

# 海洋纤毛虫黄色伪角毛虫无性生殖期间的形态发生\*

孙萍 宋微波\*\*

中国海洋大学教育部海水养殖重点实验室, 青岛 266003

**摘要** 利用蛋白银染色技术研究了海洋纤毛虫——黄色伪角毛虫 *Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866) Wirnsberger, Larsen & Uhlig, 1987 无性生殖期间的细胞发生学。其主要特征为: 1) 前仔虫口原基以独立发生的方式出现并独特地形成于口前庭右侧的皮层深处, 由其对老口围带进行完全的更新; 2) 老口器不参与新口器的形成, 完全被吸收; 3) 前仔虫的额-腹-横棘毛原基同样为独立发生, 老结构可能不参加其随后的发育; 4) 后仔虫的口原基、波动膜原基及额-腹-横棘毛原基均来自最初排列无序的毛基粒发生场; 5) 背触毛及缘棘毛的更新发生在老的结构中, 并向前后延伸取代老结构; 6) 在整个发生过程中, 无大核融合现象。文中同时对该种所表现的发生学特征及系统学意义做了探讨 [动物学报 51 (1): 81-88, 2005]。

**关键词** 海洋纤毛虫 黄色伪角毛虫 形态发生学

## Morphogenesis of the marine ciliate *Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866) Wirnsberger et al., 1987 (Protozoa: Ciliophora: Hypotrichida)\*

SUN Ping, SONG Wei-Bo\*\*

Laboratory of Protozoology, KLM, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

**Abstract** Morphogenetic events during the binary division of the little-known marine hypotrichous ciliate, *Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866) Wirnsberger, Larsen & Uhlig, 1987, collected from the littoral area of Zhanjiang, South China are described based on protargol-impregnated specimens. The basic process in the Zhanjiang population corresponds well with other congeners and presents the following characteristics: 1) in the proter, the oral primordium and undulating membranes-anlage generate *de novo* under the surface of the buccal cavity, and hence clearly separated from the fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in the proter; 2) the old adoral zone of membranelles in the proter is completely replaced by newly-built structures; 3) the fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in both the proter and opisthe originate apokinetally; 4) the oral primordium, undulating membranes-anlagen and the FVT-cirral anlagen in the opisthe develop from the same anarchic field of basal bodies; 5) marginal cirral rows and dorsal kineties develop in a usual way, of which the anlagen appear within the parental structures and stretch toward both sides to replace the old structures; 6) in the process of morphogenesis, macronucleus segments divide without prior fusing. The phylogenetic significance of these morphogenetic events are discussed. Compared with other taxa in spirotrichs, the phenomenon of the subcortical origin of the oral primordium in the proter of the present species is, in the authors' opinion, possibly a convergent feature [Acta Zoologica Sinica 51 (1): 81-88, 2005].

**Key words** Marine ciliate, *Pseudokeronopsis flava*, Morphogenesis

有关纤毛虫个体发生学的研究对于探讨真核生物细胞分化与发育过程中的核质关系、确定分类阶元在系统进化中的地位以及亲缘种的鉴别均具有重要的意义, 因此, 该领域长期以来一直是国内外纤

毛虫研究的重要方向之一 (Hemberger, 1982; 邱子健、史新柏, 1991; Hu and Song, 2001a, b)。

黄色伪角毛虫 [*Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866)] 是一种较罕见并缺乏研究的大型海洋纤毛

2004-03-14 收稿, 2004-08-15 接受

\* 国家自然科学基金课题资助 (项目编号: 40376045) [This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (No: 40376045)]

\*\* 通讯作者 (Corresponding author) E-mail: wsong@ouc.edu.cn

动物学报 Acta Zoologica Sinica

虫, 隶属于多膜纲腹毛亚纲之伪角毛虫科。自1866年报道(称作 *Oxytricha flava* Cohn, 1866)以来, 纤毛图式长期不详, 直至近十几年来才重新确认其地位(Wirnsberger, 1987a; Song et al., 2004)。鉴于本种的形态发生学迄今未明, 我们在对该种无性生殖期间的细胞发生学研究中, 观察了新结构构建时的一般过程及新、老结构之间的相承关系, 并发现了若干(在本属)前所未有的现象, 现将结果报告如下。

## 1 材料与方法

实验材料黄色伪角毛虫于2001年夏采自湛江近岸海区, 经镜检分离后进行纯培养并于本实验室细胞库保种。培养系以细菌为食, 加入米粒以致富细菌。在本研究中, 挑选处于不同发育阶段的虫体, 采用Wilbert(1975)蛋白银染色方法制做永久标本。油镜下(1 250×)以绘图器进行绘图。为了便于区分, 发育中的老纤毛器仅给出轮廓, 新生结构则绘成实体。图文中术语及缩略词主要参照Hemberger(1982)和Wirnsberger(1987a, b)。

