

长江口甲藻孢囊的初步研究*

顾海峰 方琦 李瑞香[†] 蓝东兆 朱明远[†]

(国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005; 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266011)

[†](国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266011)

提要 休眠孢囊在甲藻生活史中扮演着重要的角色,它们可以在沉积物中保留很长一段时间,因此能够提供水体中浮游植物多样性的综合记录。作者选择了长江口孢囊种类最多的一个站位(122° 30.64' E, 29° 0.01' N),在2002年11月、2003年2月和5月采集了3次样品,首次通过萌发试验对长江口沉积物中的甲藻孢囊进行了研究,根据孢囊和藻类的形态学特征鉴定了其中的28种。这28种孢囊均出现在2002年11月的样品中,2003年2月和5月的样品中分别发现了5种和17种。9种甲藻孢囊在中国沿海首次被记录,它们是 *Alexandrium* sp., *Scrippsiella ramonii*, *S.* sp. 1, *Protoperdinium* sp. 1, *P.* sp. 2, *P.* sp. 3, *Diplopsalopsis orbicularis*, *Diplopsalis lebourae*, *Gyrodinium* sp., 并发现了 *A. tamarense*, *A. catenella* 和 *Lingulodinium polyedra* 等3种有毒甲藻的孢囊。*Protoperdinium* spp. 中除了 *P. americanum* 萌发孔都是六角形的,而作者记录的 *P.* sp. 3 萌发孔是裂开状,是一个特殊的现象。*S. trochoidea* 和 *A. tamarense* 是研究站位的优势种,在2002年11月的样品中分别占到29.5%和11.4%。长江口 *A. tamarense* 孢囊的丰度由于萌发可能被低估。孢囊的密度与其它海区相比较,部分反映了该海区赤潮的频率和严重性。

关键词 甲藻,孢囊,长江口

中图分类号 P593

甲藻休眠孢囊一直被古生物学家误称为 hystichosphers,直到 Eviitt 在 1961 年纠正了这种叫法。Wall 等 (1968) 首次系统地利用萌发试验研究了大西洋沿岸的休眠孢囊,把休眠孢囊和甲藻一一联系起来。至今发现了 109 种海洋甲藻可以产生休眠孢囊 (Matsuoka *et al.*, 2000), 并且这个数字还在不断增加中。休眠孢囊在甲藻生活史中扮演着重要的角色,它们帮助甲藻度过恶劣的环境条件时期,在条件适宜时通过萌发重新回到水体中。大多数甲藻孢囊的细胞壁是有机质的,可以在沉积物中保留很长时间,它们的累积提供了浮游植物在水体中出现的记录,并有助于发现水体调查中没有认识到的种类 (Ellegaard *et al.*, 1994)。休眠孢囊还是甲藻种类扩散的重要形式 (Hal-

legraeff *et al.*, 1991), 并且在赤潮的发生上也扮演着很重要的角色 (Anderson *et al.*, 1983)。先后有多位作者对长江口的甲藻孢囊进行过研究 (Qi *et al.*, 1996; Hyun-jin Cho *et al.*, 2001), 并对十几种孢囊进行了描述。本文中作者选择了长江口孢囊密度最大、种类最多的一个站位,对该站位的孢囊进行了萌发试验,并报道了萌发的结果,这对了解该海区的甲藻群落结构有一定的意义。

1 材料与方法

样品于 2002 年 11 月、2003 年 2 月和 5 月用柱状采泥器采集(采样坐标为 122° 30.64' E, 29° 0.01' N),取表层沉积物,在 4°C 条件下保存。称量 5g 样品与灭菌海水混匀,超声波处理 2 min (100 W), 100 和 15 μm 筛绢过滤,取留在 15 μm

* 国家重大基础发展规划项目, 2001CB409702 号和国家海洋局海底科学重点实验室资助项目, 2004—2005。

顾海峰, 助理研究员, E-mail: haifenggu@yahoo.com

收稿日期: 2003-12-05, 收修改稿日期: 2004-07-16

筛绢上的样品在 Olympus 显微镜下对孢囊进行鉴定(100×)。另外用微细玻璃管分离活体孢囊到装有不加硅的 *f/2* 培养液(Guillard *et al.*, 1962) 的 96 孔细胞培养板进行孵化(20°C, 3000L, 12h 光: 12h 黑暗), 萌发所得的藻类细胞用 2% 甲醛固定, 5% 次氯酸钠处理 2min, 1% 胎盘蓝染色, 在相差显微镜下观察甲板组成, 用来验证孢囊的鉴定。

2 结果

共鉴定了 28 种甲藻孢囊, 其分类学特征如下:

Gonyaulax scrippsae Kofoid (图 1:1a—c)

[古生物学名称: *Spiniferites bulloideus* (Deflandre et Cookson) Sarjeant]

Reid(1974), 图 17—19; Qi 等(1996), 图 B

孢囊卵圆形(长 32—50 μm , 宽 30—45 μm), 刺较长, 近端分成三叉, 在顶端又分成 2 叉。古口为沟前型。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Gonyaulax spinifera (Claparede et Lachmann)

Diesing (图 1:2 a—b)

[古生物学名称: *Spiniferites* sp.]

