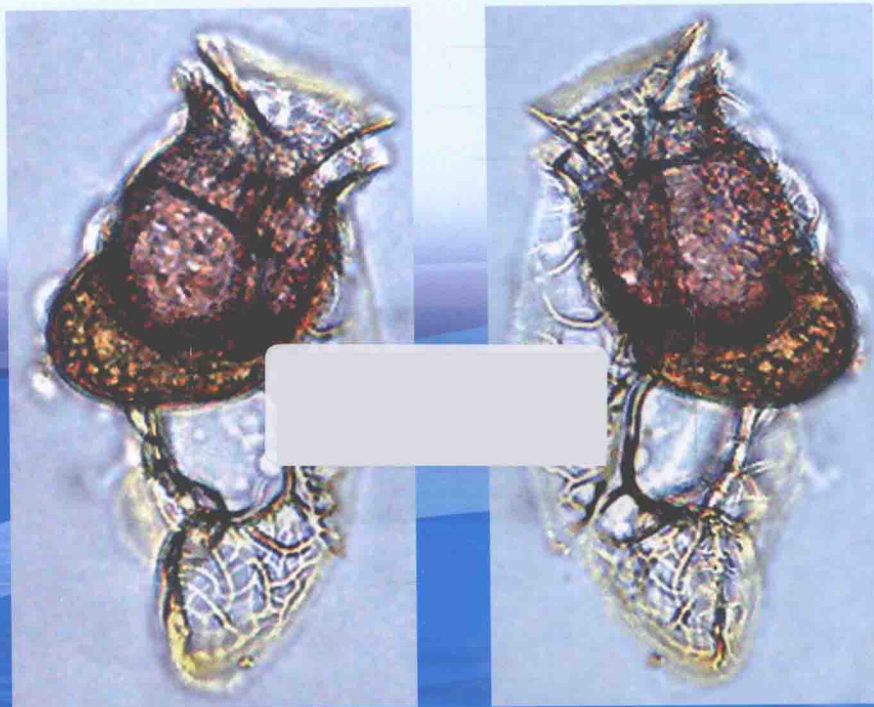


中国海域甲藻 I

(原甲藻目、鳍藻目)

Dinoflagellates in the China's Seas I
(Prorocentrales, Dinophysiales)

杨世民 李瑞香 董树刚 著
Yang S.M. Li R.X. Dong S.G.



中国海域甲藻 I

(原甲藻目、鳍藻目)

Dinoflagellates in the China's Seas I
(Prorocentrales, Dinophysiales)

杨世民 李瑞香 董树刚 著
Yang S.M. Li R.X. Dong S.G.

海洋出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书记述了我国海域甲藻门甲藻纲的两个大目——原甲藻目、鳍藻目的海洋甲藻，共3科8属103种。详细描述了各种的形态特征、地理分布、生态特点和出现时间，对于相似的物种进行了比较区分，对于不同的分类观点也给予了讨论。每个物种都附有手绘图片，绝大多数物种还摄有实物照片，少数物种添加了扫描电子显微镜图片。书后附有学名索引和国内外参考文献。

本书可为植物学、藻类学、生态学等领域的科研工作者以及大专院校生物、水产、环境生态等专业的师生提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国海域甲藻. 1, 原甲藻目、鳍藻目 / 杨世民, 李瑞香, 董树刚著. — 北京: 海洋出版社, 2014.2

ISBN 978-7-5027-8797-4

I. ①中… II. ①杨… ②李… ③董… III. ①海域—甲藻门—研究—中国 IV. ①Q949.24

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第017779号

责任编辑: 于秋涛 高 英

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店经销

2014年2月第1版 2014年2月北京第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.25

字数: 276千字 定价: 88.00元

发行部: 010-62132549 邮购部: 010-68038093 总编室: 010-62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

序 言

P r e f a c e

甲藻是海洋浮游生物的一大类群，其种类和数量仅次于硅藻，在海洋生态系统中占有非常重要的地位。

甲藻的分类学研究至今已有约二百年历史，1773 年 Muller 首次提出“dinoflagellates”一词，意为“涡动的鞭毛”，源于希腊文，用来描述 Baker 1753 年发现的一种发光的甲藻。直至 1883 年 Stein 首次出版了关于甲藻形态描述的专著，人们才开始真正认识并研究甲藻。随着甲藻分类学研究的逐步深入，Pouchet、Kofoid & Swezy、Lebour、Schiller、Wood、Abé、Dodge、Balech、Taylor、Steindinger、Tangen、Faust 和 Larson 等人相继出版了一系列专著，成为甲藻分类学的经典之著，直至现在仍被广泛的参考引用。中国甲藻分类学研究始于 20 世纪 30 年代，王家楫、倪达书等学者就海南岛近海、厦门港和渤海的甲藻进行了报道和研究，是我国学者早期甲藻分类工作之开端。从 50 年代开始，我国相继开展了多次海洋普查和海区性调查，许多学者参与到甲藻的研究工作中，前后发表了不少甲藻形态分类方面的研究论文。林永水主编的《中国海藻志：甲藻纲角藻科》于 2009 年出版。黄宗国等（1994）在《中国海洋生物种类与分布》一书中收录了 255 种甲藻，2008 年的增订版增加到 260 种，刘瑞玉（2008 年）编著的《中国海洋生物名录》共有甲藻 302 种，但这些著作只是列出甲藻的种名录，缺乏种的描述和图的信息。黄宗国、林茂（2012）编的《中国海

