

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 细胞学的性质和任务	(1)
第二节 细胞学发展简史	(1)
一、细胞的发现	(2)
二、细胞学说的创立	(3)
三、染色体和细胞遗传学	(3)
四、细胞结构与功能	(4)
五、分子生物学的兴起与细胞生物学的建立	(6)
第三节 细胞的大小和主要类型	(7)
一、细胞的大小	(7)
二、细胞结构的类型	(8)
第四节 细胞学的研究方法	(14)
一、显微镜技术	(14)
二、显微分光光度测量法	(19)
三、冰冻蚀刻和超微放射自显影术	(20)
四、利用微束激光装置给染色体动手术	(21)
五、细胞分级分离法	(21)
六、细胞培养法	(22)
第二章 细胞的化学组成与代谢	(25)
第一节 细胞的化学组成	(25)
一、细胞的元素组成	(25)
二、细胞的无机成分	(26)

三、细胞的有机成分·····	(27)
第二节 原生质的物理性质·····	(34)
一、原生质的一般概念·····	(34)
二、原生质的物理性质·····	(35)
第三节 原生质的代谢·····	(36)
第三章 细胞表面的结构与功能·····	(41)
第一节 细胞膜的结构与功能·····	(41)
一、膜的重要性·····	(41)
二、细胞中的膜系统·····	(42)
三、细胞膜的分子结构·····	(43)
四、膜的主要功能·····	(50)
五、膜本身的代谢转换·····	(55)
第二节 细胞壁·····	(56)
一、细胞壁的形成·····	(56)
二、复杂的化学组成·····	(57)
三、细胞壁的结构·····	(59)
第三节 细胞间的联络·····	(61)
一、纹孔及其类型·····	(61)
二、胞间连丝的结构与功能·····	(62)
第四节 角质膜·····	(66)
一、角质膜的构造及其化学组成·····	(66)
二、角质膜的生理功能·····	(67)
第四章 线粒体与有氧呼吸·····	(72)
第一节 线粒体的形态结构·····	(73)
一、线粒体的形态·····	(73)
二、线粒体的亚显微结构·····	(76)
第二节 线粒体的化学组成·····	(78)

第三节 线粒体结构与功能的相关	(79)
一、线粒体膜的特异通透作用	(79)
二、酶在线粒体中的合理布局	(81)
第四节 线粒体的遗传	(84)
一、线粒体的DNA及其复制	(84)
二、线粒体的蛋白质合成	(85)
第五节 线粒体的增殖与起源	(86)
一、线粒体的增殖	(86)
二、线粒体的起源	(87)
第六节 线粒体的互补作用与杂种优势	(88)
第五章 叶绿体与光合作用	(91)
第一节 叶绿体的形态结构	(92)
一、叶绿体的形态	(92)
二、叶绿体的超微结构与功能的相关	(92)
第二节 叶绿体超微结构的发生发展及其相互关系	(104)
一、叶绿素形成及叶绿素a/b值的变化	(104)
二、光合膜的形态建成	(105)
三、光合膜结构与功能的相关	(105)
四、光合膜面积扩大与植物系统演进顺序的相关	(106)
五、光合膜面积扩大与个体发育的相关	(107)
六、光强对叶绿体结构的影响	(108)
第三节 叶绿体互补作用与农作物杂种优势	(109)
第四节 叶绿体的起源与自主性	(110)
一、叶绿体的起源	(110)
二、叶绿体的自主性	(110)
三、叶绿体和线粒体在遗传自主性上的共性	(111)
第六章 高尔基复合体与液泡系	(114)

第一节 高尔基复合体	(114)
一、形态	(114)
二、功能	(115)
三、高尔基复合体的形成与更新	(117)
第二节 液泡系	(117)
一、液泡系的概念	(117)
二、液泡的形态结构与功能	(118)
第三节 溶酶体	(122)
一、溶酶体的种类	(122)
二、溶酶体的功能	(124)
第四节 圆球体与微体	(125)
一、圆球体的结构	(126)
二、圆球体的功能	(126)
三、圆球体的形成与演进	(127)
四、微体	(127)
第五节 微梁系统与中心粒	(132)
一、微梁系统的概念	(132)
二、微管与微丝	(133)
三、中心粒与中心体	(135)
第六节 细胞基质	(136)
一、细胞基质的结构	(137)
二、细胞基质的后含物	(138)
三、细胞基质的功能	(139)
第七章 核糖体、内质网与蛋白质合成	(142)
第一节 核糖体	(142)
一、核糖体的形态结构	(142)
二、聚核糖体的形成	(143)