孢囊椭圆形(直径为 40—48 μm), 刺多在下鞘底部和横沟处(长 7—13 μm), 近端分成三叉, 远端分成 2 或 3 叉。古口为沟前型, 梯形。*G. spinifera* 对应着古生物学中的 *Spiniferites* spp., 其种类众多(Dale 1983), 形态差异较大, 但萌发后为同一个种。Hyun-jin Cho 等(2001)对长江口该种类的孢囊有较多的报道, 本文中仅选择了其中的一种。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Gonyaulax grindleyi Reinecke (图 1:3 a—c)

其它名: *Protoceratium reticulatum* Claparede et Lachmann

[古生物学名称: *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson) Wall]

Wall 等(1968), 图版 1, 图 19—21; Matsuoka 1985a, 图版 7, 图 1—6

圆形到椭圆形(直径为 27—30 μm), 周身覆盖有刺(3—8 μm)。有的直立, 有的弯曲, 刺的近缘端稍微粗大, 远端形态各异, 有的尖细, 有的封闭, 甚至有二分叉的。古口为沟前型, 梯形。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Lingulodinium polyedra (Stein) Dodge (图 1:4a—b)

其它名: *Gonyaulax polyedra*

[古生物学名称: *Lingulodinium machaerophorum* (Deflandre et Cookson) Wall]

Wall 等(1968), 图版 1, 图 17—18

孢囊圆形(直径为 50 μm), 细胞壁双层(厚 2 μm), 外壁颗粒状, 内壁平滑。周身覆盖有刺(长 7—8 μm), 刺的基部宽大, 中间空洞状, 远端尖细或封闭。孢囊内充满浅色或透明的淀粉颗粒和淡褐色的脂粒, 有一个红色体。古口很大, 由 2—3 块沟前板脱落形成。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Alexandrium catenella Balech (图 1:5a—d)

Fukuyo(1985), 图 2H—N

长椭圆形(长 35—56 μm , 宽 23—35 μm), 两端圆形。细胞壁厚, 常覆盖有透明的胶状物质。孢囊内充满浅色或透明的淀粉颗粒、淡褐色的脂粒, 有一个明显的红色体。该孢囊出现在 11 月、2 月和 5 月的样品中。

Alexandrium tamarense (Lebour) Balech (图 1:6a—d)

Bolch 等(1990), 图 7—10; Qi 等(1996), 图 A

长椭圆形(长 35—56 μm , 宽 25—35 μm), 两端圆形。细胞壁厚, 常覆盖有透明的胶状物质。孢囊内充满浅色或透明的淀粉颗粒、淡褐色的脂粒, 有一个明显的红色体。该孢囊出现在 11 月、2 月和 5 月的样品中。

Alexandrium sp. (图 1:7a—d)

孢囊圆形(直径为 45 μm), 没有表面附属物。孢囊内充满浅色或透明的淀粉颗粒及淡褐色的脂粒, 有一个大而明显的黄色体。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Pyrophacus steinii (图 1:8a—b)

[古生物学名称: *Tuberculodinium vancampoae* (Rossignol) Wall]

Matsuoka(1985b), 图 35—40

椭圆形(长 100—380 μm , 宽 90—350 μm), 有两层无色的细胞壁。刺弯曲成弧形(长 30—50 μm), 有时候会形成外膜并在远端互相连接。古口圆孔状。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Scripsiella trochoidea (Stein) Loeblich III (图 1:9a—b)

Wall 等(1970), 图 1—10; Bolch 等(1990), 图 23; Qi 等(1996), 图 W

外形从椭圆形到圆形, 暗褐色(长 20—

41 μm), 周身有钙质的刺(长 2—6 μm)。刺的末端较钝, 部分尖细。孢囊内有一个鲜艳的红色体。古口在孢囊上鞘, 属中间型。该孢囊出现在 11 月、2 月和 5 月的样品中。

Scrippsiella precaria Montresor and Zingone (图 1: 10a—b)

Montresor 等(1988), 图 8—10; Qi 等(1996), 图 M

淡褐色, 椭圆形(长 30—42 μm), 周身有较长的钙质刺(长 3—6 μm)。刺的末端尖细, 有一个鲜艳的红色体。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Scrippsiella ramonii(图 1: 11a—b)

Giuseppe D' Onofrio 等(1999), 图 13

淡褐色, 圆形(直径为 38—42 μm), 周身有很长的钙质刺(长 10—13 μm)。刺末端为头状花序状, 孢囊内有一个鲜艳的红色体。古口梯形。该孢囊出现在 11 月的样品中。

***Scrippsiella* sp. 1**(图 1: 12a—c)

椭圆形(长 42 μm , 宽 40 μm), 没有附属物。孢囊细胞壁较厚(3 μm), 内有浅褐色的脂粒, 和一个大而鲜艳的红色体。古口顶端型。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

***Scrippsiella* sp. 2**(图 1: 13a—c)

圆形(直径为 2—27 μm), 没有附属物。三层细胞壁, 内有淡绿色的颗粒和一个鲜艳的红色体。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium oblongum (Aurivillium) Balech (图 1: 14a—b)

[古生物学名称: [*Lejeunecysta* sp.]