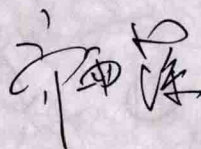
洋物种多样性》汇集了 359 种甲藻, 虽在《中国海洋生物图集第一分册》中汇集了甲藻图谱, 但缺乏种的描述和其他相关信息。

《中国海域甲藻》是作者基于多年在中国海域采集的甲藻标本而撰写的一部系列著作, 本书就原甲藻目和鳍藻目共 103 种先行发表, 本书最大的特点是每种甲藻除手绘的轮廓图外, 还附有大量的彩色或电镜实物照片, 细致的对甲藻形态进行了研究, 更易于相关科研和业务监测工作者的参考与把握。

李瑞香教授从事海洋生物学工作 30 余年, 参与过多项大洋、南极、黑潮及我国近海等调查, 参与并主持多项国家及地方海洋科学调查及研究工作, 在海洋生物, 海洋生态等研究中开展并报告了大量甲藻分类的成果。杨世民教授是一位年轻的海洋生物工作者, 长期从事海洋浮游植物调查研究, 本书的内容即是来自他所收集的第一手资料。本专著是作者们多年工作的结晶, 内容丰富, 种类全面, 大可为海洋生态研究及调查的很可靠的参考书。

作为作者们的同事和科学伙伴, 我很荣幸有机会为本书作序, 并把这一专著向广大海洋工作者推荐。

中国藻类学会副理事长



2013 年 12 月

前言

Foreword

原甲藻目 *Prorocentrales* 和鳍藻目 *Dinophysiales* 是甲藻门 *Dinophyta* 甲藻纲 *Dinophyceae* 的两个大目, 由于此两目的形态特征较为鲜明, 因此在甲藻的分类系统中始终没有太大改变。本书中记述的原甲藻目包括 1 科 1 属, 鳍藻目包括 2 科 7 属, 共记述了此两目中的 3 科 8 属 103 种 (包括变种), 其中首次记录的物种 52 种 (包括变种)。

本书中样品的采集工作是从 2001 年开始的, 采集样品的海域包括渤海湾、莱州湾、渤海中部海域、渤海海峡、黄海北部海域、山东荣成附近海域、青岛沿海、黄海南部海域、长江口附近海域、浙江舟山群岛附近海域、福建罗源湾、厦门沿海、东海、冲绳海槽西侧海域 (东海大陆架边缘海域)、钓鱼岛附近海域、台湾海峡、台湾东部海域、吕宋海峡北部海域 (台湾南侧)、珠江口附近海域、南海北部海域、三亚沿海、东沙群岛附近海域、西沙群岛附近海域、中沙群岛附近海域、黄岩岛附近海域、南沙群岛附近海域。

样品的采集方法为采水、20 μm 浮游生物网拖网和 76 μm 浮游生物网拖网的方法。大多数样品采上后先在光学显微镜下进行活体细胞拍摄, 此项工作是样品采上两小时内调查船上

实验室内完成的。需要进行长期储存的样品则加入 2%~5% 中性福尔马林溶液固定保存。本书中每一物种的手绘图片均根据作者观察到的样本绘制。

本书得到海洋公益性行业科研专项“我国海洋浮游生物分类鉴定技术及在生物多样性保护中的应用”（项目号：201005015）的支持。在样品的采集过程中，承蒙中国海洋大学、厦门大学等多位海洋调查首席科学家的大力支持与协助，李雨珍、毛音禾、孙丹等同学在资料的整理方面也做了大量工作，在此表示衷心的感谢。另外，还要特别对中国海洋大学“东方红 2”号调查船全体工作人员的鼓励与帮助表示诚挚的谢意。

