

□ 生物工程丛书 □ □ □ □ □

细胞工程



俞新大 张富国 李建萍 编著 科学普及出版社

内 容 提 要

本书是《生物工程丛书》的一个分册。本书概括地回顾了细胞工程技术的发展史,并全面系统地介绍了各种细胞工程技术内容和具体操作步骤,并在各章节末尾列举了国内外的重大技术成果。

全书共配图91幅、表10个,以便于读者直观形象地了解细胞工程技术。

本书适合中学师生,农、医中等技校师生,高等院校师生和初、中级科研人员参考阅读。

生 物 工 程 丛 书

细 胞 工 程

俞新大 张富国 李建萍 编著

责任编辑:邓鼎年

封面设计:范惠民

描 图:陈淑敏 王 衡

技术设计:王予南

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京燕山印刷厂印刷

开本:787×1092毫米1/16印张,7 字数:161千字

1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷

印数:1—2209册 定价:1.90元

统一书号:13051·1534 本社书号:1551

ISBN 7-110-00271-3/Q·4

序

生物学是一门与人类自身的生存和发展有关的科学，但是长期以来人们对它缺乏应有的了解和足够的重视。生物学研究的是极为复杂的生命现象。尽管随着科学技术的飞速发展，特别是一些先进技术手段的渗透，生物学本身在取得长足进展的同时，也为农业、工业和医学等解决了一系列重大的理论、技术难题。然而，当生物学暂不能彻底解决一些急待解决的课题与完全满足人们的紧迫需要时，就很难引人注目。

如果从比利时学者维萨留斯于1543年发表《人体结构》时起，时至今日，生物学已经历了400多年的发展历程。在此期间，一些卓越的生物学家以他们的辉煌成果推进了生物学的发展。这些先驱者为生物学的发展确立了光辉的里程碑。生物学研究的水平已在群体、个体、组织、器官、细胞和亚细胞等层次全面展开。

随着其他学科的新理论、新技术向生物学的渗透，特别是电子显微镜、X射线衍射分析技术、超离心技术、超薄切片技术、放射自显影技术、电泳分析技术、色谱分析、质谱分析、分光光度分析、核磁共振仪和电子仪器等直接应用于生物学研究，大大促进了生物学的发展。新的分支学科不断涌现，如细胞化学、生物物理学、电生理学、数学生物学和生物统计学等。同时，生物学的研究成果也被其他学科所引用，产生了一些新的边缘学科，如仿生学、信息论和控制论等。因此，到本世纪50年代初，科学界已普遍认为，生物学的研究水平、方法和内容，已经突破经典生物学领域，只有拓展为“生命科学”这一名词才能更确切地反映出它的研究水平和内容，以及它与其他学科之间的横向联系，突出了它的综合性。

必须指出，“生命科学”这一名词的产生，还在本质上反映出其研究水平已推进到分子、原子、电子直至光子。生命科学已明显地显示出领先科学的趋势。

从1960年开始，“分子生物学”这一名词已被普遍引用。此时，生命科学的最大特征是，它的研究水平已达到分子水平。1953年，J·沃森（Jim Watson）和F·克里克（Francis Crick）确立了DNA分子的双螺旋结构模型，由此揭开了遗传密码的谜底。这是生命科学史上一次划时代的冲刺，人类从此开始了改造和重新设计生命的征程。1966—1967年，随着工具酶——DNA连接酶和DNA限制性内切酶的发现和分离成功，美国斯坦福大学的科学家H·博耶（Herbert Boyer）和S·科恩（Stanley Cohen），于1973年首次人工构建了一个嵌合质粒，并在大肠杆菌中表达了功能。这一事件引起了世界范围的轰动，并引发了世界性的生物工程（biotechnology）热。

近代生物工程学的崛起有其客观的必然性，最根本之点就在于：进入本世纪70年代以来，人类已能在细胞、亚细胞和分子水平上直接操纵生命。随着基因载体的发现及其人工构建成功、细胞融合技术的进一步发展完善、固定化细胞与固定化酶技术的创建和高效生物反应器与传感器的出现，以及微机在调控生物过程中的应用，使生命科学已从实验研究转化为工厂化的批量生产。生物学与生物工程学的根本区别在于其操作的规模。生物学家通常在