第二节 内质网·····	(144)
一、粗糙型内质网·····	(145)
二、平滑型内质网·····	(146)
三、内质网的更新与发生·····	(148)
第三节 蛋白质合成的细胞学基础·····	(149)
一、蛋白质合成的细胞内定位·····	(149)
二、蛋白质合成与细胞超微结构的关系·····	(150)
第八章 间期核的结构与功能·····	(157)
第一节 细胞核的形状、大小和位置·····	(157)
第二节 间期核的结构与功能·····	(158)
一、核质·····	(158)
二、核仁·····	(162)
三、核被膜·····	(167)
四、细胞核的生理功能·····	(170)
第三节 核的更新作用与穿壁现象·····	(172)
一、新核的形成·····	(173)
二、老核的消失·····	(173)
第九章 植物染色体·····	(175)
第一节 染色体的形态结构·····	(175)
一、染色体的形状、大小和数目·····	(175)
二、染色体的结构模型·····	(179)
三、染色体的功能·····	(181)
第二节 植物染色体组和组型分析·····	(182)
一、染色体组及其测定·····	(182)
二、染色体组型及组型分析·····	(184)
三、植物染色体分带及其在染色体组和组型分析中的 应用·····	(186)

四、单倍染色体人工加倍的机理·····	(188)
第三节 植物染色体的检查方法·····	(189)
一、取材·····	(189)
二、预处理·····	(191)
三、固定·····	(193)
四、解离·····	(193)
第十章 植物细胞的分裂、生长和分化·····	(195)
第一节 有丝分裂·····	(195)
一、细胞周期的概念·····	(195)
二、有丝分裂期的决定·····	(196)
三、间期的大分子合成·····	(197)
四、有丝分裂的过程及其分析·····	(203)
第二节 减数分裂·····	(211)
一、减数分裂的概念·····	(211)
二、由有丝分裂向减数分裂的转变·····	(211)
三、减数分裂的过程·····	(213)
四、减数分裂与基因·····	(218)
第三节 细胞非有丝分裂·····	(220)
一、细胞非有丝分裂的普遍性和优越性·····	(220)
二、细胞非有丝分裂的类型·····	(221)
第四节 环境因子对细胞分裂的影响·····	(222)
一、温度、湿度对水稻减数分裂的影响·····	(222)
二、 Co^{60} — γ 射线对小麦、芝麻根尖细胞分裂的影响·····	(223)
第五节 细胞的全能性与细胞分化·····	(224)
一、细胞的遗传全能性·····	(224)
二、细胞的分化·····	(225)
第六节 植物体细胞杂种的形成和识别·····	(227)

一、原生质体的制备·····	(227)
二、体细胞杂种的形成·····	(228)
三、体细胞杂种的识别·····	(231)
第十一章 细胞核与细胞质的相互关系·····	(235)
第一节 各细胞器亚显微结构与功能的简要区别·····	(235)
第二节 核对细胞质的作用·····	(237)
第三节 细胞质对细胞核的作用·····	(238)
第四节 细胞核与细胞质的辩证统一·····	(239)
一、核质互相依存、互相渗透是细胞生存的基础·····	(239)
二、核质互相制约、地位互相转化是细胞生命活动的 根本规律·····	(241)

第一章 绪 论

第一节 细胞学的性质和任务

细胞学是一门基础科学。细胞是组成植物有机体的基本结构单位，它本身又是由更细微的结构所组成的，具有一切生命现象和完整体系的整体。细胞学的任务，是研究细胞的形态、构造、代谢功能及其在个体发育中各组成部分的发生发展和消长关系等规律性，以及细胞在不同生态条件下，这些正常形态结构和代谢活动又起了哪些变化。因此，细胞学与生理学、生物化学、生物物理学、遗传学、形态学、组织学、胚胎学和分类学等学科，均有密切的联系。在很大程度上，它为这些学科打下理论和技术的基础。而且，对细胞内部代谢过程的深入了解和调节控制，可以促进农业科学的发展。

