

水产养殖学

赵文 魏杰 编著

目 录

第一章 绪论

一、水产养殖学的概念·····	1
二、水产养殖学的研究内容·····	1
三、水产养殖学的研究历史·····	1
四、水产养殖学的现状和发展趋势·····	1

第二章 水产养殖生态环境及其保护

一、环境和生态学的概念·····	3
二、养殖水域水生生物的生态类群·····	4
三、各类群之间的关系及作用·····	26
四、水域生态系统的结构和功能·····	28
五、水体富营养化和赤潮·····	31
六、水污染生态学及生态修复·····	35
七、水环境保护的措施和技术·····	40

第三章 水产养殖对象

一、主要养殖鱼类·····	42
二、主要养殖贝类·····	54
三、主要养殖甲壳类·····	60



四、其他水产养殖动物·····	64
五、主要栽培藻类·····	68

第四章 水产养殖主要方式和主要技术措施

一、水产养殖主要方式·····	70
二、水产养殖主要技术措施·····	71
三、水产养殖技术举例·····	85

第五章 水产养殖工程

一、养殖池系统工程·····	109
二、普通网箱养殖设施·····	110
三、围拦养殖设施·····	111
四、浅海浮筏养殖设施·····	112
五、稻田养殖工程·····	113

第六章 水产苗种繁育技术和质量检测

一、水产苗种繁育技术·····	114
二、水产苗种质量检测·····	150

第七章 水产动物疾病诊断与防治技术

一、疾病的发生和预防·····	157
二、水产动物疾病的检查和诊断·····	158

第八章 水产动物的检验检疫

一、水产动物防疫检疫的有关规定·····	184
----------------------	-----

二、水产动物主要检验检疫方法·····	192
---------------------	-----

第九章 水产动物营养与饲料

一、水产动物的营养学原理·····	193
二、水产饲料的配制设计及加工工艺·····	194
三、抗营养因子·····	197
四、饲料中的外来污染物·····	200
五、水产动物日粮及影响因素·····	202

第十章 水产养殖工程规划与设计

一、普通养殖场建设·····	204
二、人工育苗设施·····	207
三、工厂化养殖设施·····	210
四、深水抗风浪网箱·····	212
五、海洋牧场工程·····	214
六、拦鱼工程与设施·····	216
主要参考文献·····	218

第一章 绪论

一、水产养殖学的概念

水产养殖学是一门研究利用水域环境开展水产品生产的应用型学科，是研究水产经济动植物养殖原理与技术的学科。水产养殖包括淡水养殖和海水养殖。水产养殖业是渔业（水产业）的重要组成部分，隶属于大农业范畴。具体而言，水产养殖就是综合利用海淡水养殖水域，采取保护和改良生态环境、清除敌害生物、人工繁育或放养苗种、培水投饵、调水防病、设置设施等系列科学管理措施，促进养殖对象生长发育，最终获得水产品的生产事业。

二、水产养殖学的研究内容

水产养殖学的研究内容有养殖水域生态学、水产动物增养殖学、水产动物营养与饲料学、水产动物遗传育种学、水产动物医学及水生动植物资源综合开发利用与保护。

三、水产养殖学的研究历史

我国是世界上最早开始养鱼的国家之一，水产养殖的历史悠久。早在春秋战国时期就有水产养殖的记载，范蠡的《养鱼经》就是一个明证。随着时代的进步，我国水产养殖特色鲜明，经验丰富，2012年我国渔业总产量达 $5.906 \times 10^7 \text{t}$ ，居世界首位，水产养殖产量为 $4.305 \times 10^7 \text{t}$ ，约占我国渔业总产量的73%；捕捞产量为 $1.483 \times 10^7 \text{t}$ ，约占我国渔业总产量的25%。自1988年以来，我国水产养殖产量持续25年超过捕捞产量。

四、水产养殖学的现状和发展趋势

我国幅员辽阔，气候条件多样，总体来看适于养殖生物的生长发育。我国大陆海岸线长约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$ ，10m等深线以内的浅海面积约 $7.844 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，水深10~15m的海域面积约 $4.25 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，潮间带滩涂面积约 $1.334 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，总面积近 $1.4 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，其中适于养殖鱼、虾蟹、贝、藻的面积约 $1.334 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。我国淡水总面积约 $1.8541 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，其中河流面积约 $6.84 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 、湖泊面积约 $7.426 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 、水库面积约 $2.055 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 、池塘面积约 $2.22 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，可供



养殖的水域面积约 $5.645 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。低洼和盐碱荒地面积约 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，稻田面积约 $2.78 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 。世界水产养殖种类有 280 余种，其中鱼类 151 种，虾蟹类 39 种，贝类 72 种，两栖类与爬行类 10 余种。我国水产养殖种类 140 种，其中鱼类近 90 种，虾蟹类近 10 种，贝类 10 余种，藻类 10 余种，两栖类与爬行类近 10 种。我国淡水养殖以鱼类为主，海水养殖以贝类为主。

水产养殖学在理论和实践上正在飞速发展，在水产生物遗传育种、繁育、生态、营养与饲料、病害防治基础理论和应用技术方面需要深入研究，具体要求是苗种良种化、环境生态化、技术工程化、管理信息化，即开发“绿色发展、生态优先”的智慧渔业。水产养殖会为解决人口、资源、环境问题做出更大的贡献。

第二章 水产养殖生态环境及其保护

我国目前渔业的方针是“生态优先，以养为主，养捕结合”。水产养殖存在自身污染问题，因此，要特别注重保证水产养殖生态环境友好，加强保护，以促进水产养殖可持续发展。

一、环境和生态学的概念

（一）环境的定义

广义的环境是指某一主体（通常指人）周围一切事物的总和。在生态学中，环境是指生物周围存在的一切事物，即影响有机体反应的外界条件的总和，亦即环境是生物的栖息地，而生物是环境的主体。

构成环境的各要素称为环境因子(环境因素)。环境因子中一切对生物的生长、发育、生殖、行为和分布有直接或间接影响的因子称为生态因子。生态因子中生物生存不可缺少的因子称为生物的生存因子或生存条件（生活条件）。水体中生态因子可分为三大类：

