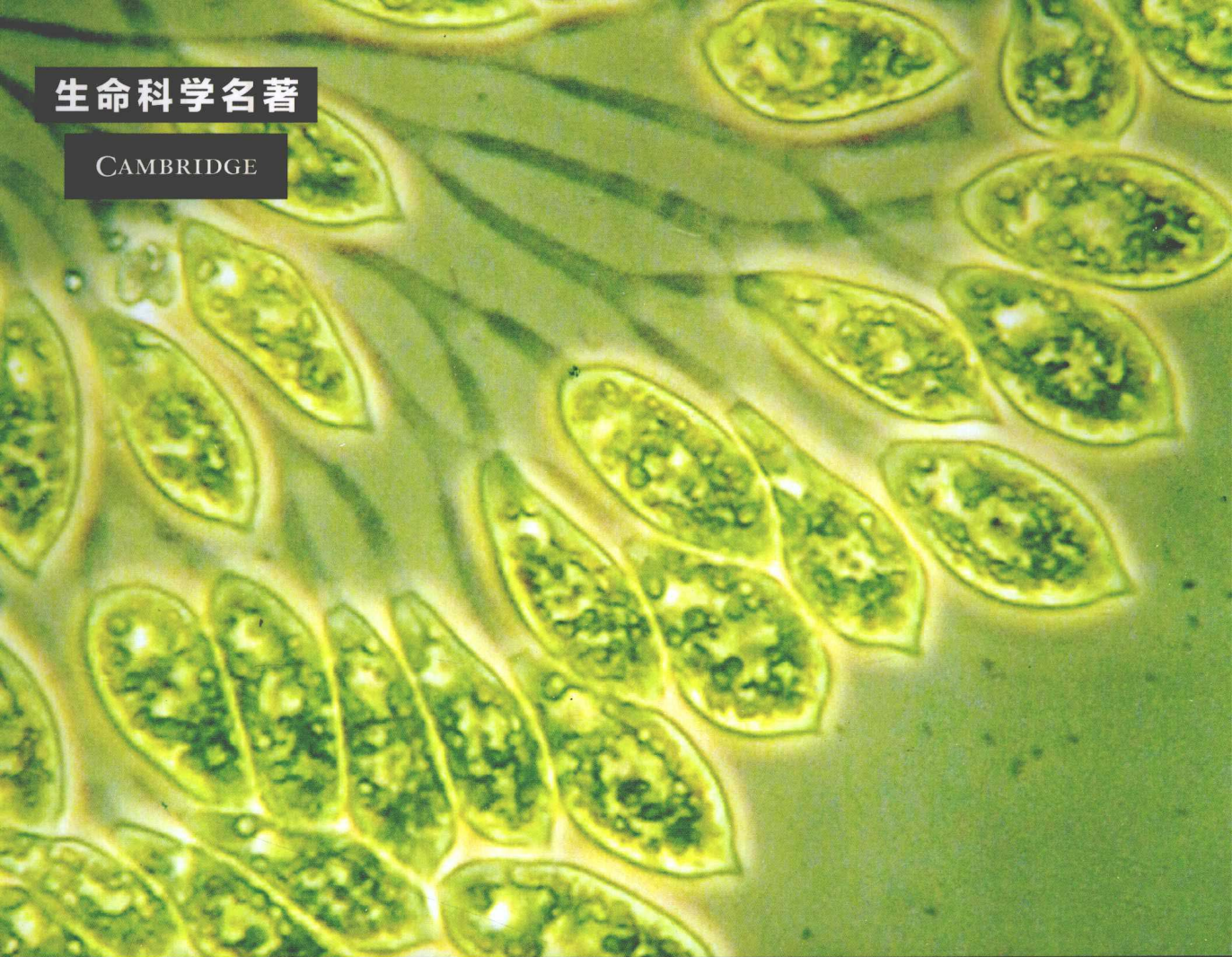


生命科学名著

CAMBRIDGE



Phycology (Fourth Edition)
藻类学 (原书第四版)

[美] R. E. 李 著
段德麟 胡自民 胡征宇 等 译



科学出版社

生命科学名著

藻类学 (原书第四版)

Phycology (Fourth Edition)