对于甲藻门甲藻纲其他目的物种，作者将在今后的工作中逐步研究补充记述。

由于作者水平有限，难免有错误和疏漏之处，敬请批评指正。

著者

2013 年 3 月

目 录

Contents

甲藻门 <i>Dinophyta</i>	1
甲藻纲 <i>Dinophyceae</i>	2
原甲藻目 <i>Prorocentrales</i>	3
原甲藻科 <i>Prorocentraceae</i>	3
原甲藻属 <i>Prorocentrum</i>	3
鳍藻目 <i>Dinophysiales</i>	16
双管藻科 <i>Amphisoleniaceae</i>	16
双管藻属 <i>Amphisolenia</i>	16
三管藻属 <i>Triposolenia</i>	33
鳍藻科 <i>Dinophysiaceae</i>	35
音匣藻属 <i>Citharistes</i>	35
鳍藻属 <i>Dinophysis</i>	38
鸟尾藻属 <i>Ornithocercus</i>	91
帆鳍藻属 <i>Histioneis</i>	109
后秃藻属 <i>Metaphalacroma</i>	141
参考文献	142
学名索引	154

甲藻门 Dinophyta

甲藻门 Dinophyta (=Pyrophyta) 中目前已知的甲藻约有 130 余属, 2 000 余种, 其中包括许多化石种, 据 Taylor 等 (2008) 统计认为有 1 700 余种甲藻生活在海洋中, 生活在淡水中的甲藻约有 220 种。

甲藻包含的物种主要为单细胞藻类, 极少数为丝状体。它们对生态环境的适应能力强, 在海洋中营浮游生活至底栖生活。甲藻有众多的栖息地, 水体、泥沙、珊瑚、大型藻类或其他水生植物的表面, 有的物种寄生在海洋无脊椎动物和鱼类的体内, 有的则与放射虫、腔肠动物营共生生活。它们分布很广, 从近岸到大洋、从热带海域至寒带海域均有它们的踪迹。甲藻为海洋动物的主要饵料之一, 也是海洋生产力的主要指标。此外, 甲藻对海流、水团、地层的鉴定和石油的勘探有一定的指示作用。它们当中的一些物种具有发光的能力, 在国防、渔业、海运等方面具有重大的实用价值。

甲藻细胞形态各异, 圆形、椭圆形、马鞍形、三角形、菱形至针形, 背 (dorsal) 腹 (ventral) 扁平或左右侧扁。根据壳的构造可以分为具甲的和裸露的两大类。具甲类 (armoured) 细胞壁由多块甲板 (plate) 构成, 甲板上通常会有一些附属结构, 如刺 (spine)、肋 (rib)、边翅 (list) 等。裸甲类 (unarmoured) 壳面较平滑, 有些物种具纵条纹。少数物种无横沟 (cingulum)、纵沟 (sulcus), 细胞壁分为左右两瓣, 鞭毛顶生; 多数物种由横沟分为上、下两部分, 横沟以上为上壳 (epitheca), 横沟以下为下壳 (hypotheca), 纵沟位于细胞腹面横沟以下, 鞭毛 (flagellae) 两根, 横鞭 (transverse flagellum) 呈波状环绕于横沟内, 纵鞭 (longitudinal flagellum) 通过纵沟伸向藻体后端 (posterior), 两者运动推动藻体螺旋状前进。

甲藻色素体圆盘状、颗粒状、棒状、片状至带状, 含叶绿素 a、叶绿素 c、类胡萝卜素、叶黄素、甲藻素、多甲藻素等。有些物种色素体缺乏, 与蓝藻和金藻共生。

甲藻的营养类型各异, 有自养型 (autotrophic)、异养型 (heterotrophic) 和混合营养性 (mixotrophic)。甲藻中大约一半的物种营异养型和混合营养型生活。

甲藻最普遍的繁殖方式为二分分裂, 其中原甲藻目和鳍藻目是沿细胞纵轴的纵分裂, 其他甲藻是横分裂或沿甲板连接线的斜分裂。有些物种可以通过产生游孢子和不动孢子的方式繁殖, 还有许多物种在不良的环境下可以形成休眠孢子, 借以抵抗恶劣的生存条件。甲藻的有性繁殖比较少见, 有同配生殖 (如裸甲藻属 *Gymnodinium* 的物种) 和异配生殖 (如角藻属 *Ceratium* 的物种)。

甲藻在海洋中过量繁殖会使水体变色形成“赤潮”。赤潮甲藻约有 150 余种，其中约 60 种能产生毒素，对人体和渔业生产带来危害。目前已知的甲藻毒素有四类：麻痹性贝毒（PSP）、腹泻性贝毒（DSP）、神经性贝毒（NSP）和西加鱼毒（CFP）。

甲藻门只有一个纲，即甲藻纲。

甲藻纲 Dinophyceae (=Dinoflagellata)