1. 非生物因子

非生物因子又称自然因子或理化因子。非生物因子一般可包括气候因子（如光照、温度、湿度、降水量和大气运动等）、土壤因子（如土壤的深度、质地、母质、容重、孔隙度、pH、盐碱度、肥力等）和地形因子（如地形起伏、海拔、山脉、坡度、坡向、高度等）。在水域生态系统中，主要的非生物因子为光照、温度、溶解盐、溶解气体、底质、pH、悬浮物、水流、水位和水体容积大小等。总之，非生物因子包括无机物、有机物和气候因素。

2. 生物因子

生物因子指环境中的动物、植物和微生物，即指同种或异种的其他生物。

3. 人为因子

人为因子指人类活动对生物和环境的影响。



(二) 生态学与养殖水域生态学

生态学是研究生物与环境之间相互关系的科学。养殖水域生态学就是研究养殖水域中水生生物与其环境之间相互关系的科学。

二、养殖水域水生生物的生态类群

水生生物学广义上说是研究生活在水中的各种生物生命活动的规律和控制利用的学科，研究范围十分广泛，包括水生生物的形态、分类、生理、生态等各个方面。水生生物按生态分类包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生大型植物等。

(一) 浮游植物

浮游植物是一个生态学概念，是指在水中营浮游生活的微小植物，通常是指浮游藻类。藻类是无胚而具叶绿素的自养叶状体孢子植物。浮游植物主要包括蓝藻门、硅藻门、金藻门、黄藻门、甲藻门、隐藻门、裸藻门和绿藻门。

1. 蓝藻门

蓝藻是最原始、最古老的藻类。其结构简单，无典型的细胞核，故又称蓝细菌。蓝藻的细胞壁常由外层的果胶质和内层的纤维质组成，以果胶质为主。细胞壁上含有黏质缩氨酸，这也是蓝藻与其他藻类相区别的一个特征。蓝藻无鞭毛，无色素体，无有性生殖。同化产物为蓝藻淀粉。蓝藻含有叶绿素a、胡萝卜素、叶黄素及大量的藻胆素，没有叶绿素b。藻胆素是蓝藻的特征性色素，包括蓝藻藻蓝素、蓝藻藻红素和别蓝藻素。蓝藻喜高温耐强光，喜低氮高磷，喜高碱度和高pH。代表种类有铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)、钝顶节旋藻(*Arthrospira platensis*)、小颤藻(*Oscillatoria tenuis*)、螺旋鱼腥藻(*Anabaena spiroides*)、水华束丝藻(*Aphanizomenon flos-aquae*)等。见图2-1。

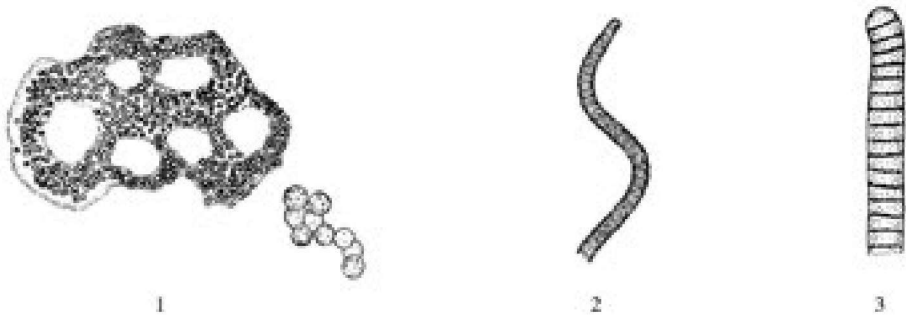
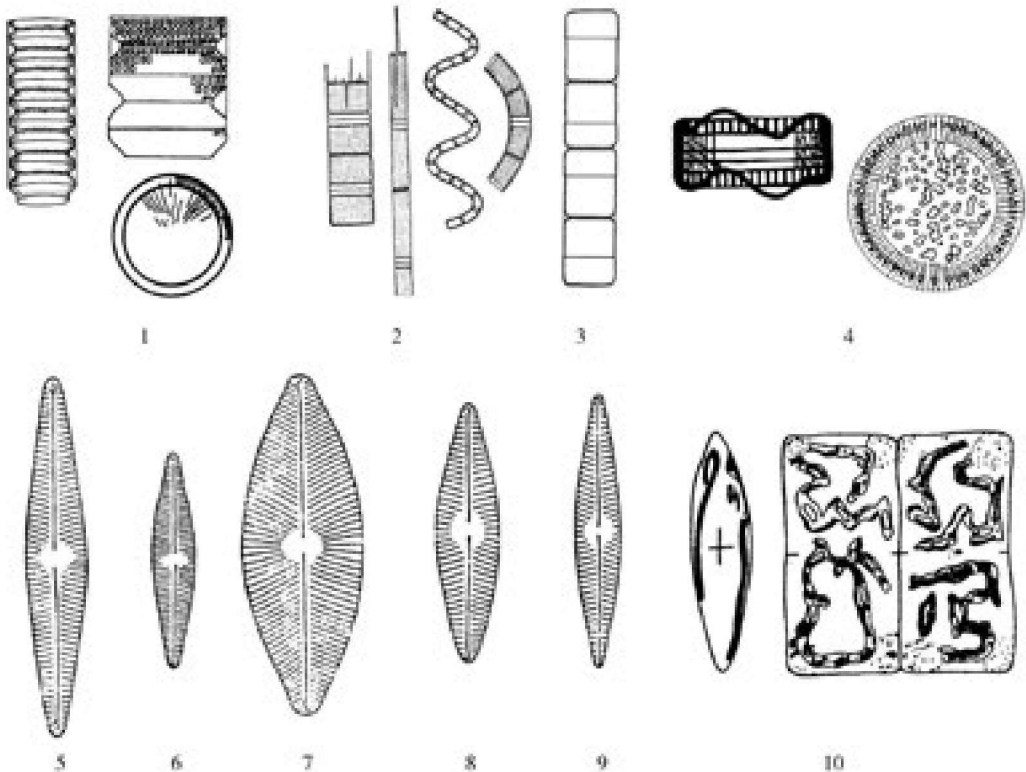




