



海洋科技著作出版基金资助出版

中国近海 赤潮生物图谱

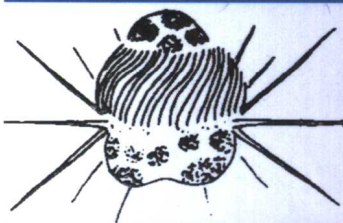
郭皓 主编

ILLUSTRATIONS OF
PLANKTONS
RESPONSIBLE FOR THE
BLOOMS IN CHINESE
COASTAL WATERS



海洋出版社

责任编辑：陈莎莎
封面设计：常永刚



中国近海赤潮生物图谱

ZHONGGUO JINHAI CHICHAO SHENGWU TUPU

ISBN 7-5027-6129-2



9 787502 761295 >

ISBN 7-5027-6129-2/P·794

定价：78.00元



海洋科技著作出版基金资助出版

中国近海赤潮生物图谱

ILLUSTRATIONS OF PLANKTONS RESPONSIBLE FOR
THE BLOOMS IN CHINESE COASTAL WATERS

郭 皓 主编



海洋出版社

2004年·北京

内容简介

本书为我国第一本专业性海洋赤潮生物图谱。该图谱根据国际上最新的分类方法确定了我国赤潮生物的分类系统,较为全面、客观、准确地描述了中国近海常见赤潮生物,尤其是有害藻类的分类地位、特征、生境、分布和毒性等内容。本书共收集各类赤潮生物图片 516 幅并配以文字说明,包括光学显微镜(LM)和扫描电镜(SEM)照片及标本示意图或模式图,涉及 5 大类 8 纲 12 目 25 科 45 属 101 种(包括 4 个变种),其中蓝藻门 1 纲 1 目 1 科 1 属 3 种,硅藻门 2 纲 2 目 5 亚目 11 科 19 属 50 种(包括 5 个变种),甲藻门 1 纲 2 亚纲 5 目 9 科 20 属 43 种,着色鞭毛藻门 3 纲 3 目 3 科 4 属 4 种,原生动物门 1 纲 1 目 1 科 1 属 1 种。

本书的出版对赤潮生物的分类、鉴定提供了最基础的科学依据,可供从事海洋生态环境监测、海洋渔业、水产养殖、交通运输及海洋环境科学研究等部门的监测、执法、管理与科研人员和大专院校师生参考,亦可为关心赤潮的社会各界提供借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国近海赤潮生物图谱 / 郭皓主编. — 北京: 海洋出版社, 2004.6
ISBN 7 - 5027 - 6129 - 2

I. 中… II. 郭… III. 近海—赤潮—海洋浮游生物—中国—图谱
IV. ① X55 - 64 ② Q178.53 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 051713 号

责任编辑: 陈莎莎

责任印制: 严国晋

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京瑞宝天和彩色印刷有限公司印刷 新华书店经销

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 7.5

字数: 200 千字 印数: 1~2300 册

定价: 78.00 元

(海洋版图书印、装错误可随时退换)

编委

王健国 (国家海洋环境监测中心)

易晓蕾 (国家海洋局)

赵文 (大连水产学院)

冯志权 (国家海洋环境监测中心)

关道明 (国家海洋环境监测中心)

邹景忠 (中国科学院海洋研究所)

温泉 (国家海洋环境监测中心)

曲丹 (大连水产学院)

卞正和 (国家海洋环境监测中心)

前言

随着灾害性赤潮的发生频率和危害程度不断上升,赤潮对海洋生态环境、水产养殖业、渔业、旅游业和人类健康安全构成了严重威胁,并带来了直接的经济损失和负面的社会影响,赤潮已成为沿海地区重要的生态环境问题。为有计划地开展赤潮监测和预测工作,努力减轻我国的赤潮灾害损失,加强海洋环境监测和监督管理,为海洋监测人员提供翔实、系统的参考资料,由国家海洋局组织编写了《中国近海赤潮生物图谱》。

赤潮生物的种类鉴定是赤潮研究的基础性工作,掌握赤潮生物特别是有毒、有害赤潮生物的形态学分类特征,有助于及时、准确地了解赤潮的生物种类和毒素性质,及时向有关部门做出通报,采取必要的防范措施,尽可能减少赤潮造成的经济损失,保护人民的健康安全。绝大多数的赤潮生物为海洋中微小的浮游生物,尤其是有毒、有害种类(常常是甲藻类细胞)。其形态学分类依据主要是细胞形态和结构差异、甲板的排列方式和各板之间的连接关系,而其细微结构大都需要通过电子显微镜进行观察。在实际应用中需要大量的图文资料作为参考。本图谱在充分搜集、收录国内外赤潮种类分类研究成果,结合我国沿海赤潮发生状况和各海区赤潮生物分布状况的基础上,根据我国多年在教学和科研工作中所沿用的藻类分类系统以及赤潮研究中特殊的分类习惯,以赤潮监测、预警预报和现场监测工作应用为目标,首次标明了中国近海常见海洋赤潮生物,尤其是有害藻类的习性、体表特征、在我国分布状况和毒素类型与特点。