[美] R. E. 李 著

段德麟 胡自民 胡征宇 等 译

科学出版社

北京

图字：01-2010-5995号

内 容 简 介

藻类学是研究藻类这一淡水和海洋食物链中初级光合生物的科学。藻类不仅是浮游动物和滤食性贝类的重要食源，而且具有独特的系统演化地位和生态位功能。《藻类学》自从1980年第一版面世以来，已逐步成为藻类学领域的经典教材。本修订版保持了初始版本的样式，同时包含了最新的关于核酸测序研究等诸多信息。此外，藻类的详细生活史图例及相关类属的细胞学、生态学、生物化学和经济价值等信息完整的呈现给了读者。

本书适合于选修海洋生态学、海洋生物学、海洋植物学（藻类学）、湖泊科学及生物海洋学等课程的高年级研究生和本科生阅读。

Phycology, fourth edition (0-521-68277-0) by Robert Edward Lee first published by Cambridge University Press 2008

All rights reserved.

This simplified Chinese edition for the People's Republic of China is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

© Cambridge University Press & Science Press Ltd. 2012

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press and Science Press Ltd.

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

藻类学：原书第4版/（美）R. E. 李著；段德麟等译. —北京：科学出版社，2012

（生命科学名著）

Phycology (Fourth Edition)

ISBN 978-7-03-034753-4

I. ①藻… II. ①李…②段… III. ①藻类学—研究 IV. ①Q949.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 123397 号

责任编辑：莫结胜 岳漫宇 / 责任校对：陈玉凤
责任印制：钱玉芬 / 封面设计：北京美光制版有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年6月第一版 开本：787×1092 1/16

2012年6月第一次印刷 印张：35 3/4

字数：820 000

定价：128.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

《藻类学》(原书第四版) 中文版翻译小组成员

主 译

- 段德麟 博士、研究员, 中国科学院海洋研究所
胡自民 博士、副研究员, 中国科学院海洋研究所
胡征宇 博士、研究员, 中国科学院水生生物研究所

参 译 (按姓氏笔画排序)

- 王秀良 博士、副研究员, 中国科学院海洋研究所
王高歌 博士、副教授, 中国海洋大学
尤 凯 博士、副教授, 中国海洋大学
毕永红 博士、副研究员, 中国科学院水生生物研究所
刘福利 博士、助理研究员, 中国水产科学研究院黄海水产研究所
李 伟 硕士研究生, 中国科学院海洋研究所
邵展如 博士研究生, 中国科学院海洋研究所
周 贝 硕士研究生, 中国科学院水生生物研究所
赵 玮 博士研究生, 中国科学院水生生物研究所
胡自民 博士、副研究员, 中国科学院海洋研究所
胡征宇 博士、研究员, 中国科学院水生生物研究所
姚建亭 博士、助理研究员, 中国科学院海洋研究所
段德麟 博士、研究员, 中国科学院海洋研究所
高铭扬 博士研究生, 中国科学院水生生物研究所

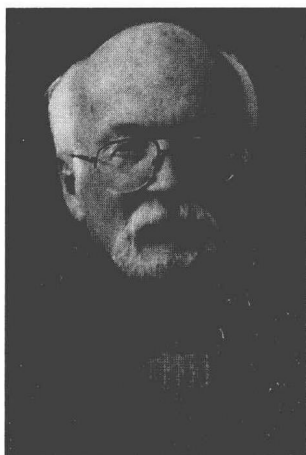
图表制作

- 李 伟 胡自民

校 译 (按姓氏笔画排序)

- 毕永红 胡自民 胡征宇 段德麟

原著作者简介



Robert Edward Lee

1942年9月15日出生于美国马萨诸塞州的伍斯特（Worcester）。

教育经历

1964年 在康奈尔大学（Cornell University）获得学士学位

1971年 在麻省大学（University of Massachusetts）获得博士学位

研究/工作经历

1966~1970年 麻省大学生物系助教

1968年夏天 伍兹霍尔海洋研究所（Woods Hole Oceanographic Institution）海洋生物实验室教授海洋植物学课程

1971~1977年 南非约翰内斯堡金山大学（University of the Witwatersrand）生物系讲师

1977~1979年 伊朗巴勒维大学（Pahlavi University）生物系副教授

1979~1981年 哈佛医学院眼科学系兼职教授

波士顿 Schepens 眼科学研究所精细结构研究室会员

1981年至今 科罗拉多州立大学生物医学科学系教学主管

科罗拉多州立大学细胞和分子生物学计划会员

科罗拉多州立大学生物系兼职教授

译者序

藻类是海洋和内陆水体中最主要的初级生产力，其生产力约占全球植物总生产力的45%。藻类的光合作用不仅为全球水体食物网提供初级营养和能量来源，而且对于地球生态系统的维护起着重要作用。

