

青岛沿海六种自由生纤毛虫的形态学研究

姜勇 王艳刚 邵晨 许恒龙 胡晓钟

(中国海洋大学海洋生物多样性与进化研究所原动物学研究室, 青岛 266003)

MORPHOLOGICAL REDISCRPTIONS OF SIX FREE-LIVING CILIATES FROM COASTAL WATERS OFF QINGDAO, CHINA

JIANG Yong, WANG Yan-Gang, SHAO Chen, XU Heng-Long and HU Xiao-Zhong

(Laboratory of Protozoology, Institute of Evolution and Marine Biodiversity, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

关键词: 海洋纤毛虫; 形态分类学; 重描述; 纤毛图式

Key words: Marine ciliate; Morphology; Redescription; Infraciliature

中图分类号: Q959.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2010)04-0872-05

纤毛虫原动物在海洋微食物网及近岸生态系的物质流动与能量传递过程中起枢纽作用。由于种类多样性极高, 长期以来, 有关该类群种类鉴定之困难仍是制约相关生态研究的一个瓶颈。国内除特定生境内的常见种外, 大量非习见类群仍急待现代分类学的研究^[1]。在国家自然科学基金的资助下, 作者所在课题组近十几年来以黄、渤海不同生境内自由生活纤毛虫为材料, 分别开展了包括细胞学、分类学、系统学、生态学等诸多内容的研究。研究表明, 该生境中仍有大量的不明或未知类群有待描述, 许多已经报道的种类则仍有待完善和补充信息^[2]。因此, 本文就对近两年来采自青岛沿海的六种自由生活种类进行了再研究, 补充了相关形态特征的种群间变异情况、所缺失的活体形态信息, 旨在进一步完善对这六种纤毛虫形态分类学的了解, 同时为生物地理学研究提供相关资讯。

1 材料与方法

研究所涉纤毛虫均采于青岛近海, 盐度 15‰—32‰, pH 8.0—8.1。分离、培养、观察、形态学研究及名词术语主要参照 Song and Xu^[3]及 Corliss^[4], 分类系统参照 Lynn^[5]。

2 结果与讨论

2.1 缩颈半腹柱虫 *Hemigastrostyla enigmatica* (Dragesco and Dragesco-Kernéis, 1986) Song and Wilbert, 1997 (图版 I -1-3、5)

排毛亚纲 Stichotrichia Small & Lynn, 1985

散毛目 Sporadotrichina Fauré-Fremiet, 1961

尖毛虫科 Oxytrichidae Ehrenberg, 1838

形态描述: 活体约(120—180) μm × (30—50) μm , 体呈长椭圆形, 后端宽圆, 并且前端明显呈头状(图版 I -1)。表膜薄而脆, 柔软可屈(图版 I -2), 皮层颗粒细弱(直径约 0.5 μm), 常围绕着背触毛组成“玫瑰花”形。37—44(平均 40)片口区小膜, 11—14(平均 13)根额腹棘毛, 1 根口棘毛(图版 I -3); 腹棘毛成两组分布, 前 3 根位于胞口右侧, 额棘毛附近, 后 2 根则分布于横棘毛附近(图版 I -3)。横棘毛 5 根, 非常发达, 活体长约 25 μm 。在横棘毛的右边, 靠近体右缘, 恒有两根额外的棘毛(图版 I -3, 短箭头)。背触毛 5 列, 在其后端发出 3 根细长的尾棘毛; 触毛活体观明显, 位于杯形的表膜凹陷内。大核 2 枚; 小核椭圆形, 2 枚, 围绕着大核分布。

本种最早由 Dragesco and Dragesco-Kernéis^[6]以缩颈尖毛虫为名报道, 对小核数目和背触毛列数未进行描述。

收稿日期: 2009-04-15; 修订日期: 2010-01-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30870264)资助

作者简介: 姜勇(1983—), 男, 汉族, 山东青岛人; 博士研究生; 主要研究方向为原动物分类学及生态学。E-mail: only90@163.com

通讯作者: 许恒龙, E-mail: xuhl@ouc.edu.cn

与本种群相比, 其尾棘毛数目较多(5—7 vs. 3), 额腹棘毛数目较少(5 vs. 11—14)。

本种群与 Song and Wilbert^[7]所报道种群相比, 存在细微的差别: 本种群小核数较少(2 vs. 2—6)。

与 Gong, et al.^[8]所报道的韩国种群相比, 本种群个体较小[(120—180) μm × (30—50) μm vs. (120—250) μm × (50—107) μm], 尾棘毛数目较少(3 vs. 5—7), 口区小膜较少(37—44 vs. 42—65)。