本图谱对所收录的赤潮生物种类选择原则为:(1)中国近海水域曾确切记录并报道引发赤潮的种类;(2)国内外资料记载可以引发赤潮,并且在中国确有发现的种类;(3)重点选择可产生赤潮毒素的种类。本图谱收集各类赤潮生物的光学显微镜(LM)照片、扫描电镜(SEM)照片及标本示意图或模式图500余幅并配以文字说明,共涉及5大类101种海洋赤潮生物。该图谱是现场赤潮监测中系统、实用的赤潮种类初步鉴别的基础性依据。

与国外同类研究结果相比较,我国的赤潮研究水平仍处于发展阶段,涉及的样品分析和显微图片的制作内容大部分借鉴于日本、美国、丹麦、德国等发达国家的研究成果。在此尤其要感谢福代康夫先生(Dr. Yasuwo Fukuyo, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo)所提供的大量相关图片。同时,国家海洋局第一海洋研究所李瑞香研究员、朱明远教授,暨南大学齐雨藻教授,大连水产学院刘青副教授,辽宁省水产研究所周尊春副研究员,国家海洋环境监测中心王洪源高级工程师、矫晓阳副研究员等同志提供了部分参考资料和修改意见,中国海监总队提供了航空遥感图片,在此一并表示真挚的感谢。

《中国近海赤潮生物图谱》为我国第一本面向海洋赤潮监控和防灾减灾的实用型专业性图谱,也是我国赤潮监测与研究工作的多年研究成果的结晶,具有较高的学术价值和实际应用价值,希望本图谱的出版能对我国的赤潮工作有所推进。限于编者的能力和水平,该书必然有不尽如人意之处,恳请读者予以批评指正。

郭皓

2003年7月8日

目次

Contents

1 赤潮与赤潮生物	1
1.1 赤潮及其危害	1
1.2 赤潮生物种类	1
2 赤潮生物分类学概述	3
2.1 蓝藻门 (Cyanophyta)	7
2.2 硅藻门 (Bacillariophyta)	8
2.3 甲藻门 (Pyrrophyta)	10
2.4 绿藻门 (Chlorophyta)	13
2.5 着色鞭毛藻门 (Chromophyta)	15
2.6 原生动物门 (Protozoa)	18
3 中国近海赤潮生物种名录	21
4 中国近海赤潮生物图谱	31
4.1 蓝藻门 Cyanophyta (Cyanobacteria)	31
4.2 硅藻门 Bacillariophyta	33
4.3 甲藻门 Pyrrophyta (Dinophyta)	62
4.4 着色鞭毛藻门 Chromophyta	93
4.5 原生动物门 Protozoa (Ciliophora)	97
5 赤潮生物种类索引 (中)	99
6 赤潮生物种类索引 (英)	102
参考文献	105
后 记	107

1 赤潮与赤潮生物

1.1 赤潮及其危害

有害藻华 (Harmful Algae Blooms, HABs) 又称赤潮 (Red-tide), 是指海洋中某些浮游生物 (尤指藻类)、原生动物或细菌等在一定环境条件下爆发性增殖或聚集达到某一水平, 引起水色变化或对其他海洋生物产生危害作用的一种生态异常现象。赤潮的发生可降低水中的溶解氧或产生毒素, 从而对海洋生物或其他养殖生物产生物理性或化学性刺激作用, 引起海洋生物的大量死亡, 同时也可能通过鱼类和贝类的富集最终对人类产生毒害作用。

由赤潮生物分泌产生或分解产生的危害性较大的几种毒素分别是麻痹性贝毒 (Paralytic shellfish poisoning, PSP)、腹泻性贝毒 (Diarrhetic shellfish poisoning, DSP)、神经性贝毒 (Neurotoxic shellfish poisoning, NSP)、西加鱼毒素 (Ciguatera fish poisoning, CFP)、失忆性贝毒 (Amnesic shellfish poisoning, ASP) 和蓝细菌毒素 (Cyanobacteria toxin poisoning, CTP) 等。赤潮毒素具有毒性大、反应快、防治困难等特点。世界各地曾发生多起因食用受污海产品而引起大范围中毒的事件。

近年来, 随着河口、内湾和沿岸水域污染的不断加剧, 水体富营养化程度日趋严重, 赤潮发生的频率和危害程度明显上升。据不完全统计, 1933~1979年中国海域有记载的赤潮仅17次, 80年代75次。而90年代则猛增到230次, 赤潮的发生频率、面积和危害迅速增加, 如渤海1998年9月发生有史以来最大的一次赤潮, 面积达6000平方千米, 造成各种经济损失约6.5亿元。2000~2003年全国海域发现赤潮分别为28, 77, 79和119次, 累计面积分别超过10000, 15000, 10000和14550平方千米。近年来我国海域赤潮发生特点是: 发生时间早、跨度长; 赤潮持续时间增加; 主要赤潮生物种类尤其是有毒赤潮藻类增多; 赤潮频发海域多为受无机氮和磷酸盐污染较重的海域; 大面积赤潮主要集中在近岸、近海和河口附近海域。赤潮对海洋生态环境、水产养殖、渔业、旅游和人类的健康安全构成了严重威胁, 已成为沿海地区重要的环境问题。

