

618193

微体化石

MICROFOSSILS

M · D · 布拉谢尔 著

地质出版社

微体化石

M.D. 布拉谢尔 著

郝诒纯 曾学鲁
徐钰林 阮培华 合译

郝诒纯 校

地质出版社

MICROFOSSILS

M.D. Brasier

by Billing & Sons Ltd, Guildford, London and Worcester 1980

微体化石

M.D. 布拉谢尔 著

郝诒纯 曾学鲁 徐钰林 阮培华 合译

郝诒纯 校

责任编辑：余静贤 荣灵璧

地质出版社出版

(北京西四)

河北省蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：11³/₄ 字数：282,000
1986年9月北京第一版·1986年9月北京第一次印刷

印数：1—1,475册 定价：2.85元

统一书号：13033·新301

译者的话

微体化石的研究和应用近几十年来发展十分迅速。由于其研究对象和方法的特殊性，已经形成一门独立的学科——微体古生物学。

我国微体化石的研究是近三十多年发展起来的，现已广泛应用于地质学科各个领域，尤其在石油、煤田、水文地质以及洋海的研究工作中更为重要，在基础地质工作中也越来越发挥出重要作用。为了适应微体化石研究迅猛发展的形势，各地质院校都开设了与此有关的课程。目前，在生产、教学和科研工作中很需要有关微体化石方面的参考材料。

马丁·布拉谢尔著的这本《微体化石》，全面介绍了目前已进行研究的各类微体化石的基本知识，包括每一类微体古生物的特征、生态、分类、地质经历和应用，以及它们的采集和研究方法，并介绍了重要参考读物。该书文字通俗易懂、图件清晰，并反映了国外微体化石研究的最新成果。这是微体古生物工作者一本有益的参考书，也是地质院校师生的一本较好的参考教材。

全书翻译工作由郝诒纯、曾学鲁、徐钰林、阮培华共同完成，具体分工如下：1、2、8、9节由郝诒纯译；3、14、16节及附录由阮培华译；4、5、6、7、10节由徐钰林译；11、12、13、15节由曾学鲁译。全部译稿由郝诒纯进行了校对。为读者参阅方便，书后附有参考文献。

在翻译过程中发现原书有几处错误，译者分别在译文中作了修正并在该处加以说明。由于我们水平所限，译文中疏误之处请读者批评指正。

译者

1985.12

前言

过去的二十年，我们目睹了地球科学领域的显著进展。地质学家们探查了月球及行星，了解了海洋深处的秘密，推断陌生而又遥远的前寒武纪世界。微体化石，由于在这些领域和其它新的发展中起了积极作用。因而，微体古生物学在这一时期内研究的重点与范围也发生了变化。目前，这门学科在多数地质科学教程中占有重要地位，也是许多研究生学习的基础内容。因而，一本更新的、简明的教科书就成了学生和教师的共同迫切要求。

这是一本关于微体化石的书。它所关切的是在显微镜下能观察到的，并曾一度生活过的生物标本。在标本分类、命名之前，必须对标本各部分进行命名，为了反映形态方面的概貌，选择一定数量的属作了简要的描述，并附以学生能绘制的带有注解的线条图。对推导性较深的资料，如每个类群的一般历史，则作了概略的叙述，而每个类群在地质学应用方面的重要内容，都附有一份重要的参考文献。

研究者在注意到收集和处理资料的意义时，还要注意到实验室的设备费用及严格的安全条例等问题。作者所介绍的处理方法都是比较安全、简单和经济的。

本书所用的材料大部分引自过去和现今世界许多地方微体古生物学者的成果，将这些成果汇编在这本书中也是学习的好机会。希望这本书将有助于微体化石的研究者。

作者特别感谢下列各位对原稿各部分作过有价值的评论。他们是 R.L. Austin 博士 F.T. Banner 教授，R.H. Bate 博士，M.A. Butterworth 和 E.N.K. Clarkson 博士，C. Downie 教授，G.H. Evans、R. Goldring、R. Harland、B.K. Holdsworth 及 A. W. Medd 博士，J.W. Murray 教授，R. Riding、J.E. Robinson 博士及 F.M. Swain 教授。Linda Josph 小姐帮助为多次稿本打字，Sharon Chambers 夫人制作线条图，Paul Mesherry 先生作图表，作者对他们致以最深的感谢。