作为植物学、海洋生物学和生态学研究的一个重要分支，藻类学研究与应用不断推动着人类对自然界的认识。20世纪后半叶，中国在曾呈奎、饶钦止、黎尚豪等老一辈藻类学家的带领下，在藻类学基础研究与应用领域取得了许多举世瞩目的成就，赢得国际的认可与尊重。进入21世纪后，我国藻类学研究人才的断层现象较为严重，特别是近20年间国内没有一本全面、系统的介绍藻类学研究的教材和参考书，这不仅与中国的藻类资源大国地位不相匹配，而且拉大了我国与世界上其他国家在该领域的差距。

在过去50年间，随着藻类学研究方法、理论和体系的日趋成熟以及新兴技术与研究工具的广泛应用，藻类学研究已从传统的分类、形态描述、生理、实验生态等领域逐渐向区域生态学、生物工程、药物化学、分子遗传学、生物能源、系统发育与进化、生物多样性及保护遗传学等领域转移。面对这一发展态势，如何增强国内同行对该领域的全面了解，缩短与国际上相关研究领域的差距，进而实现某些理论与技术方面的突破，形成中国自己的藻类学研究特点，是每一个藻类学研究者和教育者义不容辞的责任和义务。

Phycology 第四版(2008)的原著作者 Robert Edward Lee 是国际知名的藻类学家与科普作家。由于该著作在国际上享有较高的声誉，目前它已成为国外许多大学和研究机构本科生与研究生的必修教材，同时也是很多海洋与水产科研院校的必订读物。本书图文并茂、主题鲜明，特别是以线粒体内共生理论及其演化途径不同作为全书的主线，特色鲜明、独具匠心。该书陈述的观点既有20世纪后半叶有关藻类学基础研究的结果，也涵盖了近20年中一些新技术、新方法和新理论在藻类学研究中的应用及进展成果。因而，本书内容翔实，科学依据充分，逻辑性强，可读性好。我们认为本书非常适合作为藻类学研究与高等教育的必备教材。

本书语言简练、通俗易懂、内容丰富，非常适合入门者学习使用，同时也可作为海洋生物学、资源生物学、植物学等专业的本科生和研究生的通用教材。本书中文版的发行，不仅有助于推动我国青年藻类学人才的培养，而且可作为藻类学研究的重要参考书和高等院校及研究机构的学术资料。

本书的翻译工作主要由国内从事藻类学研究和教学的一线科研人员完成，书中的英文名称主要参照《藻类名词及名称》(第二版)。由于藻类学这一学科内容庞杂，许多中文名词和名称匮乏，再加上译者知识面及水平有限，翻译中难免存在不足，对此恳请各位同仁不吝赐教与指正。

本书的译稿得到了中国科学院海洋研究所夏邦美研究员和殷明焱博士、中国海洋大学钱树本教授的认真和耐心校对，在此对他们给予的帮助表示衷心感谢。

本书的出版得到了山东海之宝海洋科技有限公司的资助，在此深表谢意。

本书的编译和出版得到了科学出版社生物分社莫结胜和李悦编辑及有关人员的大力支持和协助，在此对其辛勤劳动表示诚挚的谢意。

译 者

2011年12月16日

第一版序

理查德·亨利·梅纳茨哈根^① (Richard Henry Meinertzhagen) 确实是一位令人称奇的英国传奇战士，他在其著作《阿拉伯鸟类》(*Birds of Arabia*) 中认为序言应该简短，因为毕竟只有少数人读到它们。据此，我很高兴借此机会对给予我鼓舞和在书稿准备过程中给予我协助的人们表示感谢。我要衷心感谢 Adele Strauss Wolbarst、Robert Cnoops、Charmaine Slack、Sophia Skiordis、Caroline Mondel、Jill Keetley-Smith、Heather Edwards、Gail Arbeter 和位于英格兰 Boston Spa 的借阅图书馆 (Lending Library) 给予的帮助，尽管本书稿的大部分是我在南非金山大学 (University of the Witwatersrand) 工作期间准备的。我在巴勒维大学 [Pahlavi (Shiraz) University] 任教时虽处于伊朗沙王统治下的最后动荡时期，但本书稿却是在此期间完成的，对此我要特别感谢 Mark Gettner、Brian Coad 和 Mumtaz Bokhari。