图2-1 1. 铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*) 2. 钝顶节旋藻(*Arthrospira platensis*)
3. 小颤藻(*Oscillatoria tenuis*) 4. 螺旋鱼腥藻(*Anabaena spiroides*) 5. 水华束丝藻(*Aphanizomenon flos-aquae*)

2. 硅藻门

硅藻细胞壁富含硅质，由上下两壳套合而成，壳面有辐射对称或羽状花纹。藻体呈黄绿色或黄褐色。同化产物为脂肪。繁殖有产生复大孢子的特点。营养细胞不具鞭毛。喜中温，四季均可生长，尤以春秋两季旺盛，是其他水产动物的优质饵料。主要种类有直链藻(*Melosira*)、舟形藻(*Navicula*)、菱形藻(*Nitzschia*)、小环藻(*Cyclotella*)、针杆藻(*Synedra*)等。随着海水养殖业的发展，人工大量培养的硅藻有中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*)、牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)、新月拟菱形藻(*Nitzschiella closterium*)等。见图2-2。



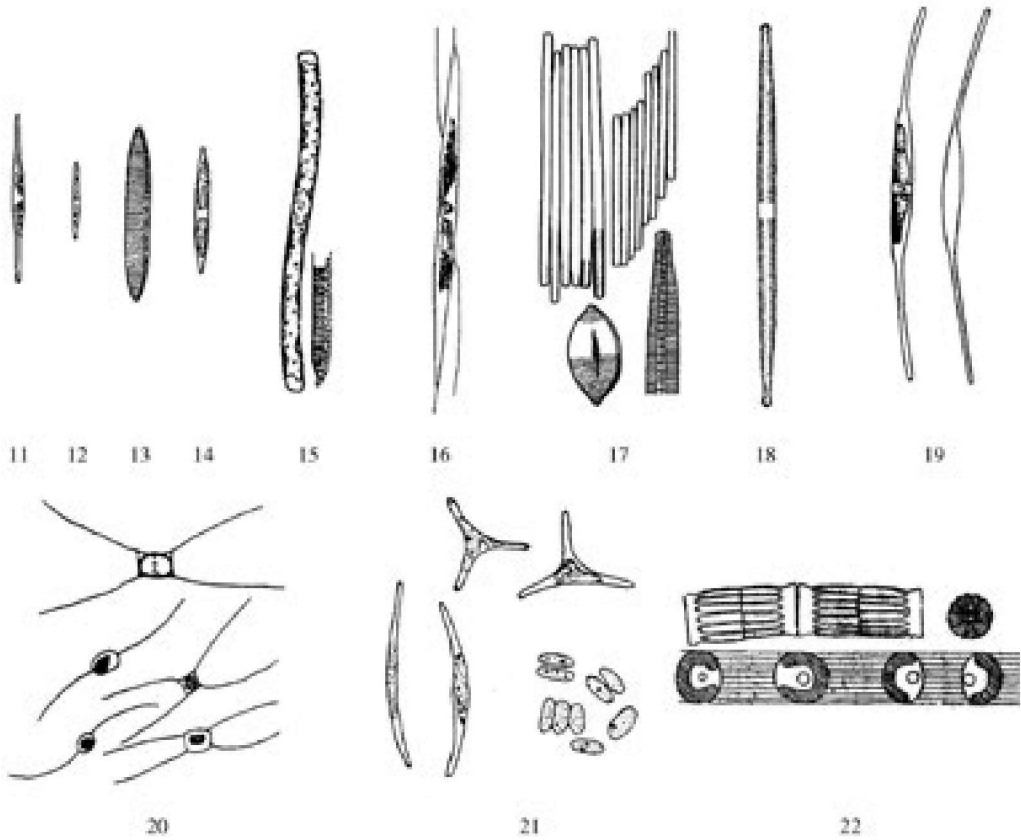


图2-2 1. 具槽帕拉藻(*Paralia sulcata*); 2. 颗粒直链藻(*Melosira granulata*); 3. 变异直链藻(*M. varians*); 4. 条纹小环藻(*Cyclotella striata*); 5. 放射舟形藻(*Navicula radiosa*); 6. 隐头舟形藻(*N. cryptocephala*); 7. 扁圆舟形藻(*N. placentula*); 8. 微绿舟形藻(*N. viridula*); 9. 喙头舟形藻(*N. rhynchocephala*); 10. 膜状缪氏藻(*Meuniera membranacea*); 11. 针状菱形藻(*Nitzschia acicularis*); 12. 铲状菱形藻(*N. paleacea*); 13. 角菱形藻(*N. angustata*); 14. 谷皮菱形藻(*N. palea*); 15. 拟螺形菱形藻(*N. sigmoidea*); 16. 尖刺菱形藻(*N. pungens*); 17. 派格棍形藻(*Bacillaria paxillifera*); 18. 尺骨针杆藻(*Synedra ulna*); 19. 新月拟菱形藻(*Nitzschiella closterium*); 20. 牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*); 21. 三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*); 22. 中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)

3. 金藻门

金藻藻体呈金黄褐色，色素体1~2个，片状侧生。同化产物为白糖素和脂肪。鞭毛1~3条。金藻多分布于淡水水体，生活于透明度较大、温度较低、有机质含量低的水体。对温度变化敏感，多在寒冷季节，如早春和晚秋生长旺盛。常见的有变形单鞭金藻(*Chromullina pascheri*)、变形棕鞭藻(*Ochromonas mutabilis*)、小三毛金藻(*Prymnesium parvum*)、湛江等鞭金藻(*Isochrysis zhanjiangensis*)、球等鞭金藻(*I. galbana*)。见图2-3。