随着电子显微镜的发明，各种尖端新技术新方法的应用，生物物理学、生物化学等边缘学科的建立，许多生物学上的理论问题，都会得到进一步的发展。特别是同生命现象有密切关系的核酸和蛋白质合成，基本物质结构，细胞分裂分化的机制，以及遗传的物质基础等问题，都开始从分子水平的角度进行深入而细致的细胞学研究。

第二节 细胞学发展简史

细胞学发展到现在已有三百多年的历史。下面简述它发展的

几个主要阶段。

一、细胞的发现

十七世纪以前，人们对于生物的认识，只停留在肉眼观察的水平。人们的视力只能看到十分之一毫米以上的东西。1650年，发明了光学显微镜。从此，人们的眼睛洞察入微，开拓了新的视野。1665年，英国物理学家虎克（Robert Hooke）用他设计的光学显微镜观察软木薄片时，发现了很多很小的、与蜂巢一样的封闭小室。他将这种小室叫做细胞。他在茛苳和萝卜等植物的不同部分也发现类似的结构。但是，实际上虎克当时所看到的只是死的细胞壁，而且并不了解这个发现的重要性。十七世纪末，荷兰生物学家刘文虎克（Leeuwenhocke）在动物方面进行了观察和研究，证明动物也具有细胞的结构。随着实验科学的发展，细胞学也迅速发展起来。十九世纪初期，许多形态、生理、遗传等学家开始意识到细胞内含物的重要性。1831年，英国植物学家布朗（Brown）在兰科植物细胞的汁液中，发现有一个圆形而折光性强的颗粒，他把它叫做细胞核。并指出细胞核是细胞内重要的组成部分。接着，法国学者瓦伦丁（Valentin）在结缔组织细胞里发现了核仁，使细胞学向前推进了一步。

1835年，法国的杜尔丹（Dujardin）对低等动物根足虫和有孔虫进行活体观察，发现这些小生物是由一种胶状物质组成的，并描述它是一种完全均质的、具有弹性的、半透明的胶状物质，不溶于水。1846年，摩耳（Mohl）发现在植物细胞内，也存在类似动物细胞的那种物质。他和普希金（Purkinje）把它命名为原生质。1861年，舒尔茨（Schultze）对动植物细胞的原生质作了比较研究，认为动、植物细胞的原生质基本上是相似的，一切生物现象都由原生质产生。他说：“细胞是有生活能力的一群原

生质，有一个核与一层细胞膜。”从此，人们对细胞基本概念的认识便初步确立了。

二、细胞学说的创立

十九世纪三十年代，德国植物学家施莱登（M.Schleiden）在前人研究基础上，证明了所有植物有机体都是由细胞构成的。他在1838年提出：“细胞是任何一个植物体的基本单位，最简单的植物是由一个细胞构成的，而大多数植物是由细胞和细胞变态构成的。”动物学家施旺（T.Schwann）从动物材料上不仅证实了施莱登的论点，而且有所发展。由此他们指出：“细胞结构是一切生物体共有的特征，所有动植物的组织都是由细胞组成的，细胞是动植物有机体结构和发育的基础。一切多细胞有机体都遵循细胞分裂和分化的规律。”从而创立了细胞学说。

细胞学说创立的重大意义，在于证明了生物的基本构造和生命过程是有着细胞这一个共同基础的；由于细胞的分裂分化与变异而产生新个体和生物新种类。这样生物的起源、成长和结构的秘密被揭开了，从而给神创论以致命的打击，为十九世纪哲学领域中辩证唯物主义战胜形而上学提供了有力的证据。因此，伟大的导师恩格斯高度评价了细胞学说，把它列为十九世纪自然科学的三大发现之一（即细胞学说、能量守恒及转换定律、达尔文进化论）。其次，细胞学说的创立是细胞学本身发展史上的一个重要阶段，对生物的结构、机能和生长发育的研究是一个新的起点，为其它生物学科，如组织学、胚胎学、生理学等发展奠定了唯物论的基础。同时，也是达尔文关于生物进化理论的前提。

