

医学微生物学

艾·贾维茨
〔美〕 约·迈尔尼克 著
爱·艾德尔伯格

人民卫生出版社

医学微生物学

〔美〕 艾·贾维茨
 约·迈尔尼克 著
 爱·艾德尔伯格

邓瑞麟 王立人 卢昌秀
刘庆良 朱景玉 毕爱华 译
刘恭植 杜公振 张武军
张训桓 章谷生 薛昭华
 杜 公 振 审

人 民 卫 生 出 版 社

内 容 简 介

本书内容新颖,能反映出本专业的最新成就,尤其对有关传染病与化疗以及生物化学、遗传学、免疫学、病毒学等方面问题详加阐述。已译成十余种文字,在许多国家广为流传。本书除供医学大学生及医师阅读外,对学习微生物学基础课程者亦为有用的参考书。

Review of Medical Microbiology

E. Jawetz

J. L. Melnick

E. A. Adelberg

1980, 14th Edition

Lange Medical Publications

医学微生物学

邓瑞麟 等译

人民卫生出版社出版
(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 40 $\frac{3}{4}$ 印张 4插页 947千字
1983年10月第1版 1983年10月第1版第1次印刷

印数: 00,001—15,300

统一书号: 14048·4465 定价: 5.45元

[科技新书目 54—77]

中文译本前言

本书作者和出版社对中华人民共和国的大学生、教师和科研工作者采用本书，表示热烈欢迎。本书自1954年问世以来，我们极重视这一国际性教科书的编写，每两年修订一次，以便及时反映出此门科学的最新成就。

本书修订的目的在于及时就传染病与化疗这些医学微生物学的极为重要的方面作全面的正确的阐述，它是站在与传染病作斗争的前线。本书主要供医学生、实习医师、内科医师使用。由于近年来微生物学基础知识日趋重要，因此本书以一定篇幅论述有关的基础科学。书中详细阐述了生物化学、遗传学、免疫学、病毒学和化疗等有重大新进展的章节，望能对学习微生物学基础课程的学生也有裨益。

本书是名副其实的国际性教科书，外文译本有日语、西班牙语、德语、法语、葡萄牙语、意大利语、塞尔维亚-克罗地亚语、波兰语、土耳其语和阿尔巴尼亚语版本。最近中文版问世，我们希望能借此对进一步巩固贵我两国间的友谊起促进作用。

读者对本书的反映和意见，使我们能随时注意到从事现代医学微生物学教学的学者及学习这门课程的学生的需要和倾听他们的呼声。本书作者中有人有幸访问过中国，感到中国人很热情、诚挚，勤奋好学。为科学而献身的中国医学工作者，继承着固有的优良传统，学识渊博，品德高尚，希望他们对本书提出有益的批评、评论和建议。

艾·贾维茨
约·迈尔尼克
爱·艾德尔伯格
杰·朗格

1981年

生物学领域中常用的国际制单位

前 缀	代 号	大 小
kilo-	k (千)	10^3
deci-	d (分)	10^{-1}
centi-	c (厘)	10^{-2}
milli-	m (毫)	10^{-3}
micro-	μ (微)	10^{-6}
nano-	n (纳)	10^{-9}
pico-	P (皮)	10^{-12}

以上前缀一般用于米制或其他单位。例如, micrometer (μm , 微米) 即 10^{-6} 米, 旧称 micron 或 μ ; nanogram (ng, 纳克) 即 10^{-9} 克, 旧称 millimicrogram (毫微克) 或 $\text{m}\mu\text{g}$; picogram (pg, 皮克) 即 10^{-12} 克, 旧称 micromicrogram (微微克) 或 $\mu\mu\text{g}$ 。以上前缀也适用于秒、单位、克分子、渗透压摩尔等。埃 (Angstrom, 即 \AA , 等于 10^{-10}) 现改用纳米表示, 如 40 埃等于 4 纳米。

目 录

中文译本前言	[3]
生物学领域中常用的国际制单位	[4]
第 1 章 微生物世界	1
第 2 章 菌细胞结构	7
第 3 章 细菌的几大类	35
第 4 章 微生物遗传学	43
第 5 章 微生物的代谢	69
第 6 章 微生物的培养	89
第 7 章 微生物的生长与死亡	96
第 8 章 特殊环境的微生物	108
第 9 章 噬菌体	121
第 10 章 抗菌化学治疗	132
第 11 章 宿主-寄生物之间的关系	169
第 12 章 免疫学 I: 抗原与抗体	181
第 13 章 免疫学 II: 抗体介导和细胞介导的反应	206
第 14 章 化脓性球菌	224
第 15 章 革兰氏阳性杆菌	246
第 16 章 棒状杆菌属	255
第 17 章 分枝杆菌属	260
第 18 章 革兰氏阴性肠道细菌	270
第 19 章 革兰氏阴性小杆菌	289
第 20 章 螺旋体及其它螺旋形微生物	303
第 21 章 立克次氏体疾病	313
第 22 章 衣原体	321
第 23 章 其他致病性微生物	331
第 24 章 人体正常微生物丛	339
第 25 章 医用真菌学	344
第 26 章 医学微生物学诊断原则	369
第 27 章 病毒的一般特性	391
第 28 章 从临床标本中分离病毒	437
第 29 章 病毒性感染的血清学诊断与免疫学检测	446
第 30 章 虫媒病毒类	465
第 31 章 小核糖核酸病毒科(肠道病毒和鼻病毒群)	486
第 32 章 肝炎病毒	503
第 33 章 狂犬病与其它神经系统的病毒病	521