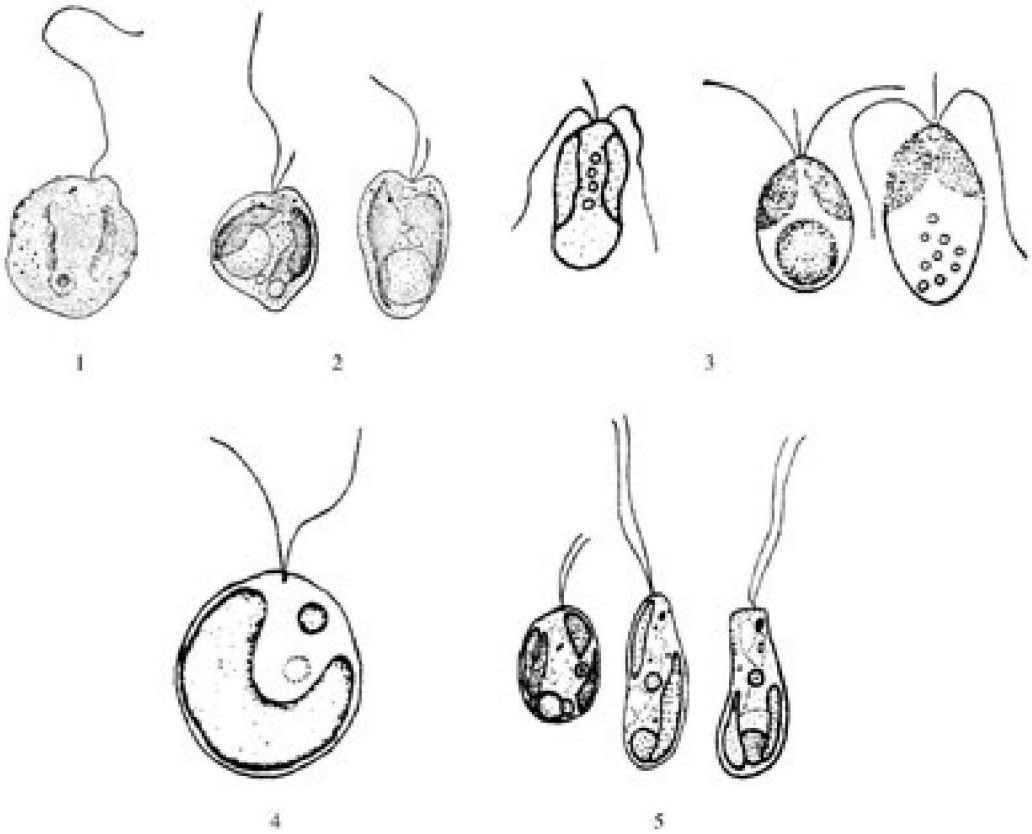


图2-3 1. 变形单鞭金藻 (*Chromullina pascheri*); 2. 变形棕鞭藻 (*Ochromonas mutabilis*); 3. 小三毛金藻 (*Prymnesium parvum*); 4. 湛江等鞭金藻 (*Isochrysis zhanjiangensis*); 5. 球等鞭金藻 (*I. galbana*)

4. 黄藻门

黄藻藻体为单细胞、群体、多细胞丝状体和多核管状体。运动的营养细胞和生殖细胞具2条不等长鞭毛。单细胞或群体的细胞壁，多数由“U”形的二节片套合而成，丝状体或管状体的细胞壁，由“H”形的二节片套合而成，个别种类细胞壁无节片构造。黄藻的细胞壁主要成分是果胶化合物，有的种类细胞壁含有少量的硅质和纤维质，少数种类细胞壁含有大量的纤维素。主要成分是叶绿素a、叶绿素c、β-胡萝卜素和叶黄素，无叶绿素b。色素体1至多个，盘状、片状，少数带状或杯状，呈黄绿色或黄褐色。贮存物质为油滴及白糖素。常见种类有绿海球藻 (*Halosphaera viridis*) 和异胶藻属 (*Heterogloea*)。见图2-4。

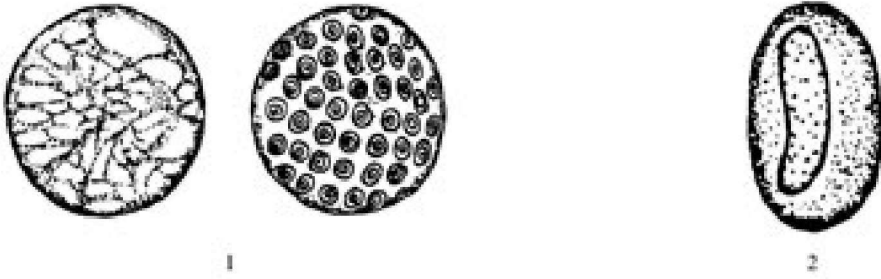
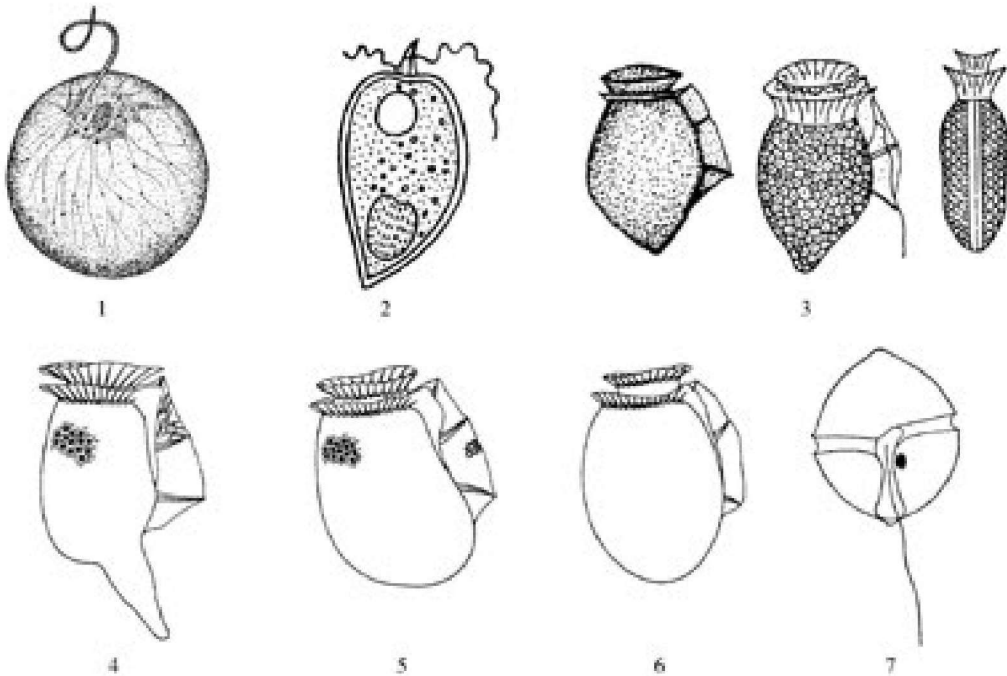