毫微克或微克的数量级上进行研究，而生物工程学家则往往在公斤或吨的数量级上进行操作。

以生物工程技术为支柱的生物工业已经面世，并以其知识密集、技术密集的特点，与其它高技术共同跻身于世。随着生物工业第一个产品——胰岛素的投放市场，引起了世界范围的震动，由于它的巨大的商业利润和潜在的市场规模，因此，对企业界有巨大的吸引力。至今，各种生物工程公司已纷纷成立，风险投资的数额尤为惊人。更引人瞩目的是，各国政府在科研投资、机构设置和人才培养方面，已经实现了重大的战略转移，人们已普遍认识到，生物工程技术是第四次产业革命的三大技术支柱之一，我国政府也把生物工程技术列为“七五”期间的重点科研项目。人们预计生物工程将会引起产业结构和科研体制等方面的巨大的变革，其影响将大大地超过微电子学。

生物工程技术可被定义为生物机体、生物系统或生物加工过程在制造业和服务性行业中的应用技术。因此，生物工程实际上是一种放大的生物过程。

生物工程学是生命科学的技术前沿之一。目前，科学家借助蛋白质工程技术，致力于研制低耗高效的第六代计算机——生物电子计算机（生物电脑）。因此，生物工程学在开发人工智能方面具有举足轻重的作用。目前，由它已经衍生出一门新的边缘学科——生物电子学。由于生物工业所利用的原料是可再生及可循环使用的生物量，因此，它在解决世界范围内的能源危机、粮食危机和环境污染等方面扮演主角。

本丛书结构框架的构思，是立足于将生物工程学理解为由细胞工程、基因工程、酶工程和发酵工程所组成。生物工程学这一译名直接来自“biotechnology”。

本丛书共有四个分册，即《细胞工程》、《基因工程》、《酶工程》和《发酵工程》。

编写本丛书旨在普及生物工程学这一高、精、尖技术的基础知识，以便为在更高的层次上介绍这一门技术预先作铺垫。因此，读者可通过本书对生物工程学作一定性的了解，即仅供读者了解“什么是生物工程学”。

21世纪是生物学的世纪，生物工程学的重要性已毋庸置疑。本丛书的编辑出版仅作引子，以期今后有更多更好的出版物问世。

姚 鼎

1988年3月于北京

目 录

1. 概述	(1)
1.1 什么叫生物工程	(2)
1.2 细胞工程是生物工程的重要组成部分	(2)
2. 细胞是生命的基本单位	(5)
2.1 形形色色的细胞	(5)
2.2 原核细胞的结构	(7)
2.3 真核细胞的结构	(8)
2.4 细胞周期	(12)
2.5 动、植物的生活史	(15)
3. 植物细胞和组织的培养技术	(18)
3.1 植物组织培养概况	(18)
3.2 植物组织培养的基本设备	(19)
3.3 植物组织培养前的准备	(20)
3.4 植物细胞和组织的培养方法	(22)
3.5 培养组织的生长	(23)
3.6 观赏植物的大量繁殖	(25)
3.7 无病毒植物的培养	(26)
3.8 植物培养细胞及次生物质的工业化生产	(27)
3.9 植物组织培养在育种上的应用	(29)
4. 植物原生质体的分离与培养	(31)
4.1 植物原生质体的基本特点	(31)
4.2 植物原生质体的材料来源	(31)
4.3 植物原生质体的分离和纯化	(33)
4.4 影响原生质体分离的几个因素	(36)
4.5 培养原生质体的几种方法	(36)
4.6 植物原生质体的发育和植株再生	(38)
4.7 原生质体培养实例——番茄	(39)
4.8 影响植物原生质体培养的因素	(40)
5. 细胞融合——原生质体融合	(42)
5.1 什么叫原生质体融合	(42)
5.2 微生物原生质体融合	(42)
5.3 微生物原生质体融合技术的应用	(45)
5.4 植物原生质体融合是植物育种的新途径	(45)

