

文章编号:1000-0615(2002)04-0301-06

## 褶纹冠蚌鳃的组织学和扫描电镜观察

邓道贵<sup>1,2</sup>, 李瑞芝<sup>1</sup>

(1. 淮北煤炭师范学院生物系, 安徽 淮北 235000; 2. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**利用光镜和扫描电镜研究了雌性褶纹冠蚌外瓣鳃的组织学和形态。结果表明,雌性褶纹冠蚌具一对外瓣鳃。每个外瓣鳃都由内、外二鳃小瓣构成。每片鳃小瓣又由许多纵行排列的鳃丝组成。鳃丝表面具前纤毛、前侧纤毛和侧纤毛,其壁主要由角质层、上皮和基膜组成,内含几丁质棒、鳃腺和血管。相邻鳃丝之间由丝间隔相连。鳃小瓣内的空腔被瓣间隔分隔成许多鳃水管。丝间隔和瓣间隔的壁主要由单层柱状上皮和基膜组成,其内均有血管分布。在繁殖期间瓣间隔形态发生变化,将鳃水管分隔成许多小室,形成胚胎发育的孵化室。

**关键词:**褶纹冠蚌; 鳃; 组织学; 扫描电镜

**中图分类号:**S917;Q954.6 **文献标识码:**A

## Histological and scanning electron microscopic observations on the gill of *Cristaria plicata*

DENG Dao-gui<sup>1,2</sup>, LI Rui-zhi<sup>1</sup>

(1. Department of Biology, Huaibei Coal Industry Teacher College, Huaibei 235000, China;

2. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** The histology and morphology of the outer lamina of the female *Cristaria plicata* were studied with light microscopy and SEM. The results show that the female *C. plicata* has a pair of outer lamina, and every one of them is composed of the inner and outer lamellae. Every lamella consists of many longitudinal-arranged branchial filaments which have frontal cilia, laterofrontal cilia and lateral cilia on its surface. The branchial filament contains chitinous rod, gill gland and blood vessel, and its wall is composed of cuticle layer, epithelium and basal membrane. It is connected by interfilamentary junction between branchial filaments. The chamber between lamellae is partitioned into many water tubes by interlamellar junction. The interfilamentary and interlamellar junction has blood vessels, and the wall of them is composed of basal membrane and a single layer of columnar epithelium. The morphology of the interlamellar junction changes during reproduction, the water tubes are subdivided into many small brood chambers which are the site of embryonic development.

**Key words:** *Cristaria plicata*; gill; histology; SEM

收稿日期:2001-10-22

资助项目:安徽省教育厅自然科学基金资助项目(2000JL196)

作者简介:邓道贵(1969-),男,安徽巢湖人,讲师,博士研究生,主要从事淡水无脊椎动物繁殖生物学研究。E-mail: dengdg@263.net

淡水蚌类的鳃具有滤食和呼吸的功能,雌蚌的外鳃腔还是受精卵发育的场所。近年来,对瓣鳃纲动物的研究多进行扫描电镜的观察,探讨其滤食和呼吸的机理<sup>[1-6]</sup>,而对其组织学及雌蚌外鳃瓣在繁殖期间的变化等方面的研究较少<sup>[7]</sup>。

褶纹冠蚌(*Cristaria plicata* Leach)是淡水育珠的优良品种之一,且肉味鲜美,具有较广阔的养殖前景。作者已对其精子发生及精子的超微结构进行了研究<sup>[8,9]</sup>,在此基础上研究雌蚌外鳃瓣的组织学和扫描电镜,将近一步丰富褶纹冠蚌繁殖生物学的基础资料,同时对指导其人工养殖具有重要的实践意义。

## 1 材料与方 法

雌性褶纹冠蚌成体于2000年9月中旬购自淮北市农贸市场。选大小相近的雌蚌(壳长为 $25.5 \pm 1.0$ cm;壳高为 $12.5 \pm 1.0$ cm;壳宽为 $5.0 \pm 0.5$ cm)于实验室里暂养,在2000年10月至2001年4月期间,每月中旬取材一次,解剖镜下取出外鳃瓣作如下处理:

光镜样品制备:将鳃按纵切和横切两方向切成小段,Bouin氏液固定,酒精系列脱水,石蜡包埋,切片厚度 $7\mu\text{m}$ ,苏木精和伊红染色,Olympus BX-60显微镜观察并摄影。