Wall 等(1968), 图版 1, 图 29

孢囊淡褐色, 五边形到菱形(长 60—75 μm , 宽 55—70 μm , 长/宽 = 1.2/1)。细胞壁薄(1—1.5 μm), 光滑, 间或有颗粒。孢囊有一个很大的红色体, 没有横沟的痕迹。孢囊上鞘圆锥形, 下鞘末端分叉成两个较宽的角。古口宽大, 六角形, 由 1a 或 2a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Wall 等(1968)报道 *P. oblongum* 产生三种形态的孢囊, 菱形、角状和心形, 并认为这三种孢囊是该种的三个亚种形成的。心形的孢囊古生物学名字为 *Votadinium calvum*, 而菱形和角状的孢囊都被称为 *Lejeunecysta* sp.。作者在长江口的沉积物中发现了菱形和心形的孢囊, 但未观察到角状孢囊。

Protoperidinium pentagonum (Gran) Balech(图 1: 15a—b)

[古生物学名称: *Trinovantedinium capitatum* Reid] Wall 等(1968), 图版 2, 图 8—10; Matsuoka (1985a), 图版 9—10; Bolch 等(1990), 图 15

五边形(长 85—91 μm , 宽 76—81 μm), 周身覆盖有短而硬, 针状的刺。细胞壁无色, 孢囊内有一个很大的红色体。孢囊上鞘圆锥形, 下鞘末端分叉成两个不同形态的角。古口六角形, 由 2a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium conicoides (Paulsen) Balech (图 1: 16a—b)

[古生物学名称: *Brigantedinium simplex* (Wall) Reid]

Wall 等(1968), 图版 2 图 29; Bolch 等(1990), 图 26; Qi 等(1996), 图 B1

孢囊褐色、圆形(直径为 50—57 μm), 细胞壁光滑或有颗粒。古口大、六角形, 由 2a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Protoperidinium claudicans (Paulsen) Balech (图 1: 17a—b)

[古生物学名称: *Votadinium spinosum* Reid]

Wall 等(1968), 图版 2 图 1—2; Bolch 等(1990), 图 25; Qi 等(1996), 图 Q

孢囊心形(长 90 μm), 有许多尖刺(长 4—8 μm)。下鞘有两个不对称的角, 右侧的较大。古口由 2a 脱落形成。作者还发现了另外一种形态的孢囊, 但个体较小(长 60 μm), 底部两个角对称, 大小一致, 萌发后产生典型的 *P. claudicans*。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium avellana (Meunier) Balech (图 1: 18a—b)

[古生物学名称: *Brigantedinium cariacense* (Wall) Reid]

Harland (1982), 图版 38, 图 4—9; Bolch 等(1990), 图 17; Qi 等(1996), 图 X

孢囊褐色、圆形(直径为 40—47 μm), 细胞壁光滑, 古口由 2a 脱落形成, 两侧拉长, 对称, 六边形, 靠近并平行横沟的边呈弧形。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium conicum (Gran) Balech (图 1: 19a—b)

[古生物学名称: *Selenopemphix quanta* (Bradford) Matsuoka]

Bolch 等(1990),图 14a—c;Qi 等(1996),图 P

椭圆形到肾形(直径为 50—65 μm),细胞壁光滑,外被几行平行、针状的刺(长 7—10 μm),孢囊内有许多绿色的颗粒,古口六角形,由前间插板脱落形成。该孢囊出现在 11 月、2 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium nudum (Meunier) Balech sensu Wall 和 Dale (图 1:20)

[古生物学名称:*Multispinula quanta*]

Wall 等(1968),图版 4,图 4—5

顶视为圆形,侧视为椭圆形(长 40—50 μm ,宽 32—42 μm)。细胞壁薄(1 μm)而光滑、淡褐色。孢囊有 6 行平行的刺(长 20—25 μm),刺的基部为圆锥形,远端较尖。孢囊内充满绿色颗粒。该种与 *P. conicum* 形态相似,但刺更长。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium minutum (Kofoid) Loeblich (图 1:21a—b)

Synonym: *Peridinium monospinosum* Paulsen

Wall 等(1968),图版 4,图 6—7;Bolch 等(1990),图 27

孢囊淡褐色,圆形(直径为 27—32 μm),细胞壁双层(厚 1—2 μm)。周身密布柔软、弯曲、末端尖细的刺(长 8—9 μm)。古口六角形,由前间插板脱落形成。该孢囊出现在 11 月和 5 月的样品中。

Protoperidinium sp. 1 (图 1:22a—c)

孢囊褐色、圆形(直径为 52 μm),细胞壁光滑。古口六角形,对称,由 2a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Protoperidinium sp. 2 (图 1:23a—c)

孢囊淡褐色,卵圆形(直径为 45—50 μm),周身覆盖着刺(长 6—7 μm),末端尖细或封闭。细胞壁双层,孢囊内有一个黄色体。古口位于顶部,圆形。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Protoperidinium sp. 3 (图 1:24a—c)

孢囊淡褐色、圆形(直径为 52 μm),细胞壁单层(厚 1 μm)、光滑。古口裂开状。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Diplopsalopsis orbicularis (Paulsen) Meunier (图 1:25a—d)

Wall 等(1968),图版 4,图 20

孢囊褐色、圆形(直径为 60 μm)。细胞壁颗

粒状,双层,外层较厚(2 μm),内层较薄(1 μm)。孢囊内充满淡褐色的颗粒,并有一个明显的红色体。古口大,六角形,由 2a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Diplopsalis lebourae (Nie) Balech (图 1:26a—c)

其它名:*Diplopsalis lenticula* var. *lebourae* Nie

Matsuoka 1988,图版 2,图 J—L

孢囊淡褐色、椭圆形(长 40 μm ,宽 35 μm),细胞壁光滑,双层,古口六边形,由 1a 脱落形成。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Gyrodinium sp. (图 1:27a—c)

孢囊卵圆形(长 47 μm ,宽 45 μm),细胞壁光滑、单层。内有大小不一的浅褐色颗粒,聚集成团。该孢囊萌发得到的藻类形态与 *G. uncatenum* 类似。该孢囊出现在 11 月的样品中。

Polykrikos schwartzii butschli (图 1:28a—b)