2.2 盐扁体虫 *Placus salinus* Dietz, 1964 (图版 I -4、6、7)

本种曾由 Xu, et al.^[9]进行过详细的重描述, 基于本种群此处仅简述如下:

活体如图版 I -4 所示, 虫体背腹略扁, 侧面观似卵圆形, 大小约(50—60) μm × (30—40) μm 。皮膜较柔软, 表面沿体纤毛列处形成明显的纵沟。伸缩泡 1 个, 直径约 5 μm , 位于体后端。体动基列为 30—32 列($n=10$), 均为单动基系, 由前向后略右旋, 并在后端形成不明显的缝合线。刺杆咽位于虫体顶部, 向内伸达虫体的中后部, 约由 32—38 个刺杆组成, 刺杆长约 28—35 μm (图版 I -7, 箭头)。大、小核各 1 枚。

本种群与前人^[9-13]对本种所描述的性状能很好地吻合, 仅存在细微的差别, 如体长(28—35 vs. 29—43)及核的形态上: Dietz^[12]和 Jones^[13]报道的大核为带状, Lei, et al.^[10]的种群多为椭圆形, 偶为长棒状, 而 Borror^[11]和 Xu, et al.^[9]的种群与我们发现的相似同为椭圆形或“C”形。鉴于它们在活体形态和纤毛图式上的一致性, 因此应当被视为同一个种, 大核形态上的差异应该是种群间差异。

2.3 念珠腹棘虫 *Gastrocirrhus monilifer* (Ozaki & Yagiu, 1942) Curds and Wu, 1983 (图版 I -8—10)

腹毛亚纲 Hypotrichia Stein, 1859

游仆目 Euplotida Small & Lynn, 1985

腹棘虫科 Gastrocirrhidae Fauré-Fremiet, 1961

虫体杯状, 活体长约 100—140 μm 。口区阔大(图版 I -8、9), 开口在前端, 并在体中后部凹陷, 成漏斗状。约 10 根横棘毛位于胞口后端, 成“V”字形排列。刺丝泡短棒状, 长约 2 μm , 垂直于表膜分布。大核念珠状(图版 I -10), 约由 10—15 个片段组成。

蛋白银染色显示, 口围带约由 120 片小膜组成。波动膜退化为单片(图版 I -10, 长箭头), 由毛基粒组成复排结构, 每排有 2—3 个毛基粒。额腹棘毛列分为两列约由 13—4 根棘毛构成。10 至 12 根横棘毛(图版 I -10)。5 列背触毛略螺旋排列, 并在末端汇合。

最早由 Ozaki & Yagiu^[14]于 1942 年以 *Cirrhogaster monilifer* 为名首次报道, 但额腹棘毛数目较少(10 根), 后 Fauré-Fremiet^[15]于 1954 年又以 *Cirrhogaster adhaerens* 为名报道本种, 但实际为本种的后出异名。本种群以较少额腹棘毛数目(13—14 vs. 16)与后者存在细微差别。1983 年由 Curds and Wu^[16]将其移入 *Gastrocirrhus* 属, 但背部纤

毛图式一直缺失。2003 年, Hu and Song^[17]对其进行了重描述, 本种群与其较吻合。

2.4 紧缩全列虫 *Holosticha diademata* (Rees, 1883) Kahl, 1932 (图版 II -11, 12, 15, 16)

排毛亚纲 Stichotrichia Small & Lynn, 1985

尾柱目 Jankowski, 1979

尾柱科 Urostylidae Bütschli, 1889

本种活体腹面观呈梭形或长椭圆形(图版 II -11), 长宽约(80—90) μm × (35—70) μm 。大核两枚, 口区长度约为体长的 1/3。口围带由相互分离的两部分构成, 前部分有 8—13(常为 11)根小膜, 腹面具 15—18 片小膜。

左缘棘毛前部有 3 根棘毛紧密排列呈钩状(图版 II -12, 短箭头)。三根粗大的额棘毛; 单一口棘毛。额端棘毛恒为 2 根; 中腹棘毛延伸至体后半部。横棘毛发达, 呈“J”字形排列; 4 列背触毛。图版 II -15 是处于发生过程的个体。