扫描电镜样品制备:2001年4月中旬取外鳃瓣,并从中部将其切成小段,4%戊二醛( $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 磷酸缓冲液配制,pH值为7.2)固定,缓冲液洗,1%钨酸后固定,丙酮系列脱水后入醋酸异戊酯,临界点干燥,喷金,KyKy-1000B型扫描电镜观察并摄影。

鳃丝大小的测量:在繁殖期及繁殖期前后,分别挑选10只壳长和壳高均相近的雌蚌,取出外鳃,在解剖镜下测量鳃丝的宽度和鳃丝间距。再分别计算出鳃丝宽度和鳃丝间距的平均值。

## 2 结 果

### 2.1 解剖与形态

褶纹冠蚌具内外两对片状的瓣鳃(lamina),位于外套腔的两侧。每个瓣鳃由内外两个鳃小瓣(lamellae)构成,鳃小瓣前后缘和腹缘愈合,背缘构成鳃上腔(suprabranchial chamber)。

扫描电镜显示,鳃小瓣是由许多背腹纵走的鳃丝构成(图版I-1)。鳃丝宽度 $26 \sim 33\mu\text{m}$ ,相邻鳃丝间距 $11 \sim 33\mu\text{m}$ ,鳃丝两侧具有明显的、长短不一的纵走凹沟,凹沟的最大宽度可达 $1.4\mu\text{m}$ (图版I-2)。鳃丝表面具前纤毛、前侧纤毛和侧纤毛(图版I-3)。前纤毛长约 $2.7\mu\text{m}$ ,较密,且相互搭接,使鳃丝表面呈蜂窝状(图版I-2,3);前侧纤毛长约 $14\mu\text{m}$ ,不发达,分布不均匀。相邻鳃丝的前侧纤毛相互搭接,构成运输食物的通道;侧纤毛十分发达,长约 $14\mu\text{m}$ ,成束均匀排列。每束宽度可达 $1.2\mu\text{m}$ ,由多根纤毛构成。相邻鳃丝的侧纤毛伸直,构成拨动水流的构造(图版I-3,4)。在鳃丝的侧面,常能看到一些直径约为 $1\mu\text{m}$ 的小孔,为鳃孔(图版I-5)。解剖下观察发现,鳃丝两侧边缘加厚,且靠近背部和中部的鳃丝两侧加厚均匀、约 $10\mu\text{m}$ ,而靠近腹部的鳃丝因两侧加厚不均匀呈现凹凸状,且每隔约 $300\mu\text{m}$ 渐细一次。

褶纹冠蚌外鳃瓣的鳃丝在繁殖前后发生较大的变化:解剖镜下测得鳃丝在繁殖前宽 $25 \sim 45\mu\text{m}$ ;繁殖期间宽 $65 \sim 75\mu\text{m}$ ,鳃丝明显变宽;繁殖后鳃丝基本恢复到繁殖前的状态,宽 $26 \sim 50\mu\text{m}$ 。

### 2.2 内部结构

褶纹冠蚌外鳃瓣主要由鳃丝、瓣间隔、丝间隔、鳃水管、鳃孔及鳃上腔等组成。

#### 2.2.1 鳃 丝

鳃丝是构成鳃小瓣的主要成分。横切面显示鳃丝可分为前、中、后三部分。前、后两部分的顶端和两侧具纤毛,中间部分无纤毛分布。从外向内,鳃丝壁主要由角质层、上皮和基膜组成。上皮变化较大,前、后两部分上皮为单层柱状上皮,上皮细胞长 $12.5 \sim 25\mu\text{m}$ ,宽 $5 \sim 12.5\mu\text{m}$ ;核呈椭圆形,长 $7.5$