Bolch 和 Halegraeff 1990,图 32a—c;Qi 等 1996,图 S

孢囊褐色、卵圆形(长 70—100 μm ,宽 50—70 μm)。刺的末端分叉,互连接形成网状结构。古口位于顶部、圆形。该孢囊出现在 11 月、2 月和 5 月的样品中。

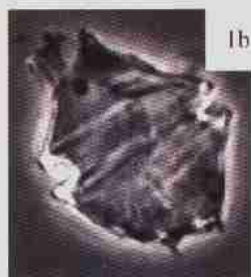
3 讨论

作者通过萌发试验鉴定了 28 种甲藻孢囊,另有十几种孢囊虽然萌发得到了藻类,但不能准确鉴定,因此未包括在本文中。在这 28 种孢囊里,9 种为国内首次报道,它们是 *Alexandrium sp.*, *Scrippsiella ramonii*, *S. sp.*, *Protoperidinium sp. 1*, *P. sp. 2*, *P. sp. 3*, *Diplopsalopsis orbicularis*, *Diplopsalis lebourae* 和 *Gyrodinium sp.*。并发现了 *A. tamarense*, *A. catenella* 和 *Lingulodinium polyedra* 等三种有毒甲藻的孢囊。28 种孢囊均出现在 2002 年 11 月的样品中,而 2003 年 2 月和 5 月出现的孢囊分别只有 5 和 17 种,这可能是冬季水体甲藻的种类和数量都较少的缘故。

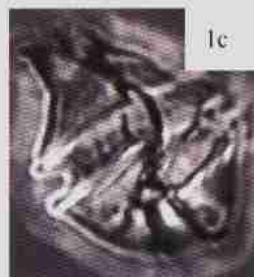
2002 年 5 月对长江口浮游植物的调查中发现了 *Alexandrium sp.*, *Gonyaulax sp.*, *Scrippsiella trochoidea*, *Protoperidinium conicum*, *P. sp.* 和 *Pyrophacus steinii* 等 6 种可产生孢囊的甲藻(孙军等,2003)。由于采水只能得到局部海域某一时间段的藻类组成,因此通过孢囊研究获得的结果更加全面。



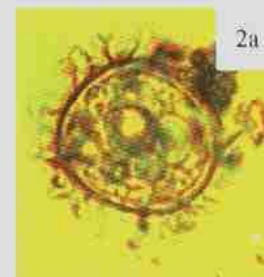
1a



1b



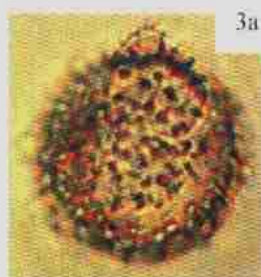
1c



2a



2b



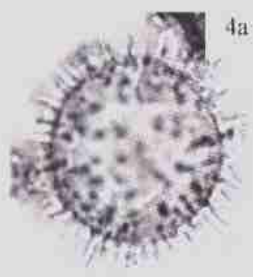
3a



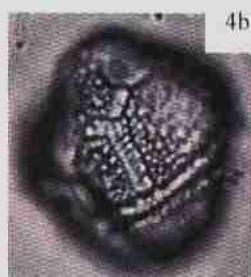
3b



3c



4a



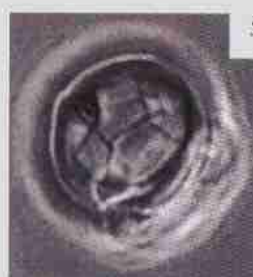
4b



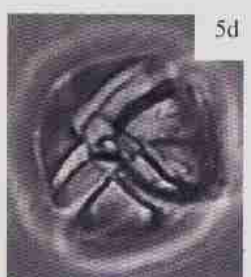
5a



5b



5c



5d



6a



6b



6c



6d



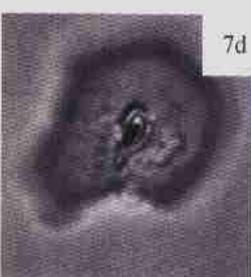
7a



7b



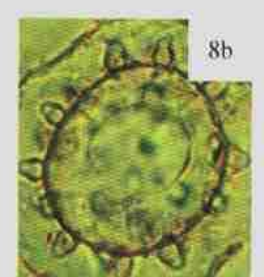
7c



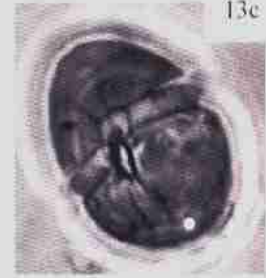
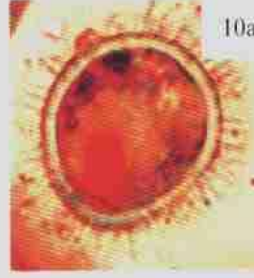
7d