图 2-4 1. 绿海球藻 (*Halosphaera viridis*) ; 2. 异胶藻属 (*Heterogloea*)

5. 甲藻门

甲藻多数种类为单细胞，少数为丝状体或由单细胞连成的各种群体。细胞呈球形、卵形、针形和多角形等。大多数有背腹之分，背腹扁平或左右侧扁，有的前后端具角状突起。具 2 条顶生或腰生鞭毛，可以运动，因此通常被称为双鞭藻。藻体呈金黄褐色或黄绿色。同化产物为脂肪和淀粉。常见种类有夜光藻(*Noctiluca scintillans*)、海洋原甲藻(*Prorocentrum micans*)、鳍藻(*Dinophysis*)、光甲藻(*Glenodinium*)、原多甲藻(*Protoperidinium*)、三角藻(*Tripos*)等。见图 2-5。某些甲藻是形成赤潮的主要生物，有的还能产生麻痹性、腹泻性等贝毒，对渔业和人类生命安全危害很大。



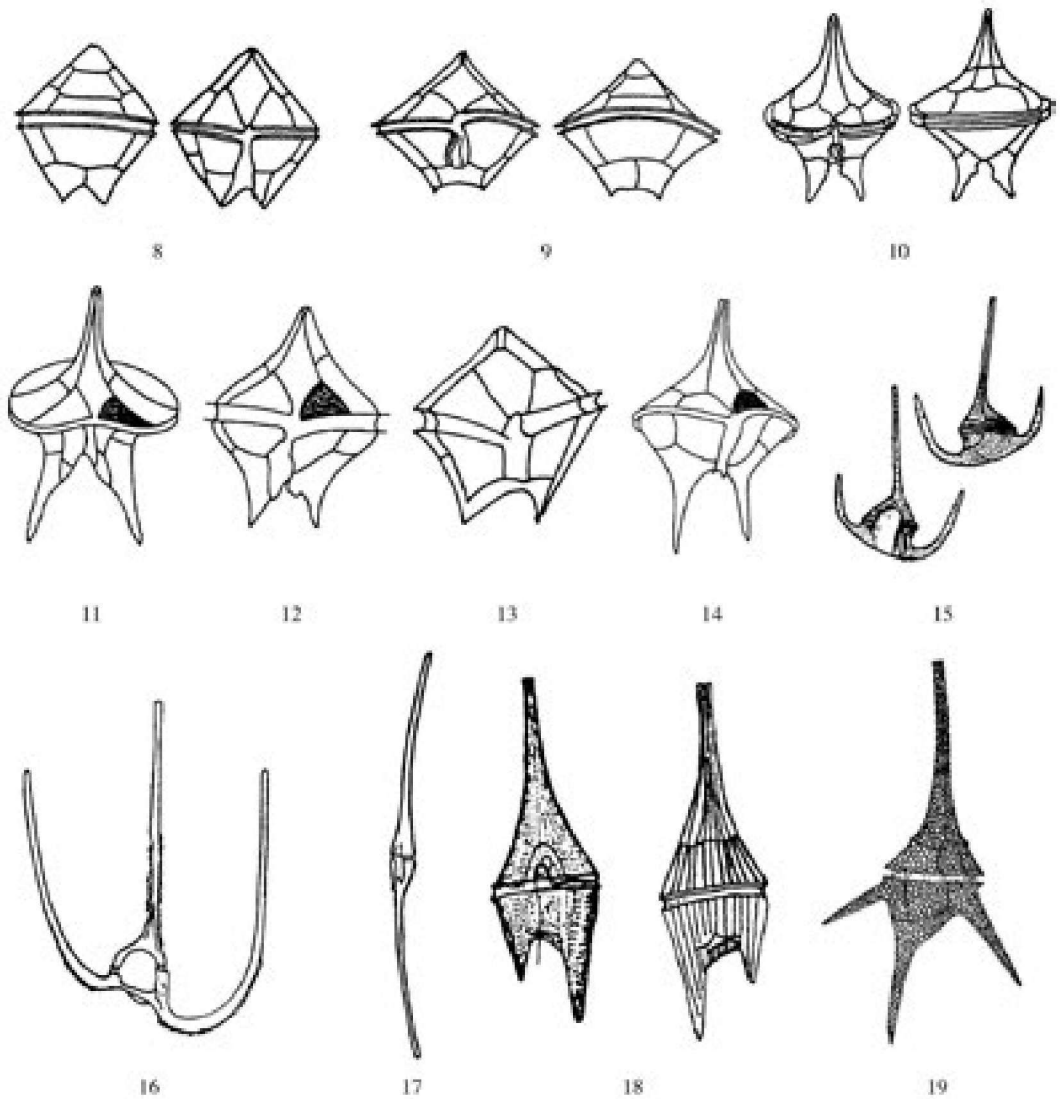


图2-5 1. 夜光藻 (*Noctiluca scintillans*); 2. 海洋原甲藻 (*Prorocentrum micans*); 3. 尖鳍藻 (*Dinophysis acuta*); 4. 具尾鳍藻 (*D. caudata*); 5. 倒卵形鳍藻 (*D. fortii*); 6. 渐尖鳍藻 (*D. acuminata*); 7. 光甲藻 (*Glenodinium gymnodinium*); 8. 锥形原多甲藻 (*Protoperidinium conicum*); 9. 五角原多甲藻 (*P. pentagonum*); 10. 扁平原多甲藻 (*P. depressum*); 11. 优美原多甲藻 (*P. elegans*); 12. 分叉原多甲藻 (*P. divergens*); 13. 里昂原多甲藻 (*P. leonis*); 14. 海洋原多甲藻 (*P. oceanicum*); 15. 三角藻 (*Tripos muelleri*); 16. 大角三角藻 (*T. macroceros*); 17. 梭状三角藻 (*T. fusus*); 18. 叉状三角藻 (*T. furca*); 19. 飞燕角藻 (*Ceratium hirundinella*)