1.2 赤潮生物种类

一般而言, 能够大量繁殖并引发赤潮的生物统称为赤潮生物。赤潮生物包括浮游生物、原生动物和细菌等, 其中有毒、有害赤潮生物以甲藻类居多; 其次为硅藻、蓝藻、着色鞭毛藻和原生动物等。据 Sournia (1995) 统计, 海洋中有3365~4024种浮游藻类, 其中赤潮种类约占60%, 共12个纲, 189~267种, 包括蓝藻门 (Cyanophyta) 中的蓝藻纲 (Cyanophyceae) 3~4种; 甲藻门 (Dinophyta) 中的甲藻纲 (Dinophyceae) 93~127种; 硅藻门 (Bacillariophyta) 中的中心硅藻纲 (Centricae) 30~65种、羽纹硅藻纲 (Pennataes) 15~18种; 着色鞭毛藻门 (Chromophyta) 中的隐藻纲 (Cryptophyceae) 5~8种、针胞藻纲 (Raphidophyceae) 7~9种、金藻纲 (Chrysophyceae) 6种、硅鞭藻纲 (Dictyochophyceae) 2种、定鞭金藻纲 (Prymnesiophyceae) 8~9种; 绿藻门 (Chlorophyta) 中的绿藻纲 (Chlorophyceae) 5~6种、裸藻纲 (Euglenophyceae) 6~8种、青绿藻纲 (Prasinophyceae) 5种。原生动物 (Protozoa) 门中仅纤毛虫纲 (Ciliata) 红色中缢虫 (*Mesodinium rubrum*) 为赤潮生物。

中国海域跨越热带、亚热带和温带海区,海岸线长达18 000 km,沿海海域赤潮生物约54个属,140余种,除属于原生动物的红色中缢虫外均为浮游植物。其中硅藻56种,甲藻67种,蓝藻3种,裸藻2种,金藻2种,硅鞭藻2种,针胞藻3种,定鞭金藻1种,隐藻1种。

全球海洋赤潮生物中,已确定具有毒性的种类近90种,以甲藻居多,约60种,着色鞭毛藻15种,硅藻11种。目前我国常见的有毒赤潮生物主要是原甲藻属(*Prorocentrum*)、前沟藻属(*Amphidinium*)、凯伦藻属(*Karenia*)、裸甲藻属(*Gymnodinium*)、鳍藻属(*Dinophysis*)、亚历山大藻属(*Alexandrium*)、冈比甲藻属(*Gambierdiscus*)和膝沟藻属(*Gonyaulax*)等种类。此外,海洋卡盾藻(*Chattonella marina*)、赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)和棕囊藻(*Phaeocystis* sp.)等也被证实具有毒害作用。



2 赤潮生物分类学概述

绝大多数海洋赤潮是由浮游植物引发的。海洋浮游植物是一类具有色素或色素体,能进行光合作用,并制造有机物的自养型浮游生物。它们和底栖藻类一起,构成海洋中有机物的初级产量。浮游植物遍布整个海洋,主要包括原核细胞型生物的细菌和蓝藻;真核生物的单细胞藻类,如硅藻、甲藻、绿藻、金藻和黄藻等。原核细胞与真核细胞的基本区别如表 2-1 所示。浮游植物的大小,除了褐藻类的漂浮性马尾藻 (*Sargassum*) 达几十厘米之外,一般为几个至几百微米。

表 2-1 原核与真核浮游植物细胞的基本特征比较 (郑重, 1984)

特 征	原核生物 (蓝藻)	真核浮游植物
细胞直径	1~55 μm (常见 4 μm)	2 μm ~2 mm (常见 10~50 μm)
细胞核	无	有
DNA	不与组氨酸结合	核中有组氨酸
呼吸与光合作用	在整个膜上	在膜的特化上
核糖体	70S	80S
链霉素	敏感	不敏感
氯霉素	敏感	不敏感
青霉素	敏感	不敏感
亚胺环己酮	不敏感	敏感
细胞壁成分	肽聚糖	其他成分
膜含甾醇	痕量	富有
内共生体	没有	常有
细胞质	有气泡	有液泡
固氮作用	有	无
忍受氧	低 (暗处)	需氧
忍受温度	高 (70~100 $^{\circ}\text{C}$)	较低 (小于 40 $^{\circ}\text{C}$)

赤潮生物的分类学研究是赤潮研究的基础性工作,掌握赤潮生物特别是有毒、有害赤潮生物的形态学分类特征,有助于及时、准确地了解赤潮生物的种类和毒素性质,采取必要的防范措施,尽可能减少赤潮造成的经济损失,保护人民的健康安全。

海洋赤潮生物的主要类别有:

原核细胞型生物——无真正的细胞核

细菌 *Bacteria* ——大部分为厌氧性光能自养细菌,含菌叶绿素或胡萝卜素

着色菌属 *Chromatium* Perty 1852

绿菌属 *Chlorobium* Nadson 1906

囊硫菌属 *Thiocystis* Winogradsky 1888

红假单胞菌属 *Rhodopseudomonas* Kluyver & Yan Niel in Czrda & Maresch 1937

英硫菌属 *Thiocapsa* Winogradsky 1888

蓝藻门 Cyanophyta (Cyanobacteria) ——含藻青蛋白和藻红蛋白

蓝藻纲 Cyanophyceae

念珠藻目 Nostocales Hoek 1997

颤藻科 Oscillatoriaceae

束毛藻属 *Trichodesmium*

色球藻目 Chroococales

念珠藻目 Nostocales Vaucher 1803

真核生物——具真正的细胞核

硅藻门 Bacillariophyta ——含叶绿素 a、叶绿素 c、硅藻素等, 富含胡萝卜素

中心硅藻纲 Centricae Simonsen 1979, Von Stosch 1982

盒形藻目 Biddulphiales Tomas 1997

圆筛藻亚目 Coscinodiscineae Kützing 1844

海链藻科 Thalassiosiraceae Lebour 1930 *emend.* Hasle 1973

小环藻属 *Cyclotella* (Kützing 1833) Brébisson 1838

骨条藻属 *Skeletonema* Greville 1865

海链藻属 *Thalassiosira* Cleve 1873 *emend.* Hasle 1973

直链藻科 Melosiraceae Kützing 1844

帕拉藻属 *Paralia* Heiberg 1863

冠盖藻属 *Stephanopyxis* (Ehrenberg) Ehrenberg 1845

细柱藻科 Leptocylindraceae Lebour 1930

细柱藻属 *Leptocylindrus* Cleve 1889

圆筛藻科 Coscinodiscaceae Kützing 1844

圆筛藻属 *Coscinodiscus* Ehrenberg 1839 *emend.* Hasle & Sims 1986

盒形藻亚目 Biddulphiineae Tomas 1997

眼纹藻科 Eupodiscaceae Kützing 1849

齿状藻属 *Odontella* C. A. Agardh 1832

双尾藻属 *Ditylum* J. W. Bailey *ex* L. W. Bailey 1861

角毛藻科 Chaetocerotaceae Ralfs in Prichard 1861

角毛藻属 *Chaetoceros* Ehrenberg 1844

半管藻科 Hemiaulaceae Jousé, Kisselev & Poretsky 1949

弯角藻属 *Eucampia* Ehrenberg 1839

根管藻亚目 Rhizosoleniineae P. Silva

根管藻科 Rhizosoleniaceae De Toni 1890

根管藻属 *Rhizosolenia* Brightwell 1858

指管藻属 *Dactyliosolen* Castracane 1886

几内亚藻属 *Guianardia* H. Peragallo 1892

羽纹硅藻纲 Pennataes Schütt Round *et al.* 1990

棍形藻目 Bacillariales Anonymous 1975, Roud *et al.* 1990

脆杆藻亚目 Fragilaruuneaea Tomas 1997

脆杆藻科 Fragilariaceae Greville 1833

拟星杆藻属 *Asterionellopsis* Round *et al.* 1990

海线藻科 Thalassionemataceae Round 1990

海毛藻属 *Thalassiothrix* Cleve & Grunow 1880

- 海线藻属 *Thalassionema* Grunow ex Mereschkowsky 1902
- 棍形藻亚目 Bacillariineae Mann 1978, Round *et al.* 1990
- 棍形藻科 Bacillariaceae Ehrenberg 1831
- 棍形藻属 *Bacillaria* J. F. Gmelin 1791
- 拟菱形藻属 *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in H. & M. Peragallo 1908
- 菱形藻属 *Nitzschia* (Incertae sedis) Tomas 1997
- 甲藻门 Pyrrophyta ——具叶绿素 a、叶绿素 c、 β -胡萝卜素和四种叶黄素
- 甲藻纲 Dinophyceae Christensen 1962, 1966
- 纵裂甲藻亚纲 Haplodiniophycidae
- 原甲藻目 Prorocentrales Lemmermann 1910
- 原甲藻科 Prorocentraceae Stein 1883
- 原甲藻属 *Prorocentrum* Ehrenberg 1833
- 横裂甲藻亚纲 Dinokontae
- 裸甲藻目 Gymnodiniales Lemmermann 1910
- 裸甲藻科 Gymnodiniaceae Lankester 1885
- 前沟藻属 *Amphidinium* Claparède & Lachmann 1859
- 旋沟藻属 *Cochlodinium* Schütt 1896
- 裸甲藻属 *Gymnodinium* Stein 1878
- 环沟藻属 *Gyrodinium* Kofoed & Swezy 1921
- 下沟藻属 *Katodinium* Fott 1957
- 凯伦藻属 *Karenia* Daugbjerg 2000
- 哈卡藻属 *Akashiwo* Daugbjerg 2000
- 多沟藻科 Polykrikaceae Kofoed & Swezy 1921
- 多沟藻属 *Polykrikos* Bütschli Kofoed & Swezy 1873
- 尖尾藻属 *Oxirhis* Dujardin 1841 (*Uncertain Taxa*)
- 夜光藻目 Noctilucales Haeckel 1894
- 夜光藻科 Noctilucaeae Kent 1881
- 夜光藻属 *Noctiluca* Suriray 1836
- 鳍藻目 Dinophysiales Lindemann 1928
- 双管藻科 Amphisoleniaceae Lindemann 1928
- 双管藻属 *Amphisolenia* Stein 1883
- 鳍藻科 Dinophysiaceae Stein 1883
- 鳍藻属 *Dinophysis* Ehrenberg 1839
- 秃顶藻属 *Phalacroma* Stein 1883
- 膝沟藻目 Gonyaulacales F. J. R. Taylor 1980
- 屋甲藻科 Goniendomataceae Lindemann 1928
- 亚历山大藻属 *Alexandrium* Halim 1960
- 冈比甲藻属 *Gambierdiscus* Adachi & Fukuyo 1979
- 膝沟藻科 Goniendomataceae Lindemann 1928
- 膝沟藻属 *Gonyaulax* Diesing 1866
- 舌甲藻属 *Lingulodinium* (Stein) Dodge 1989
- 斯克里普藻属 *Scrippsiella* Balech ex Loeblich III 1965
- 角藻科 Ceratiaceae Lindemann 1928