## 2 结果

### 2.1 非分裂期的形态学及纤毛图式(图1)

**形态描述** 虫体基本为细长带状, 前后端略细缩(图版I: a)。活体大小约150–240 μm×40–60 μm, 表膜柔软。伸缩泡(CV)单一, 恒见于虫体后1/3–1/5处。皮层颗粒分两种: 一种为棕黄色色素颗粒(图1: c, 双箭头; 图版I: b, 箭头), 略呈椭圆形, 长约0.6 μm, 位于皮层表面, 在腹面沿缘棘毛(MC)密集排布, 沿中腹棘毛(MVC)排列较稀疏, 在背面围绕背触毛(DK)呈玫瑰花形排布(图1: b; 图版I: c, 短箭头), 此外, 另有部分分别在背面、腹面呈散布态分布(图1: c, 双箭头)。另一种无色, 与本属的红色伪角毛虫之相应结构不同, 在本种呈稳定的正圆形, 扁泡或红细胞状, 周缘较厚, 中心区薄而透明, 直径约1.5–2 μm, 密布于深层(图1: c, 箭头; 图版I: b, 短箭头)。虫体在低倍镜下(150×或以下)呈浅至深棕黄色, 在中倍镜观察时(200–400×)可清楚分辨色素颗粒的非匀质分布(见前)。

口区长约占体长之1/4, 形成狭窄的前庭区。口围带(AZM)由43–51片小膜组成, 前端沿虫体边缘仅略折向后方。波动膜两片, 近等长(约

30 μm), 相互平行排列, 其中口侧膜(PM)为复列结构, 口内膜可能为单列(图1: d, 双箭头)。10–14根额棘毛(FC)呈两列冠状或弧形分布(如本属特征)。2–3根额前棘毛(FTC), 紧接于口围带前端。(恒为)单一的口棘毛(图1: d, 箭头)较细弱, 位于波动膜的中位后方。中腹棘毛列(MVR)中约30(24–36)对棘毛密集排列, 呈典型的“zig-zag”结构, 前端连接弧形排列的额棘毛, 后端约伸至虫体的后1/4处(图1: d, 短箭头)。横棘毛(TC)3–4根, 十分细弱, 长约15 μm。左、右缘棘毛列(LMR, RMR)分别由约48(41–57)和53(43–60)根棘毛组成, 在后端相互分离, 其中右缘棘毛列在前部终止于体亚前端(图1: e)。背触毛恒为完整的3列(偶见有不完整的第4列, 应为个体变异), 贯穿虫体前后; 背触毛长约3 μm, 排列较密集(图1: e)。大核(Ma)约100枚, 卵形或椭圆形, 长×宽约5 μm×3 μm; 小核(Mi)匀质, 约10数枚, 椭圆形, 二者均散布于胞质中(图1: e)。

### 2.2 无性生殖期的形态发生(图2、3, 图版I)

在我们检获的标本中, 某些发育环节的个体(介于早期与中期之间)缺失, 但基本发展过程仍十分清楚, 按其发生时序及结构分别简述如下。

**2.2.1 后仔虫的口器及体棘毛发生** 后仔虫口原基发生的最早迹象是在胞口后、中腹棘毛左侧出现一无序排列的毛基粒群(图2: a, 短箭头), 随着其内毛基粒的增生, 逐渐伸展至长带状, 即后仔虫的口原基发生场(图2: b, 箭头; 图版I: h, 双箭头)。在这个过程中, 中腹棘毛保持其完整性。虫体经进一步发育, 该原基场由前至后纵向分离成三部分, 最右侧的部分为斜向条带状排列的额–腹–横棘毛原基(图2: d; 图版I: i, 短箭头); 中间的部分将发育成口内膜和口侧膜, 即波动膜原基(图版I: i, 双箭头); 最右侧的部分, 即口围带原基或口原基, 其内毛基粒此时由前至后开始组装成小膜(图版I: i, 箭头)。随着小膜组装的进行, 由波动膜原基分离出一根棘毛, 移至额区(图2: d, 箭头), 其剩余部分将发育成口内膜和口侧膜。每列缘棘毛中已在前后分别形成两列原基, 即缘棘毛原基, 老结构极可能参与了此原基的形成(图2: d, 双箭头; 图版I: k, 箭头)。到后期, 口器发育已基本完成, 口围带的前端向右弯曲(图3: a, b)。额–腹–横棘毛原基除后端的3–4列外, 其余每列均产生2根棘毛(图3: a; 图版I:

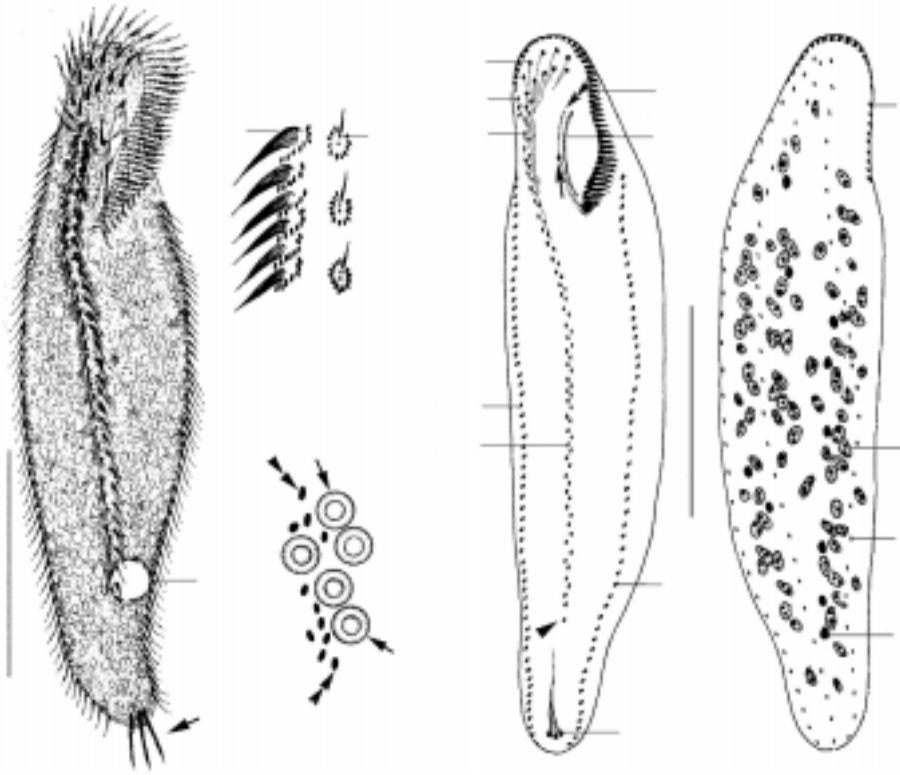


图 1 黄色伪角毛虫的形态

a. 活体腹面观, 箭头示横棘毛。b. 沿缘棘毛和背触毛排列的棕黄色色素颗粒。c. 示颗粒的形状和分布, 箭头示红细胞状的无色颗粒, 双箭头示色素颗粒。d, e. 腹面和背面的纤毛图式, 双箭头(图 d)示口内膜, 箭头(图 d)示口棘毛, 短箭头(图 d)示中腹棘毛列的末端。

AZM: 口围带。DK: 背触毛。FC: 额棘毛。FTC: 额前棘毛。LMR: 左缘棘毛列。Ma: 大核。MC: 缘棘毛。Mi: 小核。MVR: 中腹棘毛。PM: 口侧膜。RMR: 右缘棘毛列。TC: 横棘毛。标尺 = 60  $\mu\text{m}$ 。

### Fig. 1 Morphology of *Pseudokeronopsis flava*

a. Ventral view *in vivo*, arrow to show transverse cirri. b. The yellow-brownish pigments or granules which are grouped along the marginal cirri and dorsal kineties. c. The shape and distribution of granules, arrow marks the colourless granules, double arrowheads indicate yellow-brownish pigments. d, e. Infraciliature on both ventral (d) and dorsal (e) sides, double arrowheads in d refer the endoral membrane, arrow in d marks the buccal cirrus, arrowhead in d indicates the posterior ends of midventral rows.

AZM: Adoral zone of membranelles. DK: Dorsal kineties. FC: Frontal cirri. FTC: Frontoterminal cirri. LMR: Left marginal row. Ma: Macronuclei. MC: Marginal cirri. Mi: Micronuclei. MVR: Midventral rows. PM: Paroral membrane. RMR: Right marginal row. TC: Transverse cirri. Bar = 60  $\mu\text{m}$ .

j)。来自第一列原基的后面一根棘毛移至口侧膜右侧, 成为口棘毛(图 3: a, b; 图版 I: j, m, 箭头)。来自最后一列原基的前两根棘毛发生迁移并最终定位于额区, 成为额前棘毛(图 3: b, c, 双箭头; 图版 I: l, 短箭头)。最后 3-4 列原基每列形成的最后一根棘毛, 组成横棘毛(图 3: c, 短箭头), 其余的原基形成额棘毛和中腹棘毛。缘棘毛原基向前后伸展形成新棘毛, 最终替代老的结构(图 3: a, b, c)。