马丁·布拉谢尔 1979

目 录

前 言

1. 绪论·····	(1)
什么是微体化石? ·····	(1)
为什么要研究微体化石? ·····	(1)
细胞·····	(2)
营养·····	(2)
繁殖·····	(2)
生物界·····	(2)
地层柱·····	(4)
第一部分 原核生物——基本单元 ·····	(6)
2. 蓝藻部——蓝绿藻·····	(6)
现生的蓝藻·····	(6)
蓝藻的生活史·····	(6)
分类·····	(7)
蓝藻的生态·····	(9)
藻类叠层石·····	(9)
蓝藻和叠层石的一般历史·····	(11)
关于蓝藻和叠层石的研究·····	(12)
参考读物·····	(13)
采集和研究须知·····	(13)
3. 裂殖菌部——细菌·····	(13)
现代的细菌·····	(13)
地质上某些重要细菌·····	(14)
采集和研究须知·····	(16)
第二部分 真核生物——由变化达到成功 ·····	(17)
真核生物的起源·····	(17)
4. 甲藻部——沟鞭藻和硅沟鞭藻·····	(18)
现代沟鞭藻·····	(18)
沟鞭藻生活史·····	(21)
沟鞭藻的生态·····	(21)
分类·····	(22)
沟鞭藻的一般历史·····	(24)
沟鞭藻胞囊的应用·····	(25)
参考读物·····	(25)

采集和研究须知	(26)
硅沟鞭藻类	(26)
5. 疑源类	(27)
囊胞	(27)
分类	(27)
疑源类的亲缘关系和生物学	(29)
疑源类的生态	(30)
疑源类的一般历史	(30)
疑源类的应用	(31)
参考读物	(31)
采集与研究须知	(31)
6. 金藻部——硅鞭藻和金藻目	(32)
硅鞭藻	(32)
现代硅鞭藻	(32)
硅鞭藻骨架	(32)
分类	(33)
硅鞭藻的一般历史	(34)
硅鞭藻的应用	(34)
金藻目胞囊	(35)
采集和研究须知	(35)
7. 金藻部——硅藻	(35)
现代硅藻	(36)
硅细胞	(36)
硅藻的分布和生态	(36)
硅藻与沉积学	(37)
分类	(37)
硅藻的一般历史	(39)
硅藻的应用	(40)
参考读物	(41)
采集和研究须知	(41)
8. 金藻部——颗石藻	(41)
现代颗石藻	(41)
颗石	(42)
颗石藻的生态	(42)
颗石与沉积学	(42)
分类	(44)
颗石藻的一般历史	(45)
颗石的应用	(46)
参考读物	(46)

采集和研究须知	(46)
9. 绿藻部和红藻部	(47)
绿藻部	(47)
红藻部	(50)
钙藻的应用	(52)
参考读物	(52)
采集和研究须知	(52)
10. 维管植物部——孢子和花粉	(53)
陆生植物的生活史	(53)
孢子形态	(56)
分布和生态	(61)
分类	(62)
孢粉的一般历史	(66)
孢子花粉的应用	(70)
采集和研究须知	(72)
11. 纤毛动物门——丁丁虫类和瓮甲虫类	(73)
现生丁丁虫类	(73)
丁甲	(74)
丁丁虫类的分布和生态学	(74)
分类	(74)
丁丁虫类的一般历史	(75)
丁丁虫类的应用	(75)
参考读物	(76)
采集和研究须知	(76)
12. 肉足动物门——放射虫和太阳虫	(76)
放射虫亚纲和棘刺虫亚纲	(76)
现生放射虫	(76)
放射虫的分布和生态	(78)
放射虫和沉积学	(78)
分类	(80)
放射虫的一般历史	(82)
放射虫的应用	(83)
太阳虫亚纲	(84)
参考读物	(84)
采集和研究须知	(84)
13. 肉足动物门——有孔虫	(85)
现生有孔虫	(85)
有孔虫的生活史	(86)
壳	(86)