本书的照片和图片直接取自原始资料，这在图例中通过“引自……”进行了注释。大多数图片都进行了重新绘制以符合我自己的喜好，这也通过“仿自……”进行了说明。在某些情况下，我也通过对照片进行描绘或将几张手绘图放在一起，并通过“改编自……”进行了标注。

本书中采用的是公制/米制，各种精细结构的图解通过微米 (μm) 和纳米 (nm) 进行展示。

^①梅纳茨哈根 1878 年出生于一个富裕且社会关系广泛的英国家庭，家族祖先来自德国。他是英国 20 世纪蜚声国内外的上校军人、情报军官以及权威的鸟类学家之一。信息来源于维基百科：理查德·梅纳茨哈根。

目录

原著作者简介

译者序

第一版序

第一篇 绪论	1
第一章 藻类的基本特征	3
藻类细胞结构	3
营养	25
基因测序与藻类系统学	26
分类	27
藻类与化石记录	29
参考文献	31
第二篇 原核藻类	35
第二章 蓝细菌 (Cyanobacteria)	37
形态学	37
细胞壁与滑动	37
纤毛与颤动	41
胶鞘	42
原生质结构	43
液泡 (伪空泡)	45
色素与光合作用	48
厚壁孢子	50
异形胞	52
固氮作用	54
昼夜节律	57
无性繁殖	58
生长与新陈代谢	60
共生	61
蓝藻生态学	63
蓝藻毒素	69

蓝藻与饮用水的质量	70
蓝藻食品	71
噬藻体 (藻病毒)	72
抗生素与铁载体的分泌	72
碳酸钙沉积与化石记录	73
分类	75
参考文献	78
第三篇 叶绿体的进化	87
参考文献	90
第三章 灰色藻门 (Glaucophyta)	91
参考文献	93
第四章 红藻门 (Rhodophyta)	95
细胞结构	95
钙化作用	100
分泌细胞	102
彩虹色	103
附生生物与寄生生物	103
红藻的防御机制	106
红藻多糖的商业利用	107
繁殖结构	109
孢子的运动性	114
分类	114
参考文献	139
第五章 绿藻门 (Chlorophyta)	148
细胞结构	148
趋光性与眼点	150
无性生殖	152
有性生殖	152
分类	153
真绿藻纲 (Prasinophyceae)	160
轮藻纲 (Charophyceae)	164
分类	165
石莼纲 (Ulvophyceae)	177
分类	177
绿藻纲 (Chlorohyceae)	199
分类	199
参考文献	234

第四篇 叶绿体单层内质网膜的进化	249
参考文献	252
第六章 裸藻门 (Euglenophyta)	253
细胞核与细胞核分裂	258
眼点、副鞭毛隆起与趋光性	258
产胶体与胞外结构	260
叶绿体与储存产物	262
营养	262
分类	263
参考文献	266
第七章 甲藻门 (Dinophyta)	270
细胞结构	271
休眠孢子或孢囊与化石甲藻	285
毒素	287
甲藻与石油及煤矿	292
生物发光	292
节律	295
异养甲藻	299
共生甲藻	303
分类	305
参考文献	310
第八章 顶复门 (Apicomplexa)	317
参考文献	319
第五篇 叶绿体双层内质网膜及 Chlorarachniophyta 的进化	321
Chlorarachniophyta	322
参考文献	325
第九章 隐藻门 (Cryptophyta)	326
细胞结构	326
生态学	330
联合共生	331
分类	332
参考文献	336
第十章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 金藻纲 (Chrysophyceae)	339
细胞结构	340
内生孢子	344
营养物质	345