第 34 章	正粘病毒(流感)与冠状病毒科·····	536
第 35 章	副粘病毒科及风疹病毒·····	551
第 36 章	痘病毒科·····	566
第 37 章	腺病毒科·····	578
第 38 章	疱疹病毒科·····	585
第 39 章	呼肠孤病毒、轮状病毒及其他人类病毒·····	601
第 40 章	肿瘤病毒类·····	612

第1章 微生物世界

在微生物被发现以前，人们认为世界上只有动物和植物两类生物，没有什么过渡型生物。直到19世纪，才知道微生物同时具有动物性和植物性两种特性。现在大家都已承认，微生物是由动物和植物的共同祖先进化而来的，并未曾发生什么大的变化。

生物学家把所有生物区分为动物界和植物界，因而发生不少荒谬的事。例如因多数真菌无活动力，便把它列入植物界。但事实上，它有很少特性是植物性的，并在种系发生上与原虫有亲缘关系。

为了避免把这种中间型（即过渡型）生物随心所欲地安置在动物界或植物界，海克尔（Haeckel）于1866年建议，将这些生物另划为一界，称原生生物（Protista）。按海克尔所下的定义，原生生物包括藻类、原虫、真菌和细菌。但于本世纪中叶，电镜检查方法揭示，细菌的细胞结构根本不同于其他三大类生物，因为它们都是真核性的（eukaryotic）。真核是植物和动物细胞所共有，为细胞的高级结构；而细菌则只有很原始的核结构，为原核性的（prokaryotic），（关于这两型细胞构造见第二章）。原生生物这一术语目前只用于称真核性微生物，而细菌则总称为原核生物（prokaryote）。

藻类这一名称长期用于指称含叶绿素的微生物，它产生的气体氧是光合作用的副产品。电镜检查揭示，一大群以前称为蓝绿藻的微生物是真正的原核生物，因之，改称为蓝细菌（Cyanobacteria）（见 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th ed, 1974）。

有三群原核生物，即甲烷菌（methanogens）、极嗜盐菌（extreme halophiles）和嗜热酸菌（thermoacidophiles）都有不同于其它原核生物的特性，因而被认为是最原始形式的生物，总称为原始细菌（archaeobacteria）。经细菌核糖体RNA碱基顺序分析证明，原始细菌与其他细菌没有密切的亲缘关系，它们的细胞壁和细胞膜成分及其物质代谢，也都很不同。

当前的微生物分类是：

I. 原生生物（真核性的）

- A. 藻类
- B. 原虫
- C. 真菌
- D. 粘菌（有时列入真菌）

II. 原核生物

- A. 细菌
- B. 蓝细菌
- C. 原始细菌

细菌还包括两群微生物，即衣原体（Chlamydiae，亦称贝德逊氏体，Bedsoniae）和立克次氏体（Rickettsiae）。后者不同于其他细菌之处是体积较小（直径约为0.2~0.5微米），并且是绝对细胞内寄生的。至于它们何以有这种特性，原因还不清楚。但有根

据认为它们为了生长繁殖，需要来自宿主细胞的辅酶和复杂的高能代谢产物（例如腺甙三磷酸）。这种物质能透过菌细胞膜。

病毒已被列入微生物纲，但它与一切具有细胞形态的微生物有明显差别。病毒颗粒是由核酸构成的，其核酸为去氧核糖核酸(DNA)或核糖核酸(RNA)。在核酸外面，由一蛋白壳将其包裹起来，此即病毒壳（亦称衣壳），病毒壳的功能是保护核酸，便于病毒附着于细胞上和侵入宿主细胞。病毒核酸是一种具有传染性的要素，在宿主细胞内，它的功能和宿主细胞的遗传物质相同，能利用宿主细胞的酶系统进行复制和控制病毒蛋白的合成。新生成的病毒核酸与病毒蛋白亚单位装配在一起，这便是病毒成熟过程，由此形成成熟的病毒粒，然后从宿主细胞释放出来。