8a



8b



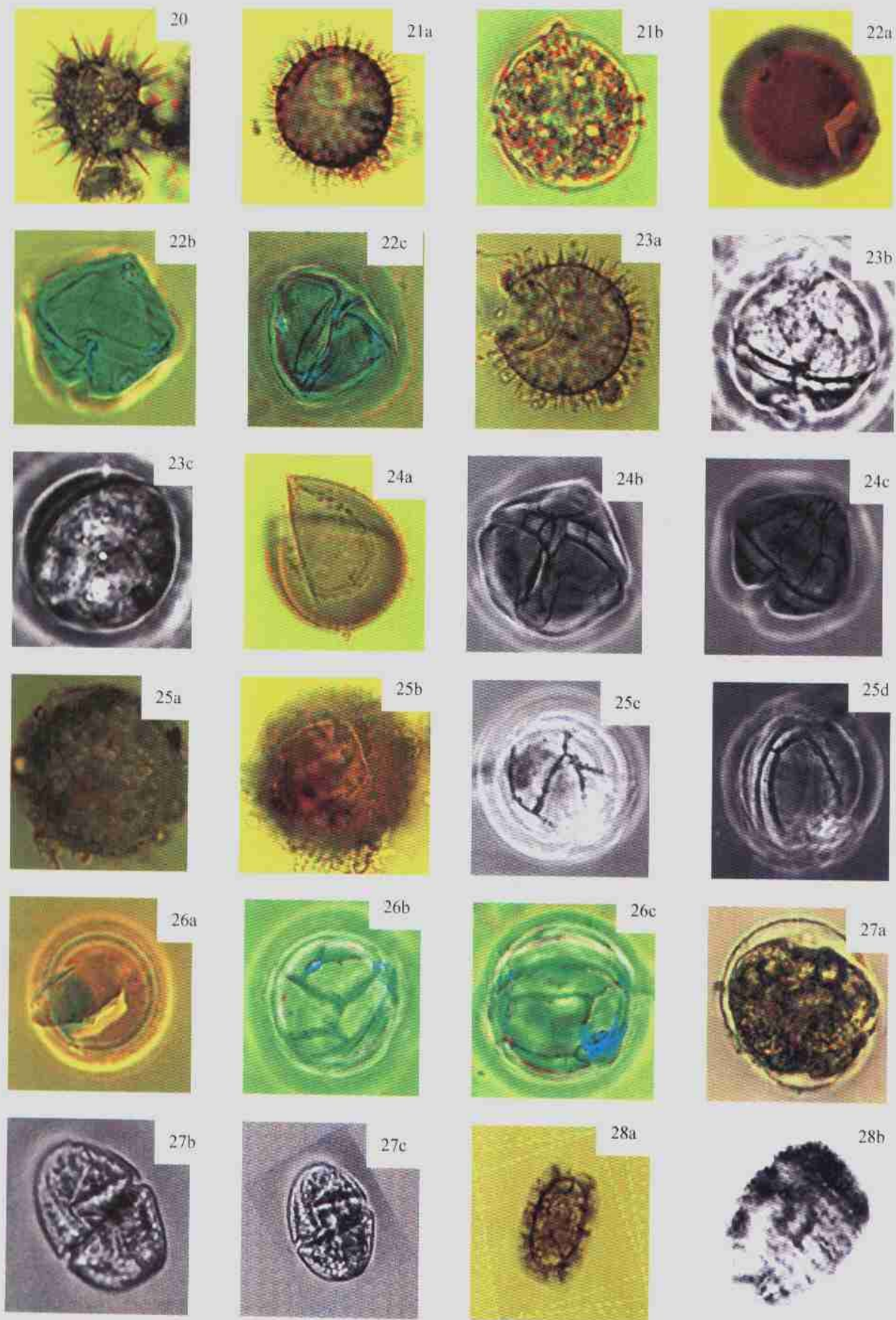


图 1 甲藻孢囊及其萌发的细胞

Fig.1 Dinoflagellate cysts and their cells

- 1a. *Gonyaulax scrippsae* (46 × 42 μm); 1b—c. 藻细胞 (42 × 40 μm); 2a. *G. spinefera* (35 μm); 2b. 藻细胞 (32 × 32 μm); 3a. *G. grindleyi* (30 μm); 3b—c. 藻细胞 (35 × 30 μm); 4a. *Lingulodinium polyedra* (50 μm); 4b—c. 藻细胞甲板 (62 × 55 μm); 5a. *Alexandrium catenella* (42 × 40 μm); 5b—d. 藻细胞和甲板 (37 × 32 μm); 6a. *A. tamarense* (45 × 27 μm); 6b—d. 藻细胞和甲板 (35 × 35 μm); 7a. *A. sp.* (45 μm); 7b—d. 藻细胞和甲板 (43 × 43 μm); 8a—b. *Pyrofacus steneii* (360 μm); 9a. *Scripsiella trochoidea* (35 μm); 9b. 藻细胞 (35 × 25 μm); 10a. *S. precaria* (36 × 30 μm); 10b. 藻细胞 (23 × 17 μm); 11a. *S. ramonii* (35 μm); 11b. 藻细胞 (37 × 27 μm); 12a. *S. sp. 1* (42 × 40 μm); 12b—c. 藻细胞和甲板 (45 × 43 μm); 13a. *S. sp. 2* (27 μm); 13b. 藻细胞 (30 × 25 μm); 13c. 甲板; 14a. *Protoperidinium oblongum* (70 × 65 μm); 14b. 藻细胞 (115 × 72 μm); 15a. *P. pentagonum* (75 × 70 μm); 15b. 藻细胞 (110 × 80 μm); 16a. *P. conicoides* (57 μm); 16b. 藻细胞 (65 × 60 μm); 17a. *P. claudicans* (90 × 90 μm); 17b. 藻细胞 (110 × 75 μm); 18a. *P. avenella* (52 μm); 18b. 藻细胞 (52 μm); 19a. *P. conicum* (65 μm); 19b—c. 藻细胞 (90 × 70 μm); 20. *P. nudum* (50 × 42 μm); 21a. *P. minutum* (32 μm); 21b—c. 藻细胞 (32 μm); 22a. *P. sp. 1* (52 μm); 22b—c. 藻细胞 (50 μm); 23a. *P. sp. 2* (50 μm); 23b—c. 藻细胞 (45 × 45 μm); 24a. *P. sp. 3* (50 μm); 24b—d. 藻细胞 (47 × 45 μm); 25a—b. *Diplopsalopsis orbicularis* (48 μm); 25c—d. 藻细胞 (45 μm); 26a. *Diplopsalis lebourae* (40 × 35 μm); 26b—c. 藻细胞 (45 × 40 μm); 27a. *Gyrodinium sp.* (47 × 45 μm); 27b—c. 藻细胞 (37 × 30 μm); 28a. *Polykrikos schwartzii* (87 × 50 μm); 28b. 藻细胞 (110 × 70 μm)
- 1a. *Gonyaulax scrippsae* (46 × 42 μm); 1b—c. Motile cell (42 × 40 μm); 2a. *G. spinefera* (35 μm); 2b. Motile cell (32 × 32 μm); 3a. *G. grindleyi* (30 μm); 3b—c. Motile cell (35 × 30 μm); 4a. *Lingulodinium polyedra* (50 μm); 4b—c. Motile cell and plate (62 × 55 μm); 5a. *Alexandrium catenella* (42 × 40 μm); 5b—d. Motile cell and plate (37 × 32 μm); 6a. *A. tamarense* (45 × 27 μm); 6b—d. Motile cell and plate (35 × 35 μm); 7a. *A. sp.