~12.5 $\mu\text{m}$ ,宽3.5~7.5 $\mu\text{m}$ ;中部上皮为单层扁平上皮,细胞排列较松散,上皮细胞长10~15 $\mu\text{m}$ ,宽5~10 $\mu\text{m}$ ;核圆形或椭圆形,长5~6.5 $\mu\text{m}$ ,宽3.5~6.5 $\mu\text{m}$ 。前、后两部分基膜较厚、明显,中部基膜较薄、不明显(图版I-6)。鳃丝内部分布有血管或血窦。鳃丝前部和中部交界处的两侧具有与上皮相连的、致密的几丁质棒(chitinous rod)。在几丁质棒的下面具有丰富的平滑肌,相邻鳃丝的平滑肌相互连接,起加固作用(图版I-7)。鳃丝纵切面显示,有些部位的壁上皮为复层扁平上皮,其下肌肉发达,不仅具有纵向的平滑肌,而且具有横向的平滑肌(图版II-1)。鳃丝内具较发达的鳃腺,鳃腺由多个小的细胞聚集而成,其形态不规则。鳃腺细胞的核H.E染色深(图版II-2)。鳃丝内还具有发达的小管腔系统,管腔壁由薄的结缔组织构成,位于血管或血窦附近,与鳃水管或外界相通(图版II-3)。

### 2.2.2 丝间隔与瓣间隔

鳃丝与鳃丝之间由丝间隔(interfilamentary junction)相连。丝间隔主要由单层柱状上皮和结缔组织构成,内含血管或血窦。上皮细胞呈低柱状(图版II-4)。瓣间隔(interlamellar junction)将鳃小瓣内的空腔分隔成许多小的鳃水管(water tube),其壁主要由单层柱状上皮和基膜组成,上皮细胞呈高柱状。高柱状上皮细胞着生在基膜上,长15~30 $\mu\text{m}$ ,宽5~10 $\mu\text{m}$ ;核椭圆形,长10~17.5 $\mu\text{m}$ ,宽3.5~6 $\mu\text{m}$ 。细胞质内常有1个大的空泡,表现出较强的分泌能力(图版II-5,6)。在繁殖期间,瓣间隔上的单层柱状上皮细胞顶端及其附近的外鳃腔内含有丰富的分泌物。瓣间隔内的结缔组织较松散,内含丰富的血管或血窦。

在繁殖期间,瓣间隔变长变细、发生扭曲,并突出鳃水管内,将鳃水管隔成更多更小的空腔,作为胚胎发育的孵化室。有时瓣间隔自身也形成空腔(图版II-7)。

### 2.2.3 鳃孔与鳃水管

组织切片和扫描电镜均显示,鳃丝侧面有许多鳃孔(ostium),鳃孔是水流进入鳃水管的入口。鳃孔壁与其他部位的鳃丝壁结构相似,无大的变化(图版II-8)。鳃水管是由瓣间隔将鳃小瓣内的空腔分隔而成。水流由鳃孔流入鳃水管后,再由腹面向背面流至鳃上腔(图版II-5)。

### 2.2.4 鳃上腔

位于内外鳃小瓣的背缘。鳃上腔(suprabranchial chamber)下部具有两排鳃水管出口的开孔。水流将从这些小孔进入鳃上腔中,再由鳃上腔流出。在繁殖期间,鳃上腔下部的间隔组织增大,减小了鳃水管开口处的大小,有利于控制水流,保证了胚胎发育的正常进行。

## 3 讨论

瓣鳃纲动物的鳃不仅是主要的呼吸器官,也是滤食性瓣鳃纲动物重要的摄食器官<sup>[10]</sup>,其滤食功能主要由位于鳃表面上的鳃丝纤毛来完成<sup>[1-9,10]</sup>。