生态	346
分类	349
参考文献	353
第十一章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 黄群藻纲 (Synurophyceae)	357
分类	359
参考文献	361
第十二章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 真眼点藻纲 (Eustigmatophyceae)	363
参考文献	365
第十三章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 脂藻纲 (Pinguiphyceae)	366
参考文献	367
第十四章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 硅鞭藻纲 (Dictyochophyceae)	368
分类	368
参考文献	372
第十五章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 浮生藻纲 (Pelagophyceae)	374
参考文献	375
第十六章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 迅游藻纲 (Bolidophyceae)	377
参考文献	377
第十七章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 硅藻纲 (Bacillariophyceae)	378
细胞结构	378
运动	388
休眠孢子与休眠细胞	391
复大孢子	392
节律现象	395
生理	396
捕食行为的化学防御	398
生态	399
化石硅藻	404
分类	407
参考文献	412
第十八章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 针胞藻纲 (Raphidophyceae)	420
参考文献	423
第十九章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 黄藻纲 (Xanthophyceae)	424
细胞结构	426
无性生殖	427
有性生殖	428
参考文献	434
第二十章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 褐枝藻纲 (Phaeothamniophyceae)	436
参考文献	437

第二十一章 异鞭藻门 (Heterokontophyta), 褐藻纲 (Phaeophyceae)	438
细胞结构	439
生活史	443
分类	446
参考文献	485
第二十二章 普林藻门 (Prymnesiophyta)	496
细胞结构	496
鳞片与球石	501
毒素	507
分类	509
参考文献	511
第二十三章 藻类与环境	516
有毒藻类	516
有毒藻类与二叠纪末的生物大灭绝	521
地球冷却、云凝结核与二甲巯基丙酸	522
藻类的化学防御机制	523
南极与南部海洋	524
华丽的试验设计	526
南极湖泊作为火星和木卫二 (欧罗巴) 行星上的生命模型	527
紫外线辐射、臭氧空洞与藻类产生的防晒剂	528
氢燃料电池与产氢藻类	529
参考文献	530
词汇表	533

第一篇

绪论

第一章

藻类的基本特征

藻类学 (phycology 或 algology) 是研究藻类 (algae) 的科学。Phycology 一词源于希腊单词 phykos, 意为“海藻 (seaweed)”。韦伯斯特 (Webster) 词典将 algology 解释为研究藻类的科学, 此解释已不时兴, 因为它与“algogenic (致痛的)”一词意思接近, 意为“产生痛苦”。藻类指一类叶状植物 (thallophytes) (没有真正的根、茎、叶的分化), 以叶绿素 a 作为光合作用的主要色素, 并且在繁殖细胞周围缺乏不育的细胞包被物。这种定义包含一些与藻类关系不是很密切的植物类型, 比如蓝细菌^①。因为, 与藻类中其他类群相比, 蓝细菌在进化上更接近细菌。

藻类主要生活在水中, 可以是淡水、海水或者半盐水。但是, 在地球上几乎所有的环境中都能见到藻类, 如从一些高山雪地中生长的藻类到在裸露岩石上的地衣中生长的藻类, 到荒漠沙土中生长的单细胞藻类, 再到温泉中生活的藻类。在大多数生境中, 藻类的作用是作为食物链中的初级生产者, 将光、二氧化碳和水转化为有机物。除了构成食物链的基本食物源, 藻类也形成次级/高级消费者代谢所必需的氧气。事实上, 人类自身极少直接食用消费藻类, 转而捕获食物链中较高等级的生物 (如鱼、甲壳类、贝类)。某些藻类, 特别是红藻和褐藻被收割并作为蔬菜食用, 或者从叶状体中提取出黏液 (mucilage) 作为凝胶和增稠剂使用。

藻类细胞结构

藻类细胞有两种基本类型: 原核 (prokaryotic) 和真核 (eukaryotic)。原核细胞缺少膜包裹的细胞器 (质体、线粒体、细胞核、高尔基体、鞭毛), 存在于蓝细菌中 (图 2.11)。其余的藻类都是含有细胞器的真核细胞。

真核细胞 (图 1.1) 通常含有一层由多糖组成的细胞壁, 这些多糖部分由高尔基体 (Golgi body) 产生和分泌。质膜 (plasmalemma) 包裹细胞的其他部分; 质膜是一种活性结构, 负责控制原生质体 (protoplasm) 中物质的流入与流出。运动器官 (locomotory organ) ——鞭毛 (flagella) 借助自身的摆动而驱动细胞通过介质。鞭毛包裹在质膜中, 它具有特定的数目和定向的微管。细胞核中含有细胞的遗传物质, 由具孔的双层膜包裹。细胞核的成分为核仁 (nucleolus)、染色体 (chromosome)、背景物质 (back-