* (45 μm); 7b—d. Motile cell and plate (43 × 43 μm); 8a—b. *Pyrofacus steneii* (360 μm); 9a. *Scripsiella trochoidea* (35 μm); 9b. Motile cell (35 × 25 μm); 10a. *S. precaria* (36 × 30 μm); 10b. Motile cell (23 × 17 μm); 11a. *S. ramonii* (35 μm); 11b. Motile cell (37 × 27 μm); 12a. *S. sp. 1* (42 × 40 μm); 12b—c. Motile cell and plate (45 × 43 μm); 13a. *S. sp. 2* (27 μm); 13b. Motile cell (30 × 25 μm); 13c. Plate; 14a. *Protoperidinium oblongum* (70 × 65 μm); 14b. Motile cell (115 × 72 μm); 15a. *P. pentagonum* (75 × 70 μm); 15b. Motile cell (110 × 80 μm); 16a. *P. conicoides* (57 μm); 16b. Motile cell (65 × 60 μm); 17a. *P. claudicans* (90 × 90 μm); 17b. Motile cell (110 × 75 μm); 18a. *P. avenella* (52 μm); 18b. Motile cell (52 μm); 19a. *P. conicum* (65 μm); 19b—c. Motile cell (90 × 70 μm); 20. *P. nudum* (50 × 42 μm); 21a. *P. minutum* (32 μm); 21b—c. Motile cell (32 μm); 22a. *P. sp. 1* (52 μm); 22b—c. Motile cell (50 μm); 23a. *P. sp. 2* (50 μm); 23b—c. Motile cell (45 × 45 μm); 24a. *P. sp. 3* (50 μm); 24b—d. Motile cell (47 × 45 μm); 25a—b. *Diplopsalopsis orbicularis* (48 μm); 25c—d. Motile cell (45 μm); 26a. *Diplopsalis lebourae* (40 × 35 μm); 26b—c. Motile cell (45 × 40 μm); 27a. *Gyrodinium sp.* (47 × 45 μm); 27b—c. Motile cell (37 × 30 μm); 28a. *Polykrikos schwartzii* (87 × 50 μm); 28b. Motile cell (110 × 70 μm)

古口 (Archeopyle) 是甲藻细胞从孢囊破壁而出的通道, 种类相近, 其孢囊的古口类型通常也相似。Matsuoka (1988) 认为古口形状在进化上比藻类甲板组成更加保守, 因此古口的类型可以作为甲藻分类的一个依据。几乎所有已报道的 *Protoperidinium* spp. 孢囊古口都是六边形的, 仅有的例外是 *P. americanum*, 有一个三叶形的古口 (Boleh *et al.*, 1990), 而本文中报道的 *P. sp. 3* 古口为裂开状, 是一个少有的现象。

有 4 种亚历山大藻产生椭圆形且大小相同的孢囊, 它们是 *A. tamarense*, *A. catenella*, *A. cohorticula* 和 *A. fundyense*, 只有通过萌发试验, 观察藻类的甲板才能区别它们。*A. fundyense* 不能形成细胞链, *A. cohorticula* 纵沟前板分成两半 (Fukuyo *et al.*, 1988)。作者对长江口的 100 多粒椭圆形孢囊进行了萌发, 100% 都能形成链状, 多为 2 个和 4

个, 对 20 株细胞培养物的甲板观察也未发现纵沟前板有分成两半的, 因此基本可以排除掉 *A. fundyense* 和 *A. cohorticula*。*A. tamarense* 和 *A. catenella* 的主要区别在于前者总是长大于宽, 而后者宽稍微大于长; 前者最多形成 4 个细胞的链, 后者为 8 个; 前者有腹孔而后者没有 (Fukuyo, 1985)。根据这些特征作者对 20 多株细胞进行了观察, 只有一株符合 *A. catenella* 的形态特征, 这可能是由于该海区 *A. tamarense* 数量远多于 *A. catenella*, 或者 *A. catenella* 的孢囊更容易萌发, 故不易在沉积物中保留下来。另一个有趣的现象是沉积物中发现有圆形的孢囊, 萌发后的细胞却产生椭圆形的孢囊, 这说明传统的孢囊计数会低估这两种有毒藻类孢囊的生物量。