**2.2.2 前仔虫的口器及体棘毛发生** 形态发生初期, 前仔虫的口原基(OP)以斑块状无序排列毛基粒群的形式在口区右侧的皮层下形成(图 2: a, 箭头)。中腹棘毛和口侧膜之间的细胞表面新出现

一线状毛基粒群, 额-腹-横棘毛原基(图 2: a, 双箭头)。稍后, 随毛基粒增生, 此棘毛原基发育成宽带状(图 2: b, 双箭头; 图版 I: e, 短箭头)。同时, 口区皮层下的口原基逐渐伸展成近椭圆状的毛基粒群(图 2: b, 短箭头; 图 2: c; 图版 I: g, 短箭头), 该原基进一步发育成为前仔虫的波动膜原基和口围带小膜原基。此时, 老口围带从后端开始向前逐渐瓦解并被吸收。口原基如同在后仔虫, 由前向后组装新口围带(图 2: d), 其前端逐渐露出皮层。同时, 波动膜原基已形成, 其随后形成口内膜和口侧膜并分化出第一根额棘毛(图 2: d; 图 3: a, b, 箭头)。新的缘棘毛发生如同后仔虫, 最终取代老缘棘毛(图 2: d, 双箭头; 图

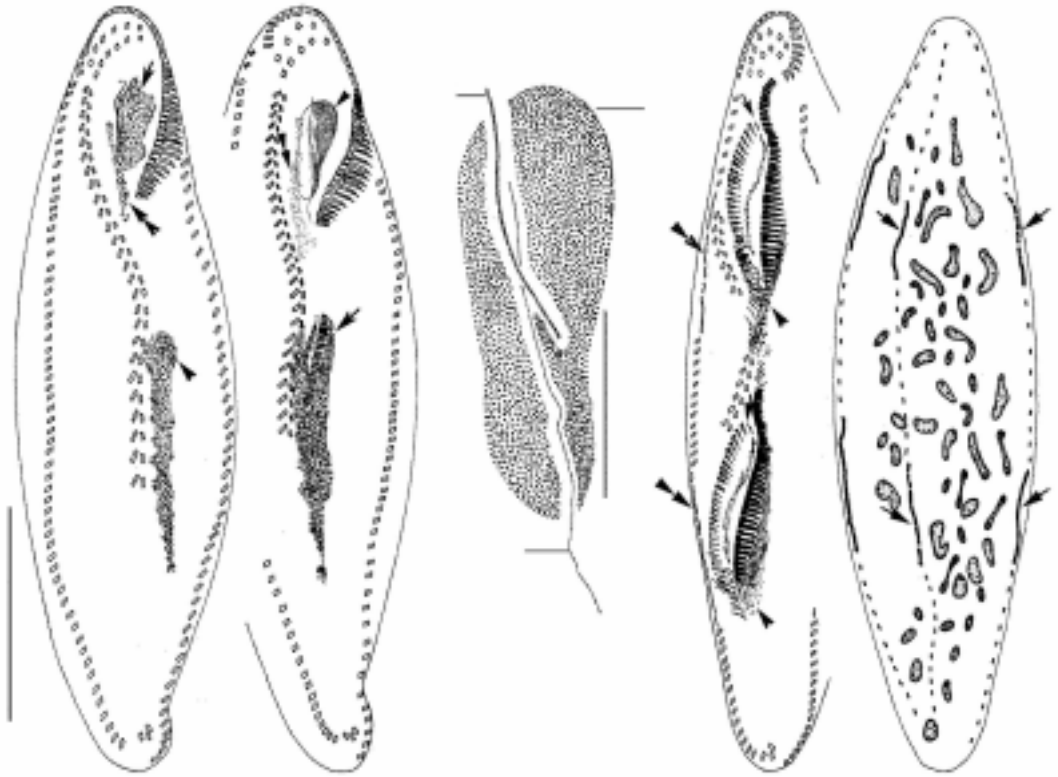


图 2 黄色伪角毛虫的形态发生

a. 腹面观, 箭头示前仔虫的口原基, 双箭头示前仔虫的额-腹-横棘毛原基, 短箭头示后仔虫的口原基。b. 腹面观, 短箭头示前仔虫发育中的口原基, 双箭头示前仔虫的额-腹-横棘毛原基, 箭头示后仔虫中进一步发育的口原基。c. 腹面观, 示前仔虫中进一步发育的口原基。d. 腹面观, 箭头示来自波动膜原基前端的额棘毛; 注意此时口原基、波动膜原基与额-腹-横棘毛原基此时在后部相连, 短箭头; 双箭头示缘棘毛原基。e. 发生中后期的背面观, 箭头示背触毛原基。

EM: 口内膜。OP: 口原基。PM: 口侧膜。图 c 标尺:  $10\ \mu\text{m}$ 。图 a、b、d、e 中的标尺 =  $60\ \mu\text{m}$ 。

### Fig. 2 Morphogenesis of *Pseudokeronopsis flava*

a. Ventral view, arrow points to oral primordium in the proter, double arrowheads indicate the fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in the proter, arrowhead marks the oral primordium in the opisthe. b. Ventral view, arrowhead refers the developing OP in the proter, double arrowheads mark the fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in the proter, arrow demonstrates the OP in the opisthe. c. Ventral view, figure to show the OP in the proter. d. Ventral view, arrow indicate the frontal cirrus derived from the anterior end of undulating membrane-anlage, arrowhead marks the joint part of OP, undulating membrane-anlage and fronto-ventral-transverse-cirral anlagen, double arrowheads indicate the marginal row anlagen. e. Dorsal view in late stages of morphogenesis, arrow shows the dorsal kinety anlagen.