5.5 植物原生质体融合的方法——PEG 诱导法	(46)
5.6 电融合方法及原理	(48)
5.7 融合体的形成和类型	(49)
5.8 杂种细胞的选择方法	(50)
5.9 体细胞杂种植物的鉴定	(51)
5.10 浅谈体细胞杂种植物	(52)
6. 动物细胞培养及其应用	(54)
6.1 动物细胞培养概述	(54)
6.2 体外培养细胞的基本类型	(55)
6.3 培养细胞的条件	(56)
6.4 细胞培养方法	(57)
6.5 培养细胞的冰冻保存	(59)
6.6 从培养的细胞获取人的生长激素	(60)
6.7 从培养细胞生产乙型肝炎疫苗	(60)
6.8 遗传疾病的产前诊断	(61)
6.9 淋巴细胞的培养与易患癌症者的检出	(61)
7. 动物细胞融合与单克隆抗体的制备	(63)
7.1 免疫学基础及克隆选择学说	(63)
7.2 抗体的结构及抗体的产生	(64)
7.3 融合细胞的选择原理	(65)
7.4 单克隆抗体的制备	(66)
7.5 克隆化培养	(67)
7.6 单克隆抗体的大量制备	(68)
7.7 单克隆抗体的检测	(69)
7.8 单克隆抗体亲和层析技术	(70)
7.9 单克隆抗体的广泛应用	(71)
8. 细胞拆合和胚胎移植	(72)
8.1 体外培养细胞的显微注射	(72)
8.2 显微注射的应用	(72)
8.3 细胞核移植	(73)
8.4 叶绿体移植	(73)
8.5 家畜品种改良的新途径	(74)
8.6 胚胎移植与家畜库	(75)
8.7 生物工程的技术成果——绵山羊	(75)
8.8 试管婴儿	(76)
8.9 美好的前景	(76)
9. 染色体工程	(77)
9.1 什么是染色体工程	(77)
9.2 同源多倍体的人工制备	(77)

9.3 异源多倍体——小黑麦的人工培育	(79)
9.4 单倍体育种	(80)
9.5 单、缺体的制备和应用	(81)
9.6 同种染色体的附加	(82)
9.7 异种染色体的附加	(82)
9.8 染色体代换	(84)
10. 植物细胞遗传工程	(86)
10.1 植物细胞的基因组	(86)
10.2 植物细胞遗传工程的兴起和发展	(89)
10.3 Ti 质粒的性质和 T-DNA 的结构与功能	(92)
10.4 植物细胞遗传工程的载体	(95)
10.5 植物细胞遗传工程操作——植株与组织水平的转化系统	(96)
10.6 植物细胞遗传工程操作——植物原生质体与农杆菌共培养转化系统	(97)
10.7 植物细胞遗传工程操作——植物原生质体和农杆菌原生质球融合转化	(98)
10.8 植物细胞遗传工程操作——直接 DNA 转化法	(99)
10.9 植物细胞遗传工程操作——脂质体的应用	(99)
10.10 用物理方法导入基因	(100)
10.11 植物细胞遗传工程的前景	(101)

1. 概 述

在现代科学技术的百花园中，有一枝举世瞩目的新秀——生物工程。

生物工程是一门十分精巧的技术，它所操作的对象是有生命的物质，微观的有基因操作、细胞重组，宏观的有试管植物乃至几千立方米的生产单细胞蛋白的发酵罐。生物工程是深受人们关注的领域，因为它与社会生产及人民生活的众多方面有着广泛的联系。

生物工程被誉为当今新技术革命的技术前沿之一，许多国家都把生物工程列为优先发展的高技术。尤其是70年代初期基因工程诞生并蓬勃发展起来之后，生物工程的浪潮席卷整个世界，它对工业、农业、医疗和环境保护等领域产生了巨大的影响，对于现有产业的改革和新兴产业的开发将起重要作用。人们预计，在下一个世纪，生物工程必将大显神威。