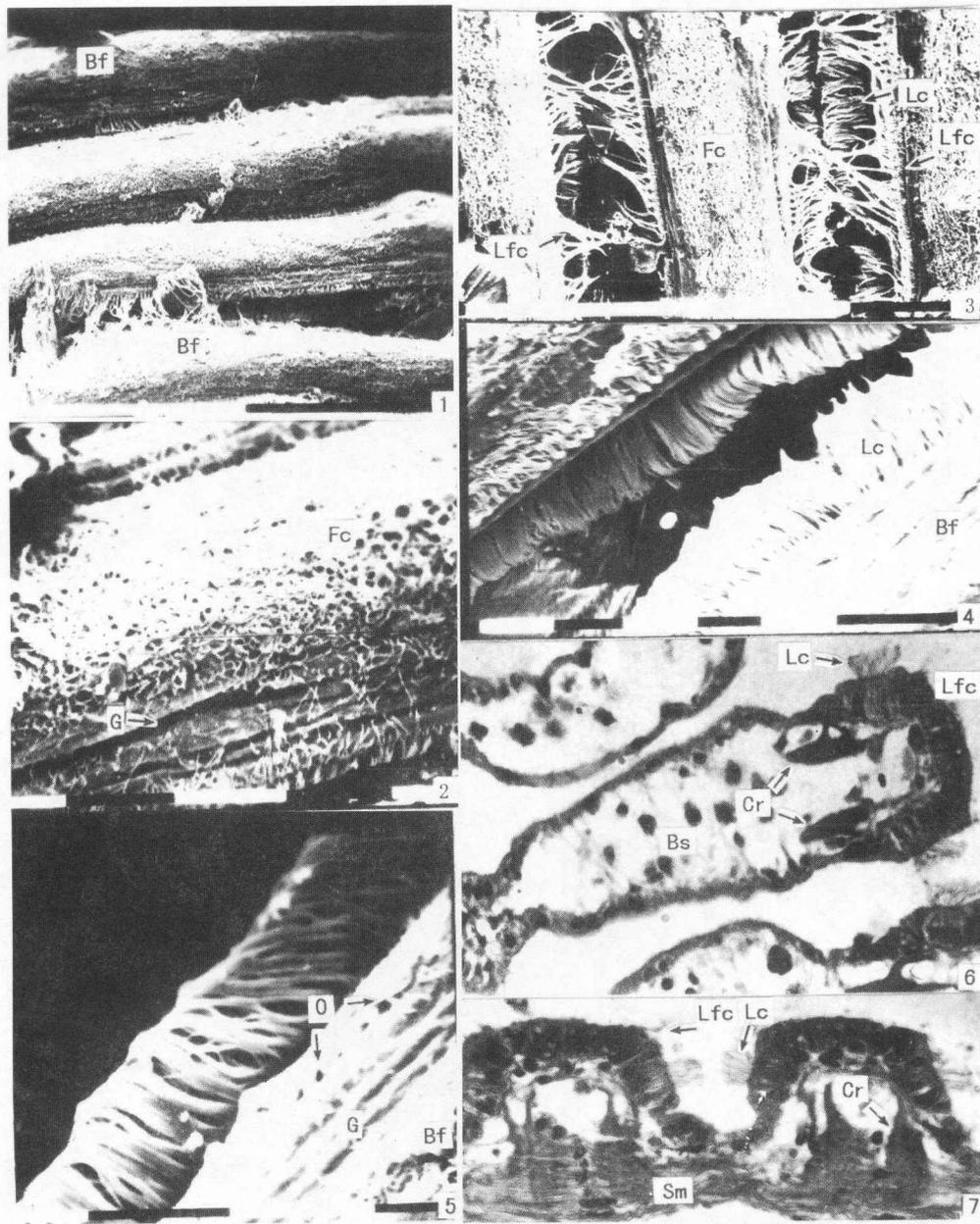
组织切片和扫描电镜均显示褶纹冠蚌外瓣鳃的鳃丝表面具有前纤毛、前侧纤毛和侧纤毛。前纤毛短而密、分布均匀,便于运输在鳃表面获得的食物;前侧纤毛较稀,常集成束、不发达。相邻鳃丝两侧的前侧纤毛相互搭接;而侧纤毛则较发达、成束排列,每束纤毛由许多根纤毛组成。相邻鳃丝两侧的侧纤毛常伸直,位于鳃丝间隔内,它们的摆动可激起水流通过鳃。此外,鳃丝的两侧还形成长短不一的凹沟。这些结构的存和合理的排列将有助于完成褶纹冠蚌外瓣鳃的滤食作用。褶纹冠蚌外瓣鳃表面的前纤毛与前侧纤毛的形态和分布状况同内瓣鳃相似<sup>[2]</sup>。另外,褶纹冠蚌外瓣鳃的鳃丝内还含有丰富的鳃腺细胞。腺细胞可分泌粘液物质将食物颗粒包起来,有利于食物的运送<sup>[10]</sup>。Way等<sup>[4]</sup>观察到 *Musculium transversum*, 河蚌(*Corbicula fluminea*)和 *Polymesoda caroliniana* 的前纤毛存在显著的差异,他们认为这三个种类前纤毛的形态和分布的不同可能反映了球蚶科(Sphaeriidae)和蚶科(Corbiculidae)动物间的系统发育差别。Prouvreau等<sup>[6]</sup>研究发现珠母贝(*Pinctada margaritifera*)不具有前侧纤毛,缺乏滤食微小颗粒食物的能力,但具有快速的泵水能力,通过水流能带进更多的较大颗粒的食物,以满足其快速生长的营养需要。由此可见,不同滤食性瓣鳃纲动物鳃上纤毛的类型、形态和分布存在一定的差异,其滤食功能也有所不同。这可能反映了它们对各自生存环境的适应性。

