

# 1998 年春季珠江口海域大规模赤潮原因 生物的形态分类和生物学特征 II\*

黄长江 董巧香

(汕头大学科技中心海洋生物室 汕头 515063)

**提要** 对 1998 年 4 月 15 日采集于广东珠江口万山群岛桂山岛网箱养殖区的赤潮新鲜水样和福尔马林固定样品进行赤潮原因生物的形态分类和生物学特征的研究。结果发现,此次赤潮共有 7 种原因生物,全部属于裸甲藻类,其中最占优势种三宅裸甲藻 (*Gymnodinium mikimotoi*) 和优势种斯氏多沟藻 (*Polykrikos schwartzii*)、螺旋螺沟藻 (*Gyrodinium spirale*) 的形态分类及生物学特征研究结果已在本系列论文的第一篇报道。本文报道其余 4 种红色裸甲藻 (*Gym. sanguineum*)、灰白下沟藻 (*Katodinium glaucum*)、螺沟藻 98 型 (*Gyrodinium sp. type-98*) 和多环旋沟藻 (*Cochlodinium polykrikoides*) 的形态分类和生物学特征。其中,红色裸甲藻是此次赤潮的优势种之一,灰白下沟藻和多环旋沟藻在我国是新记录,螺沟藻 98 型则可能是新种。

**关键词** 甲藻 裸甲藻 赤潮 分类 珠江口

**学科分类号** Q949.24

据黄长江等(2000)调查发现,1998 年 3—4 月爆发的桂山岛赤潮和香港赤潮同属裸甲藻类赤潮,但香港赤潮原因种为金黄螺沟藻 (*Gyrodinium aureolum*) (见 1998 年 4 月 12 日羊城晚报第 4 版),而桂山岛赤潮为多原因种赤潮,其中最占优势种类为三宅裸甲藻 (*Gymnodinium mikimotoi*)。黄长江等(2000)已撰文描述了桂山岛赤潮原因生物三宅裸甲藻、斯氏多沟藻和螺旋螺沟藻的形态分类特征,并就其生物学特征进行了详细的讨论。本文对桂山岛赤潮的另 4 种赤潮原因生物的形态分类和生物学特征进行描述和讨论。

## 1 材料与方 法

4 月 15 日上午 10 时在珠江口万山群岛桂山岛网箱养殖区进行赤潮生物的定量和活体采样(图略,见黄长江等,1999)。活体采样用 5L 采水器采集表层水样 15L,装入 25L 的塑料加仑桶后立即带回广州进行分离培养和分类研究。定量样品用 5L 采水器采集表层水 1L,加入福尔马林溶液,使福尔马林最终浓度为 4%,其后在实验室经静置沉淀,并根据样品的生物密度浓缩处理至 50 或 100ml 后在显微镜下进行细胞计数和分类研究。

## 2 结果与讨论

### 2.1 红色裸甲藻 *Gymnodinium sanguineum* Hirasaka (图版 I: a—c)

\* 国家自然科学基金九五重大资助项目,39790110号。黄长江,男,出生于1957年11月,博士,教授,博士生导师,  
E-mail:cjhuang@mailserv.stu.edu.cn

收稿日期:1998-12-15,收修改稿日期:1999-11-18

藻体营单细胞游泳生活。细胞长 55—77 $\mu\text{m}$ , 宽 40—50 $\mu\text{m}$  ( $n = 10$ )。细胞腹面观变化较大, 上锥部顶端平圆象头盔, 下锥部因纵沟影响呈 W 形, 下锥部一般比上锥部略长。细胞中央部为最宽处, 横沟较窄, 在中央或中央略上方处左旋一周, 其始末端位移与横沟宽度大致相同。纵沟未侵入上锥部, 从横沟会合处开始直达底端, 且宽幅越向下越大。细胞背腹扁平, 且腹部凹陷显著, 游动时整个细胞象树叶下落一样飘旋。活体细胞色彩非常鲜艳, 桔黄的色素体广布于细胞周围。圆形的大核位于细胞中央略上方处。本种死后立即裂解, 用福尔马林固定则细胞显著缩小(长 48—58 $\mu\text{m}$ , 宽 38—44 $\mu\text{m}$ )变形, 但不会马上溶解。不过, 随着固定时间的延长, 细胞褪色破碎很快, 必须在一周内完成鉴定与计数。由于时间关系且经验不足, 此次未能在其破碎裂解之前进行扫描电镜观察。

