和化学成分时空分布变化趋势的调查，均已取得重要成果。此外，还参加了由联合国环境规划署主持建立的全球环境监测系统中的水质、生物和大气的污染监测工作。

生物监测是环境监测的重要内容之一。理化监测已具有比较先进的监测手段和方法，但由于环境因子的千变万化，以及多种化合物同时存在的各种复杂作用（如协同、拮抗作用等），因此，它们的生态毒理效应呈现出许多异于常规的反应；又因大部分的测定项目或参数仍然需要定期采样，因而只能反映采样瞬时的污染物浓度。而生物个体、种群或群落却能综合反应整个环境的变化，其中既包括了理化监测的各个参数，也包括哪些未测定的因子以及未知因子相互作用的后果，而且还包括了污染物和环境因子的连续性和积累性作用结果的反映，这些均是理化监测所无法反映的。生物监测的缺点是未能回答造成污染的污染物种类和它的实际浓度。

原生动物主要用于淡水环境监测。应用的方法主要有生态学及毒理学。下面介绍我国的一些实例。

沈韞芳等报道了国内首次使用聚氨酯泡沫料块 (polyurethane foam unit, 简称 PFU) 法进行原生动物群落级的生物监测。野外生态试验在湖北省鄂州市境内的鸭儿湖氧化塘内进行, 同时结合进行室内毒性试验。鸭儿湖氧化塘有 I—IV 号氧化塘和 I 号鱼种塘, 用于农药废水的处理, 每天接纳约 7 万吨废水。在鸭儿湖氧化塘内用 PFU 法收集微型生物, 共观察到原生动物 319 种, 其中植鞭毛虫 85 种、动鞭毛虫 50 种、肉足虫 48 种、纤毛虫 136 种; 在氧化塘 I 号塘进水口及 I、II、IV、V 号塘出水口的原生动物群落中依次分别看到 16、40、50、77、126、94 种 (野外); 室内依次为 26、44、38、57、63、64 种, 结果大致相似。群集到 PFU 内最早的原生动物是鞭毛虫, 然后是肉足虫和纤毛虫, 体积小的种类比体积大的群集快。此法所依据的是 Mac Arthur 和 Wilson 的岛屿生物地理学理论。该理论认为岛屿的物种数目是消失和进入之间的动态平衡的结果; 对任何一个特定的岛屿来说, 随着种类的逐渐增加, 消失速度会上升, 而迁入速度会下降; 从理论上说, 当两个速度相等时, 种类数就达到了平衡, 除非环境受到重大干扰, 种数基本上是稳定的。可以用平衡模型公式:

$$St = Seq (1 - e^{-GT})$$

来表示。其中 St 是 t 时的种数, Seq 是平衡时的种数, G 是群集曲线的斜率。PFU 可以看作是一个“小岛”, 微型生物不断地迁入到 PFU 内, 种数上升到一定程度时就达到了平衡。根据平衡模型公式用复合梯形法和最小二乘法计算实验结果, 获得群集过程的 3 个参数: Seq 、 G 和达到 90% 平衡种数所需的时间 $T_{90\%}$ 。假设污染严重的水体中 Seq 少、 G 低、 $T_{90\%}$ 长, 在干净水中 Seq 多、 G 高、 $T_{90\%}$ 短。表 1 所列 3 个参数基本符合上述假设, 能反映出氧化塘的净化效能。

此项试验在评价氧化塘的净化效能时, 应用微型生物群落的结构与功能参数。属于结构参数的有原生动物种类组成和种数和微型生物内叶绿素 a 含量等; 属于功能参数的是原生动物群落集速度中的 Seq 、 G 和 $T_{90\%}$, 以及微型生物的呼吸速度。这些参数均能较正确地反映出 5 个氧化塘逐级的净化过程。由于生态系统的复杂性和生物本身的变异性, 有时结构有变而功能无变化或者功能有变异而结构无变化, 而在一个 PFU 样品中, 可同时分析结构和功能的参数, 可减少因采样方法而带来的误差, 提高了参数之间的可比度。沈韞芳等在国内还与 Cairns 等用此法预测污染物的环境效应; 汪金陵用此法对安徽南淝河及其上游董铺水库进行水质监测及评价; 姜兴义等用此法对嘉陵江重庆段水质污染监测; 以及沈韞芬等评价石油废水对燕山区水系的影响, 均取得较为满意的结果。

另一类是利用浮游或周丛原生动物种类组成来监测水质的污染程度和净化效能。沈韞芬等从主要是工业废水污染的莲花河—凉水河中调查发现, 原生动物在种类组成上指示水体污染的严重性及其恢复过程。离污染源附近的 2 号采集站水温超过 40°C , 水黑色, 河水中酚、氰浓度最高可分别达到 1.8 和 0.9 毫克/升, 此站只看到沟钟虫 (*Vorticella convallaria*), 并且个体处于收缩状态; 至 4 号采集站时虽然水仍呈黑色, 但水温已下降为 37°C , 酚、氰浓度也大幅度降低, 约为 0.1 毫克/升左右, 此站出现少数尾草履虫 (*Paramecium caudatum*) 及似后毛虫 (*Opisthotricha similis*); 5 号采集站水温仍有 36.4°C , 可观察到少数尾草履虫小轮毛虫 (*Trochelia minuta*) 6 号采集站及以后的各站水温已下降至 $32-33^{\circ}\text{C}$, 在 6 号站上观察到尾草履虫、小轮毛虫、钩刺斜管虫 (*Chilodonella uncinetica*)、沟钟虫、螳状独缩虫 (*Carchesium polypinum* Linnaeus)、厚盘累枝虫 (*Epistylis balanionica*)