有许多植物传染病是由类病毒(viroid)引起的。类病毒是一种极小的单股RNA分子，共价地结成环状，有高度的由碱基对构成的杆状结构，无病毒衣壳，其分子量为75,000~100,000，它在宿主体内，究竟是翻译成为多肽，还是直接干扰宿主机能，仍不清楚。如果前一种说法正确，那么，最大的类病毒也只能翻译成为一个单个多肽的等价物，约含55个氨基酸。

关于人类病毒的特性，将在第27章中讨论，细菌病毒则在第9章中讨论。

原生生物

不论原生生物还是植物细胞或动物细胞，都有一种称为真核的细胞结构。在这种细胞中，核有一整套染色体。染色体在细胞繁殖时，通过复杂的有丝分裂装置进行分离。细胞核膜直接与分支的内胞浆网相连续。细胞浆含有能自行复制的细胞器（如线粒体，在光合性细胞中为叶绿体）和微管结构与微丝等。此外，还有运动器（纤毛或鞭毛），它是由复杂的多股成分构成的。

藻类

藻类(algae)一名称，通常是指含叶绿素的原生生物，根据种系发生学，可将其分为6属（详见Smith GM, cryptogamic Botany, 2nd ed. Vol. 1: Algae and Gungi. McGraw-Hill, 1955.）。

原虫

根据Smith氏藻类分类法，有许多种能营光合作用的，并具鞭毛的单细胞生物都被列入藻类，而在许多教科书中则仍列入原虫纲，它包括绿藻门的团藻虫目、眼虫藻门、甲藻门和金藻门等的一些成员。把它们列入藻类，并非出自随心所欲，而是有一系列确实的种系发生学的证据，足以证明它们和典型藻类的关系。

另一方面，能营光合作用的鞭毛生物大概是一种介于藻类与原虫间的过渡型生物。根据这一论点，可以认为原虫是由藻类通过丧失叶绿体而演化来的。由此可知原虫的起源是多元性的，它有不同的祖先。在实验室里，可以把鞭毛生物通过突变，使其由绿色变为无色，由此而发生的变种无法与某些原虫相区别。

最原始的原虫是鞭毛型原虫。原虫为单细胞性的，不能营光合作用，由这种鞭毛型能演变为阿米巴样原虫和纤毛型原虫。此外，还有中间型，它在一定的生活周期是有鞭毛的，而在另一个周期则有伪足。对阿米巴来说，伪足是它的特征。

原虫的最简单分类法：

门：原虫 (Protozoa)

纲 I：鞭毛原虫 (Mastigophora)，是有鞭毛的原虫。

纲 II：肉足虫 (Sarcodina)，是有伪足的原虫。

纲 III：孢子虫 (Sporozoa)，为一种寄生虫，有复杂的生活史 (其中包括包囊期或静止期)。

纲 IV：纤毛虫 (Ciliata)，有高度进化的内部组织结构。

真菌

有些学者认为真菌 (Fungi) 是由藻类演化而来的，其论据是原始真菌 (即藻菌 phycomycetes) 与绿藻 (chlorophyta) 中的某些成员极为类似，但绿藻贮存淀粉作营养料，而其运动器官则为多个鞭毛。反之，原始真菌通常贮存糖原，而非淀粉；且在为水生型时，通常只有一根鞭毛作为运动工具，因此，看来更有理由来追溯真菌的来源为原虫 (注：真菌在演化方面与放线菌没有关系)。

真菌是不营光合作用的原生物，能生长成为菌丝。菌丝有分支，菌丝交织成为一团，形成菌丝体。菌丝虽有横隔，但横隔有孔洞，因之，细胞核物质和细胞质得以自由流通，所以可以把整个真菌细胞看作装在分支管内的多核体 (coenophyte)。这些管是由多糖类 (如几丁) 构成的，它很似菌细胞壁。真菌在菌丝体状态时称为霉。有少数真菌 (酵母菌) 不产生菌丝体，但根据它的有性繁殖周期和其过渡型，容易认其为真菌。真菌与细菌及放线菌之区别，在于真菌为真核生物。真菌的分类法：

纲 I：藻菌纲 (Phycomycetes) 菌丝体一般无横隔，孢子囊内产生极多无性孢子。通过有性融合产生的孢子，有厚壁，处于休眠状态，称为接合孢子 (zygospore)。例：黑色根霉菌。

纲 II：子囊菌纲 (Ascomycetes) 其有性融合导致形成子囊。子囊含 4~8 个子囊孢子，孢子为减数分裂产物，无性孢子 (即分生孢子) 产生于菌丝顶端，露出于菌丝外部。例：发癣菌、小孢子菌、芽生菌。

纲 III：担子菌纲 (Basidiomycetes) 经有性融合过程而产生担子柄。担子柄为一端粗大的杆状物体，其表面上有四个担子孢子 (basidiospores) 为减数分裂产物，而无性孢子 (分生孢子) 则产生于菌丝顶端。例：新型隐球菌。