生物工程虽有一百多年的历史，但是真正成为当代科学技术领域中的佼佼者还只有十多年的历程。1973年，美国斯坦福大学的科恩和加州大学的博耶等人，利用神奇的内切酶和连接酶将两个不同的质粒进行切割和拼接，获得了重组体即杂种质粒。把这种杂种质粒转入大肠杆菌，能使其在细菌中进行复制和表达，显示了杂种质粒的新的遗传特性。他们的研究成果，是近代生物工程的第一个里程碑。随后，由于杂交瘤技术的开发成功，制备出了单克隆抗体，它引起了诊断和治疗的革命性变革。此外，高等植物的遗传工程也以前所未有的速度迅猛发展。总之，在短短的十几年中，一个以基因工程为先导，包括细胞工程在内的近代生物工程学正在飞速地向前推进。

细胞工程是生物工程的重要组成部分，它与工农医和人民生活有着十分密切的联系，有重要的实际应用价值，因此倍受人们的重视。

细胞工程的涉及面十分广泛，其所采用的技术也多种多样。既有长期以来应用的动植物细胞和组织的培养技术，又有近十多年来发展起来的细胞融合和细胞器操作技术。更加值得重视的是，细胞工程的新发展已逐渐与生物工程的核心技术 DNA 重组技术相结合，创立了高等动植物的细胞遗传工程。从研究水平来划分，细胞工程可以分为细胞水平、组织水平、细胞器水平和基因水平等几个不同的层次。

细胞工程促进了农业生产技术的发展，特别是它引起了传统育种方法的巨大变革。例如单倍体育种，体细胞杂交和染色体工程等。尤其是应用淋巴细胞杂交瘤技术制备的单克隆抗体，被喻为诊治人类疾病的“生物导弹”，已在疾病的诊断和治疗中发挥有效的作用。诚然，目前已取得的实际应用成果只是细胞工程的初步研究成果，更多的研究还处于实验阶段。但是，它们已给人们展示了美好的前景。

目前，细胞工程还不象基因工程那样有严格的定义，就它所包含的内容来说，人们的看法也不相一致。不过这些并不妨碍其发展和应用。生物工程中的各种技术本来就是互相交错，相互影响、互相渗透的。编写本书的目的是，概括地介绍细胞工程的研究内容，以激起人们对细胞工程的兴趣和重视。全书共分10章，它以较通俗的语言，丰富的插图向读者介绍细胞工程的基本知识、技术方法和研究成果。

1.1 什么叫生物工程

生物工程这一术语最初是从国外传来的，它的英文名称是 Biotechnology，许多人把它译为生物技术。在有的专业生物学词典中则称之为生物工艺学。现在，人们对生物工程的~~理~~解也不相一致，有人说生物工程就是基因工程，其实生物工程的内容远不止基因工程，基因工程既不是生物工程的代名词，也不能包括它的全部内容。从目前发展的水平和方向看，生物工程可以下这样的定义：生物工程是应用生物科学的理论方法和技术，按照人们设计的蓝图，改良或加工生物，或用生物及其制备物作为加工原料，以提供所需生物制品为人类社会服务的综合性科学技术。

按照如上的定义，当前人们最感兴趣的基因工程和细胞工程将是生物工程发展的热点，也是生物工程中的主导领域。已经为人们创造了众多产品并已经形成独特产业的发酵工程和酶工程等也是生物工程的重要组成部分。当然这几方面的内容也是相互联系和互相促进的。基因工程和细胞工程常常是发酵工程和酶工程的基础，而发酵工程和酶工程又常常是基因工程和酶工程科研成果的实际应用。生物工程一般把传统的农牧渔业生产排除在它的范畴之外，但是生物工程已通过它的各种技术对农作物品种和家畜的改良以及其它农业生产技术产生着重大的作用和深远的影响。此外，与人类生活密切相关的环境污染的整治，疾病的诊断与治疗都是生物工程的用武之地。