本种最早由 Hirasaka 于 1922 年在日本的伊势五所湾采集并报道, 为世界广布种, 常见于温带和热带的内湾、近岸水域 (Steidinger *et al.*, 1996), 在欧洲、美洲和澳洲等都有记录。本种较易培养, 最早由 Sweeny 于 1951 年培养成功, 他当时记录的种名是 Lebour (1925) 记载的 *Gym. splendens*, 但这两种实为同物异名。其次, Martin (1929) 定名的 *Gym. nelsonii* 也是本种的同物异名。在我国, 只有张水浸等 (1994) 在其《赤潮及其防治对策》一书中, 对本种的形态作简单的描述并提及本种在我国有分布和出现过赤潮, 但未有任何相关的形态图和显微照片, 也未见关于其分布、赤潮发生海域和资料出处的说明。为此, 作者无从考究其资料来源与出处。

目前国外尚无本种单独或以最占优种形成赤潮的报道 (福代康夫等, 1990)。此次桂山岛水域赤潮中, 本种的密度最高为  $2.3 \times 10^4$  cells/L。考虑到其较大的个体, 从生物量的角度出发, 也是此次赤潮的优势种之一。

迄今还无关于本种产毒的报道, 但属潜在有毒赤潮藻, 能使鱼致死 (Steidinger *et al.*, 1996)。

## 2.2 灰白下沟藻 *Katodinium glaucum* (图版 I: d—g)

藻体营单细胞游泳生活。细胞纺锤形, 最宽处在细胞中央或近中央处, 横断面近圆形。细胞长 25—35 $\mu\text{m}$ , 宽 14—16 $\mu\text{m}$  ( $n = 10$ )。细胞顶端和底端都为尖圆锥形, 但上锥部比下锥部宽大, 占去细胞的大部分。横沟左旋, 宽且深入细胞里面, 位于细胞的下锥部, 其始末位移约为细胞长度的 1/4。纵沟较短, 直达细胞底部。横鞭毛沿着横沟绕细胞一周, 纵鞭毛从横鞭毛孔略下方的纵鞭毛孔伸出后, 向细胞后方延伸, 其长度一般比细胞略长。核位于横沟上方的细胞近中央处。细胞不具光合色素体, 为异营养型。在光学显微镜下, 活体细胞一般呈浅灰色, 表面可见纵向条纹, 但有些个体较难观察。上锥部常可见到与摄食有关的黄褐色卵形颗粒。

1917 年, Lebour 将本种作为 *Spirodinium* 属的新种定名为 *S. glaucum*。1921 年, Kofoid 等认为本种横沟有始末位移, 将其移至 *Gymnodinium* 属。1937 年, Schiller 将本种移至 *Massartia* 属。后来, Loeblich (1965) 等学者主张将横沟位于细胞下锥部的种类另建新属, 并将本种命名为 *Katodinium glaucum* (Lebour) Loeblich III。

本种和螺旋螺沟藻 *Gyrodinium spirale* 一样, 死后立即裂解, 用福尔马林也无法固定保存。所以, 其形态观察只能在活体状态下进行, 并且无法进行精确的定量计数。在此次桂山岛赤潮生物群落里, 本种的数量较斯氏多沟藻 *Polykrikos schwartzii* 和螺旋螺沟藻略

少,但估计也在  $10^4$  cells/L 数量级。

本种为世界广布种,常见于温带和热带的内湾水域(Steidinger *et al.*, 1996),尚无单独形成赤潮的报告。福代康夫等(1990)论及此藻在日本于6月赤潮多发季节,常出现在赤潮生物群落里。在我国为首次记录。

在日本海域,本种细胞长40—50 $\mu$ m(福代康夫等,1990)。与之相比,出现于我国东南沿海珠江口水域的本种个体明显较小,此次赤潮的最优势种三宅裸甲藻 *G. mikimotoi* 和其它个别种类也存在这种差异。目前尚无有关本种是否产毒的报道。