本书记述甲藻纲的两个目——原甲藻目、鳍藻目。

原甲藻目 Prorocentrales Lemmermann, 1910

本目的物种为具甲类，细胞分裂方式为纵分裂，无横沟和纵沟，鞭毛孔和鞭毛位于藻体顶端。本目只有一个科——原甲藻科。

原甲藻科 Prorocentraceae Stein, 1883

本科的特征同原甲藻目。

原甲藻属 *Prorocentrum* Ehrenberg, 1834

本属于 1834 年由 Ehrenberg 建立，后来 Abé (1967a) 将 *Exuviaella* Cienkowski, 1881 与本属合并，这一分类学观点至今已被普遍接受。

本属藻体细胞小型至中型，壳面观圆形、椭圆形、梨形、心形至瓜子形。具左、右两个不同形态的壳面，左壳面顶端较平，右壳面顶端呈 V 形凹陷，凹陷内具 5 ~ 14 块围鞭毛甲板（periflagellar plate），形成 1 至数个顶孔，其中 1 ~ 2 个为鞭毛孔（flagellar pore），其余为辅孔（auxiliary pore）。有些种右壳前端具带翼的刺或短的突出物，刺或突出物着生点靠近背侧，两壳面具孔、刺丝胞孔（trichocyst pore）、刺、凹陷（depression）等结构，左、右两壳面间还具有间插带（intercalary band）。细胞内含有一个中央淀粉核，藻体前端具液泡，后端有细胞核。

本属共有 60 余种，本书记述了 10 种，其中首次记录 2 种。

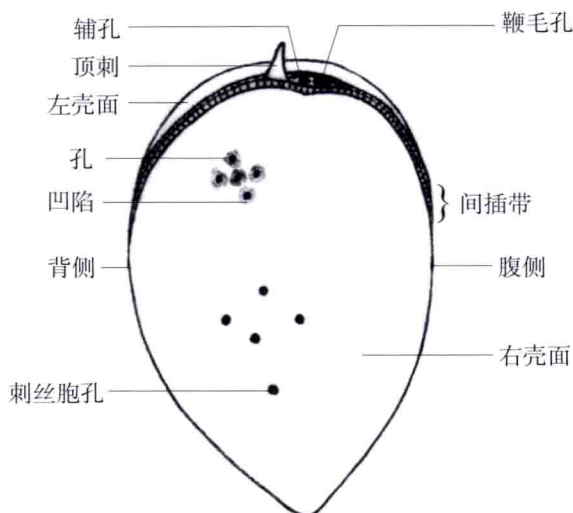
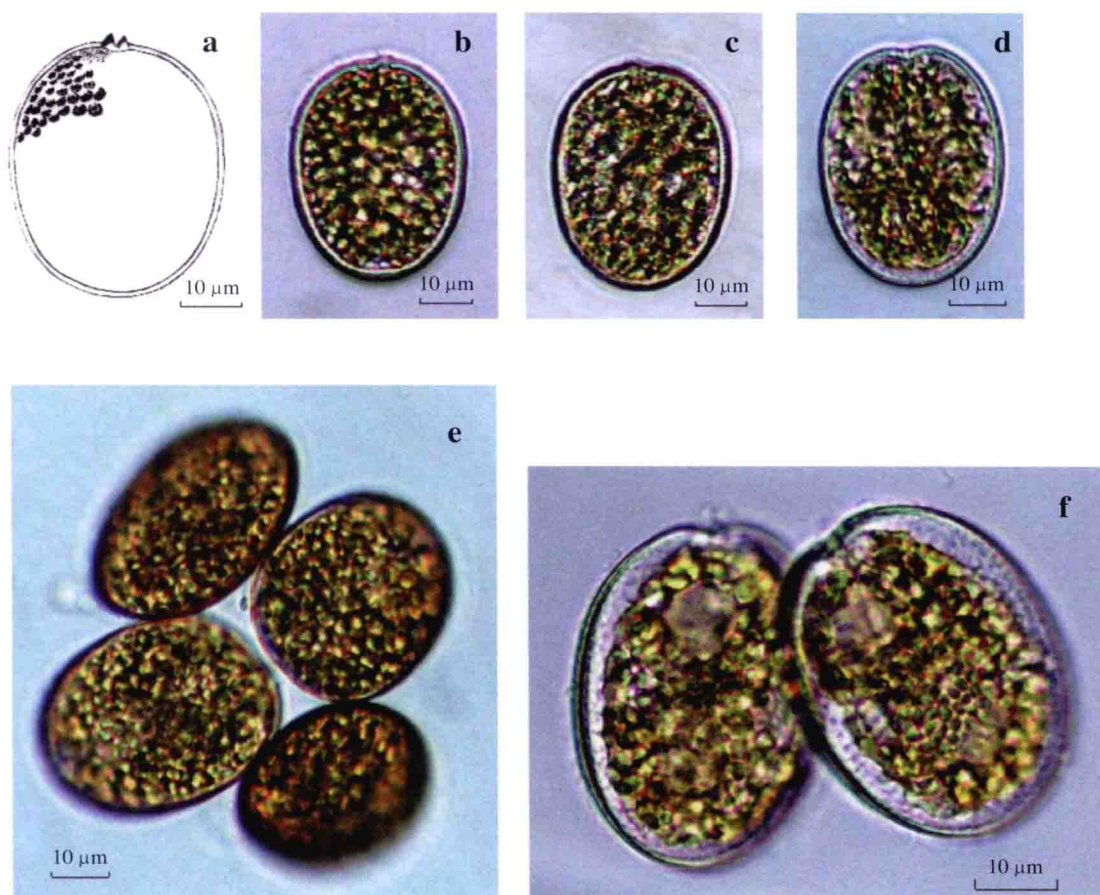


