

细胞生物学

(资料选编)

一九八〇年十二月

编者 说 朋

最近国内已出版了细胞生物学试用统编教材（郑国锡主编）与细胞生物学译著多种。我们选编这本细胞生物学（资料选编）讲义仅是作为生物学系学生补充读物，没有考虑到内容的完整性与体系化。除了我们自己编写的部份外，我们还请生物物理研究所杨福渝同志，北京医学院金明同志，北京师范大学王永潮同志为我们选写了某些专题，谨此致谢。

由于我们水平低，时间促，在我们编写的部份中，错误难免，不妥之处一定很多，敬请指正。

编者 1980年12月

目 录 编写者

一、细胞	翟中和
二、细胞学说	翟中和、何大澄
三、生物膜	杨福愉
四、线粒体	翟中和
五、内质网	翟中和
六、核蛋白体	翟中和
七、高尔基体	翟中和
八、溶酶体	翟中和、何大澄
九、细胞的微丝系统	翟中和 何大澄
十、细胞核（核膜与核孔、核仁、染色质）	翟中和 何大澄
十一、染色体	金 明
十二、细胞增殖及其调控	王永潮
十三、细胞培养	马莱令
十四、病毒及其在细胞内的增殖	翟中和

细 胞

(一) 细胞是生命活动的基本单位

细胞是生命活动的基本单位，一切有机体均由细胞构成，只有病毒是非细胞形态的生命体。单细胞生物的机体仅由一个细胞构成。多细胞生物的机体一般由数以万计细胞组成，但也有一些极低等的多细胞生物体，如一些蓝藻的机体仅有4个、8个或几十个基本未分化的相同的细胞组成，而高等动植物机体却有无数功能与形态结构不一样的细胞组成。成人的机体大约含有 10^{14} 细胞，刚出生的婴儿机体约有 10^{12} 细胞。1克动物的肝或肾组织大约有2.5—3亿个细胞。在多细胞生物的机体内，功能相同的细胞群构成机体的组织。

细胞不仅是有机体的基本形态结构单位，而且是有机体的基本功能单位，有机体的生长，发育，繁殖与进化都是以细胞为基础，有机体的一切代谢活动都是在以细胞为单位的统一而复杂的结构内进行的。细胞也是有机体发生退行性变化与发生疾病的基础。病毒本身虽然是非细胞形态的生命体，但它必须在细胞内才能表现基本的生命特征（繁殖与遗传）。

每一个细胞，不论是低等生物或高等生物的细胞，简单或是复杂的细胞，分化与未分化的细胞，高等生物的性细胞或体细胞，都包含着全套的遗传信息，也就是说，包含着遗传的全能性。由单个植物的雄性生殖细胞或单个体细胞经人工培养与诱导发育为完整的植物株，是这一论点的最有力的证据之一。由动物的大多数组织游离分散的单个细胞大多数可在体外培养、生长、繁殖与

传代，这些试验的基本事实均可以说明，虽然细胞是构成统一机体的小小的局部，并受到机体整体活动的制约，但每一个细胞在生命活动中又是一个小小的“独立王国”，在特定条件下，它可以明显的表现为生命活动的独立单位。因此，细胞是生命活动的基本单位这一概念是有充分科学依据的，并愈来愈为人们所接受。

(二) 细胞具有复杂的结构：

细胞具有极其复杂的化学成份与细微的结构，但组成细胞的基本化学元素则仅有氧(O)、碳(C)、氢(H)、氮(N)、磷(P)、硫(S)、钙(Ca)、钾(K)、铁(Fe)、钠(Na)、氯(Cl)与镁(Mg)等，这些化学元素构成细胞功能与结构所需要的许多无机化合物与各种生物分子。构成细胞结构的基本生物大分子是：核酸、蛋白质、脂类与糖类，这些分子一般以复合分子的形式，如核蛋白、脂蛋白与糖蛋白等组成细胞的重要结构。在亚显微结构水平上，细胞的基本结构可以分成三种体系：(1)主要由脂蛋白构成的生物膜系统，如细胞膜、核膜，以及一系列重要细胞器：线粒体，高尔基体，内质网，溶酶体与液泡等的封闭膜。(2)主要由核酸蛋白成份构成的颗粒状结构系统，如染色质与核仁基质，以及核蛋白体等。(3)由蛋白质构成的细胞微丝系统(主要是微丝与微管)，中心体、纺锤体与纤毛、鞭毛等专门的结构。