### 2.3 多环旋沟藻 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef(图版 II: a & b)

藻体有游泳单细胞和链状群体两种形态。游泳单细胞为椭圆形,细胞长30—40 $\mu$ m,宽20—30 $\mu$ m;横沟深,左旋,绕细胞1.8—1.9周,其始端和末端离细胞顶端分别约为细胞长度的0.25和0.85倍,因而始末位移约为细胞长度的0.6倍;纵沟窄,起于横沟的始端,在横沟的下方随横沟绕细胞一周后至细胞腹面右侧急降,与横沟末端会合后继续下行至细胞底端;细胞底端不对称,右侧较左侧稍窄,并向下略突出。横沟的旋转方式在个体间多少存在差异,如果横沟与纵沟在下锥部的会合处接近贯顶轴的中央,细胞底端的不对称性就变得不明显。上锥沟起于横沟的上唇部,向上经细胞右侧绕过顶端直至背面。链状群体的细胞数一般8个以下,偶尔可见16个。各细胞由于上锥部或下锥部或上、下锥部发育不完全,细胞长度比单细胞个体的小。核位于细胞的上半部。色素体黄褐色,大多为椭圆形或棒状,充满细胞内部。在上锥部背面近顶端处有一红色的眼点。

本种为 Margalef(1961)在葡萄牙南岸发现和命名的。其后在美国大西洋一侧的 Barnegat 湾发现由本种引发的赤潮,并由 Silva(1967)定名为 *C. heterolobatum*。据福代康夫等(1990),本种为日本中、西部近岸水域的常见种,并在九州西岸和熊野滩近岸水域经常引发赤潮,使养殖鱼类深受其害。

*Cochlodinium* 属另一形成链状群体的种——链状旋沟藻 *C. catenatum*(冈村金太郎,1916)与本种在细胞外形、横沟旋绕和纵沟等特征上存在区别。但是,包括冈村金太郎(1916)的原记载在内,至今对链状旋沟藻的形态描述仍有许多不明确的地方,今后有关这两种的形态差异尚需进一步的研究。

本种为世界广布种,常见于暖温带和热带水域(Steidinger *et al.*, 1996),在我国为首次记录。齐雨藻等(1996)在我国东南沿海发现环沟藻属的孢囊,但不能确定就是该种。在此次桂山岛赤潮中,本种的密度较小,在活体镜检中只发现一个单细胞个体和几串4个细胞的链状群体,而在福尔马林固定样品中没有找到其踪迹。因而,本种很可能无法用福尔马林来固定保存。本种为有毒赤潮藻,能使鱼致死(Steidinger *et al.*, 1996)。

### 2.4 螺沟藻 98 型 *Gyrodinium* sp. type-98(图版 II: c—j)

藻体营单细胞游泳生活。细胞腹面观为卵圆形或近五角形,侧面观为卵圆形,中央部的横切面为近圆形。本种一停止运动立即裂解,而且速度极快,故难以精确测量其细胞的长和宽。活体观察表明,本种比三宅裸甲藻略大,细胞长约为35—50 $\mu$ m,长略大于宽。横沟起于细胞中央部上方,窄而深,绕细胞一周终止于细胞中央部下方,其始末位移约为细胞长度的1/5—1/3。纵沟起于横沟始端,向下直达细胞底端,使细胞底端呈比较对称的V字形。纵鞭毛从细胞底端向后伸出,与细胞长度等长。核圆形,位于细胞中央,黄绿色的色

素体散布于四周。细胞外壁极薄,在光学显微镜下细胞运动 2—3s 后立即裂解,核稍后也随之溶解。在用福尔马林固定的样品中无法找到其踪迹。

从横沟位置及其始末位移幅度来看,本种在形态分类上应属螺沟藻 *Gyrodinium*。虽然其在外形上与 *Gyr. calyptrographe* 有些相似,但就目前所掌握的资料,无法为其准确定种,也不排除为新种的可能性。螺沟藻的特点就是难以固定保存,其形态分类是甲藻分类中的一大难题。

本种在此次桂山岛赤潮中虽非优势种类,但在新鲜的活体水样中于低倍光学显微镜下仍可时常见到其身影,说明具有一定的数量,是一种潜在的赤潮原因种。

### 3 结论

1998年4月15—16日发生于珠江口西侧桂山岛的大规模赤潮的原因生物多达7种,在形态分类上都属于裸甲藻类,其中以三宅裸甲藻最为占优(黄长江等,2000),其次是斯氏多沟藻、螺旋螺沟藻和红色裸甲藻,灰白下沟藻、螺沟藻 98 型也具一定的数量,密度最低的是多环旋沟藻。虽然张水浸等(1994)在其著述中提及三宅裸甲藻、斯氏多沟藻、螺旋螺沟藻和红色裸甲藻在我国有分布,甚至发生过赤潮,但据作者查证,目前国内公开发表的论文中尚无任何关于这4种的系统形态分类研究,而灰白下沟藻和多环旋沟藻在我国是新记录,螺沟藻 98 型则可能是新种。