有孔虫的生态学	(92)
有孔虫和沉积学	(96)
分类	(96)
有孔虫的一般历史	(114)
有孔虫的应用	(115)
参考读物	(116)
采集和研究须知	(116)
14. 甲壳门——介形虫	(118)
软体结构	(118)
介形虫甲壳	(119)
介形虫繁殖与个体发育	(122)
介形虫分布及生态	(123)
介形虫与沉积学	(126)
分类	(127)
介形虫的一般历史	(129)
介形虫的应用	(140)
参考读物	(142)
采集与研究须知	(142)
15. 几丁虫类	(144)
胞囊	(144)
几丁虫类的生态和分布	(145)
分类	(145)
几丁虫类的亲缘关系	(146)
几丁虫类的一般历史	(146)
几丁虫的应用	(146)
参考读物	(146)
采集和研究须知	(147)
16. 牙形石类	(147)
单个牙形石的形态	(147)
个体的成分, 超微结构及生长	(148)
对称过渡系列	(150)
牙形石器官和群集	(150)
牙形石动物	(151)
牙形石分布及生态	(152)
分类	(153)
牙形石的一般历史	(157)
牙形石的应用	(158)
参考读物	(159)
采集和研究须知	(159)

附录一 标本采集制备	(160)
样品采集	(160)
样品处理	(160)
分选和富集	(164)
参考文献	(168)

1. 绪 论

什么是微体化石？

地球表面约有六分之一的面积被一薄层白至浅黄色的软泥所覆盖。在显微镜下观察这种沉积物含有数不清的微小壳体，它们类似袖珍的铜管乐器、羽毛球、水轮、长颈瓶、足球、筛箩、宇宙飞船和中国宫灯等等。其中某些闪烁着强烈的玻璃光泽，另一些白如砂糖或者红似草莓。这种给人以美感的“微体化石世界”是很古老的，从生物学的角度看，也是非常原始的。

任何一种已经死亡的生物，不管它们的保存方式如何，或者死去的时间多么近，只要它们遭受了沉积和侵蚀等自然作用，都可称为化石。通常将化石区分为较大的大化石和较小的微体化石，每一类各有其独特的采集、处理和研究方法。这种区别实际上是不严格的，而我们则将“微体化石”一词，主要限制为始终需要用显微镜研究的那些分散的生物遗体。所以在显微镜下看到的双壳纲的壳和恐龙的骨片不包含在微体化石内。

研究微体化石的科学，称为微体古生物学。但曾有一种倾向，是将微体古生物学一词局限于对具矿化壁的微体化石的研究（例如有孔虫和介形虫），以区别于研究具有有机质壁微体化石（例如花粉粒和疑源类）的孢粉学。这种由于处理技术不同而产生的划分，也是很不严格的。必须着重指出的是大古生物学、微体古生物学和孢粉学都具有共同的目标，阐明地球表层的历史，如果它们互相结合，共同前进，会更快地达到这种目标并取得更大的成果。

为什么要研究微体化石？

什么种类的微体化石都取不到的沉积物是很少有的，所取得的种类主要取决于沉积物生成的时代和沉积环境。因此，当地质学家希望知道某一岩层的年龄及沉积的水体的盐度和深度时，将求助于微体化石，以获得迅速可信的答案。所以许多地质调查所、石油公司和煤矿，聘请了成批的微体古生物学家，以增加对岩层的了解，微体古生物学在经济上的作用，无疑地刺激了它的成长。这个学科还运用到哲学的和社会学的某些方面，我们对全球生态体系的发展和稳定性的认识，很多都要从微体化石记录去了解，这是因为许多微体化石类群占据了食物网基部或靠近基部的位置。探索自然进化的研究也不能忽视微体化石记录，因为它拥有丰富的实例。最近在前寒武纪岩层中的发现，进一步增强了对微体化石重要性的理解。目前，微体化石为地球上生命历史的四分之三以上的阶段提供了生物进化的主要证据。