- 角藻属 *Ceratium* Schrank 1793
- 原多甲藻科 Protoperidiniaceae F. J. R. Taylor 1987
- 原多甲藻属 *Protoperidinium* Bergh 1881
- 着色鞭毛藻门 Chromophyta —— 具类胡萝卜素 (黄色 / 褐色色素)
- 隐藻纲 Cryptophyceae Fritsch 1927
- 隐鞭藻目 Cryptomonadales Engler 1903
- Hilleaceae Butcher 1967
- Hemiselmidaceae Butcher (1967) *ex* Silva 1980
- 隐鞭藻科 Cryptomonadaceae Ehrenberg 1831, Pascher 1913
- 隐藻属 *Rhodomonas* Karsten 1898
- 针胞藻纲 Raphidophyceae Chadeffaud *ex* Silva 1980=Chloromonadophyceae Papenfuss 1955
- 卡盾藻目 Chattonellales ord. nov.
- 卡盾藻科 Chattonellaceae fam. nov.
- 异弯藻属 *Heterosigma* Hada 1968
- 卡盾藻属 *Chattonella* Biecheler 1936
- 金藻纲 Chrysophyceae sensu Christensen 1962
- 赭单胞藻目 Ochromonadales Pascher 1910
- 黄群藻目 Synurales Andersen 1987
- 金球藻目 Chrysosphaerales Bourrelly 1957a
- 叠金藻目 Sarcinochrysidales Gayral & Billard 1977
- 定鞭金藻纲 Prymnesiophyceae Hibberd 1976=Haptophyceae Christensen 1962
- 定鞭金藻目 Prymnesiales Papenfuss 1955
- 定鞭金藻科 Prymnesiales Conrad 1926
- 定鞭金藻属 *Prymnesium* Massart *ex* Conrad 1926
- 棕囊藻科 Phaeocystaceae Lagerheim 1896
- 棕囊藻属 *Phaeocystis* Lagerheim 1893
- 硅鞭藻纲 Dictyochophyceae Siva 1980
- 硅鞭藻目 Dictyochales Haeckel 1894=Silicoflagellatales
- 硅鞭藻科 Dictyochaceae Lemmermann 1901
- 硅鞭藻属 *Dictyocha* Ehrenberg 1837
- 醉藻目 Ebriida Poche 1913
- 醉藻科 Ebridae (Lemmermann) Deflandre 1950
- 醉藻属 *Ebria* Borgert 1891
- 绿藻门 Chlorophyta —— 具叶绿素 a、叶绿素 b
- 绿藻纲 Chlorophyceae sensu Christensen 1962
- 团藻目 Volvocales Oltmanns 1904
- 绿球藻目 Chlorococcales
- 青绿藻纲 Prasinophyceae Moestrup & Throndsen 1988 (non Silva 1980)
- 裸藻纲 Euglenophyceae Schoenichen 1925
- 裸藻目 Euglenales Engler 1898
- 裸藻科 Euglenaceae Dujardin 1841
- 裸藻属 *Euglena* Ehrenberg 1838

动鞭门 Zooflagellates (Zoomastigophora)——无色素体、表膜和副淀粉体等

醉藻纲 Ebriidea Lee *et al.* 1985

醉藻目 Ebriida Poche 1913

醉藻科 Ebriidae (Lemmermann) Deflandre 1950

醉藻属 *Ebria* Borgert 1891

原生动物 Protozoa ——真核单细胞动物

纤毛虫门 Ciliophora Doflein 1901

纤毛虫纲 Ciliata Patterson 1999

棒柄目 Rhabdophorina

栉毛虫科 Didiniidea Poche 1913

中缢虫属 *Mesodinium* (Claparède & Lachmann 1858) Kahl 1930

2.1 蓝藻门 (Cyanophyta)

蓝藻分布极广, 温暖水域中数量较大。蓝藻(图2-1)是单细胞、群体或丝状体的浮游藻类, 具DNA但不与组氨酸结合, 无核膜、核仁及“真正”的细胞核及色素体, 细胞的色素大多分散于原生质外缘。蓝藻除含有叶绿素a外, 还含有辅助色素——蓝藻蓝素(c-phycoeryanin)和蓝藻红素(c-phycoerythrin)。当蓝藻大量繁殖时, 会使海水呈现红色。