与其他瓣鳃纲动物一样<sup>[1-7]</sup>,褶纹冠蚌具有四片瓣状的鳃。每个鳃瓣由内、外两片鳃小瓣构成;每一鳃小瓣有许多纵行排列的鳃丝,鳃丝间由丝间隔相互连接;鳃小瓣内腔被瓣间隔分隔成许多鳃水管。研究发现褶纹冠蚌外瓣鳃在繁殖期间,其鳃丝、鳃上腔、瓣间隔和鳃水管等结构均发生较大的变化:鳃丝明显变宽;鳃上腔下部的间隔组织增大,减小了鳃内腔出口的开孔大小;瓣间隔变细变长,且向水管内伸出许多突起,将扩大的鳃水管分隔成许多小室,形成胚胎发育的场所——孵化室;鳃内发达的肌肉组织可以控制鳃内小水管的开口。作者认为这种结构组合限制了胚胎与外界循环水流的直接接触,有利于胚胎的正常发育。Richard等<sup>[7]</sup>曾报道无齿蚌属的 *Anodonta grandis* 在繁殖期间每个鳃水管被分隔成两个小的次级水管和一个大的孵化室,使得胚胎可以在与池塘循环水隔离的条件下发育生长,等钩介幼虫成熟释放后次级水管消失,鳃水管恢复原状。

褶纹冠蚌外鳃腔除了具有发达的鳃水管外,鳃丝中还具有十分发达的小水管系统,这些小水管一般位于血管或血窦附近。一方面小水管的存在增大了水流与鳃丝的接触面积,有利于鳃更有效地完成呼吸作用;另一方面在繁殖期间由于鳃水管的大部分已形成了孵化室,作者推测外瓣鳃能够利用这些部位进行气体交换,使其在一定程度上行使呼吸功能,并为发育着的胚胎提供足够的氧气。此外,雌性褶纹冠蚌在繁殖期间其外瓣鳃瓣间隔壁上的单层柱状上皮表现出较强的分泌能力,分泌物进入孵化室后位于胚胎四周,使胚胎能在适宜的环境条件下发育成长。

#### 参考文献:

- [1] Cong N, Yuan L M. Preliminary scanning electron microscopic observations on mantle and gill lamella of *Anodonta woodiana* Lea[J]. Acta Hydrobiologica Sinica. 1993,17(3):288-289. [丛宁,袁莉民.背角无齿蚌外套膜和鳃瓣的扫描电镜初步观察[J].水生生物学报,1993,17(3):288-289.]
- [2] Ou-yang S, Wu X P, SU F Y, et al. SEM observation on the gill of freshwater Lamellibranchia[J]. Journal of Nan Chang University(Natural Science),2000,24(2):188-191. [欧阳珊,吴小平,舒凤月,等.淡水瓣鳃类鳃的扫描电镜观察[J].南昌大学学报(理科版),2000,24(2):188-191.]
- [3] Sun H S, Wang X A. Histochemical and scanning electron microscopic studies on the gills of *Nuttallia olivacea* [J]. Chinese Journal of Zoology, 1999,34(4):9-12. [孙虎山,王晓安.紫彩血蛤鳃的组织化学和扫描电镜研究[J].动物学杂志,1999,34(4):9-12.]
- [4] Way C M, Hornbach. D J, Deneka T, et al. A description of the ultrastructure of the gills of freshwater bivalves, including a new structure, the frontal cirrus[J]. Can J Zool, 1989,67:357-362.
- [5] Jorgensen C B. Fluid mechanical aspects of suspension feeding[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1983,11:89-103.
- [6] Prouvreau S, Jonquieres G, Buestel D. Filtration by the pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, under conditions of low seston load and small particle size in a tropical lagoon habitat[J]. Aquac, 1999,176:295-314.
- [7] Richard P E, Dietz T H, Silverman H. Structure of the gill during reproduction in the unionids *Anodonta grandis*, *Ligumia subrostrata* and *Carunculina parva texasensis* [J]. Can J Zool, 1991,69:1744-1754.
- [8] Deng D G, Tan Q K. Ultrastructural studies of spermatogenesis of the fresh-water mussel, *Cristaria plicata* (Bivalva, Unionidae)[J]. Acta Hydrobiologica sinica, 2000,24(1):63-66. [邓道贵,谈其坤.褶纹冠蚌精子发生的研究[J].水生生物学报,2000,24(1):63-66.]
- [9] Deng D G, Tan Q K. Studies of ultrastructure of the sperm of freshwater mussel, *Cristaria plicata* (Bivalva, Unionidae)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001,25(5):481-485. [邓道贵,谈其坤.褶纹冠蚌精子的超微结构研究[J].水生生物学报,2001,25(5):481-485.]
- [10] Cai Y Y, Zhang Y, Wei R F. The Conspectus of Conchology[M]. Shanghai: Shanghai Sciences and Technology Press, 1979.108-109. [蔡英亚,张英,魏若飞.贝类学概论[M].上海:上海科学技术出版社,1979.108-109.]