细 胞

很多微体化石是只有一个细胞的(单细胞的)生物的遗体。所以只要对这类细胞有一点知识就能够帮助我们了解微体古生物的生活方式,并据此了解它们对于地球科学可能具有什么价值。单细胞通常具较有弹性的外部细胞膜(图1.1),细胞膜包围并保护它里面叫做原生质(或细胞质)的柔软细胞物质。原生质中的小泡叫做液泡,液泡中充满食物、排泄物或水,司细胞营养或者调节盐和水的平衡。一个颜色较深的被薄膜包裹的叫做细胞核的

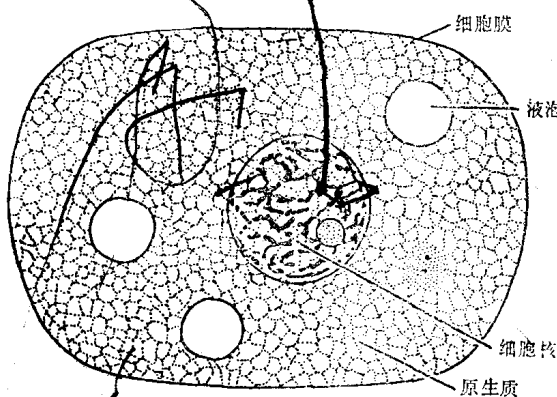


图 1.1 一个活细胞(图解)

物体控制细胞的无性和有性分裂,并且制造蛋白质。细胞中其它与生命功能有关的小粒体叫做类器官。从某些细胞伸出的,叫做鞭毛的鞭状细丝是司运动的类器官。某些单细胞带许多短鞭毛,统称为纤毛,另一些单细胞用从细胞壁和原生质伸出的足状突出物行动,这种突出物叫做伪足。其它大量出现的类器官为有色体(或绿色体)。这些微小的构造,含有进行光合作用的叶绿素或类似的色素。

营 养

生物建造其躯体的基本方式有二:异养的或自养的。异养的生物,就像我们人类一样,捕食和消费活着的或已死的有机质。自养的生物具有叶绿素这类的色素,利用阳光、 CO_2 和 H_2O ,从无机物综合形成有机质,这种作用称为光合作用。相当多的微体化石类别兼营这两种营养方式,称为混合营养的生物。

繁 殖

无性生殖和有性生殖是细胞繁殖的两种基本方式。在无性生殖中,所见到的细胞的简单分裂,产生两个子细胞,其核内含物在比例上与其亲代类似。有性生殖则是使这种正常的核内含物比例减半,而终于和另一个已经“减半”的细胞发生有性结合,这样每个细胞所包含的信息可以朝着有利于物种的方向传送。这种减半的作用由细胞的四重分裂来完成,这种四重分裂称为减数分裂,其结果是形成四个子细胞而不是二个。

生 物 界

一切生活着的个体都属于一个天然独立的单位,叫做物种(或种——译者)。物种乃是互相自由交配的,分享共同生态环境的居群。甚至,那些不进行有性生殖(例如硅鞭毛藻)或不具备固有组织的低等生物(例如,蓝藻类),也以形态上和生态上独立的种的形

式出现。显然不可能证明一个微体化石的居群是否自由地互相交配，但是，如有足够丰富的标本，形态与生态上的不连续性是有可能认识的。这可作为区分各个化石种的根据。

由于种是起作用的单位，在系统分类中，更高级的分类单位则仅仅是暗示有共同祖先关系的抽象单位。一切的种都归属于属，一个属包括一个或多个关系密切的种，这些种将以明显的形态、生态或生物化学的不同，而区别于属于邻近属的其它的种。属在时间与空间上都比种分布得更广，所以它们的地层对比价值不是很大的。但它们在古生态和古地理研究中有相当大的意义，科、目、纲等一系列更高级的分类范畴（常常插入亚科、亚目、亚纲或超科、超目、超纲）应各包括一群躯体组织等级相似并有共同祖先的分类单位。它们在生物地层学及古环境研究方面的价值比较小。动物的门这一分类单位是以主要构造差别为基础限定的。而植物的与之相应的部则主要是由构造、生活史及光合作用色素所限定的。