最早由 Rees^[18]于 1884 年发现, 并以其为模式种建立 *Amphisia* 属, Kahl^[19]在 1932 年重描述并移至 *Holosticha* 属, 本种群与前人描述的诸种群相比, 体型大小居中: (80—90) μm × (35—70) μm vs. (85—140) μm ^[18]; (70—140) μm ^[19]; 53 μm × 21 μm ^[20]; (67—80) μm × (22—30) μm ^[21]。其他特征与前人吻合^[22-24]。

2.5 盐尖毛虫 *Oxytricha saltans* (Cohn, 1866) Rees, 1881 (图版 II -13、14、17、18)

排毛亚纲 Stichotrichia Small & Lynn, 1985

散毛目 Sporadotrichina Fauré-Fremiet, 1961

尖毛虫科 Oxytrichidae Ehrenberg, 1838

虫体长约(40—80) μm ; 外形通常如梭形(图版 II -14), 前端较尖削。大核 2 枚(图版 II -13、17 短箭头)。

顶端 3—5 片棘状伸出的小膜长而发达(图版 II -14, 长箭头), 不摆动; 背触毛 5 列, 发达, 约 8 μm 长。活动迅速, 常“急行-急停”状爬行于底质上。

蛋白银染色显示口围带小膜 17—18 片, 额棘毛 7 根, 横棘毛, 腹棘毛各 5 根, 3 根尾棘毛。

本种因发达的顶端小膜而极易鉴别。除个体较小[(40—80) μm vs. (54—86) μm], 口区小膜(17—18 vs. 13—18)较多, 背触毛稳定(5 vs. 5—6)外, 本种群与前人描述的种群基本吻合^[7, 25]。

2.6 四核舍太虫 *Certesias quadrinucleata* Fabre-Domergue, 1885 (图版 II -19—21)

腹毛亚纲 Hypotrichia Stein, 1859

游仆目 Euplotida Small & Lynn, 1985

舍太虫科 Certesiidae Borror & Hill, 1995

本种群与 Lin and Song^[26]的报道相符合, 此处仅做补充性描述: 虫体椭圆形或些微肾形(图版 II -19), 活体观察(50—90) μm × (35—70) μm ; 腹面前端盾圆右侧具有锐角突起(图版 II -19, 箭头), 虫体坚实不收缩。通常具有

3到4枚大核,口区长20—24 μm ,口围带较发达,由22—26片小膜组成;11根额腹棘毛;具5根显著粗大的横棘毛;左缘棘毛5—7根;背触毛恒为5列,最左边一列背触毛间隔较近并且沿着虫体后缘弯向右侧(图版II-20,长箭头)。