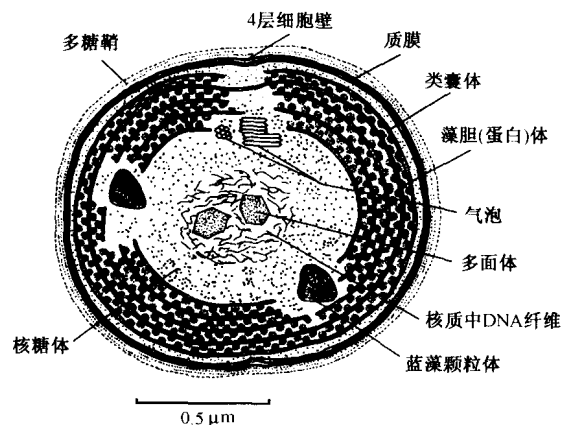


图2-1 蓝藻的亚显微结构(仿 Carmelo R.Tomas, 1997)

(1) 细胞壁

蓝藻细胞壁很薄, 具纤维质、果胶质和黏质层。黏质外鞘部分为纤维质, 由果胶酸和黏多糖组成。种类不同, 其成分常有变化。黏质鞘包被着细胞本身、群体或丝状体, 可阻止细胞内水分的蒸发, 也可抵抗外界温度的变化。

(2) 原生质体

蓝藻的原生质体除了类囊体(thylakoid)和DNA以外, 还含有70S核糖体(ribosome)、气泡(gas-vacuole)、多葡萄糖颗粒(poly-glucan granule)、蓝藻颗粒(cyanophycin granule)、多面体(poly-hedral body)以及其他的脂类小点(lipid droplet)。

(3) 运动

蓝藻细胞不具鞭毛或纤毛, 某些种类不具坚实外鞘的丝状体附着在基质上或彼此相聚合时, 会出现移动现象, 称为滑动。这种滑动的机制可能是由于胞壁小孔分泌黏液所引起的推进, 也可能是与细胞表面小纤维的波动有关。

(4) 繁殖

生殖方式(图2-2)以形成断殖体或厚壁孢子进行繁殖, 异型孢子也能萌发产生新的藻丝。

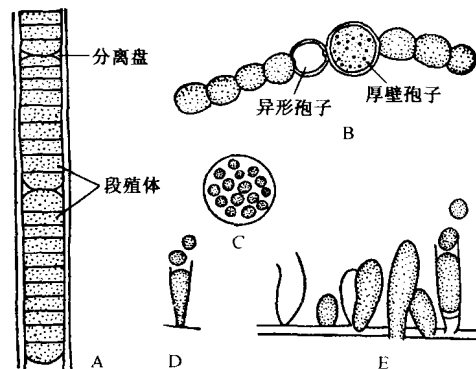


图2-2 蓝藻的生殖(仿郑重, 1984)

A. 颤藻丝状体; B. 念珠藻群体; C. 内生孢子; D. 外生孢子的放散
E. 管胞藻外生孢子的形成

(5) 分类

蓝藻门只有1个纲，即蓝藻纲（Cyanophyceae）。营海洋浮游生活的蓝藻主要隶属于颤藻目和色球藻目，其中颤藻目（Oscillatoriales）种类不产生内生或外生孢子，细胞单丝状，常连接成群体。束毛藻（*Trichodesmium*）、巨大鞘丝藻（*Lyngbya majuscula*）和某些淡水蓝藻都有形成赤潮的可能。

2.2 硅藻门（Bacillariophyta）

硅藻（Diatom）是一类具有色素体的单细胞植物，种类繁多，已发现约12 000种以上，分布极广。细胞单独生活或连结成群体，常见的有链状、螺旋状或放射状等，也有包埋于胶质管或套中形成管状或团状群体。细胞壁富含硅质，形成坚硬的外壳（frustule），壳分上、下两个，形同盒状（图2-3）。套在外面、较大的称为上壳（epitheca），套在里面、较小的称为下壳（hypotheca）。壳顶和壳底均称为壳面或瓣（valve），壳边称为相连带（connecting band），上、下相连带总称为壳环或壳环带（girdle band），该面称为壳环面。壳面向相连带的转弯部分，称为壳套（valve mantle）。壳面中央的纵线称纵轴（apical axis），横线为横轴（transapical axis）。在壳面圆形的中心硅藻，纵轴和横轴几乎相等；而在壳面长形的羽纹硅藻，长轴为纵轴，短轴为横轴。上、下壳中点的相连线，称为壳环轴（perivalvar axis）。硅藻细胞分为壳面观和壳环面观，中心硅藻的壳面辐射对称，多为圆形，也有三角形或多角形等；羽纹硅藻壳面观一般较细长，呈两侧对称，如舟形、梭形、弓形和“S”形等，而环面观一般为方形、长方形或为弓形、楔形。壳面长形的种类，壳环面有宽狭之分，宽的称宽壳环面，狭的称为狭壳环面。

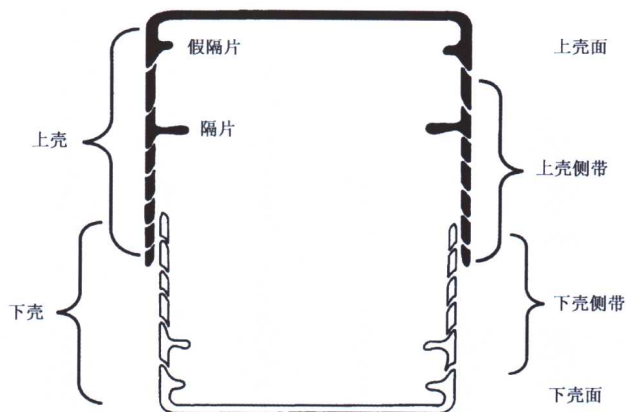


图 2-3 硅藻的细胞结构
(仿 Carmelo R.Tomas, 1997)