图 1 原甲藻属结构示意图

扁形原甲藻 *Prorocentrum compressum* (Ostenfeld) Abé, 1967



Abé 1967a, 372, fig. 2 a-e; Steidinger & Williams 1970, 60, t. 37, fig. 133; Dodge 1975, 110, fig. 2f, t. 4e, f; Taylor 1976, 21, fig. 8, 9; Balech 1988, 32, lam. 4, fig. 3-4; 福代康夫等 1990, 24, fig. a-f; Tomas 1997, 420, t. 9; Gómez 2008, 31, fig. 54; Al-Kandari 2009, 147, t. 1b-e.

同种异名: *Exuviaella compressa* Ostenfeld, 1889: Ostenfeld 1889, 59; Lebour 1925, 13, t. 1, fig. 2; Schiller 1931, 17, fig. 11a-d; Rampi 1940, 248, t. 1, fig. 2; Wood 1954, 178, fig. 2, 50a-g; Gaarder 1954, 23, fig. 25; Silva 1955, 111, t. 1, fig. 1; Halim 1960, t. 1, fig. 10; Wood 1968, 55, fig. 137.

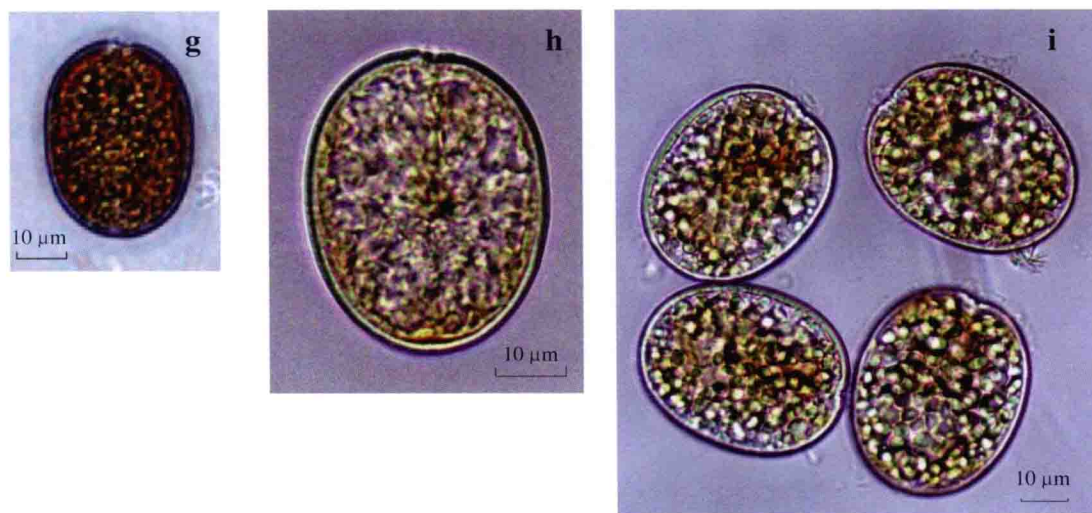


图2 扁形原甲藻 *Prorocentrum compressum* (Ostenfeld) Abé, 1967

a, c, g, h. 右壳面观; b, d. 左壳面观; e, f, i. 多个细胞; g. 活体

Exuviaella marina Schütt, 1895: Schütt 1895, t. 1, fig. 1.

Dinopyxis compressa Stein, 1883: Stein 1883, t. 1, fig. 34.

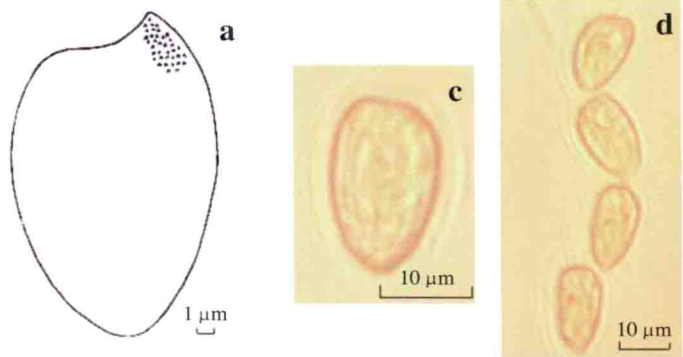
Prorocentrum bidens Schiller, 1928: Schiller 1928, 61, fig. 21.