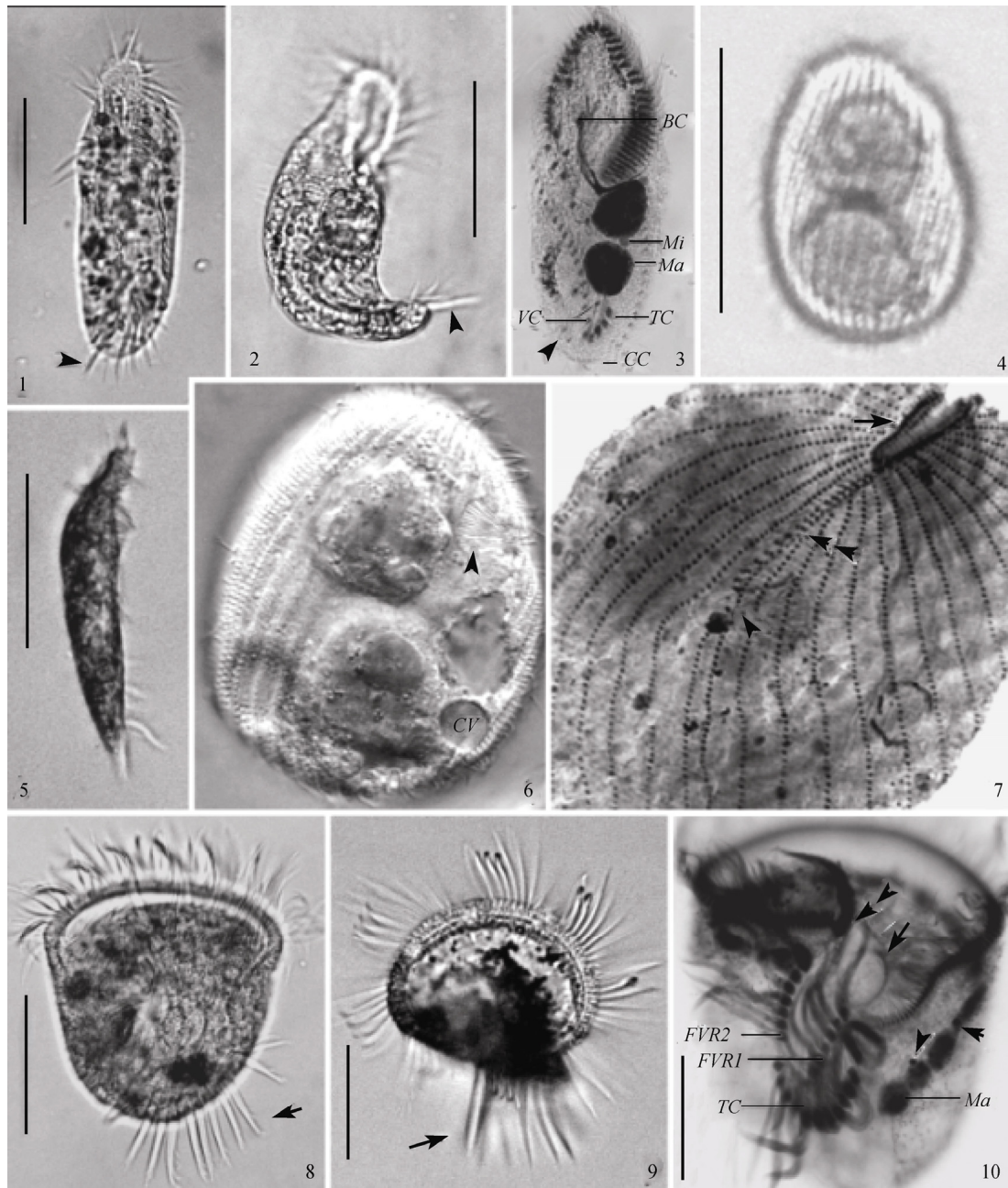
与 Lin and Song^[26]的种群相比,除了大核数目(3—4 vs. 2—4),横棘毛(5 vs. 4—5)及口区[(20—24) μm vs. (17—24) μm]略有区别外,本种群与其基本吻合。

致谢:

感谢本室陈相瑞博士,李俐琼博士等在样品采集、制片和文章初稿形成方面所给予的帮助;特别感谢宋微波教授在排版及文章修改方面给予的宝贵意见。

参考文献:

- [1] Song W B, Zhao Y J, Xu K D, *et al.* Pathogenic Protozoa in Mariculture [M]. Beijing: Science Press. 2003, 2—25 [宋微波, 赵元若, 徐奎栋, 等. 海水养殖中的危害性原生动植物. 北京: 科学出版社. 2003, 2—25]
- [2] Pan H B, Hu X Z, Wang Y G, *et al.* Morphological redescription of five free-living marine ciliates [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, **34**(1): 44—50 [潘宏博, 胡晓钟, 王艳刚, 等. 五种海洋自由生纤毛虫的形态学研究. 水生生物学报, 2008, **34**(1): 44—50]
- [3] Song W B, Xu K D. Protocol in protozoological studies [M]. In: Song W B, *et al.* (Eds.), *Progress in Protozoology*, Qingdao: Qingdao Ocean University Press. 1999, 9—25 [宋微波, 徐奎栋. 现代原生动物学研究的常用方法. 宋微波, 等. 原生动物学专论. 青岛: 青岛海洋大学出版社. 1999, 9—25]
- [4] Corliss J O. The Ciliated Protozoa [M]. In: *Characterization, classification and guide to the literature*, 2nd ed. Pergamon Press, Oxford. 1979, 1—455
- [5] Lynn D H. The Ciliated Protozoa [M]. In: *Characterization, classification and guide to the literature*, 3rd ed. Springer. 2008, 341—440
- [6] Dragesco J, Dragesco-Kernéis A. Ciliés libres de l'Afrique inter-tropicale. Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés [J]. *Faune Tropicale (Éditions de l'ORSTOM)*, 1986, **26**: 1—559
- [7] Song W, Wilbert N. Morphological investigations on some free living ciliates (Protozoa, Ciliophora) from China Sea with description of a new hypotrichous genus, *Hemigastrostyla* nov. gen. [J]. *Archiv Fur Protistenkunde*, 1997, **148**: 413—444
- [8] Gong J, Kim S, Kim S, *et al.* Taxonomic redescription of two ciliates, *Protogastrostyla pulchra* n. g., n. comb. And *Hemigastrostyla enigmatica* (Ciliophora: Spirotrichea, Stichotrichia), with phylogenetic analyses based on 18S and 28S rRNA gene sequences [J]. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2007, **54**(6): 468—478
- [9] Xu D, Song W and Hu X. Notes on two marine ciliates from the Yellow Sea, China: *Placus salinus* and *Strombidium apolatum* (Protozoa, Ciliophora) [J]. *Journal of Ocean University of China*, 2005, **4**(2): 137—144
- [10] Lei Y L, Xu K D, Song W B. Free living ciliates from marine farming ponds [M]. In: Song W B, *et al.* (Eds.), *Progress in Protozoology*. Qingdao: Qingdao Ocean University Press. 1999, 269—295 [类彦立, 徐奎栋, 宋微波. 贝类养殖水体中习见的自由生纤毛虫. 宋微波, 等. 原生动物学专论. 青岛: 青岛海洋大学出版社. 1999, 269—295]
- [11] Borror A C. Tidal marsh ciliate (Protozoa): morphology, ecology, systematics [J]. *Acta Protozoologica*, 1972, **10**: 29—71
- [12] Dietz G. Beitrag zur Kenntnis der Ciliatenfauna einiger Brackwassertümpel (Etangs) der französischen Mittelmeerküste [J]. *Vie Et Milieu-life and Environment*, 1964, **15**: 47—93
- [13] Jones E E. The protozoa of Mobile Bay, Alabama [J]. *University of South Alabama Monograph*, 1974, **1**: 1—113
- [14] Ozaki Y, Yagiu R. A new marine ciliate *Cirrhogaster monilifer* n. g. n. sp. [J]. *Annotationes Zoologicae Japonensis*, 1942, **21**: 79—81
- [15] Fauré-Fremiet E. *Gastrocirrhus adhaerens* n. sp. [J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 1954, **26**: 163—168
- [16] Curds C R, Wu C H. A review of the Euplotidae (Hypotrichida, Ciliophora) [J]. *Bulletin of the British Museum - Natural History*, 1983, **44**: 191—247
- [17] Hu X, Song W. Redescription of two known species, *Gastrocirrhus monilifer* (Ozaki et Yagiu, 1942) and *Gastrocirrhus stentoreus* Bullington, 1940, with Reconsideration of the Genera *Gastrocirrhus* and *Euplotidium* [J]. *Acta Protozoologica*, 2003, **42**: 345—355
- [18] Rees J van. Protozoën der Oosterhelde (Protozoaires de l'est) [J]. *Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging*, 1884, Supplement Deel I: 592—673
- [19] Kahl A. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere order Ciliata (Infusoria) 3. Spirotricha [J]. *Die Tierwelt Deutschlands*, 1932 **25**: 399—650
- [20] Aladro Lubel M A. Algunos ciliados intersticiales de Isla de Enmedio, Veracruz, México [J]. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*(1), 1985, **55**: 1—59
- [21] Borror A C. Morphology and ecology of the benthic ciliated protozoa of Alligator Harbor, Florida [J]. *Transactions of the America Microscopical Society*, 1963, **82**: 125—131
- [22] Hu X, Song W. On morphology of the marine Hypotrichous ciliate, *Holosticha diademata* (Ciliophora, Hypotrichida), with comparison of its related species [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1999, **29**: 469—473
- [23] Foissner W, Blatterer H, Berger H, *et al.* Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotricha, Colpodea [J]. *Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft*, 1991, **1/91**: 1—478
- [24] Song W and Wilbert N. Faunistic studies on marine ciliates from the Antarctic benthic area, including descriptions of one epizoic form, 6 new species and, 2 new genera (Protozoa: Ciliophora) [J]. *Acta Protozoologica*, 2002, **41**: 23—61
- [25] Song W, Shin M, Kim W. Morphology and infraciliature of the marine ciliate *Oxytricha saltans* (Cohn, 1866) Kahl, 1932 (Protozoa, Ciliophora, Hypotrichida) [J]. *Korean Journal of Systematic Zoology*, 1991, **7**: 233—240
- [26] Lin X, Song W. Redescription of the marine ciliate, *Certesioa quadrinucleata* (Protozoa: Ciliophora) from Qingdao, China [J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2004, **84**: 4595/1—6