构成各种生物机体的细胞，种类繁多，但作为生命活动的基本单位的所有细胞却又有着共同的基本特点：(1)所有的细胞表面均有一层脂蛋白成份的生物膜，即细胞膜，使细胞能与周围环境保持相对的独立性，造成相对稳定的细胞内环境，并主要通过细胞膜与周围环境进行物质交换。(2)所有细胞都有两种核酸，即DNA与RNA作为遗传信息的复制与转录的物质基础。而非细胞

形态的生命体病毒只有一种核酸，DNA或RNA，作为遗传的物质基础。(3)作为蛋白质合成的“机器”——核蛋白体，毫无例外的存在于一切细胞内，是任何细胞（除一些非常的特化的细胞）不可缺少的的基本结构。(4)所有细胞的增殖都是一分为二的分裂法。

(三) 细胞的多样化

组成生物机体的细胞，形态与大小悬殊很大，结构的复杂程度也很不一样。目前发现的最小与最简单的细胞是枝原体，它们中很多是人与动物的病原体，其直径只有0.1—0.15微米，呈多形态性，在电镜下能观察到的主要是一层细胞膜与一定数量的核蛋白体。细菌也是比较小而简单的细胞，绝大多数的细菌细胞直径约1—2微米，其形状主要是球状与杆状。原生生物细胞与多细胞生物的细胞的形态与结构比较复杂，细胞的体积也大的多。原生动物细胞的直径可由几百微米乃至1毫米，形态多样，很多是依靠鞭毛与纤毛运动，有的能进行变形运动。绝大多数的高等动植物细胞的直径是在数微米至数十微米之间，而其中多数是处于15—30微米的狭窄范围，但也有不少例外，如鸟类的卵细胞可达数厘米、动物神经细胞可长达1米以上，但其直径一般不超过20微米。细胞的形状与它们的功能总是相关的。红血球与淋巴球是圆形，有利于在血管内循环，肌细胞是梭形，适应于肌肉的收缩运动，大多数神经细胞具有很多的突起，以便传导冲动，卵细胞是大而圆的细胞，含有丰富的营养物质，而精子细胞较小，绝大多数具有一条能运动的尾鞭。

(四) 原核细胞与真核细胞的比较

在种类繁多的细胞世界中，根据其进化程度与结构的复杂程度，可以分成原核细胞 (Prokaryotic Cell) 与真核细胞

(Eukaryotic Cell) 两大类。原核细胞因其没有典型的核结构故

名之，然而原核细胞与真核细胞的区别远不仅如此。原核细胞包括枝原体，立克次体，细菌，粘菌，放线菌与蓝绿藻等，原核细胞是体积小，结构较简单，进化地位较为原始的细胞，大约在30—35亿年前就在地球上出现。细菌可作为原核细胞的代表，它们没有核膜，但有一个比较集中的核区。在核区内，分布着环状DNA丝。细胞内没有诸如内质网、线粒体，高尔基体与溶酶体这样重要的细胞器。细胞外面有细胞膜与细胞壁。细胞质内有游离的或附着在细胞膜内侧的核蛋白体，还有游离的质体 (Plasmid)，质体是裸露的核外DNA，具有一定的遗传性，如决定抗药性等。细菌细胞膜除执行物质交换的功能外，还执行着象真核细胞内线粒体的“动力”功能与内质网合成蛋白质的功能，有些细菌内还有中膜体 (Mesosome) 结构，功能尚不完全清楚。