藻体细胞小型至中型，长 $40 \sim 42 \mu\text{m}$ ，宽 $28 \sim 33 \mu\text{m}$ ，壳面观卵圆形，腹面观呈扁圆形。细胞前端常常稍微扁平甚至凹陷，围鞭毛区边缘有两个短的顶刺，每个顶刺具小翼。细胞壳面有许多浅凹陷，凹陷内具孔。色素体两个，黄褐色，细胞核位于藻体后端。

本种易与波罗的海原甲藻 *P. balticum* 混淆，但本种壳面通常为卵圆形，细胞前端扁平且翼状刺短小。另外，本种壳面具浅凹陷而后者壳面具小刺。

中国黄海、东海、南海有分布，但数量不多。样品采自东海、三亚近海。

大洋或近岸浮游性物种。世界广泛分布。

具齿原甲藻 *Prorocentrum dentatum* Stein, 1883

Stein 1883, t. 1, fig. 14–15; Schiller 1931, 43, fig. 46a–c; Wood 1954, 180, fig. 6; Wood 1968, 121, fig. 374; Dodge 1975, 116, fig. 4k–l, t. 4a; 福代康夫等 1990, 26, fig. a–c; Okamoto 1992, 127, t. 2w; Tomas 1997, 423, t. 8; 吕颂辉等 2003, 1071, fig. 1a–h; Gómez 2008, 31, fig. 58–60.

同种异名: 东海原甲藻 *Prorocentrum donghaiense* Lu, 2001: Lu 2001, 338, fig. 2a–c.

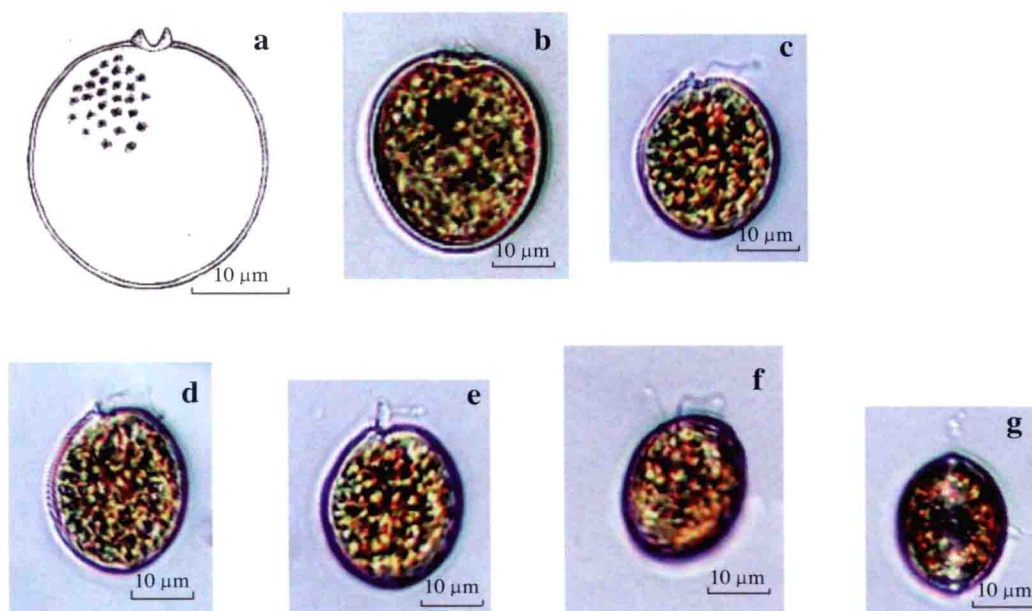
Prorocentrum shikokuense Hada ex Balech, 1975: Omura et al. 2012, 55, fig. 2–1–1.