纲 IV：半知菌纲 (即不完全菌纲, imperfect fungi)，在种系发生学上，它不是一个种系发生学上的类属，而是分类学上的“垃圾堆”，人们把至今尚未发现其具有性生殖的真菌都堆上去。在形态方面，多数类似子囊菌，例：表皮癣菌、孢子丝菌、念珠菌。

子囊菌起源于藻菌，其证据见于过渡型。此型的成员能产生合子。以后，合子直接变为子囊，可以认为担子菌是由子囊菌演化而来的。

虽然真菌的分类是以其有性繁殖为依据，但有性繁殖阶段难诱导也极难见到，因此，对真菌的描述主要是根据其不同的无性繁殖型构造及其他特点 (见图 25-1 和 25-9)，其中包括：

A. 孢子囊孢子 在孢子囊中，形成无性孢子。在陆生型时，孢子囊在菌丝顶端，称为孢子囊柄。这种构造，对藻菌来说是独特的。

B. 分生孢子 这是无性繁殖单位，其发生有两种基本途径：一种是“芽胚型”分生孢子，其产生方式是孢子柄在横隔形成之前，即已膨胀，随后由此处产生孢子。另一

种途径是叶状体型，其分生孢子是于整个菌丝的横隔形成后而分化出来的。芽胚型分生孢子有许多变化，因而亦有各种名称，如果不能检出某种真菌的有性生殖期，则根据分生孢子的形状，在不完全真菌范围进行分类。

C. 关节孢子 叶状分生孢子是由有横隔的菌丝断裂后而形成的，通常称为关节分生孢子。

D. 厚膜孢子 在菌丝中形成厚膜的细胞，即成厚膜分生孢子。此孢子不与菌丝的其他部分分离，于菌丝死亡和裂解后，仍能继续生存。

E. 芽生孢子 单个的芽生孢子由母细胞芽生出来，然后与母细胞分离，其正式名称是芽生分生孢子。

粘真菌

粘真菌 (Slime mould) 的特点是它在某个生活阶段，以阿米巴样多核细胞的形态出现，称为原质体 (Plasmodium)，能蠕动，大至肉眼可以查见，能形成有细胞壁的孢子，并由孢子产生无数的无鞭毛的孢子，有时为无鞭毛的粘液阿米巴 (myxoamebae)。在其重新进入原质体阶段前，通常再发生一次有性融合。

粘真菌的原质体颇似真性真菌的菌丝体，都为多核体。但真性真菌的细胞质只在几丁质管里的分支网状物范围内活动，而粘真菌的原质体能向各方流动。

原核生物

细菌构成了一个种类复杂的微生物群，其与原生生物的区别是：体积极小（最小直径为 0.2~2 微米），有原核结构和独特的遗传传递系统（见第四章）。

蓝细菌是一群微生物，在其体积大小方面，有的近似细菌，有的几与真核藻类相等。它和真核藻类一样，有叶绿素，能营光合作用，并将 H_2O 氧化为气体氧。至于细菌的光合作用，则借助于一种特异化的叶绿素，不能产生气体氧。

不论蓝细菌还是光合菌，其光合作用所需的色素均位于细胞膜下的许多片层中。有些光合菌的片层能在一定外界条件下变为圆形或椭圆形颗粒，称为载色体 (chromatophores)，而真核藻类的光合色素则存在于叶绿体中。有一种有力的论据可用于支持这种假说，即真核藻类的和植物的叶绿体是由体内共生性的蓝细菌进化而来的。

蓝细菌的活动能力，称为滑动或爬行，其运动机制尚不清楚，许多无光合作用的细菌也有这种能力，其中有些与蓝细菌极为相似，以致被认为是“无色的蓝绿细菌”，在进化过程中，失去了光合作用性色素。

关于原核生物，没有更多的概括性内容可述，读者可在第 3 章中，参阅有关各种细菌的论述。

总 结

图 1-1 是上述各组微生物在演化理论方面相互关系的总结。图中右侧所列的是现代微生物诸大类，横线表示进化的时间；垂直线表示相对的进化程度。地球上最早出现的细胞型大概是厌氧性原核生物，由此进化为三个支系，即：①能营光合作用的；②需氧生长的；③原始真核生物 (proto-eukaryotes)，它开始有真核结构，如微管系统和复杂的核结构。

现代真核生物的出现，看来是以下事态相继发展的结果：①蓝细菌与厌氧性原始真核细胞间发生胞内共生现象和由此而产生叶绿体；②出现另一种胞内共生生物（即需氧性原核生物），并导致线粒体出现。这两事态的发生，引起能营光合作用的需氧性真核生物出现，它相当于现代的高等藻类。此外，叶绿体的消失，引起原虫出现，并最终产生真菌和粘真菌。