三、染色体和细胞遗传学

对细胞分裂过程的研究导致染色体的发现。细胞核在细胞分

裂时发生复杂的变化，引起人们的注意。1841年，有人观察到细胞直接分裂的现象，常称无丝分裂。1879年，发现了有丝分裂，在有丝分裂的过程中，染色体的形成以及它们均等分配到子细胞核中，同时每一种生物细胞中的染色体数目是恒定的。十九世纪末，发现了另一类细胞分裂——减数分裂。它发生在有性生殖的过程中，即在孢子母细胞形成孢子时，细胞中染色体数目减半。与此同时，遗传学已经建立遗传单位独立分配的法则。而减数分裂时，染色体的行为是与遗传单位独立分配的现象十分相似的。于是，在二十世纪初形成了染色体可能是遗传物质载体的概念，从而产生了细胞遗传学。在本世纪三十年代，摩尔根提出基因学说，认为基因（也叫遗传单位）是落实在染色体内一定的位点上。近代细胞生化的研究已经确定染色体的主要成分是去氧核糖核酸（DNA），而它正是生物体内主要的遗传物质。近20年来，在细胞遗传学的基础上，进一步发展到分子遗传学。细胞遗传学和分子遗传学在生物学中是研究生物体的遗传行为、变异、形态发生和系统演进，同时也研究医药和农业的有关重要问题。

四、细胞结构与功能

到二十世纪初，构成细胞的主要单位——核、核仁、叶绿体、线粒体、高尔基体、液泡和细胞壁等均已发现，并提出原生质体的理论，把细胞各部分看做是一个有机的整体。然而，那时对原生质体内的各部分的功能及彼此如何联系成为整体，却知道得很少。对于细胞的结构和功能相关的了解，是在二十世纪四十年代在细胞学和生物化学结合以后才逐渐明确。

用细胞匀浆法和各种其它方法把细胞的各个部分分离开。后来又发展到可以分离出所选择的细胞部分，并进行单独的分析。这是在这时期发展起来的一套操作程序。在这个时期发展起来的

另一套程序，是细胞化学的方法。这种方法，主要是在细胞水平上，鉴别细胞的化学组成和活性。由于方法的不断改进，对细胞组成和细胞各部功能的知识得到了更加全面的了解。如了解到线粒体是有氧呼吸的场所，在有氧呼吸的过程中，糖被氧化了，释放出大量能量，供细胞生命活动的需要。在叶绿体中，通过光合作用，把光能转化成化学能，并贮藏在糖分子中。

利用上述方法，还发现蛋白质的合成主要是在细胞质中进行。这一发现是很重要的，因为：（1）蛋白质是组成细胞的主要成分；（2）所有的酶都是蛋白质，酶又是重要的有机催化剂，它调节细胞内许多生化反应的进行。

业已发现，蛋白质的合成与现在称作核糖核蛋白体的这种亚显微颗粒有联系。这些颗粒由蛋白质和核糖核酸（RNA）组成。核酸有两种：一种是去氧核糖核酸（DNA），大部分存在于细胞核中，少部分存在于线粒体和叶绿体中，它是染色体的主要组成成分；另一种是核糖核酸，存在于细胞核仁中，也存在于细胞质中。

近代细胞学和生物化学的重大成果之一，是阐明了核酸与蛋白质合成的关系，其中包括DNA是遗传物质，信使核糖核酸（mRNA）是把遗传信息传递到细胞质中去的中间体，在细胞质中它左右蛋白质的合成。这样，通过细胞内分子的分析，可以了解到细胞的活动。

近20多年来，由于显微技术的不断改进，人们对细胞结构的认识逐步深化。显微镜分辨率的极限是由光的性质决定的，通过显微技术对细胞结构的认识，局限于识别0.2微米以上的物体，细胞内小于0.2微米的内部结构就无法观察到。到了1900年，光学显微技术即已达到了顶峰。

由于用电子束代替光束的电子显微镜的出现而克服了这个障

碍。其实光学显微镜的有效放大倍数不超过1,200倍。1940年初次制造的电子显微镜分辨率为25埃。为了使用电子显微镜,显微镜工作者又掌握了供观察细胞的超薄切片新技术。经过技术的不断改进,到二十世纪七十年代初期,电镜的分辨率已达2埃,放大倍数可达50万倍。1976年的电镜分辨率已达1.4埃,有效放大倍数达100万倍以上。1977年我国自行设计制造的电镜放大倍数可达80万倍。1978年日本新研制的透射电镜,分辨率已达0.62埃。

随着显微技术的发展,对细胞细微结构的认识逐步深入。已发现线粒体、叶绿体和高尔基体有精致的内部结构,并不断发现新的细胞器。其中最突出的是内质网,它是普遍存在于细胞质内折叠的管状结构。

