

武昌六前鞭虫胞器超微结构的研究

李连祥 汪建国 肖武汉

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 对武昌六前鞭虫胞器的超微结构进行了观察, 发现 R 鞭毛复合体的内下方有分散的微管, 两根 R 鞭毛复合体之间和外方具少量的粗面内质网, 而虫体周边分布较多。粗面内质网外周被发达的微管。生毛体与胞核之间有胞咽和小盾结构。胞质中有较多的食物泡, 未见到线粒体、高尔基体和表膜下微管结构。另外对粗面内质网的结构、功能以及种的鉴定等方面也作了讨论。

关键词: 武昌六前鞭虫; 胞器; 超微结构

中图分类号: S917.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2001)02-0137-07

关于六鞭毛虫(六前鞭虫)^[1]的超微结构, 国内外自 70 年代以来陆续有报道^[2-14], 尤以法国学者 Brugarolle 的工作较细致和深入^[8-11]。国内近几年来对显著六前鞭虫(*Hexamita nobillis* Li & Nie, 1995)^[5], 透明六前鞭虫(*H. transparentus* Xiao & Li, 1993)^[6]和鲷六前鞭虫(*H. xenocyprini* Chen, 1984)的超微结构进行过报道^[7]。作者等在鱼类寄生六前鞭虫的研究中共记述了 18 种六前鞭虫, 其中寄生在密鲷(*Xenocypris argentea*) 肠内的有 12 种, 作者就其中 1 种即武昌六前鞭虫(*H. wuchangensis* Li & Nie, 1995), 在光学显微镜观察的基础上进行超微结构研究, 发现其 R 鞭毛的复合体、粗面内质网的形态和分布, 表膜下的结构等与以往的报道均有很大的不同。

1 材料和方法

取含有虫体较多的肠组织或内含物, 剪成直径 0.8—1.0mm 的小块, 直接投入 2.5% 戊二醛 + 2% 锇酸混合液中, 固定 1.5h (10℃ 以下), 经 3 次缓冲液洗涤后再用 2% 锇酸固定 1h, 然后洗涤, 脱水环氧树脂(Epon 812)包埋, LKB-V 切片, 厚度约 500—800A, 醋酸铀、柠檬酸铅染色约各 30min。详细操作见参考文献[2]。H-300 型日本产电子显微镜观察及拍照。

2 结果

2.1 光学显微镜观察

收稿日期: 1999-06-29; 修订日期: 2000-01-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 3870489, 3937095)

作者简介: 李连祥(1931—), 汉族, 男, 广西人; 研究员; 原生动动物学专业。工作得到淡水生态与生物技术国家开放实验室袁秀平和刘建平同志的大力协助, 在此致谢。

通讯作者: 汪建国

虫体瓜子形或椭圆形,体表光滑,无突起,体形和大小变化不大,长 8.5(8.1—8.8) μm ,宽 3.5(3.0—4.2) μm ,厚 3.0 μm 。生毛体左右各一组,对称的位于虫体前端,由此生出三根前鞭毛和 1 根折回体内的后 R 鞭毛,通过胞口管直接伸出体外。两个胞核长杆状,前方彼此靠近,后方呈“八”字状分开,约占虫体的 1/3。胞质中有较多的食物颗粒和一个明显的伸缩泡(图版 I)。

2.2 超微结构

2.2.1 胞口及鞭毛 胞口在虫体后端。胞口管是由虫体表膜内陷而成。胞口膜单层,很薄,未见微管或微丝。胞咽位于 R 鞭毛的上方,生毛体的下方(图版 II:4)。虫体前端生毛体两丛,左右对称分开成两小区,每区有 4 个生毛体,前 3 个约呈倒“品”字形(图版 II:4) K_2, K_3 相距较远,与 K_3 靠近的是 R 鞭毛的生毛体,前 3 个生毛体各生出 1 根鞭毛,伸向前方,称为前鞭,共 6 根,所以又叫六前鞭虫^[1]。每根鞭毛的外周被极细的微丝,轴心有两根微管,紧靠微丝下方为 9 组大小相似,作环状排列的微管。当其纵切面时,能见到自上而下的维丝(图版 II:3)。近胞核的另一个生毛体生出的另一根鞭毛,自生毛体发出后,扭转,沿胞口管内壁,直接通出体外,称为后鞭毛或回转鞭毛,现称为 R 鞭毛。以 R 鞭毛为轴心,联合胞口区周围的胞器结构总称为 R 鞭毛复合体。R 鞭毛复合体外被 U 形的条纹板,索状微管带和核下微管。R 鞭毛的内方有明显的、单行排列的核下微管(图版 II:1、2、3、4,图版 III:10),其右方有 2—3 排,但微管数不多,其中近外缘的纵行的微管数最多(图版 II:2),近核下微管的胞质中亦有稀疏的微管(图版 III:11)。索状微管带前端起自 R 鞭毛和生毛体(K_1)之间,沿胞口管外壁通向后方(图版 II:2、3)。另外在粗面内质网与索状微管带之间有两小段微管带(图版 II:2)。R 鞭毛复合体的内方是“S”状核下微管(图版 II:4,图版 III:10),它起自于胞核的下方,沿 R 鞭毛轴的外方一直走向虫体后端,当 R 鞭毛纵切面观更为清晰(图版 II:3)。U 形的条纹板前方起于索状微管带附近,贯穿胞口管的全长,系微丝组成(图版 II:3)。