最高的分类范畴是界，十九世纪一般只承认两个界：植物界和动物界。植物被认为主要是不运动的，用光合作用制造食物。动物被认为是运动的，以摄取已经形成的有机质为食。虽然生活于陆地的大生物中这些区别是明显的。以水生为主的微体生物世界中有许多跨越动植物界线的生物。Whittaker (1969) 的分类以确认五个界来适应这种情况：原核生物界、原生生物界、植物界、真菌生物界及动物界（图1.2）。

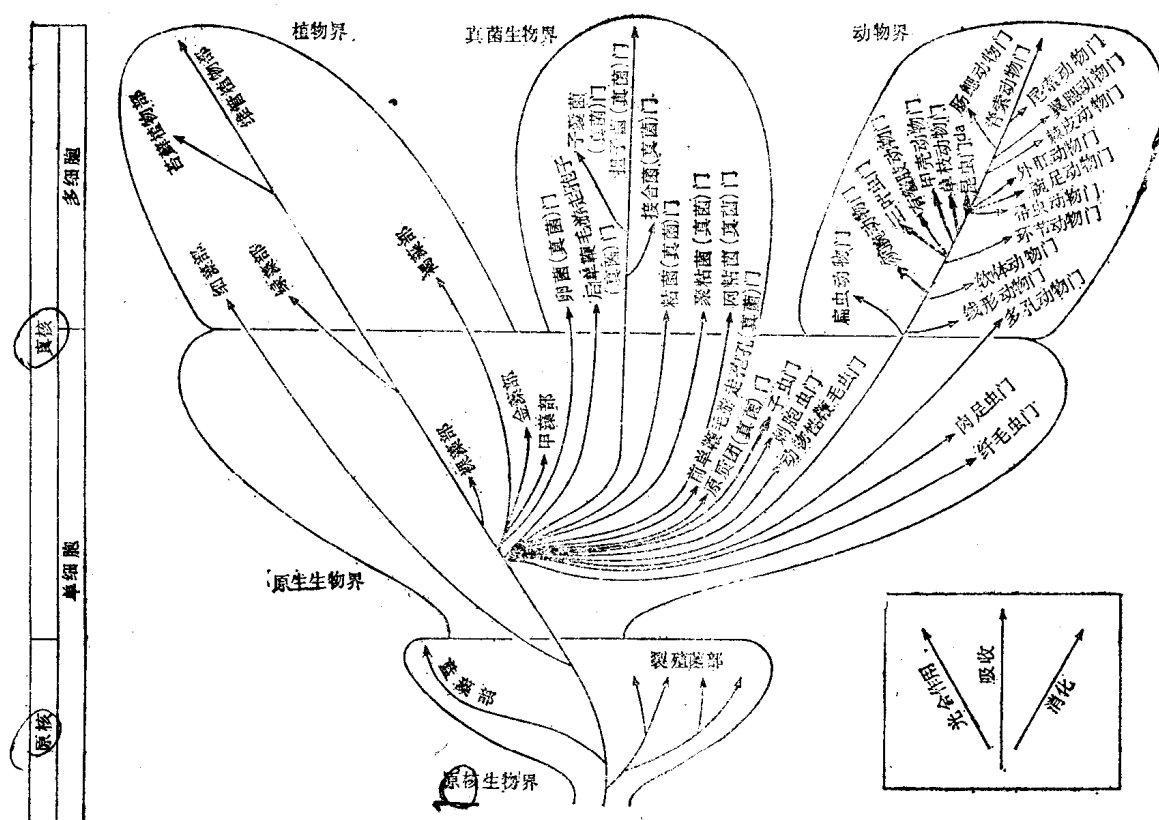


图 1.2 生物的各个界
(据Whittaker 1969, 修改)