原核细胞与真核细胞基本特征的比较

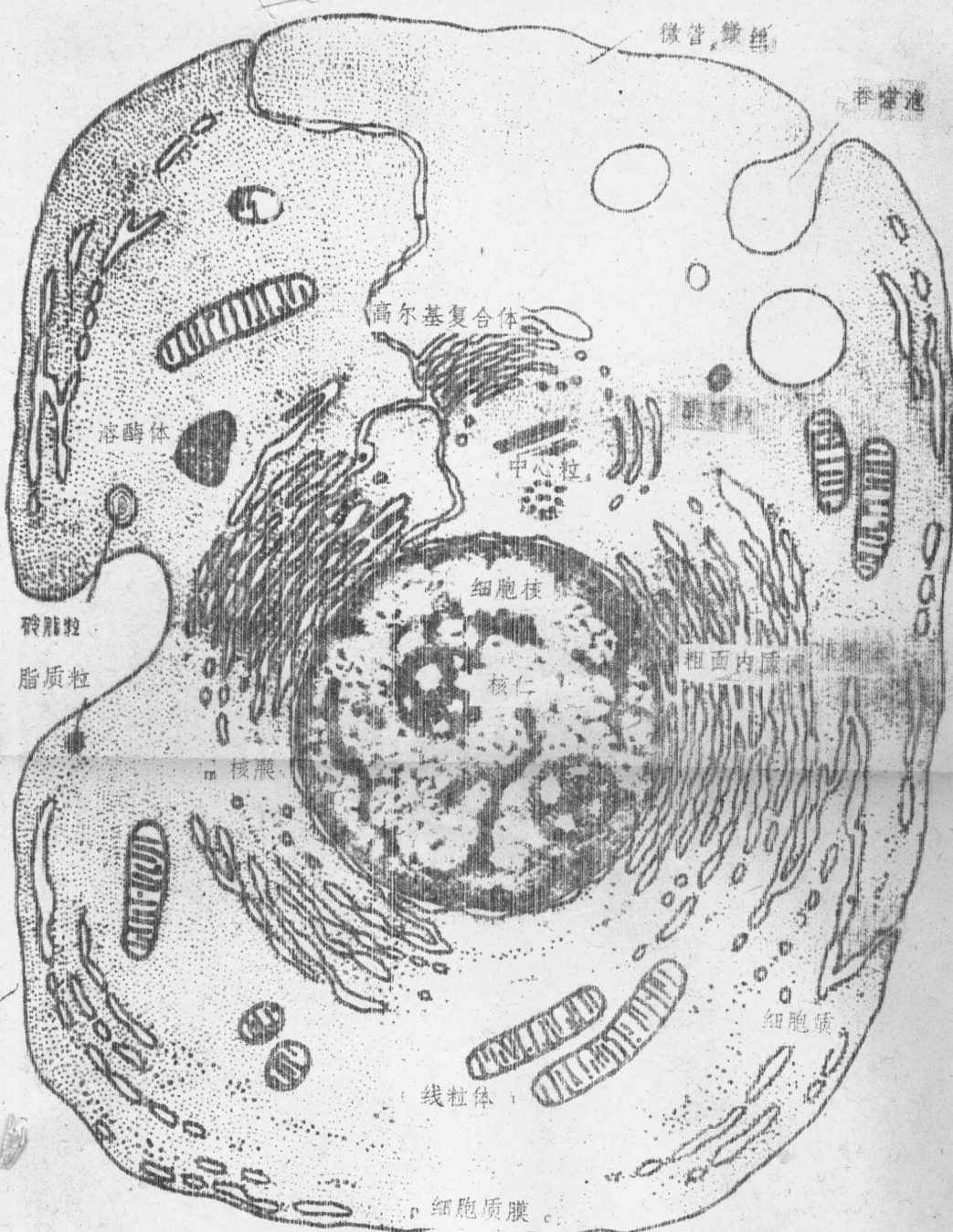
特 征	原 核 细 胞	真 核 细 胞
细 胞 膜	有	有
核 膜	无	有
染 色 体	由 1 个环状 DNA 分子构成的单个染色体，DNA 不与蛋白质结合。	2 个染色体以上，染色体由 DNA 与蛋白质组成
核 仁	无	有
线 粒 体	无	有
内 质 网	无	有
高 尔 基 体	无	有
溶 酶 体	无	有
核 蛋 白 体	具有 70S 与 30S 大小亚单位	具有 80S 与 40S 大小亚单位
光合作用结构	蓝绿藻含有叶绿素 a 的膜层结构，细菌具有菌色素。	植物叶绿体具有叶绿素 a 与 b
核 外 DNA	细菌具有裸露的质体 DNA	线粒体 DNA 叶绿体 DNA
细 胞 壁	细菌细胞壁主要成份是氨基糖与壁酸。	动物细胞无细胞壁，植物细胞壁的主要成份为纤维素与果胶
细 胞 增 殖 (分 裂) 方 式	无丝分裂(直接分裂)	以有丝分裂(间接分裂)为主。