2.2.2 胞核 在超薄切片中,两胞核彼此靠近,但不发生彼此相嵌或作“S”形的环抱。核膜较厚,双层,呈波浪状的环绕胞核,核膜上的微孔清晰可见(图版 II:1、4,图版 III:10)。核质均匀,未见核仁。在生毛体与胞核之间有一条带状的核上微管,通过它将虫体左右生毛体连接起来^[14]。

2.2.3 胞质 武昌六前鞭虫的胞质较丰富。胞质中除致密的电子质粒外,具较多的圆形、卵形,大小不等的消化泡(图版 II:6),其中有的是细菌(图版 II:1、6,图版 III:9)。多数为核糖体,类脂和空泡(图版 II:4、6),粗面内质网较丰富,在两根 R 鞭毛之间,或外侧或上方均有分布,最为明显的是沿虫体的周边分布(图版 III:7、9—11)。粗面内质网长杆状、椭圆形或线条状不等。每个粗面内质网的表层具稀薄的糖原体,中央为不着色,或电子质粒极少的空白区。环绕粗面内质网的外周是单层排列整齐的微管(图版 II:6,图版 III:11)。从超薄切片中看出,几乎所有粗面内质网外周的微管都是横断面,紧紧地将虫体包扎起来,未见到与虫体横轴排列的微管,也就是说,它们都是与虫体纵轴平行的。胞质中未见到线粒体。在近 R 鞭毛的上方,两胞核之间,有一块近似圆形的胞器,可能系胞咽所在(图版 II:1)。同样在 R 鞭毛的上方有一块盾状的小胞器,可能是小盾(图版 II:1、4)。

2.2.4 表膜 虫体表膜极薄,单层,光滑,无特殊结构。表膜下亦无微管。对周围环境反

应较敏捷,故在同样的方法处理后,此鞭毛虫的表膜较之显著六前鞭虫易损伤或破裂(图版Ⅱ:5、6、图版Ⅲ:10)。

3 讨论

3.1 对4种六前鞭虫R鞭毛复合体横切面的对比观察^[5-7],发现每种六前鞭虫R鞭毛的复合体的结构和胞器的组成是不同的,如鲑六前鞭虫(*Hexamita salmonis*),在两根R鞭毛之间没有粗面内质网,而代之为两排稀疏的微管^[9,12]。凸旋核六鞭虫(*Spironucleus torosa*)的两根R鞭毛之间具发达的粗面内质网,胞口下方有稀少的微管^[12],显著六前鞭虫的R鞭毛外侧具发达的粗面内质网,胞口下方左右均有1—2排为数不多的微管(图版Ⅲ:7、8)^[4]。而武昌六前鞭虫R鞭毛外侧的粗面内质网极少,胞口下方微管的数目,分布也很不同于上述种类。据此作者认为,在同一寄主体内又有多种六前鞭虫同时存在时,除在光学显微镜下找出它的形态结构,大小不同外,进一步对R鞭毛复合体超微结构的分析,对种的鉴定是很有意义的。

3.2 显著六前鞭虫、鲑六前鞭虫和凸旋核六鞭虫等的表膜下具单行或散状分布的微管,尤以*S. elegans*和凸旋核六鞭虫的微管更为丰富。像武昌六前鞭虫的表膜很薄,单层,其下没有上述种类具有微管结构,但其粗面内质网的分布及其外周具发达的微管,且与虫体纵轴方向保持一致,无疑地加强了支持躯体和保护的功能。