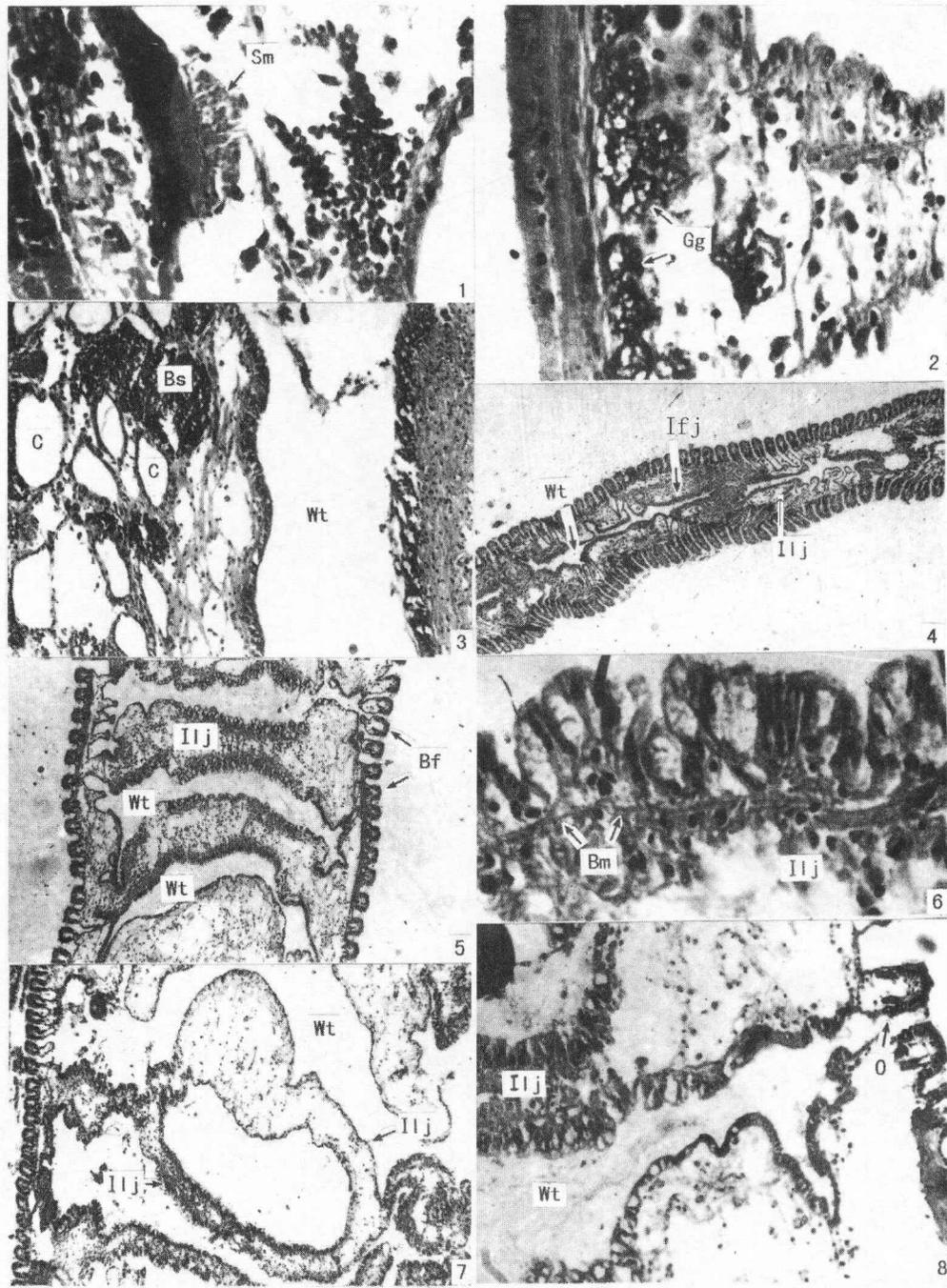


图版 I

1. 鳃小瓣的扫描电镜照片示纵行排列的鳃丝(×549, 标尺=0.1mm); 2. 鳃丝表面放大示凹沟和前纤毛(×2 200, 标尺=10 $\mu$ m); 3. 鳃小瓣中部的扫描电镜照片示前纤毛、前侧纤毛和侧纤毛(×745, 标尺=0.1mm); 4. 鳃丝表面放大示成束状排列的侧纤毛(×1 420, 标尺=10 $\mu$ m); 5. 鳃丝表面放大示鳃孔和凹沟(×2 840, 标尺=10 $\mu$ m); 6. 鳃丝横切(×290); 7. 鳃小瓣腹部横切(×300)

Plate I

1. SEM of lamella shows longitudinal-arranged branchial filaments(×549, scale bar=0.1mm); 2. Magnification of the surface of a branchial filament shows grooves and frontal cilia(×2 200, scale bar=10 $\mu$ m); 3. SEM of the middle portion of lamella shows frontal cilia, laterofrontal cilia and lateral cilia(×745, scale bar=0.1mm); 4. Magnification of the surface of branchial filament shows bundle-arranged lateral cilia(×1 420, scale bar=10 $\mu$ m); 5. Magnification of the surface of a branchial filament shows ostia and grooves(×2 840, scale bar=10 $\mu$ m); 6. Cross section of a branchial filament(×290); 7. Cross section of the ventral portion of lamella(×300); .



图版 II

1. 鳃小瓣背部纵切 ( $\times 300$ ); 2. 鳃小瓣中部纵切, 示鳃腺 ( $\times 310$ ); 3. 鳃小瓣背部纵切, 示小管腔、血窦和鳃水管 ( $\times 80$ ); 4. 鳃小瓣腹部横切, 示瓣间隔和丝间隔 ( $\times 26$ ); 5. 繁殖期间鳃小瓣腹部横切, 示瓣间隔和鳃水管 ( $\times 26$ ); 6. 繁殖期间瓣间隔壁的放大 ( $\times 260$ ); 7. 繁殖期间瓣间隔壁的形态 ( $\times 30$ ); 8. 鳃小瓣腹部横切示鳃孔 ( $\times 80$ )