EM: Endoral membrane. OP: Oral primordium. PM: Paroral membrane. Bars in Fig. c:  $10\ \mu\text{m}$ . Bars in Fig. a, b, d, e:  $60\ \mu\text{m}$ .

3: a, b, c; 图版 I: k, 箭头)。与后仔虫的演化方式相同, 前仔虫的额-腹-横棘毛原基也将分别发育成额前棘毛、额棘毛、口棘毛、中腹棘毛和横棘毛。

**2.2.3 背触毛的发生** 当腹面棘毛原基已形成并分化时, 在每列背触毛的前、后半部的中区各发生一列由许多毛基粒两两挤在一起的背触毛原基 (图 2: e, 箭头)。每列原基随后向前后分开、伸展, 最终替代老的结构。此过程无尾棘毛形成或触毛列分段化现象 (图 3: d)。

**2.2.4 核器发生** 与属内其它种的情形相似, 在整个形态发生过程中, 大核无融合现象, 当细胞分裂即将完成时, 每枚大核以及小核均发生分裂并随机分配到子细胞中。

## 3 讨论

到目前为止, 对伪角毛虫属细胞形态发生应用现代技术研究过的仅有 4 种, *P. carnea*, *P. pulchra*, *P. rubra* 和 *P. ignea* (Borror, 1972; Ruthmann, 1972; Wirnsberger, 1987b; Mihailow-

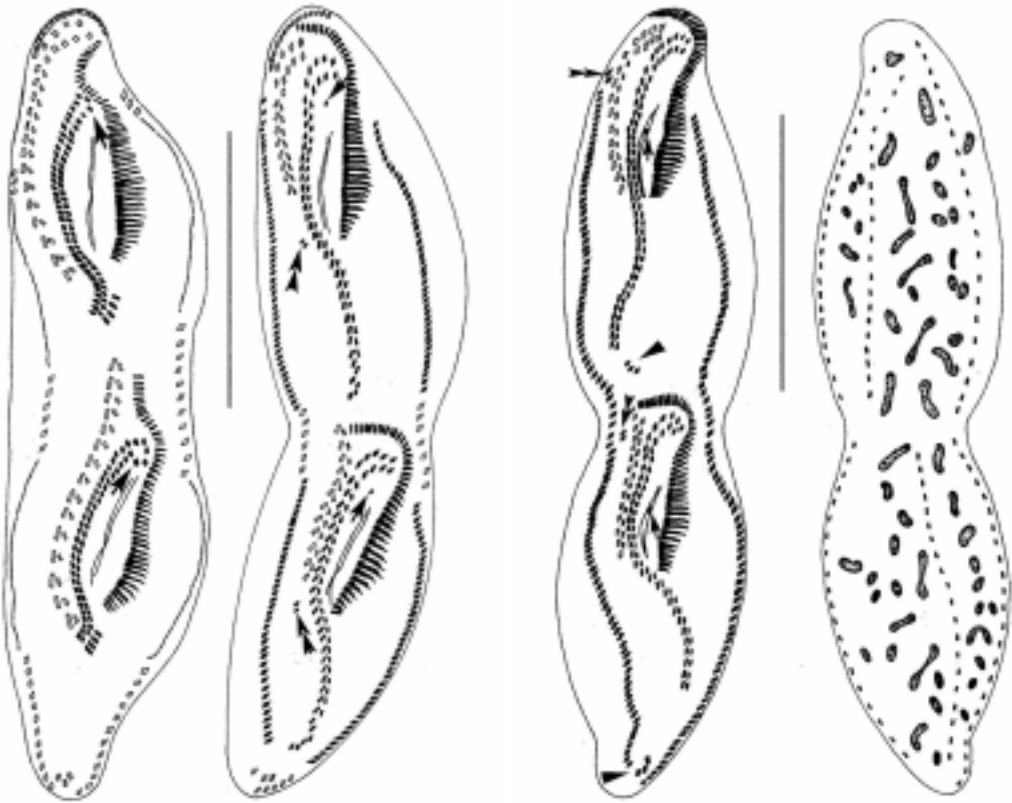


图3 黄色伪角毛虫的形态发生, 示发生后期腹面 (a、b、c) 和背面 (d) 的纤毛图式

a. 腹面观, 箭头示新形成的口棘毛。b. 腹面观, 双箭头示额前棘毛, 箭头示口棘毛。c、d. 同一个体的腹面观和背面观, 双箭头示额前棘毛, 箭头示口棘毛, 短箭头示横棘毛。标尺 = 60  $\mu\text{m}$ 。