3.3 武昌六前鞭虫粗面内质网沿虫体周边分布的情况与Brugerolle在*Enteromonas*属的种类中所见到的很相似^[11],但后者没有微管包围粗面内质网。关于原生动物内质网的结构与分布情况有较多的报道,认为它的表层上主要成分是核酸体蛋白质聚集物^[2],除对虫体起支持和保护的功能外,对新陈代谢特别是糖类的代谢起重要的作用。而关于粗面内质网外周具单行排列微管的情况,至今未见报道。过去有的报道因为提供的图示太小,粗面内质网的结构极不清晰,很难辨别其外周有无微管结构,但从Poynton, et al提供的图示,凸旋核六鞭虫表膜下微管的数目和排列情况是相当显著的,但粗面内质网的外周仅是致密的电子质粒,无任何微管的迹象。作者曾对显著六前鞭虫和透明六前鞭虫的粗面内质网结构进行了详细的观察,也未发现像武昌六前鞭虫的粗面内质网外周具微管结构。因此,作者相信,粗面内质网外周微管结构,不仅说明武昌六前鞭虫的特殊性,而且也更说明内质网结构的多样性。

参考文献:

- [1] 齐钟彦. 新拉汉无脊椎动物名称[M]. 北京:科学出版社,1999
- [2] 沈韞芬. 原生动物学[M]. 北京:科学出版社,1999
- [3] 李连祥,倪达书. 鱼类寄生六鞭毛虫的研究(动鞭纲,双滴虫目,六鞭毛科)[J]. 动物分类学报,1995,20(1):6—28
- [4] 陈启鑫,谢杏人. 辽河鱼类寄生鞭毛虫[C]. 中国淡水鱼类寄生虫论文集. 北京:农业出版社. 1984
- [5] 李连祥. 显著六鞭毛虫超微结构的观察[J]. 水生生物学报,1995,19(3):263—268
- [6] 肖武汉,李连祥. 透明六鞭毛虫新种及其超微结构[C]. 鱼病学研究论文集,北京:海洋出版社,52—55,1993
- [7] 肖武汉,李连祥. 鲷六鞭毛虫的超微结构[C]. 鱼病学研究论文集,北京:海洋出版社,56—59,1993
- [8] Brugerolle G. Contribution a l'etude cytologique et phyl'etique des diprozoaires (Zoomastigophorea, Diplozoa, Dan-

- geard, 1910) III. Etude ultrastructurale du genus *Hexamita* (Dujardin, 1838) [J]. *Protistologica*, 1974, X: 83—90
- [9] Brugerolle G. Contribution a l'etude cytologique et phyl'etique des diprozoaires (Zoomastigophorea, Diplozoa, Dangeard, 1910) VI. Caracteres generaux des diprozoaires [J]. *Protistologica*, 1975, XI:111—118
- [10] Brugerolle G, Joyon J, Oktem N. Contribution a l'etude cytologique et phyl'etique des diprozoaires (Zoomastigophorea, Diplozoa, Dangeard, 1910) II. Etude ultrastructurale du genre *Spironucleus* (Lavie, 1936) [J]. *Protistologica*, 1979, IX:495—502
- [11] Brugerolle G. Etude ultrastructurale du Genre *Enteromonas* da fonsera (Zoomastigophorea) et R'evision de l'ordre des Diplomonadida Wenyon [J]. *J. Protozool.*, 1975, 22(4):468—475
- [12] Ferguson H W. Scanning and transmission electron microscopical observations on *Hexamita salmonis* (Moore, 1922) related to mortalities in rainbow trout fly *Salmo gairdneri* Richandron [J]. *J. Fish Dis.*, 1979, 2:57—67
- [13] Poynton S L, Morrison C M. Morphology of diplomonad flagellate: *Spironucleus torosa* n. sp. from Atlantic cod *Gadus morhua* L., and Haddock *Melanogrammus aeglefinus* (L.) and *Hexamita salmonis* Moore from Brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) [J]. *J. Protozool.*, 1990, 37(5):369—398
- [14] Kulda J, Nohynkova E. Flagellates of the human intestine and of intestines of other species. Parasitic Protozoa [M]. New York: Academic Press, 1978, 1—138