藻体细胞小型至中型, 长 $17\sim 23\ \mu\text{m}$, 宽 $8\sim 11\ \mu\text{m}$, 单个生活或连成短链。壳面观长卵圆形, 前端稍宽, 后端收窄; 腹面观则呈披针形。细胞顶端的一侧较平坦, 无顶刺。壳面覆盖有许多小的棘刺, 随着细胞的生长, 左、右壳面间的间插带逐渐变宽。色素体两个, 板状, 黄褐色, 位于细胞外缘。

渤海、黄海、东海、南海北部有分布。尤其在东海的舟山群岛附近海域经常会大量繁殖引发赤潮, 危害海洋环境和渔业生产。样品 2011 年 8 月采自舟山群岛附近海域。

本种为大洋或近岸浮游性物种, 世界分布广。

图 3 具齿原甲藻 *Prorocentrum dentatum* Stein, 1883
a, b. 右壳面观; c. 左壳面观; d. 链状群体; e. 单个生活细胞;
b. SEM

扁豆原甲藻 *Prorocentrum lenticulatum* (Matzenauer) Taylor, 1976图4 扁豆原甲藻 *Prorocentrum lenticulatum* (Matzenauer) Taylor, 1976

a-f. 右壳面观；g. 腹面观；c-g. 活体，示鞭毛

Taylor 1976, 23, fig. 11-12.

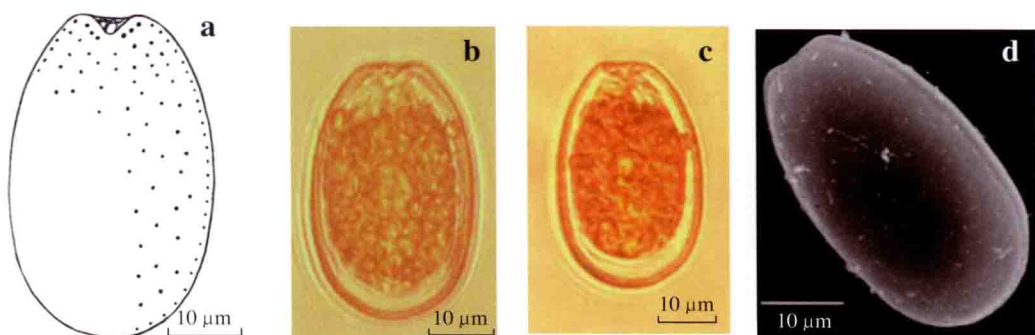
同种异名：*Exuviaella lenticulatum* Matzenauer, 1933: Matzenauer 1933, 438, fig. 1a-b; Schiller 1937, 514, fig. 596.

藻体细胞较小，通常小于 30 μm ，但也有个体较大者。细胞壳面观近圆形，腹面观呈凸透镜形。顶端围鞭毛区有一大一小两个孔，两根鞭毛由较大的一个孔伸出，一根较为平直的伸向上方，另一根则围绕在细胞前端。在围鞭毛区的边缘有两个明显的翼状顶刺。细胞壳面有许多规则排列的浅凹陷，凹陷内具孔，且孔较为粗大。

本种易与扁形原甲藻 *P. compressum* 混淆，Dodge (1975) 甚至认为本种是“缩短的扁形原甲藻”，但本种壳面通常为近圆形，壳面孔也比后者更加粗大。

东海、台湾南部吕宋海峡、南海北部、南沙群岛附近海域均有分布。样品采自东海、吕宋海峡、三亚近海。

浮游性种。世界分布广，太平洋、印度洋、马达加斯加附近海域、莫桑比克海峡、安达曼海均有分布。

利玛原甲藻 *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge, 1975图 5 利玛原甲藻 *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge, 1975

a-c. 右壳面观; d. 左壳面观 (SEM)

Dodge 1975, 109, fig. 1e-f, t. 1b, c; Dodge 1982, 30, fig. 2g-h; Faust 1991, 642, fig. 1-9; Sidabutar 1996, 49, fig. 2; Tomas 1997, 424, t. 8; Faust 1999, 10, fig. 6a-h; Hansen 2001, 40, t. 5a-d, t. 6g; Larsen & Nguyen 2004, 59, t. 5/1-5; Al-Kandari 2009, 148, t. 1k-o; Al-Yamani 2010, 40, t. 6a-i.

同种异名: *Cryptomonas lima* Ehrenberg 1860; *Exuviaella marina* Cienkowski 1881; *Dinopyxis laevis* Stein 1883; *Exuviaella lima* (Ehrenberg) Butschii 1885; *Exuviaella laevis* (Stein) Schroder 1900; *Exuviaella cincta* Schiller 1918; *Exuviaella ostenfeldii* Schiller 1933; *Exuviaella caspica* Kiselev 1940; *Prorocentrum marinum* Dodge and Bibby 1973

藻体细胞小型至中型, 长 $43 \sim 45 \mu\text{m}$, 宽 $25 \sim 29 \mu\text{m}$, 壳面观倒卵形, 中后部最宽。细胞左、右壳面在鞭毛孔附近的形态不同, 其中左壳面前端平坦或稍凹; 右壳面前端则明显下凹呈 V 形。围鞭毛甲板 8 块, 孔多个, 无顶刺。两壳面生有许多刺丝胞孔, 它们在壳面边缘呈线形规则排列, 在壳面其他区域 (中央区域除外) 则散点状分布。细胞中心有一淀粉核, 细胞核位于藻体后端。