裸甲藻体形多变,大多无法固定保存,是甲藻中很难鉴定的种类,而且其赤潮发生对海洋生态环境和水产养殖业极具破坏力。因此,对裸甲藻的研究是赤潮研究的重要领域之一。此次珠江口桂山岛赤潮的引发暗示着这种在世界范围内对社会、经济和环境危害极大的赤潮,随着环境污染的加深和全球气候异常的加剧,今后在我国东南沿海很可能演变成类似夜光藻赤潮那样的频发性赤潮(Huang *et al.*, 1997),使灾区渔业生产的健康可持续发展受到巨大的威胁。目前国际上有关裸甲藻类的生物学、生态学和毒素的研究进展缓慢(福代康夫等,1990; Hallegraef *et al.*, 1983),在我国则近乎空白,如何在此领域取得突破是我国赤潮研究的当务之急。

**致谢** 国家海洋局南海分局监测中心的李锦蓉和杨练锋高级工程师,以及暨南大学水生生物研究所研究生许忠能等在采样上给予很大的协助,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 齐雨藻,钱 锋,郑 磊,1996. 中国东南沿海赤潮的生理生态学研究. 见:朱明远主编. 中国赤潮研究 SCOR-IOC赤潮工作组中国委员会第二次论文选. 青岛:青岛出版社,6—15
- 张水浸,杨清良,邱辉煌等,1994. 赤潮及其防治对策. 北京:海洋出版社,1—236
- 黄长江,董巧香,郑 磊,1999. 1997年底中国东南沿海大规模赤潮原因生物的形态分类与生态学特征. 海洋与湖沼,30(6): 581—590
- 黄长江,董巧香,2000. 1998年春季珠江口海域大规模赤潮原因生物的形态分类和生物学特征 I. 海洋与湖沼,31(2): 197—204
- 冈村金太郎,1916. 赤潮ニ就テ. 水产讲习所试验报告,12(5): 26—41
- 福代康夫,高野秀昭,千原光雄等,1990. 日本の赤潮生物(写真と解说). 东京:内田老鶴圃,1—407

- Hallegraeff G M, 1983. Scale-bearing and loricate nanoplankton from the East Australian current. *Bot Mar*, 26:493—515
- Hirasaka K, 1922. On a case of discolored sea-water. *Ann Zool Japan*, 10:161—164
- Huang C, Qi Y, 1997. The abundance cycle and influence factors on red tide phenomena of *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in Dapeng Bay, the South China Sea. *J Plankton Res*, 19(3):303—318
- Kofoid C A, Swezy O, 1921. The free living-unarmored Dinoflagellata. *Men Univ Calif*, 5:1—564
- Lebour M V, 1917. The Peridinales of plymouth Sound from the region beyond the breakwater. *J Mar Biol Ass U K*, 11(2):196
- Lebour M V, 1925. The Dinoflagellates of Northern Seas. *Mar biol Ass U K*, Plymouth: 43
- Loeblich A R III, 1965. Dinoflagellate nomenclature. *Taxon*, 14(1):15—18
- Margalef R, 1961. Hidrografia y fitoplancton de un area marina de la costa meridional de Puerto Rico. *Inv Pesq*, 18:76—78
- Martin G W, 1929. Dinoflagellates from marine and brackish waters of New Jersey. *Univ Iowa Stud Nat Hist*, 12(9):14
- Schiller J, 1937. Dinoflagellatae (Peridineae). *Rabenhorst's Krypt. Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*, 10, sec, 3:436
- Silva E S, 1967. *Cochlodinium heterolobatum* sp. structure and some cytophysiological aspects. *J Protozool*, 14(4):745—754
- Steidinger K A, Tangen K, 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C R ed. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. San Diego: Academic Press, 387—584
- Sweeny B M, 1951. Culture of the dinoflagellate *Gymnodinium* with soil extract. *Amer J Bot*, 38(9):669—677

## TAXONOMIC AND BIOLOGICAL STUDIES ON CAUSATIVE ORGANISMS FROM A LARGE SCALE RED TIDE OCCURRING IN PEARL RIVER ESTUARY IN THE SPRING, 1998 II

HUANG Chang-jiang, DONG Qiao-xiang

(Marine Biology Laboratory of Science Center, Shantou University, Shantou, 515063)