原核细胞代表——细菌细胞模式图

(五) 真核细胞的基本知识

真核细胞是进化程度较高，结构相对复杂的细胞，它们约在12—14亿年前才在地球上出现。真核细胞既包括一些单细胞生物（原生生物细胞）又包括全部多细胞生物（动植物）的细胞。真核细胞是以细胞生物膜进一步分化为基础，使细胞内部分隔形成许多更为精细的具有专门功能的结构单位，细胞外面是细胞表面的复合结构，细胞内部由核膜将原生质分成两大结构区域——



动物细胞模式图

细胞质与细胞核，核与质具有一定比例关系，基本的遗传物质及其复制与转录活动是在核内。具体的遗传物质结构是染色质与染色体，核仁是制造核糖体的重要场所。细胞质内分化为很多重要的细胞器：能量的供应主要是线粒体，内质网与高尔基体参与生物大分子的合成、加工与包装运输，溶酶体与过氧化氢小体等起着细胞生命活动的辅助酶促作用，由特异蛋白构成的微丝与微管是细胞的支架与运动结构。植物利用光能合成碳水化合物主要是在叶绿体——层膜结构内进行，植物细胞外面还有一层由纤维素与果胶构成的细胞壁，液泡是植物细胞质内的代谢库，起着调节与稳定细胞内环境的作用。动物细胞的基本结构及其主要功能：(一)细胞表面 (Cell Surface) 包括细胞膜，糖被与膜下凝胶层以及细胞表面特化结构等，其中以细胞膜为主体结构功能部份，它是厚约 $80 \text{ \AA}$ 的磷脂蛋白质膜。关于细胞膜的构型现在主要有单位膜，液态镶嵌膜与晶格镶嵌膜等理论 (参考生物膜一节)，细胞膜的主要功能是选择性交换物质，并有传递能量、运动、固定以及对外界因素作用的放大等。糖被是在细胞膜外面的一层多糖蛋白质的复合物，它具有润滑、保护、识别与细胞之间连接的作用，并有抗原决定簇。膜下凝胶层内充满着微丝与微管，对保持细胞表面形态有支持作用。(二)细胞质包括多种细胞器，内含物 (分泌颗粒，色素颗粒与贮存颗粒等) 与胞质基质。线粒体主要由外膜、内膜与内嵴构成的封闭膜系统结构，大量的各种氧化酶分布在内膜与嵴的表面或基质中。氧化作用与 ATP 合成作用 (氧化磷酸化过程) 的偶联是线粒体的基本功能。线粒体内还有独立的环状 DNA 与核蛋白体，并能复制 DNA 与合成微量蛋白质 (参考线粒体一节)。高尔基体的主体部份是由整齐平行排列的扁囊

(4—8个)组成,扁囊下面是形成面,分布着很多微泡,充满着待“加工”的合成物,另一面是成熟面,能形成内含浓缩分泌物的大型泡。高尔基体的主要功能是对细胞内合成的生物分子进行浓缩、离析、加工、包装与运输。内质网分粗面内质网与光面内质网两种类型,粗面内质网是内质网与核蛋白体共同形成的复合功能结构,其主要功能是合成分泌性蛋白质(抗体、激素与酶等),光面内质网与糖类和脂类的合成有关系。不与内质网结合的游离状核蛋白体主要参与合成细胞的结构蛋白、基质蛋白与细胞本身所需要的酶原蛋白。溶酶体是含有多种强力消化酶(主要是水解酶)的单层膜囊泡结构,是细胞的内消化系统,在细胞对吞噬物的消化与细胞病理变化中,起重要作用。微丝系统主要是由微丝与微管构成的细胞质网状骨架系统,微丝是由类似肌动蛋白与肌球蛋白组成,具有收缩功能。微管主要由管蛋白构成,除分散在细胞内起支架作用,还是中心粒、纤毛与鞭毛的基本结构。细胞在有丝分裂与减数分裂时形成的纺锤丝也是微管结构。中心体由两个相互垂直的圆柱状中心粒及其周缘物质构成,每个中心粒又是由9组三联管(27支微管)组成,微管的主要成份是蛋白质。中心体参与有丝分裂过程,并参与鞭毛和纤毛的形成。(三)细胞核主要包括核膜,染色质,核仁与核液等四部份结构,有时在核内,还出现核体(Nuclear body)与微管等结构。核膜是由双层脂蛋白膜构成,具有核膜之间交换物质的作用,膜上分布着很多膜孔,膜孔是很复杂的结构,除控制生物大分子的交流外,还对染色质丝与核仁丝有附着支架作用。染色质的主要成份是DNA,组蛋白,以及少量的非组蛋白与RNA。DNA与组蛋白构成直径约 $100\text{\AA}$ 的核小体(Nucleosomes),它们是染色质