(1) 细胞壁

硅藻的细胞壁（图2-4）由硅质和果胶质构成。硅质壁在细胞壁的外面，而果胶质则紧贴在硅质的里面。硅藻的细胞壁具有规则排列的花纹。中心硅藻细胞壁的花纹基本上是六角形，形成花纹的原因是细胞壁向内部凹入，成为很多小室。小室的外面有一层硅质薄膜，膜内满布许多小穴，小室的里面又有一层硅质薄膜，在膜的中央有一圆形大孔。因此，在

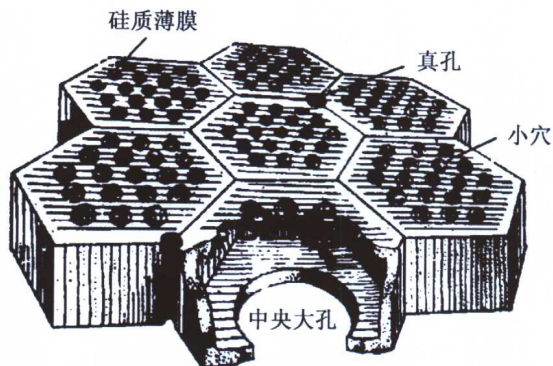


图 2-4 硅藻细胞壁结构模式图(仿金德祥, 1963)

显微镜下会呈现不同的形态,首先看到小点的薄膜,向下转时看到明显的六角孔纹,再下层则可看到圆形的内膜大孔。在六角形孔纹的交接处,有壳面和外界相通的微细小孔,称真孔(pore),孔径一般为 $0.1\sim 0.6\mu\text{m}$,分布在壳面各部分,或集中于细胞一端,或靠近壳面边缘。中心硅藻壳面的孔纹,都是辐射对称排列的,而羽纹硅藻细胞壁上的花纹则比较简单,主要是点纹(puncta)。点纹有粗细之分,常紧密地靠近,连成一条直线状,称为点条(striae)。羽纹硅藻壳面的点纹都是左右对称排列的。

(2) 纵沟(raphe)

纵沟(或称壳缝)是一种运动器官,存在于大多数的羽纹硅藻纲里(图2-5),是其细胞壁的一个重要构造,位于壳面的中线上。中节位于壳面的中央,端节位于细胞中央线的两端,都是壳面硅质向内的增厚部分,有增强裂缝部分细胞壁强度的作用。

(3) 节间带(intercalary band, copulae)

节间带是壳面和相连带之间的次级相连带。凡壳环轴较长的种类都有节间带,它具有加强细胞壁的作用,其数目随种类而异。节间带的花纹大致有两类:鱼鳞状、环状或领状。有些种类的节间带成为片状,称为隔片(septum)。

(4) 细胞表面的突出物

硅藻细胞表面突出物形态各异,细胞借助突起相互连接成群体。两个细胞突起相互连接的空隙称为胞间隙(aperture)(图2-6)。胞间隙的形状有椭圆形、圆形、方形、六角形和长椭圆形等。刺也是细胞壁向外的一种突出物,刺的位置或位于壳面的中央,或遍布壳的四周。另一种突出物为毛,它较细长,其长度常比细胞直径大好几倍。有些角毛藻的粗毛里还有色素体,这是毛和刺的最大区别。此外,还有膜状突起和胶质突起等。上述这些不同突起都具有增加浮力和相互连接的作用。

(5) 细胞内含物

硅藻细胞内含物与普通植物细胞类似。细胞核位于细胞的中央(图2-7)。色素体形状多样,如粒状、片状、叶状、带状、分枝状或星状,一般分布在细胞内,也有的分布到角毛中。色素体的排列和数量随种类而异。硅藻的色素体含有叶绿素a、叶绿素c、硅藻素和叶黄素等,富含胡萝卜素。其同化产物为油点(脂肪)、蛋白核和淀粉粒等营养物质。

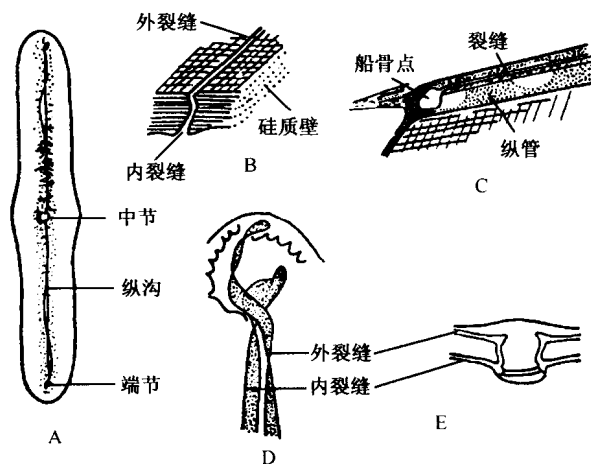


图2-5 羽纹硅藻纵沟、管纵沟结构模式图(仿金德祥, 1963)