表1 鸭儿湖氧化塘室内外PFU试验中原生动物群集过程中的参数

计算方法	氧化塘号	野外试验				室内试验			
		Seq	G	T90%	LOF*	Seq	G	T90%	LOF
复合梯形法	I 进水	5.28	0.40	5.76	符合模型	20.04	0.12	19.19	符合模型
	I 出水	8.65	0.37	6.22	不符合模型	19.74	0.25	9.21	符合模型
	II 出水	11.15	0.72	3.20	不符合模型	18.18	0.25	9.21	符合模型
	III 出水	38.20	0.87	2.65	不符合模型	22.13	0.31	7.43	不符合模型
	VI 出水	57.74	0.50	4.61	不符合模型	27.57	0.34	6.77	符合模型
	V 出水	24.04	0.50	4.61	不符合模型	27.30	0.31	7.43	符合模型
最小二乘法	I 进水	6.81	0.64	3.59	符合模型	18.95	0.11	20.94	符合模型
	I 出水	14.62	0.13	17.72	不符合模型	24.67	0.14	16.45	符合模型
	II 出水	16.97	0.23	10.01	不符合模型	23.69	0.15	15.35	符合模型
	III 出水	41.34	0.68	3.39	不符合模型	28.17	0.18	12.79	不符合模型
	IV 出水	53.75	1.49	1.55	不符合模型	28.45	0.35	6.58	符合模型
	V 出水	21.78	7.88	0.29	不符合模型	25.79	0.42	5.48	符合模型

* LOF (lack of fit)的缩写表示经F检验后不符合MacArthur-Wilson模型,即 $P > 0.05$

Stiller)等,其中以厚盘累枝虫最多,尾草履虫次之。从数量上来看,前面3个站原生动物都很少,而此站突然大大增多起来。一方面固然是水温下降,另一方面也反映出污染程度开始减弱,水体得到一定的自净,原生动物种类和数量也开始增多。7号站起至10号站是水体自然净化很活跃的河段,以着生的缘毛目纤毛虫为主,包括褶累枝虫(*Epistylis plicatilis*)、瓶累枝虫(*Epistylis urceolata*)、厚盘累枝虫,这些累枝虫往密集成肉眼可见的白色粘液状物,在其上还有钩刺斜管虫、卑怯管叶虫(*Trachelophyllum pusillum*)等爬行。此河段几个抗污染性强的种类占了群落数量的大部分,因此种类多样性指数较低。由于上述河段的自净作用很强烈,且没有其它污染源的注入,因此导致11站出现8种原生动物:厚盘累枝虫、尾草履虫、卵圆前管虫(*Prorodon ovumg*)、海洋尾丝虫(*Uronema marinum*)、小口钟虫(*Vorticella microstoma*)。其中如卵圆前管虫等都属比较喜清水性种类,因此在数量上也没有很优势的种类。11站之后受有机磷农药废水污染,此污染源直接影响原生动物的生存,在12站只剩下3种纤毛虫(少数厚盘累枝虫、尾草履虫和长半眉虫(*Hemiphrya procera*)。12站后又有化工、农药、冶炼废水排入,16站后又有焦化厂废水排入,这样反复数次地干扰河流净化作用,直接影响生物膜群落的生长,因此16、17两站的生物膜上的生物均不够活跃,生物膜上的褶累枝虫群体只见到大量的柄,柄上的虫体已经脱落,显示污染物的毒性很强,褶累枝虫已无法生存;瓶累枝虫群体上仍有单个虫体,但已处于收缩状态。16、17两站后,河流的自净能力又逐渐得到恢复,表现在生物膜上的生物又恢复到非常活跃的状态。18站时,虽然水中仍带有煤油味,但生物膜上的褶累枝虫已繁茂成肉眼可见的白色粘液状物,还有别的着生缘毛目纤毛虫,如瓶累枝虫、厚盘累枝虫、八钟虫(*Vorticella octava*)以及不少行爬行生活的纤毛虫,如钩刺斜管虫、僧帽斜管虫(*Chilodonella cullulus*)、卑怯后管虫和似后毛虫等,均说明这一河段的净化效能良好。到20站时,水已没有煤油味,原生动物种类组成变化很大,共有16种,出现了前述河段未曾出现的原生动物:沫状变形虫(*Amoeba spumosa*)、球形砂壳虫(*Diffugia globulosa*)、针眼虫(*Euglena acus*)、美丽圆纹虫(*Cyclogramma rubens*)、鹅长颈虫(*Dileptus aner*)、