图版 I 缩颈半腹柱虫(1—3、5)、盐扁体虫(4、6、7)、念珠腹棘虫(8—10)

Plate I *Hemigastrostyla enigmatica* (1—3, 5), *Placus salinus* (4, 6, 7) and *Gastrocirrhus monilifer* (8—10)

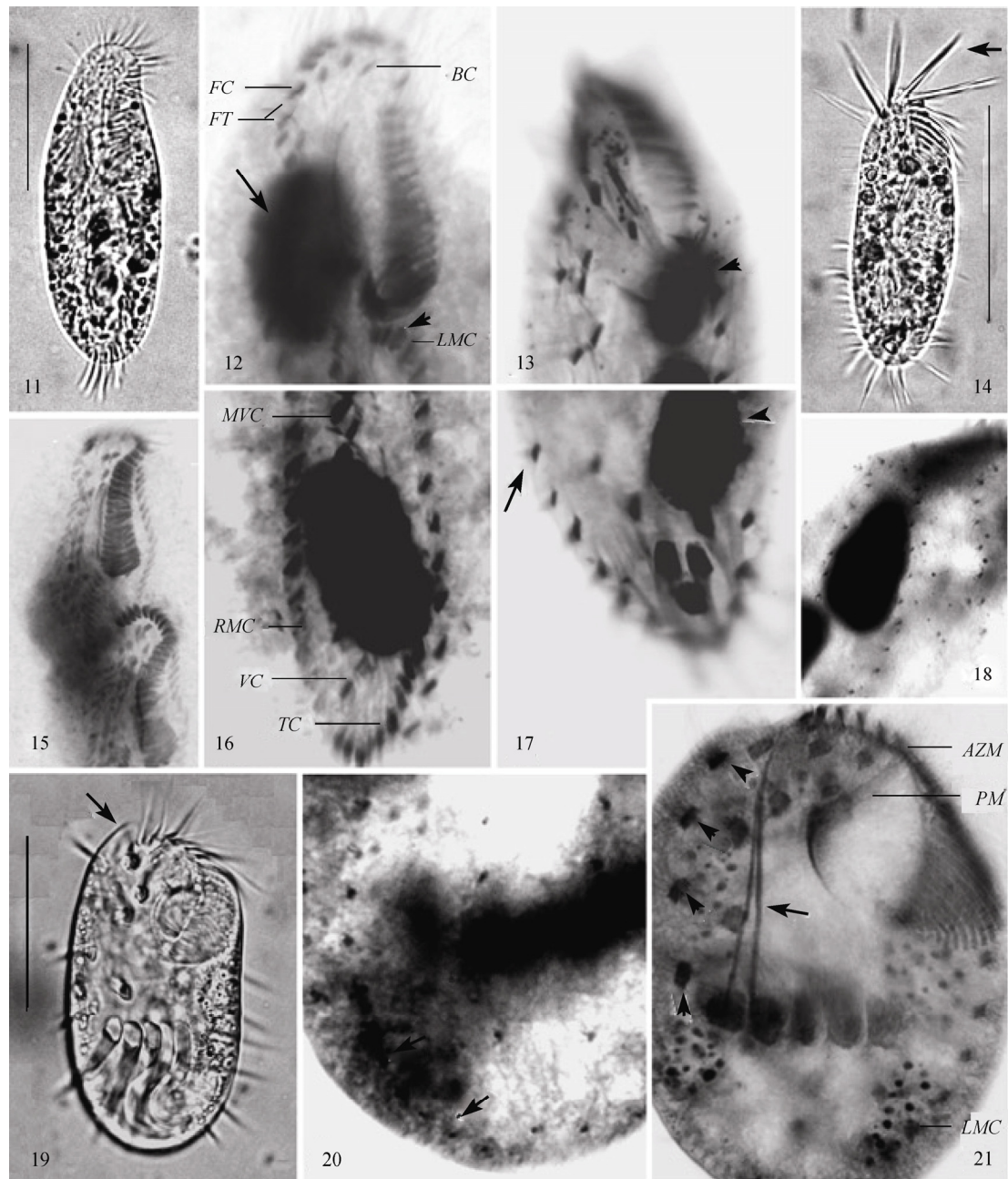
1、2. 活体腹面观, 短箭头示尾棘毛; 3. 蛋白银制片标本, 短箭头示额外棘毛; 5. 活体侧面观; 4、6. 活体腹面观, 短箭头示端位凹陷; 7. 箭头示围口片段, 短箭头是片段动基列, 双箭头示口区动基列; 8、9. 活体腹面观和顶面观, 箭头示横棘毛; 10. 蛋白银制片标本, 箭头示波动膜, 短箭头示小核, 双箭头示额棘毛