根据上述进化推论，可以认为：现代的厌氧性细菌和原始细菌是直接由最早的原核生物进化而来的，在这过程中，并未发生重大变化。至于现代病毒的起源，尚不清楚，一个合理的假说是它起源于各自的宿主细胞基因组，它摆脱了正常细胞的控制，并且获得了病毒衣壳。

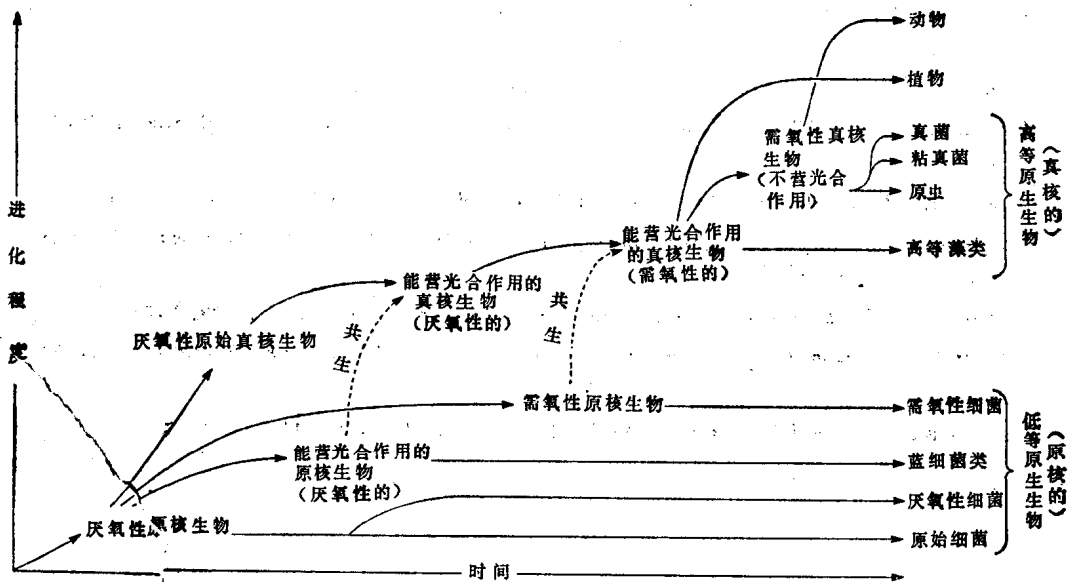


图 1-1 主要微生物群的进化关系

(杜公振译 邓瑞麟校)

参考文献

Books

- Ainsworth GC, Sneath PHA (editors): *Microbial Classification: 12th Symposium of the Society for General Microbiology*. Cambridge Univ Press, 1962.
- Ainsworth GC, Sparrow FK, Sussman AS(editors): *The Fungi, an Advanced Treatise*. Academic Press, 1973.
- Bold HC, Wynne MJ: *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. Prentice-Hall, 1978.
- Brock TD (editor): *Milestones in Microbiology*. Prentice-Hall, 1961.
- Fenner F & others: *The Biology of Animal Viruses*, 2nd ed. Academic Press, 1974.
- Moulder JW, *The Psittacosis Group as Bacteria*. Wiley, 1964.

- Sleigh M; *The Biology of Protozoa*. University Park Press, 1975.
Smith GM; *Cryptogamic Botany*, 2nd ed. Vol 1. McGraw-Hill, 1955.
Stent GS; *Molecular Biology of Bacterial Viruses*. Freeman, 1963.

Articles & Reviews

- Barghoorn ES; The oldest fossils. *Sci Am* 224:30, May 1971.
Balch WE & others; Methanogens; Reevaluation of a unique biological group. *Microbiol Rev* 43:260, 1979.
Cloud P; Evolution of ecosystems. *Am Sci* 62:54, 1974.
Cohen SS; Are/were mitochondria and chloroplasts microorganisms? *Am Sci* 58:281, 1970.
Knoll AH, Barghoorn ES; Precambrian eukaryotic organisms; A reassessment of the evidence. *Science* 190:52, 1975.
Lwoff A; The concept of virus. *J Gen Microbiol* 17:239, 1957.
Raff RA, Mahler HR; The nonsymbiotic origin of mitochondria. *Science* 177:575, 1972.
Singer HL & others; Viroids are single-stranded covalently closed circular RNA molecules existing as highly base-paired rodlike structures. *Proc Natl Acad Sci USA* 73:3852, 1976.
Taylor DL; Chloroplasts as symbiotic organelles. *Int Rev Cytol* 27:29, 1970.
Van Niel CB; Natural selection in the microbial world. *J Gen Microbiol* 13:201, 1955.
Woese CR, Magrum LJ, Fox GE; Archaeobacteria. *J Mol Evol* 11:245, 1978.