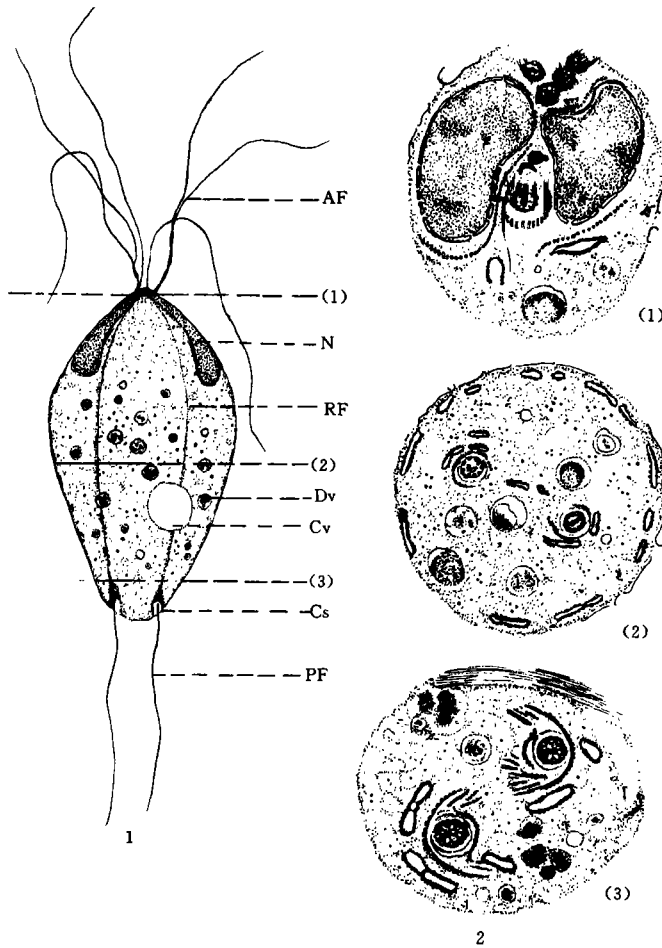
ULTRASTRUCTURE OF ORGANELLA OF *HEXAMITA WUCHANGENSIS* (ZOOMASTIGOPHOREA, DIPLOZOA)

LI Lian-xiang WANG Jian-guo and XIAO Wu-han

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy Science, Wuhan, 430072)

Abstract: The ultrastructure of organella of *Hexamita wuchangensis* Li & Nie, 1995 is observed. Some microtubules are dispersed beneath the recurrent flagellar complexes, but majority of them are surrounding the border of cytoplasm. The outside of the rough endoplasmic reticulum with developmental microtubules is notable. There is a cytopharynx and a pelta both in middle of kinetosomes and nuclei, and a lot of digestive vacuoles, but the mitochondrion, the golgi apparatus within the cytoplasm and the microtubular structure in subpellicle are not present. In addition the structure and the function of rough endoplasmic reticulum and identification of species of the organism are also discussed.