6. 隐藻门

隐藻细胞不具纤维质细胞壁，具纵沟，细胞背腹扁平，前端斜截，顶生2条鞭毛。藻体呈黄绿色或金黄褐色，有时呈红色。同化产物为淀粉。适宜生长在有机质较多、硬度较大的水中。主要种类有嗜蚀隐藻（*Cryptomonas erosa*）、卵形隐藻（*C. ovata*）和尖尾蓝隐藻（*Chroomonas acuta*）。见图2-6。

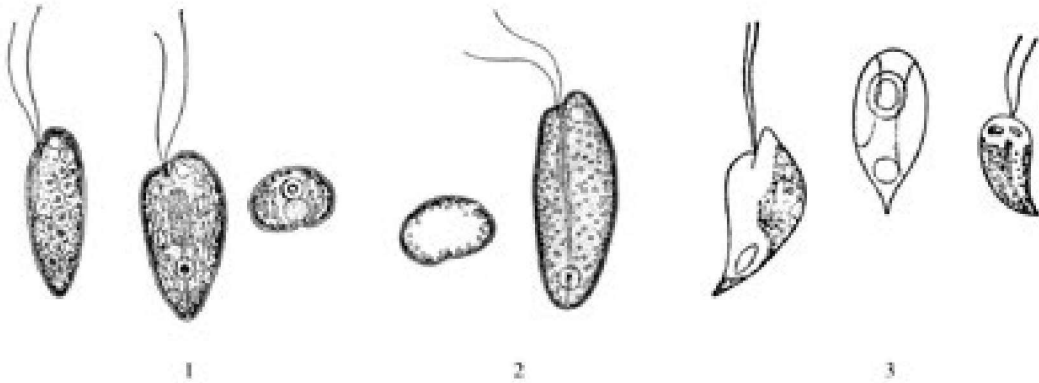
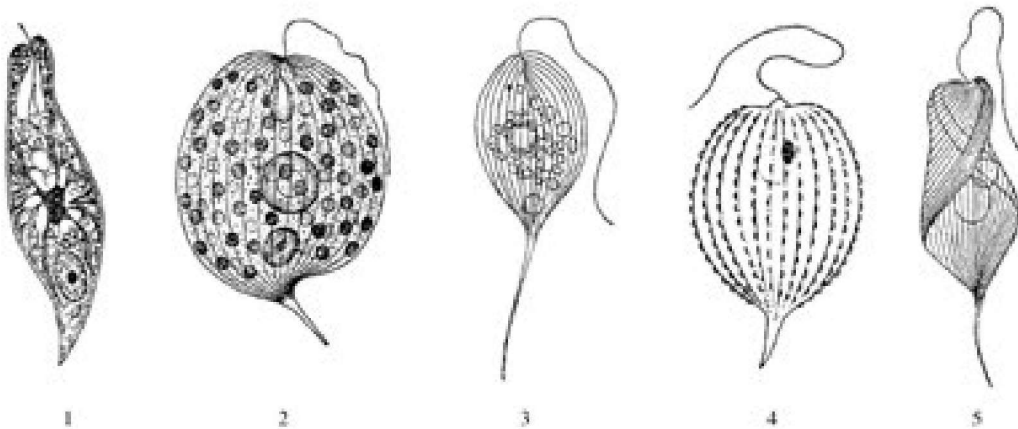


图2-6 1. 嗜蚀隐藻 (*Cryptomonas erosa*)；2. 卵形隐藻 (*C. ovata*)；3. 尖尾蓝隐藻 (*Chroomonas acuta*)

7. 裸藻门

裸藻多是1条鞭毛，藻体大多呈绿色。同化产物为裸藻淀粉。适宜生长在有机质丰富、温暖的浅水中。常见的种类有绿裸藻（*Euglena viridis*）、扁裸藻（*Phacus*）、囊裸藻（*Trachelomonas*）等。见图2-7。



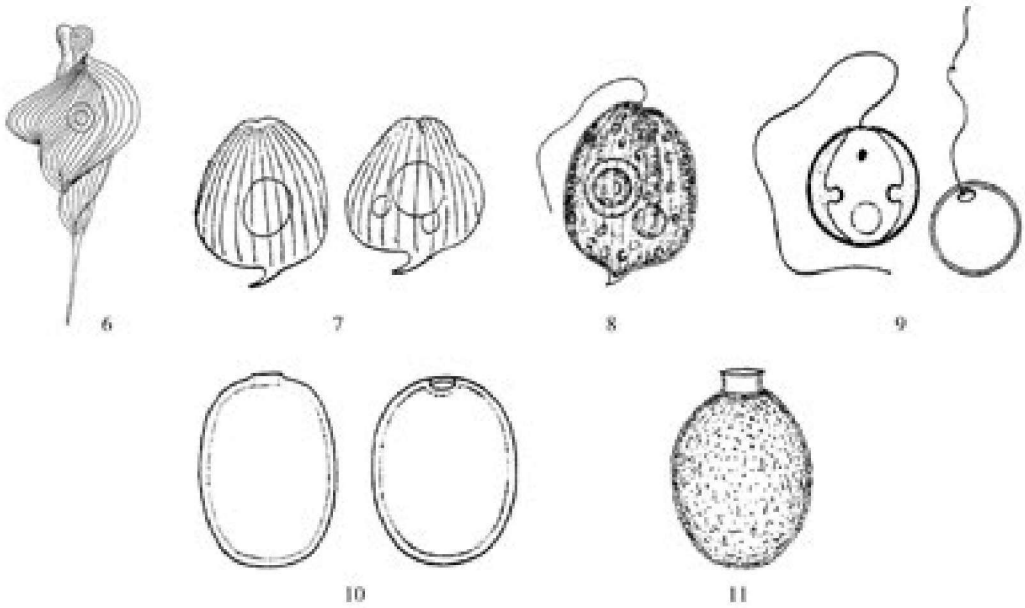
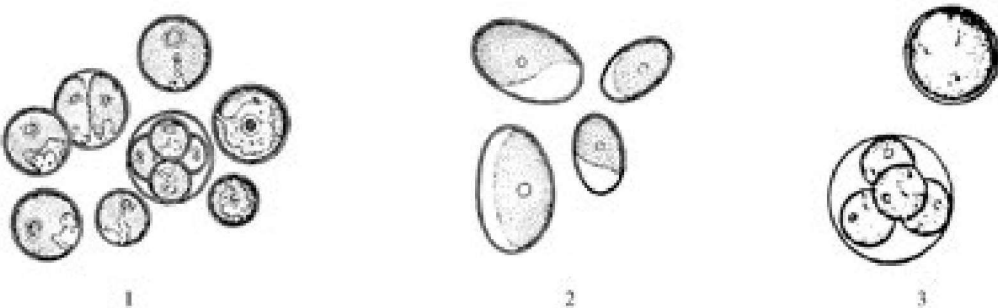