1, 2. Ventral view in vivo, arrowhead to show caudal cilium; 3. After protargol impregnated specimen, arrowhead to show extral cirri; 5. Lateral view in vivo; 4, 6. Ventral view in vivo, arrowhead to show the subapical cavity; 7. Arrow to show circumoral dikinetid, arrowhead to show fragment kinety, double-arrowhead to show adoral organelles; 8, 9. Ventral view and apical view in vivo, arrow to show transverse cirri; 10. After protargol impregnated specimen, arrow to show undulating membrane, arrowhead to show micronuclei, double-arrowhead to show frontal cirri

BC: 口棘毛; CC: 尾棘毛; CV: 伸缩泡; FVR: 额腹棘毛列; Ma: 大核; Mi: 小核; TC: 横棘毛; VC: 腹棘毛

BC: buccal cirrus; CC: caudal cirri; CV: contractile vacuole; FVR: fronto-ventral row; Ma: Macronucleus; Mi: Micronucleus; TC: transverse cirri; VC: ventral cirri

比例尺(Scale bars): 图版 I -1, 2, 4, 5, 9, 10 = 50 μm ; 图版 I -8 = 100 μm



图版 II 紧缩全列虫(11、12、15、16)、盐尖毛虫(13、14、17、18)、四核舍太虫(19—21)

Plate II *Holosticha diademata* (11, 12, 15, 16), *Oxytricha saltans* (13, 14, 17, 18) and *Certesiea quadrinucleata* (19—21)

11. 活体腹面观; 12、16. 蛋白银制片标本, 短箭头示左缘棘毛列前部呈现钩状排列, 箭头示大核; 13、17. 蛋白银制片标本, 短箭头示大核; 14. 活体腹面观, 箭头示顶端冠状小膜; 15. 发生中期的纤毛图式; 18. 背面纤毛图式; 19. 活体腹面观, 箭头示右侧突起; 20. 背面纤毛图式示背触毛, 箭头示最左边间隔较近的一系列背触毛; 21. 腹面纤毛图式, 短箭头示额棘毛排布, 箭头示横棘毛衍生出的纤维

11. Ventral view in vivo; 12, 16. After protargol impregnated specimen, the arrowhead marks macronuclei; 13, 17. After protargol impregnated specimen, the arrowhead marks the "hook-like" arrangement of cirri in left marginal row, arrow to show macronuclei; 14. Ventral view in vivo, arrow to show the crown-like apical membranelles; 15. Infraciliature at middle stage of morphogenesis; 18. Infraciliature of dorsal side; 19. Ventral view in vivo, arrowhead to show the sharp-angled projection on the right anterior edge; 20. Infraciliature of dorsal side, to show the dorsal kineties, arrows mark the closely spaced cilia of the leftmost kinety; 21. Infraciliature of ventral side, arrowheads to demonstrate the distribution of frontoventral cirri, arrow points to the fibres deriving from the transverse cirri

AZM: 口围带小膜; BC: 口棘毛; FC: 额棘毛; FT: 额端棘毛; LMC: 左缘棘毛; MVC: 中腹棘毛; PM: 口侧膜; RMC: 右缘棘毛; TC: 横棘毛; VC: 腹棘毛

AZM: adoral zone of membranelles; BC: buccal cirrus; FC: frontal cirri; FT: frontoterminal cirri; LMC: left marginal cirri; MVC: midventral cirri; PM: paroral membrane; RMC: right marginal cirri; TC: transverse cirri; VC: ventral cirri

比例尺(Scale bars): 图版 II-11, 14 = 50 μ m; 图版 II-19 = 30 μ m