最近几年内,又在植物和动物细胞内发现了由微管、微丝和居间纤维组成的微梁系统。在植物细胞中又找到了一些新的细胞器——微体。

五、分子生物学的兴起与细胞生物学的建立

1953年沃森和克里克(Watson and Crick)提出了DNA双螺旋分子结构模型。随后不久昆伯格(Kornberg, 1956)从大肠杆菌中获得了DNA聚合酶,并以该菌的DNA单链片段为模板,第一次在离体条件下成功地合成了DNA。1958年梅塞尔森(Meselson)和斯塔尔(Stahl)证明了DNA的复制是一种“半保留复制”(semiconservative replication)。同年,克里克(F. Crick, 1958)提出了“中心法则”(central dogma)。从盖莫夫(G. Gamov, 1955)提出三联体密码假说后,进入六十年代不久就阐明了每一种氨基酸的遗传密码(M. W. Nirenberg and H. J. Matthaei, 1961)。

这样,从五十年代开始,逐渐兴起在分子水平上探讨生命奥

秘的分子生物学。分子生物所取得的卓越成就，对细胞学的发展是一个巨大的推动。它促使细胞的结构与功能的研究深入到分子水平，从而使细胞学和生物化学、生理学、遗传学的知识更紧密地结合。

近二、三十年来，研究细胞的各种实验手段与技术不断改进与发展，分子生物学的各种新概念日益渗入细胞学，细胞学的各个领域，无论是细胞核还是细胞质，无论是结构还是功能，都取得许多重要的研究成果。这样，细胞学逐渐发展成从显微水平、亚显微水平和分子水平三个层次上深入探讨细胞生命活动的学科。这就是今天的细胞生物学。

第三节 细胞的大小和主要类型

一、细胞的大小

计量细胞大小的单位是微米(μ)，一个微米等于千分之一毫米。而比微米小得多的单位——埃，是用于记载组成细胞的原子和分子的大小，一个埃等于万分之一微米。现在国际上采用纳米(nm)做计量单位，一个纳米等于千分之一微米。

图1—1所示的是在微生物(细菌、霉菌)、植物中找到的某些典型细胞的大小。为了在一张图上显示出细胞大小的广泛范围，就需用对数尺度指示大小。为了便于比较，在标尺的左端列出了氢原子、核糖体、枝原体(mycoplasma)。枝原体最小的细胞直径只有0.1微米。标尺上在枝原体旁边的是细菌，细菌的大小变化很大，从直径0.5微米的球菌直到20微米的某些线状菌，蓝绿藻作为单细胞形式存在，其直径为10微米。组成高等植物体的细胞大多数处于很狭的大小范围，约20—30微米。

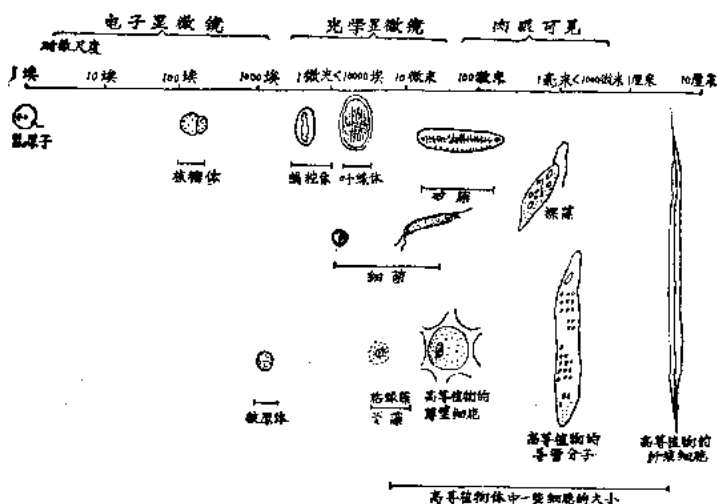


图 1—1 氢原子、低等植物、高等植物的细胞和细胞器的大小比较

细胞大小的下限可能决定于能安置最低数目和大小的必要细胞组分，使细胞得以独立存活的最小体积。细胞大小的上限决定于细胞核能控制细胞质的程度。细胞核指挥和控制细胞质中很多活动，而一个核能控制细胞质的量又是有限的。因此，核和细胞质体积之间的比例关系是很重要的。如细胞质分布范围大，核控制不了全部细胞质，就发生矛盾。大型的单细胞生物，如变形虫是以多核的形式克服了这个矛盾。还有细胞间的扩散问题，随着细胞体积的增大，它的表面积与体积的比例就越小，细胞间的物质交换就越困难。有些细胞的表面变成长而细的突起或凹陷内折，就是为了适当地扩大表面积，有利于细胞间的物质交换。