Key word: *Hexamita wuchangensis*; Organella; Ultrastructure



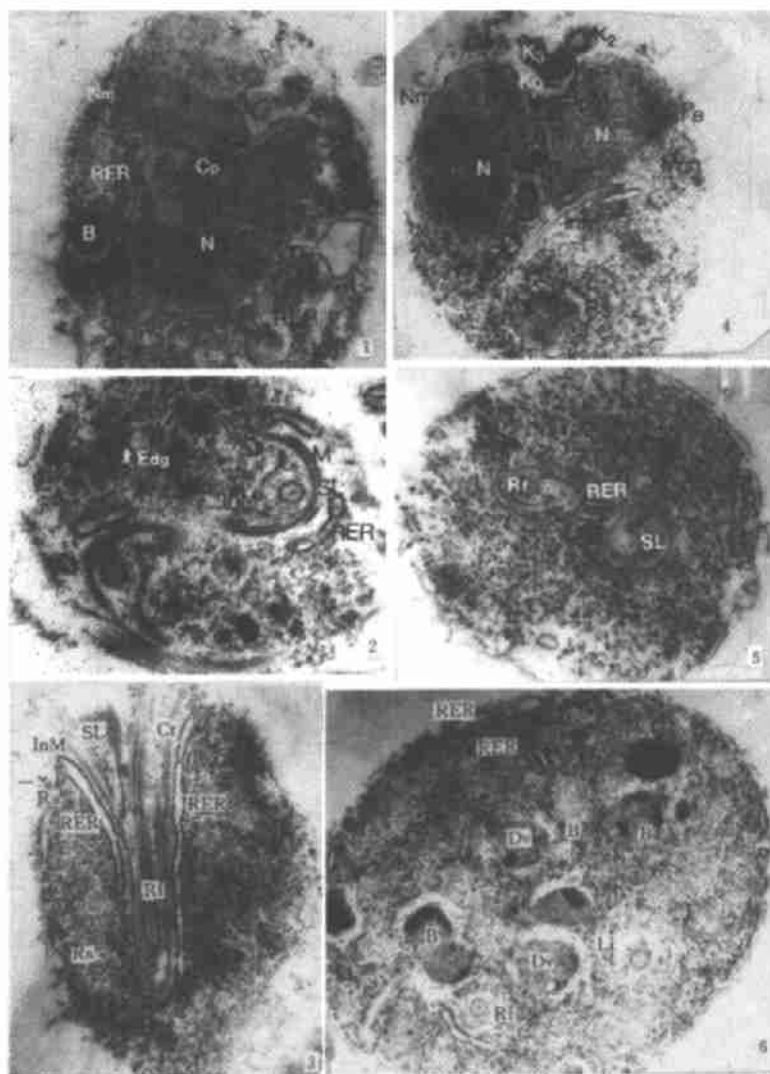
图版 I

光学显微镜下的虫体形态,蛋白银染色标本;虫体超微结构:(1) 虫体前端横切面,示生毛体,胞核,R鞭毛,核上、核下微管带等;(2) 虫体中部横切面;(3) 后部横切面,示两根R鞭毛复合体及胞质情况。

The appearance of flagellate observed in light microscopy, smear stained with protargol; Ultrastructure of flagellate: (1) Transverse section of anterior end of flagellate, showing kinetosomes, nuclei, supra and infranuclear microtubules; (2) Transverse section of middle part of flagellate; (3) Transverse section of posterior end of flagellate, showing two recurrent flagellar complexes and cytoplasm et al. .

图版 I - III 中的缩写字母说明

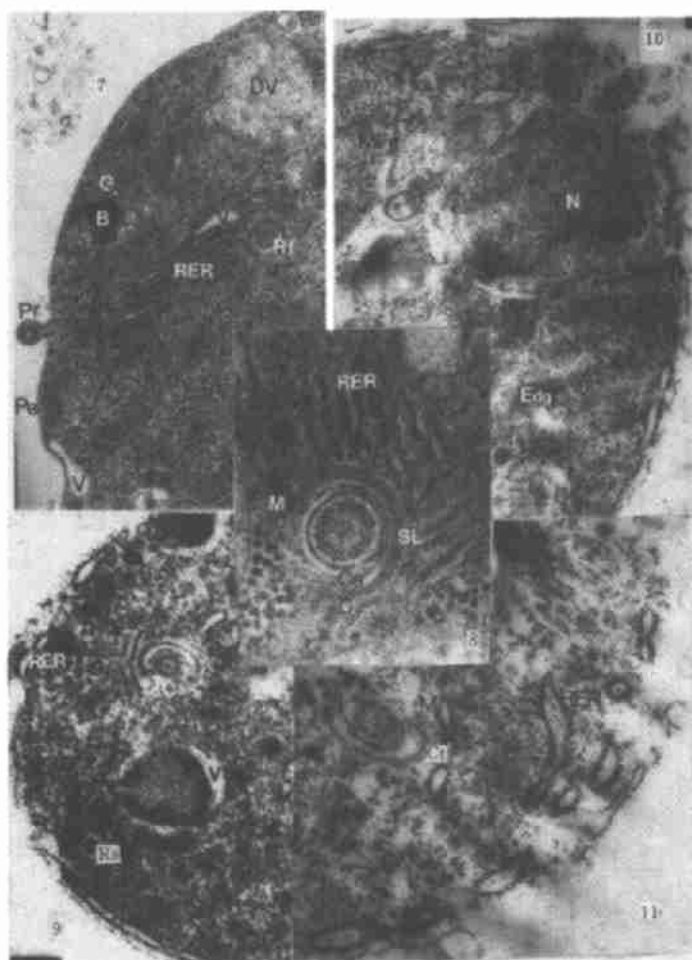
AF	前鞭毛	Anterior flagellum	B	细菌	Bacteria
Cp	胞咽	Cytopharynx	Cs	胞口	Cytostome
Ct	胞口管	Cytostomal tube	Cv	伸缩泡	Contractile vacuole
Edg	致密电子质粒	Electron dense granules	Dv	消化泡	Digestive vacuole
G	高尔基体	Golgi apparatus	InM	核下微管	Infranuclear microtubule
K ₀ -K ₃	生毛体	Kinetosomes	Li	类脂体	Lipid inclusion
M	微管	Microtubule	MFn	索管微管带	Microtubular ribbon of funis
Mpn	核膜孔	Micropore of nuclear membrane	N	胞核	Nucleus
Nm	核膜	Nuclear membrane	Pe	表膜	Pellicle
Pf	后鞭毛	Posterior flagellum	Pr	突起	Process
RER	粗面内质网	Rough endoplasmic reticulum	Rf	R 鞭毛	Recurrent flagellum
SL	条纹板	Striated lamella	SpM	核上微管	Supranuclear microtubule
Rs	核糖体	Ribosome	V	空泡	Vacuole