本种易与 *P. concavum* 混淆, 但后者壳面更宽阔, 为宽卵形; 而且 *P. concavum* 具有两个杯状的淀粉核 (Fukuyo, 1981)。

东海、南海均有分布。

世界广布种, 广泛分布于河口、近岸海域。多附着于海底砂砾 (Lebour, 1925) 或大型海藻 (Al-Yamani, 2010) 上营底栖或附着生活, 偶尔营浮游生活 (Fukuyo, 1981)。

墨西哥原甲藻 *Prorocentrum mexicanum* Tafall, 1942

Tafall 1942, 440, t. 34, fig. 5–8; Faust 1990, 549, fig. 5–8; Okamoto 1992, 123, t. 1f–h; Tomas 1997, 424, t. 8; Faust 1999, 12, fig. 7a–g; Hansen 2001, 43, t. 4j–m; Gómez 2008, 31, fig. 56, 57; Al-Kandari 2009, 149, t. 2e–i.

同种异名: *Prorocentrum maximum* Schiller, 1931; Schiller 1931, 41, fig. 44a–c.

Prorocentrum rhathymum Loeblich III, Sherley & Schmidt, 1979; Loeblich III 1979, 115, fig. 8–13; Fukuyo 1981, 968, fig. 5–7; Al-Yamani 2010, 44, t. 8a–j.

藻体细胞小型至中型, 长 $32\ \mu\text{m}$, 宽 $21\ \mu\text{m}$, 壳面观椭圆形, 腹面观呈椭球状。左壳面前端平坦或稍凹, 右壳面前端下凹明显。围鞭毛甲板 7–8 块, 有两个孔, 其中较大的一个为鞭毛孔 (Fukuyo, 1981)。顶端具一顶刺, 顶刺的翼非常发达, 但也有学者认为顶刺实际为一块弧形的甲板 (Faust et al., 1999)。左、右壳面较平滑, 但在较老的细胞中, 壳面会出现褶皱。壳面还有许多刺丝胞孔, 这些刺丝胞孔从两壳面中间到边缘呈线形放射状排列。细胞核位于藻体后端 (Fukuyo, 1981; Faust et al., 1999), 但有学者认为细胞核在藻体中部 (Tomas et al., 1997)。

本种为河口、近岸海域底栖性物种, 也常常会附着于大型海藻上 (Carlson et al., 1984), 偶尔进入浮游种群中。广泛分布于热带、亚热带浅海海域。但作者却于 2011 年春季在山东半岛荣成近岸采到少量样品, 系中国首次记录。

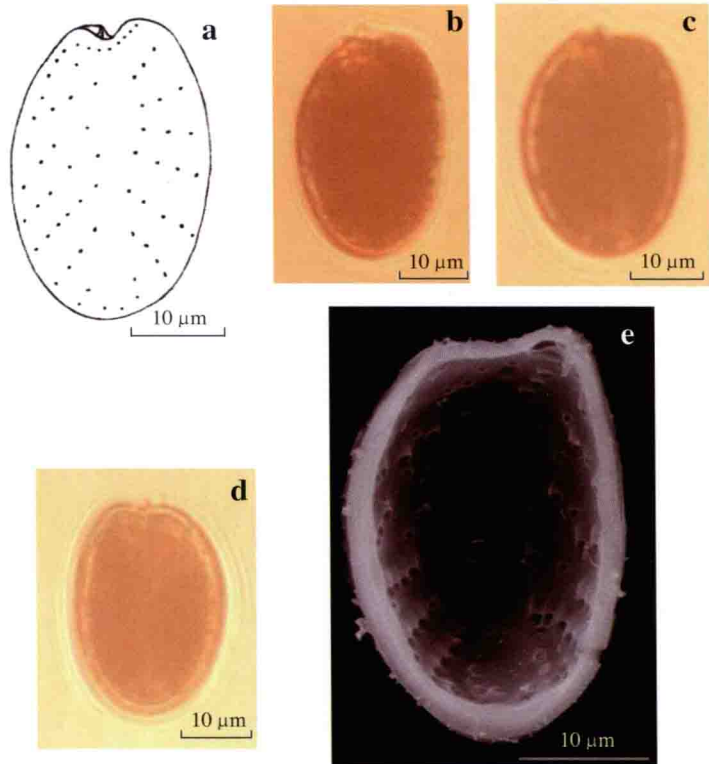


图 6 墨西哥原甲藻 *Prorocentrum mexicanum* Tafall, 1942

a–c. 右壳面观; d. 左壳面观; e. 示左壳面内侧 (SEM)