S. trochoidea 和 *A. tamarense* 是本站位的优势种, 在 2002 年 11 月的样品中丰度分别占到

29.5%和11.4%。由于前者萌发后能在沉积物中保留下来,而后者较难保存,因此 *A. tamarensis* 孢囊实际的比例应该更高一些。长江口 *A. tamarensis* 孢囊的丰度在我国沿海各主要港湾中不如大鹏湾(王朝晖等,2003),该海区的亚历山大藻赤潮在规模、频率上却是最大的,可见长江口沉积物中的亚历山大藻孢囊与赤潮有着一定的联系。大鹏湾虽有极高的亚历山大藻孢囊密度,却没有发生大规模该种赤潮的记录,一个可能的原因是其它海域的孢囊富集到该区域。孢囊与赤潮在某些较封闭的海域有着密切的关系(Anderson *et al.*, 1983),它与长江口海域亚历山大藻赤潮的关系作者将在另文中有具体的描述。

致谢 厦门大学生物系唐川宁、刑小丽同学采集部分样品,中国科学院海洋研究所孙军博士协助鉴定种类,意大利 Stazione Zoologica Montresor M. 教授在研究过程中提出宝贵意见,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 孙 军,刘东艳,王宗灵等,2003. 春季赤潮频发期东海微型浮游动物摄食研究. 应用生态学报,14(7):1073—1080
- 王朝晖, Matsuoka K, 齐雨藻等,2003. 有毒亚历山大藻 (*Alexandrium* spp.) 和链状裸甲藻 (*Gymnodinium catenatum*) 孢囊在中国东南沿海的分布. 海洋与湖沼,34(4):422—430
- Anderson D M, Chisholm S W, 1983. The importance of life cycle events in the population dynamics of *Gonyaulax tamarensis*. Mar Biol, 76:179—190
- Anderson D M, 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions. In: Anderson D M, Cembella A D, Hallegraeff G M ed. The Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms. Springer-Verlag, Heidelberg, 29—48
- Bolch C J, Hallegraeff G M, 1990. Dinoflagellate cysts in Recent marine sediments from Tasmania, Australia. Botanica Marina, 33:173—192
- Dale B, 1983. Dinoflagellate resting cyst. In: Fryxell G A ed. Survival Strategies of the Algae. Cambridge Univ Press, Cambridge, 69—144
- Ellegaard M, Christensen N F, Moestrup F, 1994. Dinoflagellate cysts from recent Danish marine sediments. European Journal of Phycology, 29:183—194
- Evitt W R, 1961. Observations on the morphology of fossil dinoflagellates. Micropaleontology, 7:385—420
- Fukuyo Y, 1982. Cysts of naked dinoflagellates. Report of Environmental Sciences. Monbusho, Tokyo, 205—214, B148—R148
- Fukuyo Y, 1985. Morphology of *Protogonyaulax tamarensis* (Lebour) and *Protogonyaulax catenella* (Whedon and kofoid) Taylor from Japanese coastal waters. Bull Mar Sci, 37(2):533—534
- Fukuyo Y, Pholpunthin P, Yoshida K, 1988. *Protogonyaulax* (Dinophyceae) in the Gulf of Thailand. Bull Plankton Soc Japan, 35(1):11
- Giuseppe D' Onofrio, Donato Marino, Luigi Bianco *et al.*, 1999. Toward an assessment on the taxonomy of dinoflagellates that produce calcareous cysts (Calciodinelloideae, Dinophyceae). A morphological and molecular approach. Journal of Phycology, 35:1063—1078
- Guillard R R L, Ryther J H, 1962. Studies of marine planktonic diatoms I. *Cyclotella nana* Hustedt *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Canadian Journal of Microbiology, 8:229—239
- Harland R, 1982. Recent and late Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the genus *Protoperidinium*. Palaeontology, 25:369—397
- Hallegraeff G M, Bolch C J, 1991. Transport of toxic dinoflagellate cysts via ship's ballast water. Marine Pollution Bulletin, 22:27—30
- Hyun-jin Cho, Matsuoka K, 2001. Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the Yellow Sea and East China Sea. Marine Micropaleontology, 42:103—123
- Matsuoka K, 1982. Dinoflagellate cysts in surface sediments of Omura Bay, West Kyushu, Japan. Reports of Environmental Sciences. B148-R148, Monbusho, 197—204
- Matsuoka K, 1985a. Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediment of Nagasaki Bay and Senzaki Bay, West-Japan. Bull Fac Liberal Arts, Nagasaki Univ, 25:21—115
- Matsuoka K, 1985b. Cyst and thecate forms of *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall et Dale 1971. Transactions and Proceedings of the Paleontological Society of Japan. New Series, 140:240—262
- Matsuoka K, 1988. Cyst-theca relationships in the diplopsalid group (Peridinales, Dinophyceae). Review of Palaeobotany and Palynology, 56:95—122
- Matsuoka K, Fukuyo Y, 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. Westpac-Hab/Westpac/loc, 1—26
- Montresor M, Zingone A, 1988. *Scrippsiella precaria* sp. Nov. (Dinophyceae), a marine dinoflagellate from the gulf of

- Naples. *Phycologia*, 27:387—394
- Qi Y Z, Ying H, Anderson D M, 1996. Dinoflagellate cysts from recent marine sediments of the South and East China Sea. *Asian Marine Biology*, 13:87—103
- Reid P C, 1974. Gonaulacacean dinoflagellate cysts from the British Isles. *Nova Hedwigia*, 25:579—637
- Wall D, Dale B, 1968. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridiniales. *Micropaleontology*, 14:265—304
- Wall D, Guillard R R L, Watabe N, 1970. Calcitic resting cysts in *Peridinium trochoideum* (Stein) Lemmermann, an autotrophic marine dinoflagellate. *Phycologia*, 9:151—156