原核生物是单细胞的，但没有核、液泡和类器官，这种没有有性生殖的原核状态，是蓝藻部蓝绿藻和裂殖细菌部细菌的特征。其它四个界则是真核的，那就是，它们的细胞

具核，有液泡和类器官，能够进行正常的相应的细胞分裂和有性生殖。

原生生物是能运动的单细胞生物，身体的轮廓相当多样。有些如沟鞭藻（属甲藻部）具有可运动的鞭状鞭毛和光合作用的色素。因此，它们很像真正的植物，或许和植物界的祖先有密切的关系。有孔虫和放射虫（属肉足虫门）用活动的伪足吞没食物。而丁丁虫（属纤毛虫门）表面披着一层刚毛状的纤毛，通过一个围有“触手”的口消化食物。所以，这些异养的原生生物与动物的关系要比植物更亲近。

多细胞并且大多不能运动的藻类和高等陆生植物均属植物界。它们的遗体绝大部分是古植物学的研究对象，但绿藻和红藻（尤其是钙质的）以及陆生植物的孢子花粉作为微体化石是非常普遍的。

真菌生物是异养的，吸收已形成的有机质为食。可惜，它们的繁殖孢子和无性的菌丝很少保存成化石和被研究，所以本书对它们不作介绍。

动物界包括多细胞的无脊椎动物和脊椎动物，它们以已形成的活的或已死的有机物为食。即使成年个体也要用显微镜观察的无脊椎动物，例如介形虫，可认为是微体化石，但我们希望将大动物的微小组成部分（例如海绵骨针、虫牙、棘皮动物的骨板，幼年个体等）排除在微体化石之外。仅有一个例外，即牙形石。虽然牙形石似乎属于某种绝灭的大动物的器官，它们本身的微小和地层学意义使之和其它微体化石有许多共同之处。关于大型无脊椎动物化石记录更多的信息，读者可请教Clarkson 1979年的专著。

并非所有的微体化石都能恰当地纳入现行的系统分类。下文中，对那些所隶属的门或部尚未确定的类群（如疑源类，几丁虫类和牙形石类），非正式地暂各定为一类。

地 层 柱

出露在地表的岩石序列可以排列成地层柱，最老的岩石位于底部，最新的位于顶部（图1.3）。虽然绝对年龄已由放射性同位素的研究确定，但仍习惯于使用主要根据其所含化石不同而划分的地层单位的名称。这些单位被排列成岩石地层等级序列（岩石地层学）、化石地层等级序列（生物地层学）和时间地层等级序列（年代地层学）。

岩石地层单位，如层、段、组等，广泛地应用于地质制图。在此，与我们没有进一步的关系。生物带是生物地层学的基础单位并且由这样一套岩石组成，它们以一类或多类特殊化石的出现为特征，这样的化石称为带化石。

正式的年代地层的时间单位也很重要，按从小到大的次序包括期、世、纪、代，例如，我们可以举属于古生代寒武纪Comley世的Atdabanian期为例。在这些时间内沉积下来的岩层正式地称为阶、统、系、界（例如属于Comley统的Atdabanian阶等）。比较不正规的划分也应用得很广泛，所以我们可以将寒武纪早期沉积的岩层说成下寒武统。在下文中，给这类不正规的、进一步划分的岩石单位冠以下、中及上（例如，下寒武统、中寒武统和上寒武统——译者注）。