A.羽纹藻壳面观; B.羽纹藻纵沟; C.菱形藻的管纵沟; D.羽纹藻纵沟末端裂缝分叉; E.羽纹藻中节处纵沟

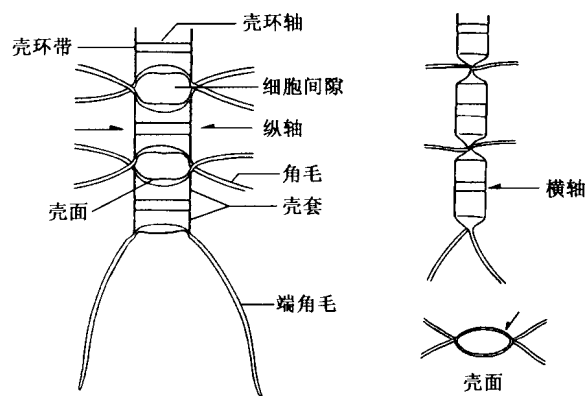


图2-6 角毛藻属(*Chaetoceros*)细胞结构模式图(仿 Hak Gyoon KIM, 1993)

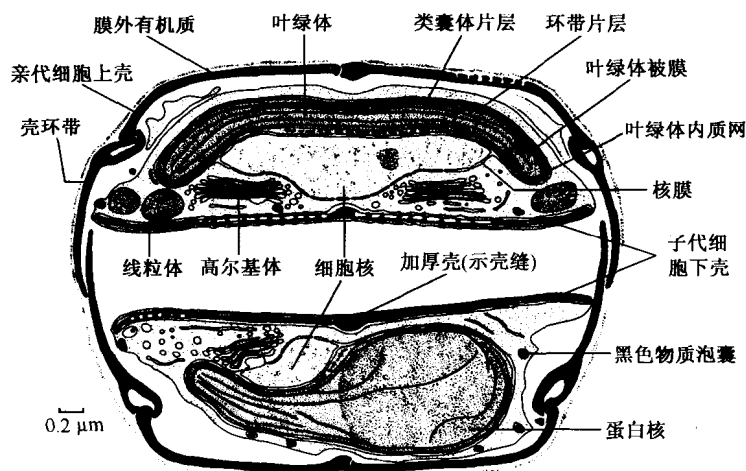


图 2-7 硅藻的亚显微结构(仿 Carmelo R.Tomas, 1997)

2.3 甲藻门 (Pyrrophyta)

甲藻大多为游动的单细胞生物,通常又被称为双鞭毛虫(Dinoflagellate),Farmer (1980) 将其划入原生动物门,下分光合性、动物性两大部分;也有人将其划分为浮游动物类群。甲藻多数种类为单细胞,形状各异,呈球形、针形或分枝状。细胞背腹扁平或左右侧扁,前后端常有角状突起,有的突起呈翅状;也有些种类细胞相连成为群体。运动的种类具两条等长或略不等长鞭毛,侧生或在先端偏于一侧发出;不运动的种类具纵横沟。甲藻广泛分布于海洋和淡水中,一般热带种类多、个体小,寒带种类少、个体大。外海种类大多为裸体的甲藻,沿岸种类大多具由甲板组成的外壳。甲藻为重要的饵料生物,但某些种类的过度繁殖,尤其是一些可产生毒素或死亡后产生毒素的种类的大量增殖可产生赤潮,对海洋生态环境、海洋渔业、水产养殖、旅游娱乐甚至人类的健康安全都会带来严重影响。

(1) 色素体和内含物

甲藻除含有叶绿素a、叶绿素c、 β -胡萝卜素和4种叶黄素(环甲藻素、新甲藻素、甲藻黄素和硅甲藻素,其中前三种是甲藻门所特有的色素外,还含有棕红色的甲藻素(phycopyrrin)、暗红色的多甲藻素(perdinin)和黄绿色的绿色素(chlorophyllin)等副色素,故细胞呈黄绿色至金黄褐色,许多暖海种类常呈黄色或粉红色。甲藻的同化产物为淀粉和脂类,淡水种类均为淀粉,海产种类细胞内常含有黄色或红色的油滴。有些无色的种类(如夜光藻)进行动物性营养,能消化固体食物。营养方式多种多样,大多为自养性。也有些种类营腐生性和动物性或混合性营养。植物体以纵分裂、横分裂和斜分裂进行繁殖,也有游泳孢子、不动孢子(似亲孢子)等。

(2) 亚显微结构

甲藻有多种亚显微结构(图 2-8),具一个大而明显的细胞核,一般具核膜,核仁一至数个,但细胞核内含有DNA而无组蛋白,染色质环状。细胞分裂时,一般核仁先消失,染色质联合成细长的染色体,在分裂过程中不产生明显的纺锤丝。

甲藻细胞表面有一层由原生质分泌的表质膜(amphiesma),其化学成分为纤维素或其他黏性物质。不具外壳的裸体种类细胞壁只有薄板,具壳的种类则有复杂的壳板,这些壳板具有刺、脊、网纹或穿通的小孔;壳板边缘稍倾斜并互相覆盖;壳板相接的边缘易于扩展并使细胞增大。