**Fig.3 Morphogenesis of *Pseudokeronopsis flava*, showing infraciliature on ventral (a, b, c) and dorsal (d) sides in late stages of morphogenesis**

a. Ventral view, arrow marks the newly formed buccal cirrus. b. Ventral view, double arrowheads indicate the frontoterminal cirri, arrow marks the buccal cirrus. c. d. Ventral and dorsal views of the same individual, double arrowheads mark the frontoterminal cirri, arrow refers the buccal cirrus, arrowhead indicates the transverse cirri. Bar = 60  $\mu\text{m}$ .

itsch and Wilbert, 1990; Hu and Song, 2001a)。这些研究结果一致地表明, 伪角毛虫属的细胞形态发生基本过程遵循了相同的模式, 即: 前仔虫口器完全独立重建并替代老的结构; 缘棘毛原基和背触毛原基在老结构基础上发生, 并向前后伸展以取代老结构; 无尾棘毛形成; 在大核行为上表现出独特性, 即在细胞发生过程中从不融合为单一大核。

形态学以及上述的发生学特征均表明, 伪角毛虫属是一个单源发生系。事实上, 本属的纤毛器或皮层结构的发生过程与科内相邻属如全列虫 (*Holosticha*) 相比同样十分相近 (Hemberger, 1982)。但与前者不同, 全列虫的大核普遍表现为先行融合为单一, 然后再重新分裂, 前述现象可视为伪角毛虫属标志性发生学特征。

此前的工作还表明, 本属内前仔虫的额-腹-

横棘毛原基与口原基在起源上至少具有两种模式, 即二者分别独立发生 (如本种及红色伪角毛虫) (Hu and Song, 2001a) 或二者同源, 分化自同一原基场 (Wirnsberger, 1987a, b)。鉴于这种分化出现在同属内的不同种间而且可能是一较普遍的现象, 有理由判断这是一个次级分化的性状, 即同源发生系一祖征态, 独立发生为衍征态。

值得讨论的问题是本工作在黄色伪角毛虫上的新发现: 前仔虫的口原基于皮层深处发生 (此为为本属前所未见的新现象), 因此类似于游仆类的尾刺虫属 (Song, 1995)。此特征也同样见于散毛类中的 *Metaurostylopsis marina* (Song et al., 2001)。在广义的腹毛类中, 这是一十分罕见的现象。通常来讲, 一个性状出现在相隔较远的不同阶元间可能有两种原因, 即趋同演化或者是该性状原始且不够

保守(因此这个祖征态偶然地由不同繁衍群所继承)。与绝大多数已知类群(包括那些“低等”纤毛虫)相比,原基在皮层深处发生无疑是一个演化了的性状(衍征态)同时又相对保守(例如稳定地出现在尾刺虫属内所有已知种类中),因此作者倾向于认定本种的“皮层深处发生”与其它类群的相似性状源于趋同发展的结果。此现象同时提示,本属可能与相邻的全列虫属一样,正处于活跃的演化阶段(Hemberger, 1982; Hu et al., 2000; Hu and Song, 2001b)。

另外需要指出,Wirnsberger (1987b)曾对本种的形态发生做过简要描述并认为前仔虫的口原基于口区皮层表面发生。我们的结论是,Wirnsberger 对其发生位置显然做了错误的解释(由于虫体此处十分薄,难以判断其层位。有幸的是,在我们研究的该发生期的标本中,口侧膜与口内膜刚好空间立体交叉,而该原基位于较口内膜更深的层面上,因此可以明确地定位)。