的基本结构单位，由核小体形成的染色丝经过不同程度的螺旋化而呈现染色质的各种形态，染色质分为异染色质与常染色质，常染色质是染色丝螺旋化程度较低DNA转录较活跃的区域，染色质的主要功能是DNA的复制与RNA的转录。在细胞进行有丝分裂与减数分裂时，染色质丝经过复杂的螺旋化而形成染色体，染色体的数量由物种来决定。核仁分丝状区与颗粒区，丝状区的主要成份除RNA与蛋白质外还含有核仁DNA，丝状区是转录r-RNA的场所，核仁的基本功能是转录r-RNA与装配核蛋白体的大亚单位。颗粒区可能是核仁功能产物的积累。

细胞的繁殖是由细胞的分裂来实现，但细胞的繁殖却包括着细胞的生长，DNA复制与细胞分裂等三个不可分隔的过程。一个母细胞分裂为两个子细胞时，一般情况下每个子细胞含有母细胞的主要成份与结构的重复，并继承了母细胞的遗传性。细胞有两种基本分裂方式，一是直接分裂，又称无丝分裂，单细胞生物的繁殖以直接分裂为主。一是有丝分裂，又称间接分裂，减数分裂也是有丝分裂的特殊类型，只是在性细胞发生过程中出现，多细胞生物的细胞的繁殖，以有丝分裂为主，细胞在有丝分裂时，发生核结构的复杂变化，最明显的是染色体的形成与细胞分裂器的出现（中心体的分裂与位移、纺锤体的形成等）。从第一次分裂结束到第二次分裂结束这一循环称为细胞的周期，可以分为 G_1 ，S， G_2 与M等四个阶段。

细胞的生长与分化，细胞的运动，细胞的衰老与死亡，以及细胞的起源与进化等也是有关细胞知识的重要组成部份。

主要参考文献

1. P. Handler 主编 1970 实验生物研究所译

生物学与人类的未来: 细胞——生命的单位。

76—95页 科学出版社

2. B. J. Ambrose, D. M. Easty 1970

实验生物研究所译 细胞生物学

科学出版社

3. P. Sheeler et al 1980

Cell Biology P. 1—60

John Wiley New York

4. 李靖炎 1979年

真核细胞的起源

科学出版社

5. G. J. Avers 1976

Cell Biology

D. Van Nostrand New York

6. 郑国鎔 1981年

细胞生物学

人民教育出版社

细胞学说 (Cell Theory)

1838—1839年，施旺、施莱登提出：一切植物、动物都是由细胞组成的，细胞是一切动植物的基本单位，这一学说就叫做“细胞学说”。细胞学说是最初的一般生物学概括之一，对现代生物学的发展具有重要的意义。恩格斯把细胞学说与能量守恒定律，达尔文进化论并列为十九世纪自然科学的“三大发现”，因为它大大推进了人类对整个自然界的认识，有力地促进了自然科学和哲学的进步。

早在这一学说正式提出之前一个多世纪，英国学者虎克 (Robert Hooke) 1665年用自制的显微镜观察软木的薄片，从而第一次发现了植物的细胞构造，并首次借用拉丁文 *Cella* (小室) 这个词来称呼他所看到的类似于蜂巢的极小的封闭小室 (实际上只是纤维质的细胞壁)。此后不久，又有许多学者先后对各种动植物的细胞进行了观察和描述。如荷兰学者列文虎克 (Leeuwenhook) 观察研究了许多动植物细胞，并于1674年在观察鱼的血红细胞时描述了细胞核的结构。差不多与此同时，意大利的马尔比其 (Malpighi) 和英国的格鲁 (Grew) 等人注意到了植物细胞中细胞壁与细胞质的区分。1826年，Turpin 报告了细胞分裂的现象。1831年布朗 (Robert Brown) 在研究植物表皮细胞时正式命名了细胞核，等等。随着观察资料的增加，也有不少学者先后提出过生物由细胞构成的见解。著名的进化论者拉马克 (Lamarck) 早在1809年就认为，生物是由细胞构成的。1824年 Dutrochet 在对动植物细胞