第2章 菌细胞结构

光学方法

光学显微镜

光学显微镜在最适宜的条件下，其分辨本领为其照明光源波长的一半（分辨本领是指可将物体造成两个可辨物像的两个光源点间的距离）。黄色光约为0.4微米，其最大分辨本领约为0.2微米。显微镜所应有的放大能力是能以分辨最小物体的能力。用于细菌学的显微镜，通常有放大90倍的物镜和10倍的目镜，这样就可以将标本放大至900倍。以能将直径为0.2微米大小的物体放大至2毫米，并清晰可见，若进一步放大，并不能提高分辨细微结构的能力，只是缩小视野。

若欲进一步提高分辨本领，则须用短波光线。紫外线显微镜使用的光波长为0.2微米，可以分辨直径为0.1微米的物体。带有石英透镜和照像系统的显微镜，售价很高，且使用技术较复杂，不适用于一般用途。

电子显微镜

电子显微镜利用磁体将电子聚成电子束、能分辨小至0.001微米的物体。病毒直径为0.01~0.2微米，亦易被察见。电镜技术的一项重要发展是投影技术，即将标本于真空中置于金属（如铂）离子射线的通道上，使金属沉积于标本上成一薄层。因此，使斜射在标本的另一面未经覆盖的区域，呈现出一个“暗影”。当在电镜中电子束穿过未覆盖的标本时，可以从“负像”中反衬出正像来，以达到三度空间的效果（如图2-25、2-26与2-27）。

电镜技术的另一些重要发展是将包埋的材料制成超薄切片和将材料冻干，可以防止常规制片时出现的变形。另外是用电子致密物质（如磷钨酸）进行负染色。

扫描电镜使显微物体表面呈现立体像（如图3-1）。物体首先用一薄层重金属覆盖，然后用向下放射的电子束扫描，由重金属分散的电子波聚合起来，构成终像。

暗视野映光法

将聚光器透镜系统加以调整，使光线不能直接射入眼内，但若标本中有物体存在，则光线将因反射而可以查见，借此即能看到那些与周围环境对比度不大的结构。此法的重要意义在于可用以观察那些在直射光下不易看到的微生物（如螺旋体）。

相差显微镜

相差显微镜是利用这一原理，即光波穿过透明的物体时（如细胞），由于所穿过物质特性之不同，而引起光相的差异。相差显微镜是通过特殊的光学系统，将光的不同相差变为不同强度差，因而使有一些结构显得比另外一些结构较暗。相差显微镜的特点是可用以鉴别活细胞的内部结构；若用普通光学显微镜观察，则必须先将细胞杀死和染色。

放射自显影术

如将已整合了放射性原子的菌细胞固定于玻片上，再用照像乳剂覆盖，在暗处置放一定时间，照像底片于显影后，在放射性物质因发生蜕变而放出射线的地方出现痕迹。

如将菌细胞用弱放射性物质标记（如氘），亦能在用放射性物标记的位置上显出痕迹，这种检查法称为放射自显影术。此法对追踪 DNA 复制非常有用，这时以用氘标记的胸腺嘧啶作为特异性示踪物。