二、细胞结构的类型

(一) 非细胞结构——病毒和类病毒

十九世纪末，有人证明烟草花叶病的病原体非常小，可以穿

过细菌所不能穿透的滤器，并把它命名为过滤性病毒。病毒比多数自由生活的细菌小，比多数蛋白质分子大。病毒是由蛋白质外壳包围着核酸芯子所组成的。蛋白质的外壳称为衣壳，它保护核酸芯子免遭核酸酶破坏。有些病毒有类脂和蛋白质构成的外层膜称为套膜，包围着衣壳。核酸芯子由许多称为衣粒的具有特殊形状的亚单位构成的（图1—2）。

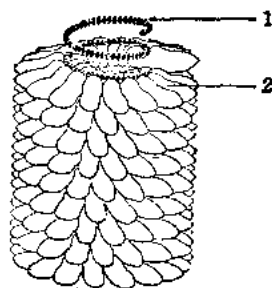


图1—2 烟草花叶病毒蛋白质的圆柱体

1.核酸芯子；2.蛋白质衣壳

（中央的螺旋表示RNA在完整病毒中的位置）

病毒能感染细菌、植物和动物。植物的病毒，它的核酸是核糖核酸，大多数噬菌体（bacteriophage）和动物的病毒，它的核酸是去氧核糖核酸。病毒的大小为100—3,000埃。病毒的结构一般比噬菌体简单些，呈棒状或多面体，没有噬菌体那样的尾部。这说明病毒不能将核酸芯子注入受感染的细胞。

最近几年，发现自然界还存在一种比病毒更简单的生命形式，叫做类病毒。它比已知的病毒小80倍，仅由小分子的核糖核酸构成的，没有蛋白质。这种RNA的分子量为75,000—85,000。有人发现它是马铃薯纺锤块茎的病原体。病毒不能在非生活物质上生长，在缺少活物质的情况下，病毒可长期不活动，但仍保持感染的能力。

（二）枝原体

在发现病毒的同时，有人将枝原体（mycoplasma）放在非生活物质的培养基中培养，得到了一种直径很小的活的颗粒，它们能从人工培养基中摄取无机分子，并复制自己而过完全自由的生

活。其体积约在0.1—0.25微米之间,最小的体积只有细菌的千分之一。它的外被是磷脂和蛋白质双分子层所构成的质膜,DNA、RNA、核糖体和可溶性蛋白质均匀地弥散在细胞质中(图1—3)。

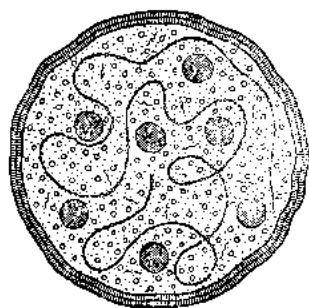


图1—3 枝原体简图

双线代表脱氧核糖核酸(DNA);大圆球代表核糖核蛋白体;短线代表可溶性核糖核酸(RNA);小圆圈代表可溶性蛋白质;最外圈代表由磷脂—蛋白质构成的双层膜



图1—4 蓝藻的结构示意图

1.胶质鞘;2.类脂颗粒;3.质膜;4.核糖体;5.类细胞核;6.光合作用片层;7.糖原颗粒

(三) 蓝绿藻

蓝藻细胞的最外面是一层胶质鞘,鞘内有细胞壁,其成分为纤维素及果胶质。蓝藻细胞的质膜为一单层膜,厚度为75—10埃。细胞质中有光合作用片层,其中附有叶绿素a和藻蓝素。光合作用片层和质膜是连续的。在细胞中央区域分布着核质,在细胞质中还分布着核糖体、糖原颗粒和类脂颗粒(图1—4)。

(四) 细菌

细菌与枝原体、蓝藻同属原核细胞,无核膜,但核质相对集中而形成核区。细胞质内仅含有多聚核糖体和由质膜内折形成单层膜的原始线粒体(又称中间体,mesosome)。体内含有与呼吸有关的酶类。在光合细菌体中还含有由质膜内折形成单层膜的