观察的基础上提出，所有动植物都由细胞构成，“这些细胞似乎只为简单的粘着力所结合。”1834年俄国的郭夏尼诺夫(Горянинов)提出了植物、动物，包括人，都是“细胞的有机体”的观点。虽然在相当长的时期内，对有机体的细胞构造没有做出完整的理论概括，但是，这一切研究为细胞学说的建立提供了必要而丰富的实验资料 and 思想基础。

在总结前人工作的基础上，1838年德国植物学家施莱登(M. J. Schleiden)发表了《植物发生论》，指出细胞是构成植物的基本单位。1839年，另一位德国动物学家施旺(T. Schwann)发表了《关于动植物的结构和生长的一致性的显微研究》论文，指出动植物都是细胞的集合物。这两份研究报告提出的论证，使细胞及其功能有了一个较为明确的定义，宣告了著名的“细胞学说”基本原则的建立。

当时的“细胞学说”的主要内容是：(1)认为细胞是有机体，一切动植物都是由细胞发育而来，并由细胞和细胞产物所构成的。(2)每个细胞作为一个相对独立的单位，既有它“自己的”生命，又对与其它细胞共同组成的整体的生命有所助益。(3)新的细胞可以通过老的细胞繁殖产生。除此以外，施莱登还认识到了细胞核作用的重要性；施旺曾经指出：细胞现象有两类，一类是“造型现象”，另一类是“生理现象”，并首次称后者为“代谢过程”。这说明他已经正确地估计到细胞不仅是构成单位，而且是功能单位。施旺还提出了机体的各类组织(骨骼、血液、肌肉等)之间，以细胞类型及其相互关系为基础的区别。

“细胞学说”提出后十几年中，即迅速被推广到许多领域的研究中，对当时生物学的发展起了巨大的促进和指导作用，这一

学说本身也迅速得到充实、发展而日臻完善。如 Siemold 等通过对原生动物的研究证明，不仅动植物，而且原生动物也是由细胞组成的，它就是只含一个细胞的动物，它能独立地进行全部生命活动。Albert Kölliker 通过胚胎学的研究，证明了生物个体发育的过程，就是细胞不断繁殖和分化的连续过程。而施莱登与施旺在不少细节上的谬误则被纠正，如施莱登曾认为细胞的繁殖是由新细胞在老细胞的核中产生，通过细胞崩解而完成的。这种看法到 1840 年即被一系列学者的研究所修正，认识到是通过某种形式的“分裂”而完成的。尤其是德国医生和病理学家微耳和 (Virchow) 1858 年指出，“细胞只能来自细胞”，“正如动物只能来自动物，植物只能来自植物一样”。此外，他还提出机体的一切病理表现都是基于细胞的损伤。微耳和关于细胞来自细胞的观点，进一步指明了细胞作为一个相对独立的生命活动基本单位的性质，通常被承认是对细胞学说的一个重要补充。因此有些人建议细胞学说应当算是在 1858 年才最后完成的。

细胞学说的提出，对生物学的发展具有重大的意义。恩格斯说：“有了这个发现，有机的，有生命的自然产物的研究——比较解剖学、生理学和胚胎学——才获得了巩固的基础。”人们通常称 1838—1839 年施旺施莱登确立的细胞学说、1859 年达尔文 (Darwin) 确立的进化论和 1866 年孟德尔 (Mendel) 确立的遗传学为现代生物学的三大基石，而实际上，可以说细胞学说又是后二者的“基石”。对于生物基本细胞结构的了解是其它一切生物科学和医学分支进一步发展所不可缺少的。

细胞学说的提出，对于辩证唯物主义自然观的建立也具有重大意义。因为生物界的多样性和复杂性历来是唯心主义特别是神