图版 II

1. 虫体前端横切面, 示两胞核, R 鞭毛, 胞咽, 小盾, 生毛体和核膜微孔; 2. 虫体后部横切面, 示 R 鞭毛复合体的结构及其外周的粗面内质网等; 3. 虫体后部纵切面, 示 R 鞭毛, 条纹板, 核下微管, 粗面内质网及胞口管; 4. 虫体前端横切面, 示两个胞核, K_1 , K_2 , K_3 及 K_0 , R 鞭毛核上、核下微管, 核膜孔等; 5. 虫体后部横切面, 示两根 R 鞭毛复合体, 粗面内质网, 表膜和胞质中的许多致密电子质粒; 6. 虫体中部横切面, 示两根 R 鞭毛, 粗面内质网以及许多消化泡。

1. Transverse section of anterior end of flagellate, showing recurrent flagellum, cytopharynx, pelta, kinetosomes and micro-pore of nuclear membrane $\times 20000$; 2. Transverse section of posterior end of flagellate, showing recurrent flagellar complex and some rough endoplasmic reticulum $\times 20000$; 3. Longitudinal section of posterior end of flagellate, showing recurrent flagellar, striated lamella, infranuclear microtubules and tube of cytopharynx $\times 15000$; 4. Transverse section of anterior end of flagellate, showing two nuclei, supra- and infranuclear microtubules K_0 - K_3 kinetosomes, recurrent flagellum and the micro-pores of nuclear membrane $\times 20000$; 5. Transverse section of posterior part of flagellate, showing two recurrent flagellar complexes, rough endoplasmic reticulum, pellicle and a lot of dark electron denses in cytoplasm $\times 20000$; 6. Transverse section of middle part of flagellate, showing two recurrent flagella, rough endoplasmic reticulum, on the border of cytoplasm and many digestive vacuoles $\times 20000$.



图版 III

7. 8. 显著前六鞭虫的超微结构. 7. 虫体中部横切面, 示 R 鞭毛, 粗面内质网, 高尔基体, 消化泡(细菌)以及表膜上的突起; 8. R 鞭毛复合体的横切面, 示粗面内质网和 R 鞭毛复合体结构. 9—11. 武昌六前鞭虫的超微结构. 9. 虫体中部横切面, 示 R 鞭毛复合体, 粗面内质网和胞质; 10. 虫体前部横切面, 示胞口、核下微管, R 鞭毛, 粗面内质网和表膜; 11. 虫体中部横切面, 示 R 鞭毛复合体, 粗面内质网外周的微管和表膜等.

7. 8. Ultrastructure of *H. nobilis*; 7. Transverse section of middle part of flagellate, showing recurrent flagellum, rough endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, digestive vacuoles (bacteria) and a process on the pellicle $\times 37500$; 8. Transverse section of rough endoplasmic reticulum, showing rough endoplasmic reticulum and the structure of recurrent flagellar complex $\times 50000$; 9—11. Ultrastructure of *H. wuchangensis*; 9. Transverse section of middle part of flagellate, showing recurrent flagellar complex, rough endoplasmic reticulum and cytoplasm $\times 20000$; 10. Transverse section of anterior end of flagellate, showing cytostome, infranuclear microtubules, recurrent flagellum, rough endoplasmic reticulum and pellicle $\times 20000$; 11. Transverse section of anterior end of flagellate, showing recurrent flagellar complex, rough endoplasmic reticulum by microtubule rounded and pellicle $\times 30000$.