Plate II

1. Longitudinal section of the dorsal portion of lamella. ( $\times 300$ ); 2. Longitudinal section of the middle portion of lamella shows gill glands ( $\times 310$ ); 3. Longitudinal section of the dorsal portion of lamella shows canals, blood sinuses and water tube ( $\times 80$ ); 4. Cross section of the ventral portion of lamella shows interlamellar junction and interfilamentary junctions ( $\times 26$ ); 5. Cross section of the ventral portion of lamella during reproductive period shows interlamellar junction and water tubes ( $\times 26$ ); 6. Magnification of the wall of a interlamellar junction during reproductive period ( $\times 260$ ); 7. The morphology of interlamellar junctions during reproductive period ( $\times 30$ ); 8. Cross section of the ventral portion of lamella shows ostia ( $\times 80$ ).

Bc: 血细胞 (blood cell), Bf: 鳃丝 (branchial filament), Bm: 基膜 (basal membrane), Bs: 血窦 (blood sinus), C: 小管腔 (canal), Cr: 几丁质棒 (chitinous rod), Fc: 前纤毛 (frontal cilium), G: 凹沟 (groove), Gg: 鳃腺 (gill gland), Ifj: 丝间隔 (interfilamentary junction), Ilj: 瓣间隔 (interlamellar junction), Lc: 侧纤毛 (lateral cilium), Lfc: 前侧纤毛 (laterofrontal cilium), O: 鳃孔 (ostium), Sm: 平滑肌 (smooth muscle), Wt: 鳃水管 (water tube).