生物工程虽是一门应用科学，但它却与现代基础学科密切相关。它离不开基础学科的发展，其中重要的学科有遗传学，微生物学，分子生物学，生物化学，细胞生物学等等，而且现代物理学，化学和其它科学也不断地向生物工程渗透，几乎形成了区别于其它任何工程学科的独特体系。它不但反映着当代生物科学中最新的科学研究成果，也不断地赋予工程科学以新的生命。它是一门综合性的技术，又是一个知识密集型的新产业（表1.1）。

我国在生物工程技术的研究开发中虽然起步较晚，但近年来的成绩是可喜的，创办了新的专业刊物，出版发行了许多知识丛书，报纸电台也大力宣传了生物工程的重要性。“六五”时期，我国已经打下了生物工程研究的初步基础，并在某些领域有重大进展，“七五”时期将会有更大的突破。为了培养生物工程方面的专门人材，迎接新技术革命的挑战，许多大学新设置了生物工程专业。这一专业一开设，就象强大的磁场一样吸引了国内许多优秀人才。可以预期，不久的将来，生物工程专业将是人材密集的园地。

那末作为生物工程重要内容的细胞工程又占有什么地位呢？以下我们将向读者逐一加以介绍。

1.2 细胞工程是生物工程的重要组成部分

在生物工程中，细胞工程的地位是十分突出的。由于其在应用上的重要价值，因此它已越来越受到人们的重视。细胞工程的含义是什么？简单地说，它是应用细胞生物学和分子生物学等学科的理论和技术，按照人们的需要，有计划地大规模地培养生物组织和细胞以获得生物及其产品，或改变细胞的遗传组成以产生新的种或品种，为社会和人类生活提供需要。

目前，细胞工程所涉及的主要技术有，动植物组织和细胞的培养技术，细胞融合技术，细胞器移植和细胞重组技术，体外受精技术，染色体工程技术，DNA重组技术和基因转移技术等。可以把这些技术分为细胞水平和基因水平几个不同的层次，它们之间是密切联系

生物工程基础学科、应用领域和产品与项目一览表

表1.1

基础学科	应用领域	产品与项目
微生物学 遗传学 生物化学 细胞生物学 分子生物学 植物学 动物学 生理学 物理学 化学	农业	良种, 农药(杀虫、杀菌剂) 生物固氮, 无性繁殖
	食品工业	乳制品、鱼肉制品, 淀粉, 糖浆, 食品添加剂, 食品色素, 调味品, 凝固剂、酵母, 维生素, 氨基酸
	化工	有机酸, 酒精, 丙酮, 酶, 多聚物, 香料, 其它生物代谢物
	药品制造	抗菌素, 酶抑制剂, 激素, 疫苗, 类固醇等
	发酵工业	啤酒, 葡萄糖, 白酒, 乳酪, 单细胞蛋白, 燃料酒精, 酶, 抗菌素, 维生素, 疫苗
	能源	酒精, 沼气, 生物能
	社会化服务	废物处理, 水的纯化, 污水处理, 油回收

的。基因工程技术不断地渗透到细胞工程中来, 这些技术的综合运用已在细胞工程的开发研究中发挥重要作用。

细胞工程的应用是多方面的。以植物细胞全能性为基础的植物组织和细胞的培养技术已能获得各种试管植物1000多种, 运用花药培养技术已得到多种优良品种; 无病毒植物的生产, 花卉苗木的快速大量繁殖已收到明显效益; 运用细胞大量培养技术可以获得有重要经济价值的药物和其它产品; 细胞器移植, 体外受精, 胚胎培养为植物和家畜品种的改良提供了新的途径; 细胞融合技术有可能获得前所未有的生物为人类造福; 由杂交瘤细胞生产的单克隆抗体被称为“生物导弹”。它将在征服危及人生命的恶魔——癌症时发挥重大作用; 此外, 植物细胞遗传工程也以迅猛的速度向前推进, 新的绿色革命的浪潮将会席卷世界。