PRELIMINARY STUDY ON DINOFLAGELLATE CYSTS IN CHANGJIANG RIVER ESTUARY

GU Hai-Feng, FANG Qi, LI Rui-Xiang[†], LAN Dong-Zhao, ZHU Ming-Yuan[†]
(Third Institute of Oceanography State Oceanography Administration, Xiamen, 361005;
First Institute of Oceanography State Oceanography Administration, Qingdao, 266011)
[†](First Institute of Oceanography State Oceanography Administration, Qingdao, 266011)

Abstract Resting cysts play an important role in the life cycle of dinoflagellates. They can stay in the sediment for a long time and thereby provide an integrated record of phytoplankton diversity in the water column. We selected a station at Changjiang River estuary with richest cyst diversity and collected sediment in November of 2002, February and May of 2003. The sediment was sonicated and screened through a 100 μ m sieve and collected on a 15 μ m sieve. Identification of dinoflagellate cysts was based on morphological criteria. Selected cysts were isolated by micropipette and incubated in a 96 well plate filled with f/2 medium. The incubated cells were used to confirm species identification.

28 species were identified according to the cyst and cell's morphological character. All species appeared in the sediment collected in November of 2002, but we only found 5 and 17 species in the sediment of February and May of 2003. 9 species were recorded for the first time in China Sea. They were *Alexandrium* sp., *Scrippsiella ramonii*, *Scrippsiella* sp. 1, *Protoperidinium* sp. 1, *Protoperidinium* sp. 2, *Protoperidinium* sp. 3, *Diplopsalis orbicularis*, *Diplopsalis lebourae* and *Cyrodinium* sp. The cyst of *Alexandrium* sp. is spherical (45 μ m diameter). The cyst wall is smooth without any surface ornament. It contains pale or transparent starch droplet and pale brown oil drops. There is a big and obvious accumulation body inside. The cyst of *Scrippsiella ramonii* is pale brown, spherical (38—42 μ m diameter), covered by long calcereous spines (10—13 μ m long). The end of spines is capitate and there is a bright accumulation body inside. The cyst of *Scrippsiella* sp. 1 is oval (42 μ m long, 40 μ m wide) without any surface ornament. It has thick wall (3 μ m) and pale brown oil drops. There is a big and bright accumulation body inside. The cyst of *Protoperidinium* sp. 1 is brown, spherical (52 μ m diameter) with smooth surface. The cyst of *Protoperidinium* sp. 2 is pale brown, oval (45—50 μ m diameter), covered by spines 6—7 μ m long. The end of spines is wiry or closed. The cyst wall has two layers and an accumulation body is obvious. The cyst of *Protoperidinium* sp. 3 is pale brown, spherical (52 μ m diameter). The wall has a single layer about 1 μ m thick and the surface is smooth without any ornament. The archeopyle is chasmic. The cyst of *Diplopsalis orbicularis* is brown, spherical (60 μ m diameter) with an obvious accumulation body inside. The wall surface is microgranular and consisted of a relatively thick (2 μ m) dark brown periphragm and a thin (1 μ m) endophragm. The archeopyle is delimited by a jagged parasuture on the lateral and dorsal surfaces of the epicyst. The cyst of *Diplopsalis lebourae* is pale brown, oval (40 μ m long, 35 μ m wide). The wall is smooth and consisted of two layers. The archeopyle is theropylic intercalary, a large transversely rectangular hexaform 1a. The cyst of *Cyrodinium* sp. is oval (47 μ m long, 45 μ m wide). The wall has a single

layer with smooth surface. There are pale brown droplets with different size inside. The incubated cell is similar to *Gyrodinium uncatenum* morphologically.

Three species of cyst produced by toxic dinoflagellate (*A. tamarense*, *A. catenella* and *Lingulodinium polyedra*) were also recorded. *Protoperdinium* spp. usually had a hexagonal archeopyle except *P. americanum*, but *P. sp. 3* in this study had a chasmic archeopyle, which is unusual. *S. trochoidea* and *A. tamarense* cysts were dominant at this station, accounting for 29.5% and 11.4% in the sediment collected in November, 2002. The abundance of *A. tamarense* cysts was possibly underestimated as the result of germination. *A. tamarense* cyst density was rich compared to other areas, which reflected the high frequency and severity of bloom by this species in this area partly. To study the cyst composition in the sediment helped to understand the dinoflagellate diversity comprehensively.

Key words Dinoflagellate, Cysts, Changjiang River estuary

欢迎订阅 2005 年《水产学报》

《水产学报》是中国水产学会主办、上海水产大学承办的水产科学技术的学术性刊物,创刊于 1964 年。主要刊载渔业资源,水产养殖和增殖,水产捕捞,水产品保鲜与综合利用,渔业水域环境保护,渔船,渔业机械与仪器以及水产基础研究的论文,简报和综述,并酌登学术动态和重要书刊的评价等。

本刊为双月刊,大 16 开。国内外公开发行。每期单价 15 元,全年定价 90 元(含邮费)。国内统一刊号:CN31-1283/S;国际标准刊号:ISSN 1000-0615。国外发行代号:Q-387,国内邮发代号:4-297。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。编辑部还有《水产学报》(1964-2001 年)全文检索光盘,定价 200 元(含邮费),欢迎订阅。

编辑部地址:上海市军工路 334 号,上海水产大学 48 信箱,邮编:200090

联系电话:021-65710232,传真:021-65680965。

E-mail:jfc@shfu.edu.cn 或 scxuebao@online.sh.cn