^①蓝细菌 (Cyanobacteria) 又称为蓝藻 (Cyanophyte), 它们为同一概念。根据原著和前后文需要, 本译著中将出现蓝细菌和蓝藻两个名词。

ground material) 或核液 (karyolymph)。叶绿体 (chloroplast) 中具有称为类囊体 (thylakoid) 的膜囊结构, 它是进行光合作用的场所。类囊体包埋在基质 (stroma) 中, 此处是碳固定中暗反应进行的场所。基质中含有小的 70S 核糖体 (ribosome) 和 DNA, 某些情况下还含有储存物质。叶绿体由双层叶绿体膜包裹。叶绿体有时含有一个浓缩的蛋白质区域——淀粉核 (pyrenoid), 它与储存物质的形成有关。双层膜包裹的线粒体含有 70S 核糖体、DNA 及进行呼吸作用的装置。高尔基体由许多被称为囊泡^① (cisternae) 的膜囊逐层堆积而成。高尔基体的功能是产生并分泌多糖。细胞质中也含有较大的 80S 核糖体和脂质体。

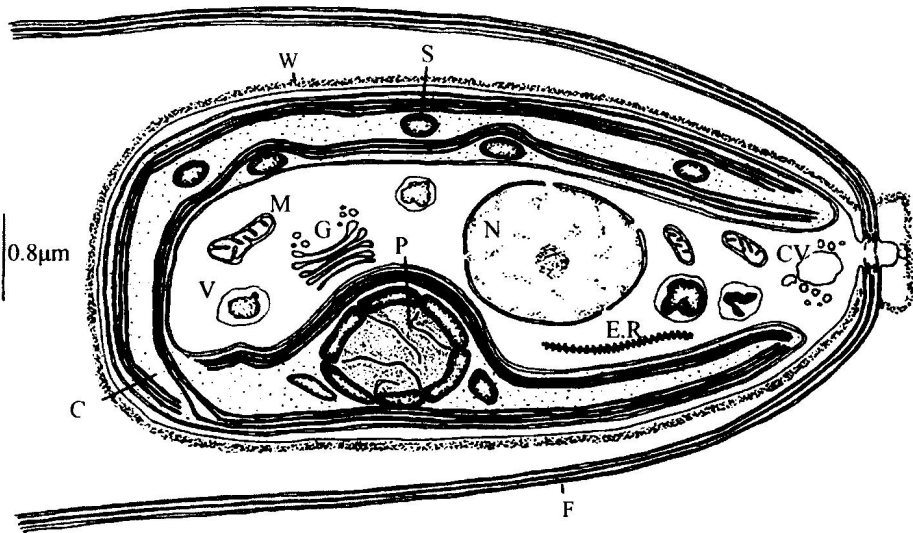


图 1.1 绿藻衣藻 (*Chlamydomonas*) 的细胞图式, 显示真核细胞中存在的细胞器。C, 叶绿体; CV, 伸缩泡 (contractile vacuole); E.R., 内质网 (endoplasmic reticulum); F, 鞭毛; G, 高尔基体; M, 线粒体 (mitochondrion); N, 细胞核; P, 淀粉核; S, 淀粉 (starch); V, 液泡 (vacuole); W, 细胞壁。

鞭毛

绿藻衣藻 (*Chlamydomonas*) 的鞭毛一直被用作研究鞭毛结构的模型。鞭毛结构在进化中高度保守, 事实上衣藻的鞭毛图像与哺乳动物细胞, 包括人类的精子及某些上皮细胞 (epithelia) 的鞭毛 [或者纤毛 (cilia), 一种短的鞭毛] 很难区别 (Johnson, 1995)。选择衣藻作为模型是因为该生物易于培养, 而且它们的鞭毛能通过 pH 刺激或搅拌 (blending) 从细胞上分离下来。因为鞭毛并不是细胞生存所必需的, 所以通过分离细胞得到影响鞭毛形成的突变体相对比较容易。

鞭毛由环绕两个中心微管 (microtubule) 的 9 个二联体微管的鞭毛轴丝 (axoneme)

^①囊泡一般指扁平的囊状物, 而不是指所有的囊状物。其中, 小球状的囊称为小泡, 大球状的囊称为液泡。