地层柱的主要划分单位见图1.3，Hedberg (1976) 提供了更多地层命名学的知识。

界/代		系/纪		统/世		
现代以前, 以百万年计	0			更新统和现代 (第四系)		
	1.8	新生界	上第三系		上新统 中新统	
	26		下第三系		渐新统 始新统 古新统	
	65	中生界	白垩系		上白垩统 下白垩统	
	135		侏罗系		上侏罗统 中侏罗统 下侏罗统	
	190-205		三叠系		上三叠统 中三叠统 下三叠统	
	225-45	上古生界	二叠系		上二叠统 下二叠统	
	280-90		石炭系	上石炭统 (西里西亚统)	宾西法尼亚统	
	345-80			下石炭统 (狄南统)	密西西比统	
	395-430		泥盆系		上泥盆统 中泥盆统 下泥盆统	
	430-60	下古生界	志留系		当塞统 罗德洛统 文罗克统 兰德维里统 上志留统 中志留统 下志留统	
	500-30		奥陶系		阿什格尔统 卡拉道克统 兰代罗统 兰维尔统 阿伦尼克统 特马道克统 上奥陶统 中奥陶统 下奥陶统	
	570-610		寒武系		上寒武统 (梅里内恩茨统) 中寒武统 (圣代维斯统) 下寒武统 (康姆莱统)	
	c.700	元古界	上元古界 (上前寒武系)	文德系	上文德统 下文德统	
	c.1700			里非系	上里非统 中里非统 下里非统	
	c.2500		下元古界 (中前寒武系)			
	c.4500	太古界 (下前寒武系)				

图 1.3 地层柱

注: 上寒武统 (梅里内恩茨统), 有人译为梅里欧内茨统

第一部分

原核生物——基本单元

2. 蓝藻部——蓝绿藻

原核生物的蓝藻部俗称蓝绿藻，因被蓝绿色素染色而得名。而现代蓝藻亦可以是橄榄绿或红色。它们由微小的细胞构成，大多数直径不到25微米，单细胞或组成群体。与其它藻类、高等植物和动物不同，它们缺少一些细胞特征，特别是缺少正规的包围核的薄膜。因此将其与细菌一起，置于原核生物界。

恰如预期的那样，这些原始的细胞具有漫长的地质历史，回溯到某些最古老的岩层（距今32亿年以前）。这类生物在其地质历史的大部份时间里，参与了海洋中和陆地上生物沉积构造（叠层石和凝块石）和陆相钙质皮壳（钙华或石灰华）的建造以及碳酸盐类沉积物的沉淀与衰变。

由于它们的进化意义和作为前寒武纪与早古生代带化石的潜能，蓝藻是值得研究的。叠层石还是有用的环境标志。

现生的蓝藻

蓝藻的细胞较小，其直径从1—25微米。它们的轮廓可以呈球形（浆果形）、卵圆形、圆盘形、圆柱形或豆状。其细胞既没有核膜、线粒体，也没有能收缩的液泡。蓝绿色素和叶绿素分布在细胞进行光合作用的边缘部份的细褶中。

蓝藻的细胞可以是单个的单细胞或者排列成群体，被由纤维素纤维构成的外粘胶状鞘所包围。群体中细胞的排列可由规则到不规则，呈扁平状、立方形、球形、单列丝状体和分支丝状体（图2.1，2.2）。丝状群体的细胞包括细胞列。

蓝藻和高等植物一样，用光合作用放出游离氧，从无机质制造有机质。对于光线的需要使它们向阳生长。呈丝状体的类型通过基底向上移动，以达到向阳的目的，在移动过程中将老鞘遗留在后面。由于鞘是有抵抗力的纤维素，同时细胞壁乃是可降解的氨基酸和糖，鞘拥有保存成化石记录的较好的机会。

蓝藻的生活史

蓝藻是极其古老和原始的生物，尚未形成细胞的可控制的有丝分裂和减数分裂。因此未见其营有性生殖，繁殖完全是无性的，常常由裂殖，细胞之分裂或者形成内生孢子、静

止孢子、藻殖段等方式来实现。细胞分裂包括由细胞壁向内生长，将细胞一分为二的分裂（即二分裂，图2.1a）。与真核生物的有丝分裂不同，细胞的内含物在两个新细胞之间任意地分布。裂殖单纯是由群体破裂成较小的群体。内生孢子则是细胞在内部分开，形成两个或多个孢子最后释放出来形成新群体（图2.1i）。静止孢子也是孢子细胞，它们单个地由营养细胞个体加大并形成具纹饰的厚壁，发育而成（图2.2c）。渡过干燥和寒冷的条件后，静止孢子萌发出藻丝体。藻殖段是丝状体类型的特征，它们是从细胞列上脱落下来的小片段，从鞘中滑落下来，分别发育（图2.2a）。