真核生物细胞的结构

由图 2-1 中的电子显微照像可以看到真核生物细胞的主要特征。以下是其细微结构。

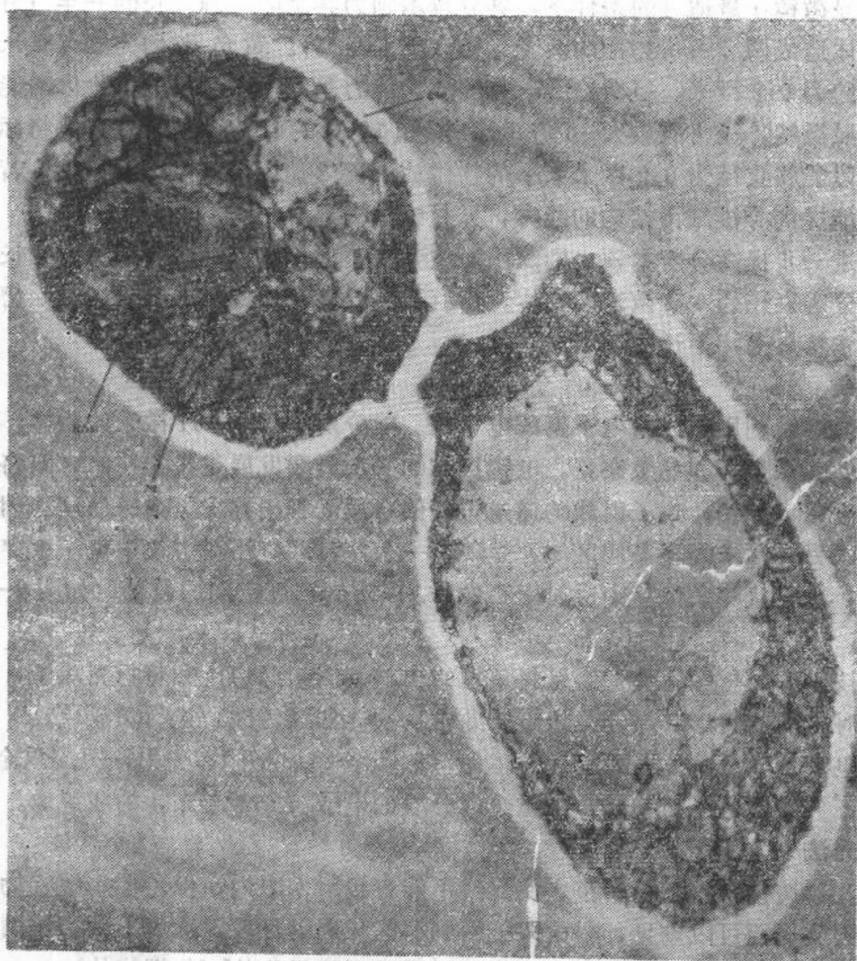


图 2-1 真核细胞超薄切片：脂霉菌分裂图（17,500×）

n：核；nm：核膜；v：空泡；m：线粒体；cw：细胞壁

细胞核

细胞核是由与内质网相连着的核膜包围着。染色体埋藏于核的基质内，不能查见。在细胞的分裂期中，不出现有丝分裂器官。

细胞质结构

真核细胞的细胞质特点是含有内质网、空泡和能自行复制的质粒以及细胞支架。后者是由微管、微丝以及直径大约 10 纳米的中间型纤丝等组成。

内质网系一个由膜包围着大量管道组成的网格，在内质网的某些部位，膜上有核糖体；蛋白质是在这些核糖体中合成，然后经膜进入内质网的管道，并由此输送到细胞其他部位。与此有关的结构是高尔基氏器，它挤出小泡来，能与细胞膜融合，将其所包裹的蛋白质释放于周围的介质中去。

线粒体属于质体，在其膜上含有呼吸电子传递系统和叶绿体（在营光化合作用的生物中）。质体含有自己的DNA，由它编码某些结构蛋白和转移核糖核酸（tRNA）。

细胞支架内有一系列微管系统，能对胞浆膜的功能和细胞的形状以及对有丝分裂纺锤体与鞭毛成分的形成起一定作用；一系列含有肌动蛋白和肌球蛋白的微丝为阿米巴样运动的机械装置；还有中间型纤丝，其功能目前尚不清楚。

细胞表层

细胞质由一层脂蛋白细胞膜包围着，这与原核生物细胞类似（见图2-13），大多数动物细胞无其他表层，但不少真核微生物却有外层细胞壁，它由多糖（如纤维素或几丁质）组成，或含无机物，例如在硅藻的硅酸壁中。

细胞的运动器官

很多真核细胞能借蛋白性附属物在水中推进，这种附属物称为纤毛和鞭毛（纤毛短，鞭毛长）。运动器是由一束排列起来的9根外纤丝组成，包围着两根内纤丝（图2-2和2-3）。纤丝系由微小管集合而成。