**Abstract** A large scale harmful algal bloom occurred in the Zhujiang (Pearl River) River estuary on the South China Sea coast from March to April, 1998, and caused a severe economic loss on the local fish farming. By light microscope and scanning electron microscope, we studied morphological features of the causative organisms sampled from the most hit area—a tanked fish farm near Guishan Island located on the west side of the Zhujiang River estuary, on April 15th 1998 when the bloom was on its peak. At the same time, counting on the populations was made for the species which could be judged in the samples preserved by formalin. In our previous part, we described and discussed the taxonomic and biological features of the dominant causative organisms *Gymnodinium mikimotoi*, *Polykrikos schwartzii* and *Gyrodinium spirale*. In the present paper, we describe and discuss the taxonomic and biological features of the other four species *Gym.*

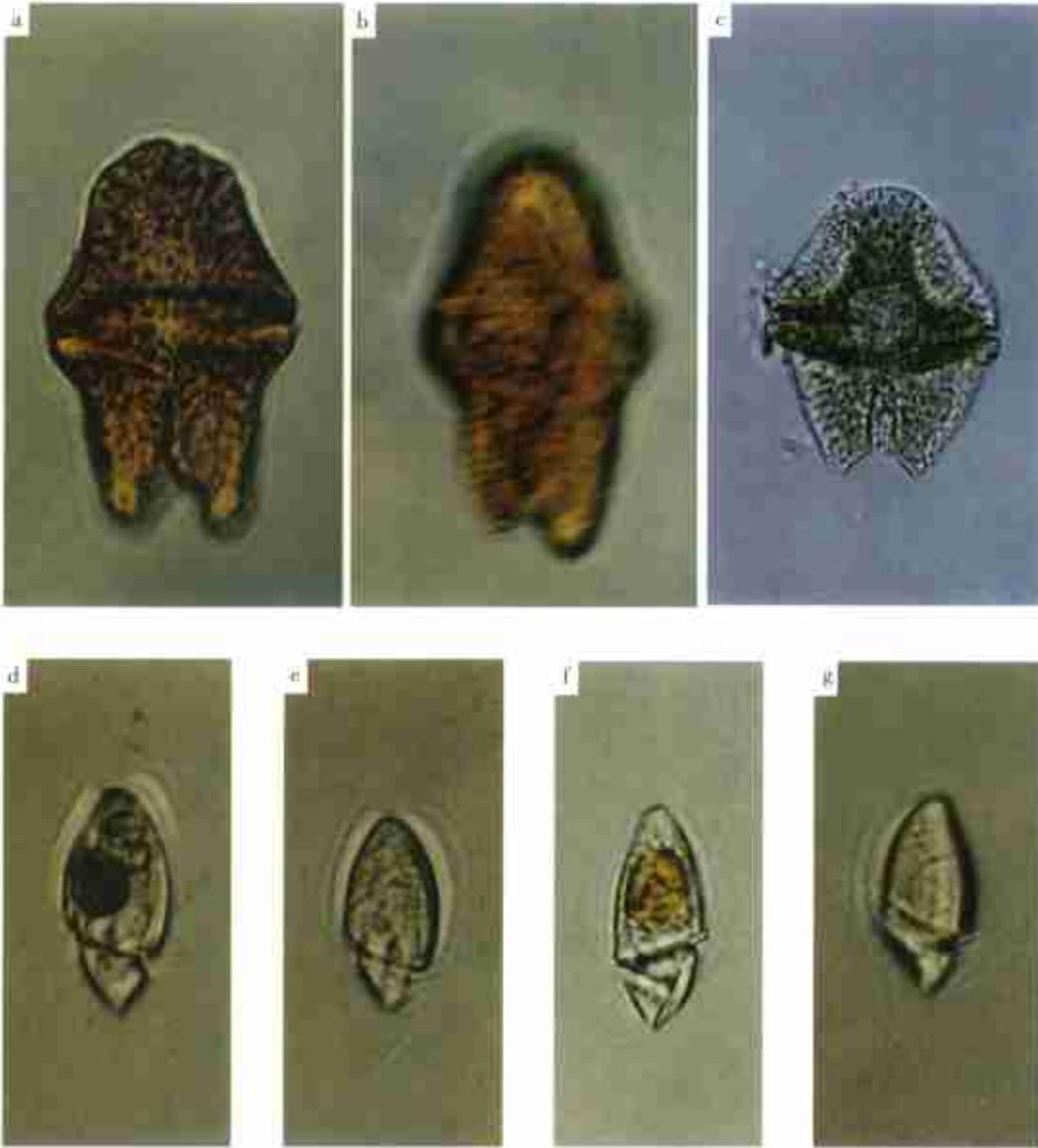
*sanguineum* Hirasaka, *Katodinium glaucum* (Lebour) Loeblich III, *Gyrodinium* sp. type-98 and *Cochlodinium polykrikoides* Margalef.