分 类

原核生物界 Kingdom Monera

蓝藻部 Division cyanophyta

蓝藻纲 Class Cyanophyceae

蓝藻的形态分类以下列特征为根据，按其重要性的一般程度为：组织水平，生殖方式，分枝的有无与类型，异形胞的有无。

最原始的组织见于色球藻目 (Order Chroococcales)，其细胞或单独存在或松散地排列成群体，位于共同的鞘中。例如，现代的*Synechocystis* (集胞藻，图2.1a)，其细胞单独存在和有点类似产自无花果树燧石层 (Fig tree Chert) 的前寒武纪的单细胞*Archaeosphaeroides* (古球藻，图2.1b) 以及产自冈弗林特燧石层 (Gunflint Chert) 的前寒武纪单细胞*Archaeosphaeroides* (古球藻，图2.1b) 和*Huroniospora* (图2.1c)。 *Anacystis* (组囊藻) 是一种现生的不规则的单细胞群体 (图2.1e)，化石类型如：*Renalcis* (雷纳克藻，图2.1f，早寒武世—石炭纪) 和*Myxococcoides* (粘球菌藻) (图2.1d，

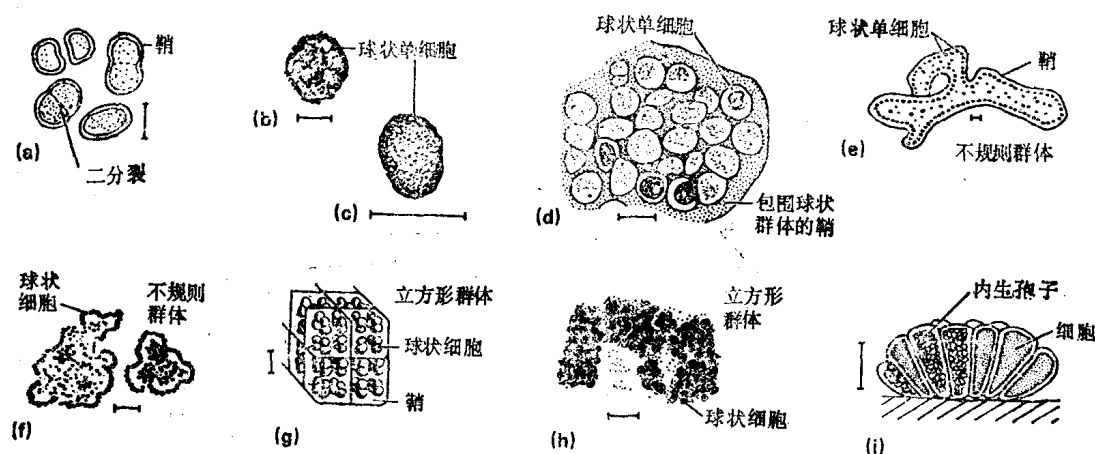


图 2.1 包球藻目

(a) 现代的*Synechocystis*; (b) 前寒武纪的*Archaeosphaeroides*; (c) 前寒武纪的*Huroniospora*; (d) 前寒武纪的*Myxococcoides*; (e) 现代的*Anacystis*; (f) 化石的*Renalcis*; (g) 现代的*Eucapsis*的群体; (h) 前寒武纪似*Eucapsis*的群体; (i) 现代的*Entophysalis*。比例尺：各线段均等于10微米。[(b) 据Schopf和Barghoorn (1967); (c) 据Barghoorn和Tyler (1965); (d)及(h) 据Cloud (1976); (g) 据Fogg等 (1973); (i) 引自Chapman和Chapman (1973)]