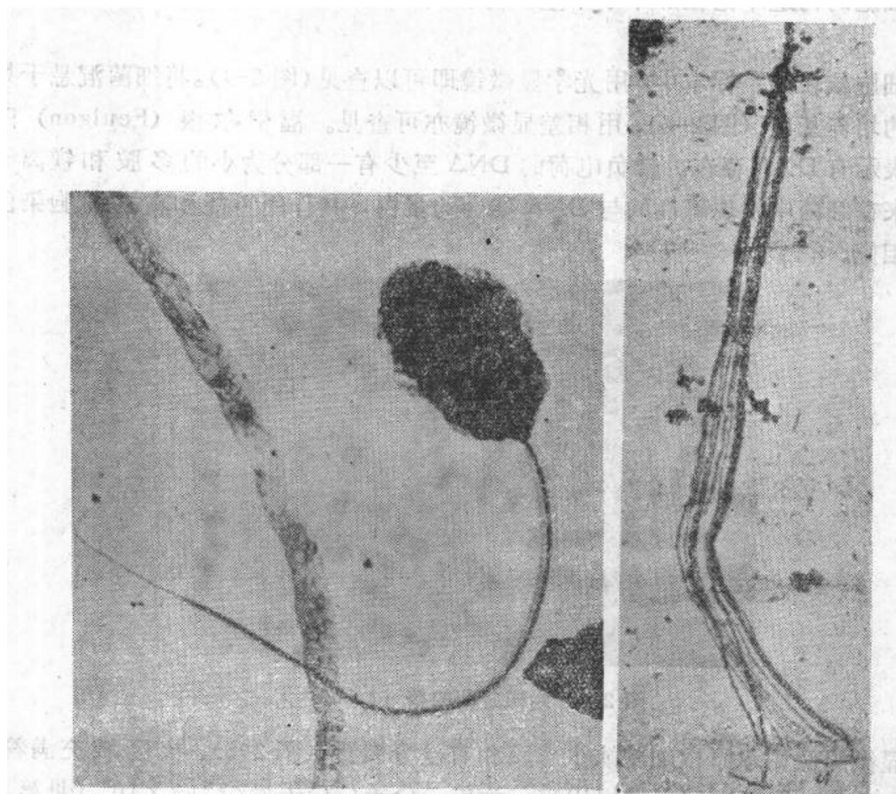


图 2-2 真核细胞鞭毛图 (3,000×)

异水霉真菌的游动孢子，有一根鞭毛。左图为此真菌部分解离的鞭毛，右图有2根内纤丝和9根外纤丝

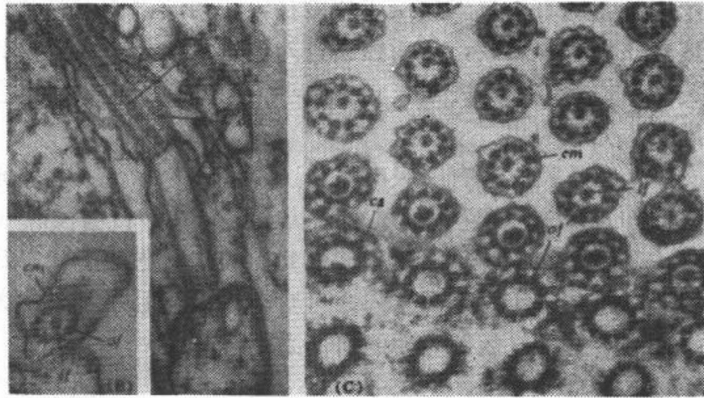


图 2-3 真核细胞的鞭毛和纤毛的细微结构 (31,000×)
 (A)波多虫(一种原生动物的)鞭毛纵切面, k 表示动基体从该处伸出外纤丝(of)。注意: 内纤丝起源于细胞表面。(B)同一鞭毛在接近细胞表面处的横切面, 可见外纤丝, 内纤丝和细胞膜延伸的部份。(C)纤毛虫在表层处的横切面, 下半图中恰好可见纤毛在细胞膜内; 上半图中可见纤毛在细胞膜外, cs: 细胞表面

原核细胞结构

原核细胞的构造不论在那个水平上, 都较真核细胞简单, 惟细胞壁极为复杂。

细胞核

原核细胞核在染色标本中, 用光学显微镜即可以查见(图 2-4)。将细菌混悬于具有适宜折射率的培养基中(图 2-5), 用相差显微镜亦可查见。福伊尔根(Feulgen)氏反应阳性, 这表示有 DNA 存在。带负电荷的 DNA 至少有一部分为小的多胺和镁离子所中和, 但近来在细菌中发现碱性的与 DNA 结合的蛋白, 其作用可能和真核细胞染色体中的组蛋白相似。

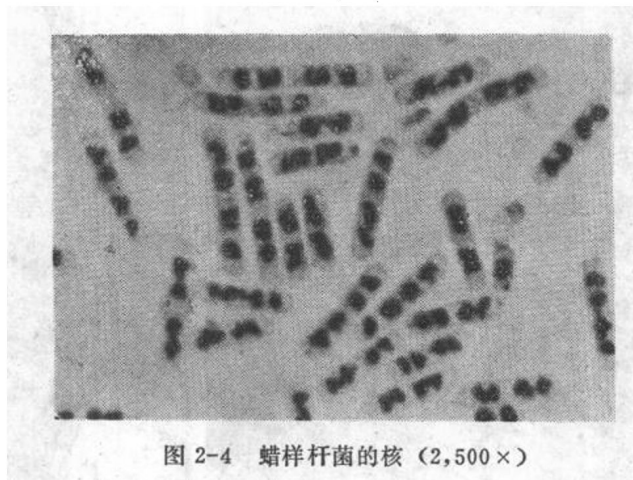


图 2-4 蜡样杆菌的核 (2,500×)

电镜显微照像揭示原核细胞缺少核膜和有丝分裂器(图 2-6), 核区域充满着 DNA 纤丝。菌细胞核的 DNA 可以抽提出来, 为单一分子, 分子量约为 3×10^9 (见第 4 章染色体), 这大概就是单一染色体, 如把它伸展开, 其长度约为 1 毫米。

如将细菌小心地加以溶解, 再经离心沉淀, 即能将细胞核分出。细胞核是由 DNA