图2-7 1. 绿裸藻 (*Euglena viridis*); 2. 宽扁裸藻 (*Phacus pleuronectes*); 3. 长尾扁裸藻 (*P. longicauda*); 4. 具瘤扁裸藻 (*P. suecicus*); 5. 扭曲扁裸藻 (*P. tortus*); 6. 旋形扁裸藻 (*P. helicoides*); 7. 爪形扁裸藻 (*P. onyx*); 8. 哑铃扁裸藻 (*P. peteloti*); 9. 旋转囊裸藻 (*Trachelomonas volvocina*); 10. 矩圆囊裸藻 (*T. oblonga*); 11. 密集囊裸藻 (*T. crebea*)

8. 绿藻门

绿藻细胞中的色素以叶绿素为主，藻体呈草绿色，常具2条顶生等长的鞭毛。同化产物为淀粉。细胞核1个，少数种类多个。绿藻是浮游动物的主要饵料。适宜生长在水温适中、含氮量较高的环境中。常见种类有小球藻(*Chlorella*)、栅藻(*Scenedesmus*)、盘星藻(*Pediastrum*)、衣藻(*Chlamydomonas*)、十字藻(*Crucigenia*)等。蛋白核小球藻(*Chlorella pyrenoidosa*)、亚心形扁藻(*Platymonas subcordiformis*)、塔胞藻(*Pyramimonas sp.*)、盐藻(*Dunaliella salina*)是经济动物幼体优质的单胞藻饵料，已在我国进行广泛培养。雨生红球藻(*Haematococcus pluvialis*)富含虾青素，也是重要经济藻类。见图2-8、2-9。