#### 参考文献 (References)

- Borror AC, 1972. Revision of the order Hypotrichida (Ciliophora, Protozoa). J. Protozool. 19: 1–23.
- Hemberger H, 1982. Revision der Ordnung Hypotrichida Stein (Ciliophora, Protozoa) an Hand von Protargolpräparaten und Morphogenesedarstellungen. Diss. Univ. Bonn, 283.
- Hu XZ, Song WB, Warren A, 2000. Divisional morphogenesis in the marine ciliate *Holosticha warreni* Song & Wilbert, 1997 (Ciliophora: Hypotrichida). J. Mar. Biol. Ass. UK 80: 785–788.
- Hu XZ, Song WB, 2001a. Morphological redescription and morphogenesis of the marine ciliate *Pseudokeronopsis rubra* (Ciliophora: Hypotrichida). Acta Protistenkd. 40: 107–115.
- Hu XZ, Song WB, 2001b. Morphology and morphogenesis of *Holosticha heterofoissneri* nov. spec. from the Yellow Sea, China (Ciliophora: Hypotrichida). Hydrobiologia 448: 171–179.
- Mihailowitsch B, Wilbert N, 1990. *Bakuella salinarum* nov. spec. und *Pseudokeronopsis ignea* nov. spec. (Ciliata, Hypotrichida) aus einem solebelasteten Fileßgewässer des östlichen Münsterlandes. BRD. Arch. Protistenkd. 138: 207–219.
- Qiu ZJ, Shi XB, 1991. Studies on comparative morphology and morphogenesis of cortical structures in three species of hypotrich ciliates. J. Harbin Norm. Univ. (Natural Science edition) 7: 11–18 (In Chinese).
- Ruthmann A, 1972. Division and formation of the macronuclei of *Keronopsis rubra*. J. Protozool. 19: 661–666.
- Song WB, 1995. Morphogenetic studies on *Uronychia uncinata* during its asexual division. Acta Oceanol. Sin. 15: 93–99 (In Chinese).
- Song WB, Petz W, Warren A, 2001. Morphology and morphogenesis of the poorly-known marine urostyloid ciliate *Metaurostyloopsis marina* (Kahl, 1932) nov. gen., nov. comb. (Protozoa, Ciliophora, Hypotrichida). Europ. J. Protistol. 37: 63–76.
- Song WB, Sun P, Ji DD, 2004. Redefinition of the yellow-coloured hypotrichous ciliate *Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866) Wirnsberger, Larsen & Uhlig, 1987 (Hypotrichida: Ciliophora). J. Mar. Biol. Ass. U. K. 84: 4 613–4 619.
- Wilbert N, 1975. Eine verbesserte Technik der Protargol-imprägnation für Ciliaten. Mikrokosmos 64: 171–179.
- Wirnsberger E, 1987a. Rediagnoses of closely related pigmented marine species of the genus *Pseudokeronopsis* (Ciliophora, Hypotrichida). Europ. J. Protistol. 23: 76–88.
- Wirnsberger E, 1987b. Division and reorganization in the genus *Pseudokeronopsis* and relationships between *Urostyloids* and *Oxytrichids* (Ciliophora: Hypotrichida). Arch. Protistenkd. 134: 149–160.
- 邱子健, 史新柏, 1991. 三种腹毛类纤毛虫皮层结构的比较形态学和形态发生学的研究. 哈尔滨师范大学学报(自然科学版) 7: 11–18.
- 宋微波, 1995. 钩刺尾刺虫无性生殖期的皮膜变化. 海洋学报 17: 105–110.

## 图 版 说 明

## 图 版 I

- a. 黄色伪角毛虫的活体腹面观。
- b. 腹面观, 箭头示沿缘棘毛和中腹棘毛排列的棕黄色颗粒, 短箭头示红细胞状颗粒。
- c. 背面观, 短箭头示沿背触毛排列的棕黄色颗粒。
- d. 银染后虫体的腹面观。
- e. 腹面观, 短箭头示前仔虫的额-腹-横棘毛原基。
- f. 腹面观, 箭头示前仔虫的波动膜。
- g. f 中同一虫体的腹面观, 短箭头示于皮下发生的前仔虫的口原基。
- h. 腹面观, 双箭头示后仔虫的口原基。
- i. 腹面观, 短箭头示后仔虫的额-腹-横棘毛原基, 双箭头示后仔虫的波动膜原基, 箭头示后仔虫的口围带小膜原基。
- j. 腹面观, 箭头示前仔虫中来自额-腹-横棘毛原基的口棘毛。
- k. 腹面观, 箭头示缘棘毛原基。
- l. 腹面观, 短箭头示迁移中的额前棘毛。
- m. 腹面观, 箭头示前仔虫的口棘毛。

图 a, d 中标尺 100  $\mu\text{m}$ , 图 b, c, e-j, l, m 中标尺 30  $\mu\text{m}$ , 图 k 中标尺 60  $\mu\text{m}$ 。

## Explanation of Plate

## Plate I

- a. Ventral view, *Pseudokeronopsis flava* from life.
- b. Ventral view, arrow shows the yellow-brownish pigments which are grouped along the marginal cirri and midventral rows, arrowhead indicates the "blood-cell-like" granules.
- c. Dorsal view, arrowhead refers the yellow-brownish pigments which are grouped along the dorsal kineties.
- d. Ventral view, *Pseudokeronopsis flava* after protargol impregnation.
- e. Ventral view, arrowhead marks fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in the proter.
- f. Ventral view, arrow refers the undulating membranes.
- g. Ventral view of same cells in Fig. f, arrowhead to show oral primordium generating under the surface of buccal cavity in the proter.
- h. Ventral view, double arrowheads refer the oral primordium in the opisthe.
- i. Ventral view, arrowhead indicates fronto-ventral-transverse-cirral anlagen, double arrowheads mark the undulating membranes-anlage, arrow shows the adoral membranelles promordium in the opisthe.
- j. Ventral view, arrow marks buccal cirrus derived from fronto-ventral-transverse-cirral anlagen in the proter.
- k. Ventral view, arrow indicating marginal cirral anlagen.
- l. Ventral view, arrowhead marks the migration of frontoterminal cirri.
- m. Ventral view, arrow indicates buccal cirrus in the proter.