*Gym. sanguineum* had a length of 55—77 $\mu\text{m}$  and a width of 40—50 $\mu\text{m}$ . Cells were generally pentagonal with rounded corners, but variable in shape. The displacement of girdle was not so clear. Sulcus did not invade into the epicone and extended posteriorly, making the hypocone look like a W alphabet. A large number of yellowish chromatophores distributed radially from the center of the cell near periphery. A big nucleus located at the center of the cells. *K. glaucum* had a spindle-shape in dorso-ventral view, 25—35 $\mu\text{m}$  in length, and 14—16 $\mu\text{m}$  in width. Epicone was much larger than hypocone. Pigments of photosynthesis were lack, but there were often some yellowish brown particles concerned with feeding found in the epicone. *C. polykrikoides* had both unicellular and chain shapes. Solitary cell was 30—40 $\mu\text{m}$  long and 20—30 $\mu\text{m}$  wide, and had a stigma situated dorsally at epicone. A deep cingulum made nearly two turns around the cell. *Gyrodinium* sp. type-98 looked ovoid with a 35—50 $\mu\text{m}$  in length. A deep and narrow cingulum was equatorial or slightly pre-median, displaced 1/5—1/3 of the cell length. Sulcus did not invade into epicone, extending to the antapex. There were many greenish yellow pigments distributed round and a circle nucleus in the center of the cell.

*Gym. sanguineum* was also a dominant species in the bloom with a population density of  $2.3 \times 10^4$  cells / L. *K. glaucum* and *C. polykrikoides* were first recorded in China. The morphological structures such as appearance, chloroplast, nucleus, colony and so on for *Gym. sanguineum*, *K. glaucum* and *C. polykrikoides* were highly similar to those found in other countries, but the size of organisms was slightly smaller than that of those distributed in the Japanese Waters such as the other three species described in the previous paper. The cingulum of *Gyrodinium* sp. type-98 displaced about 1/3 of cell length, but we could not identify the species. So, it might be a new species. The causative organisms found in the bloom all belong to unarmored dinoflagellate, and at least 7 species. This indicates that with the increase of environmental pollution and the abnormality of global climate, the unarmored dinoflagellate bloom, which has done severe damage to social, economic and environmental conditions of many countries, may become a harmful bloom of frequent occurrence like *Noctiluca* bloom on the southeast coast of China and an unstable factor to the local fish farming.

**Key words** Dinoflagellate Unarmored dinoflagellate Red tide Taxonomy Zhujiang River estuary

**Subject classification number** Q949.24



图版 I 红色裸甲藻和灰白下沟藻的光学显微照片。

Plate I Photomicrographs of *Gymnodinium sanguineum* and *Katodinium glaucum*

a—c. 红色裸甲藻 *Gymnodinium sanguineum*: a. 腹面观, 略有下倾( $\times 400$ , 活体), b. 腹左侧面观( $\times 400$ , 活体), c. 腹面观( $\times 400$ , 福尔马林固定样品); d—h. 灰白下沟藻 *Katodinium glaucum*: d&e. 背面观( $\times 400$ , 活体), f. 右侧面观( $\times 400$ , 活体), g. 左侧面观( $\times 400$ , 活体)



图版 II 多环旋沟藻和螺沟藻 98 型的光学显微照片。

Plate II Photomicrographs of *Cochlodinium polykrikoides* and *Gyrodinium* sp. type-98

a & b. 多环旋沟藻 *Cochlodinium polykrikoides*: a. 游泳单细胞的背面观( $\times 400$ , 活体)、b. 4 细胞链状群体( $\times 400$ , 活体);  
c—j. 螺沟藻 98 型 *Gyrodinium* sp. type-98: c. 腹面观, 略左侧( $\times 400$ , 活体)、d. 腹左侧面观( $\times 400$ , 活体)、e. 左侧面观( $\times 400$ , 活体)、f. 顶面观( $\times 400$ , 活体)、g—j. 光学显微镜下细胞死后的溶解过程( $\times 400$ , 活体)