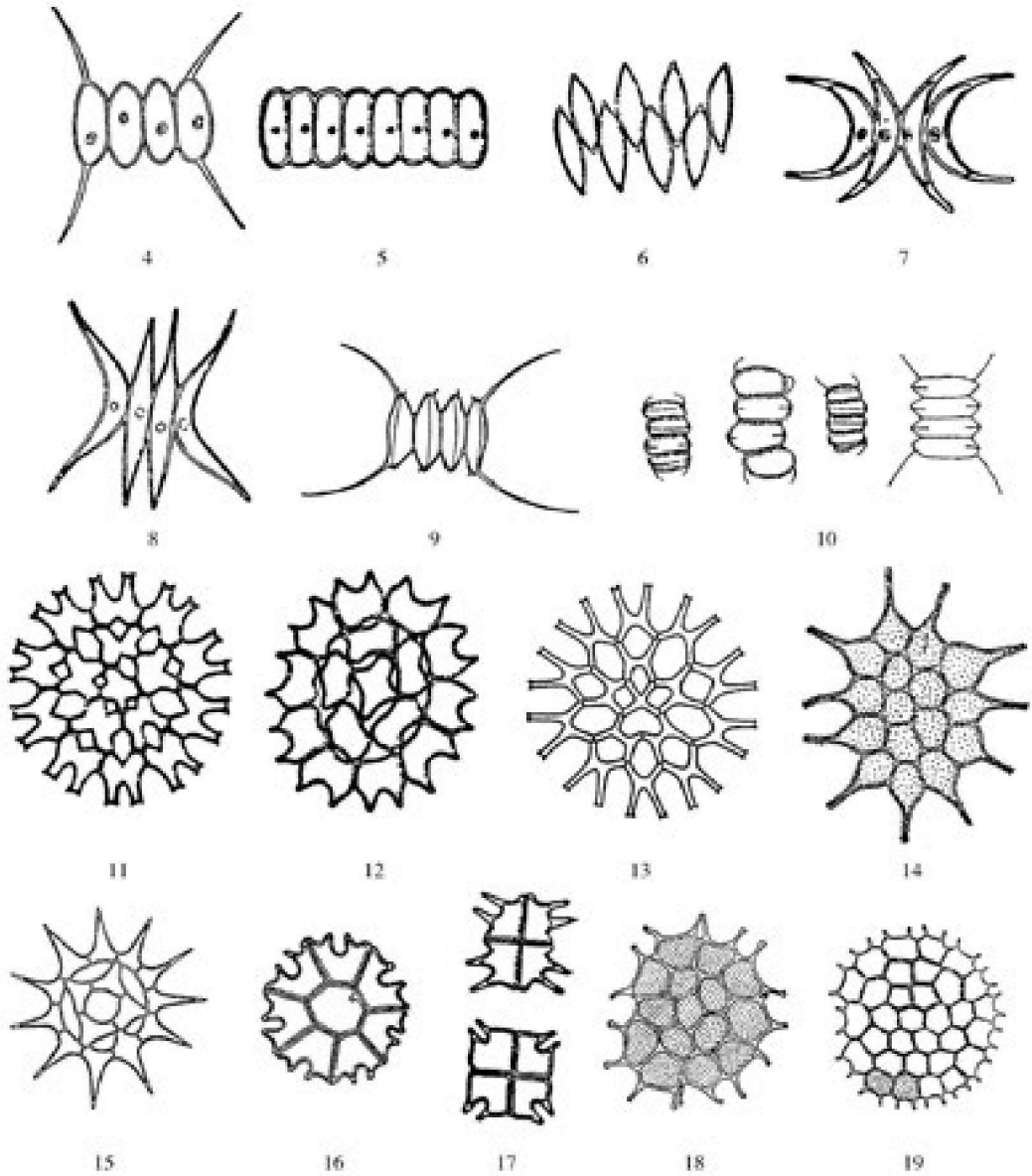


图2-8 1. 普通小球藻(*Chlorella vulgaris*); 2. 椭圆小球藻(*C. ellipsoidea*); 3. 蛋白核小球藻(*C. pyrenoidosa*); 4. 四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*); 5. 双列栅藻(*S. bijugatus*); 6. 斜生栅藻(*S. obliquus*); 7. 尖细栅藻(*S. acuminatus*); 8. 二形栅藻(*S. dimorphus*); 9. 龙骨栅藻(*S. carinatus*); 10. 被甲栅藻(*S. armatus*); 11. 双射盘星藻(*Pediastrum biradiatum*); 12. 二角盘星藻(*P. duplex*); 13. 二角盘星藻纤细变种(*P. duplex* var. *gracillimum*); 14. 单角盘星藻(*P. simplex*); 15. 单角盘星藻具孔变种(*P. simplex* var. *duodenarium*); 16. 四角盘星藻(*P. tetras*); 17. 四角盘星藻四齿变种(*P. tetras* var. *tetraodon*); 18. 短棘盘星藻长角变种(*P. boryanum* var. *longicorne*); 19. 整齐盘星藻(*P. integrum*)

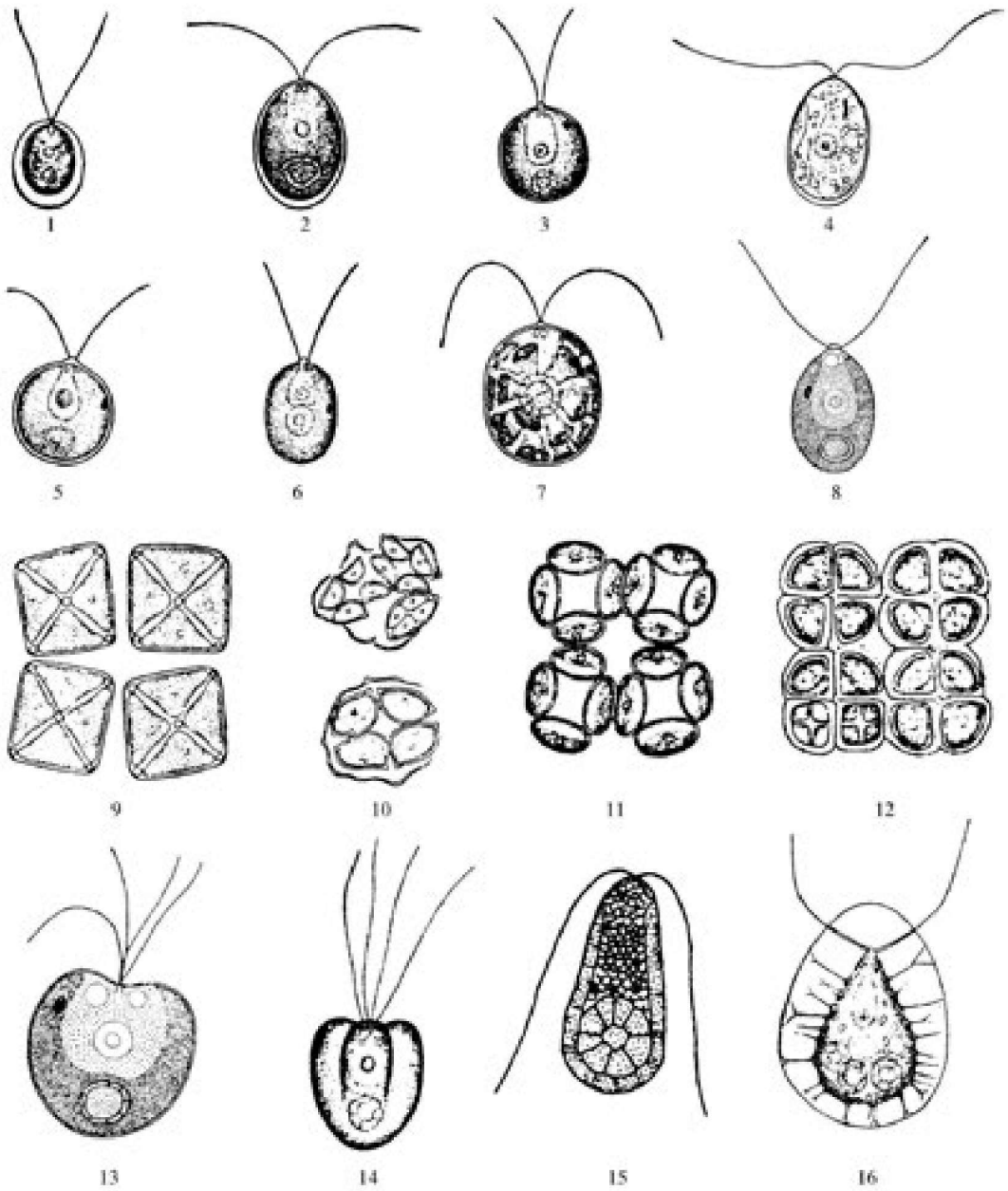


图2-9 1. 球衣藻(*Chlamydomonas globosa*); 2. 莱哈衣藻(*C. reinhardi*); 3. 简单衣藻(*C. simplex*); 4. 卵形衣藻(*C. ovalis*); 5. 小球衣藻(*C. microsphaera*); 6. 逗点衣藻(*C. komma*); 7. 星芒衣藻(*C. stellata*); 8. 德巴衣藻(*C. debaryana*); 9. 四足十字藻(*Crucigenia tetrapedia*); 10. 十字藻(*C. apiculata*); 11. 华美十字藻(*C. lauterbornei*); 12. 四角十字藻(*C. quadrata*); 13. 亚心形扁藻(*Platymonas subcordiformis*); 14. 娇柔塔胞藻(*Pyramimonas delicatula*); 15. 盐藻(*Dunaliella salina*); 16. 雨生红球藻(*Haematococcus pluvialis*)