Bars in Figs. a, d: 100  $\mu\text{m}$ , bars in Figs. b, c, e-j, l, m: 30  $\mu\text{m}$ , bars in Fig. k: 60  $\mu\text{m}$ .

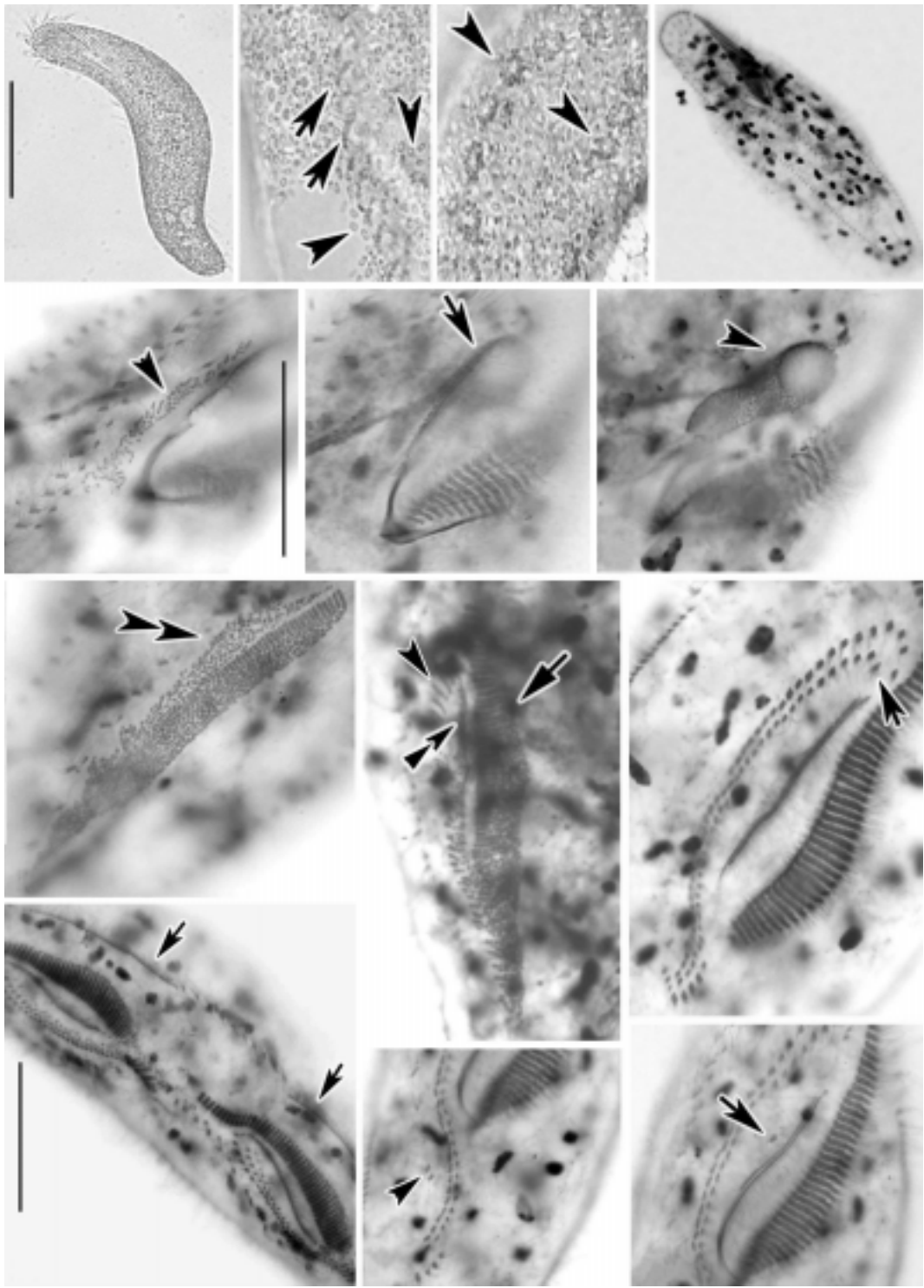
孙 萍等：海洋纤毛虫黄色伪角毛虫无性生殖期间的形态发生

图版 I

SUN Ping et al. : Morphogenesis of the marine ciliate *Pseudokeronopsis flava* (Cohn, 1866)

Wirnsberger et al., 1987 (Protozoa: Ciliophora: Hypotrichia)

Plate I



图版说明见文后 (Explanation at the end of the text)