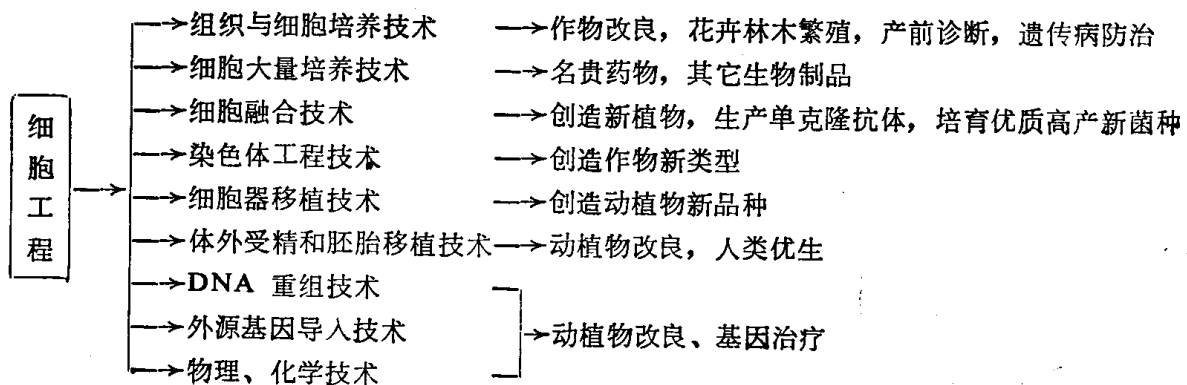


图 1-1 细胞工程的主要技术及其应用

图 1-1 表示细胞工程所涉及的技术和这些技术的应用领域。其中有的已经收到了明显的经济效益和社会效益，有的正在开发之中。全世界的许多国家已投入了不少的人力物力以加强研究。我们应该看到，在整个细胞工程研究中，目前所做的工作只是刚开始，许多研究离实际应用还有相当的距离。我们应以积极的态度迎接新技术革命的挑战，大力加强细胞工程技术的研究，使之在社会生产和人类生活中发挥应有作用。

在以下的论述中，我们将先简要叙述细胞及其重要生命活动的基本知识，然后再逐渐展开细胞工程的全貌。

2. 细胞是生命的基本单位

任何科学上的重大发明和进展，常常依赖于先进科学仪器的出现和帮助。如果没有显微镜的应用，则不可能发现细胞。17世纪中叶，英国的科学家 R·胡克曾热衷于应用显微镜进行观察和研究。一次，他用自制的显微镜观察一个软木塞片，发现这种薄片中有许多细小的、类似于一个个小房间的蜂窝状小格结构，随后他又在萝卜等植物中看到了类似的结构。1665年，他正式将这些小格定名为细胞（Cell，其原意是“小室”）。现在我们知道，他观察到的软木塞中的小格，实际上是死细胞的细胞壁。1831年，英国人布朗（Robert Brown）在兰科植物表皮细胞中发现了细胞核。1835年法国的迪雅尔丹（Felix Dujardin）在低等动物根足虫和多孔虫的细胞内发现了内含物，至此，细胞的基本结构都被发现了。

2.1 形形色色的细胞

大自然孕育了数百万种绚丽多姿、形态各异的生物。然而，无论这些生物如何千差万别，它们却有一个最基本的共同特点，即生物都是由细胞组成的。细胞是一切生物最基本的结构单位 and 功能单位。

组成生物体的细胞可以是一个，也可以是许多个。由一个细胞构成的生物体叫单细胞生物。细菌以及某些原生动物和低等植物是单细胞生物。由许多细胞构成的生物叫多细胞生物。实球藻是由16个细胞构成的。高等动、植物和人都是多细胞生物。一般说来，多细胞生物没有固定的细胞数目。换句话说，高等生物含有的细胞数目是一个天文数字，有人估计，成年人的细胞约有 6×10^{13} 个。一个有机体含有如此众多的细胞，则不难想象，一个细胞该有多么微小。多数细胞的大小在20—100微米之间，必须借助于显微镜才能观察到。由于细胞是一个独立的生命单位，必须容纳得下进行生命活动所必需的全套生物分子，因此细胞的体积有一个下限。细胞要维持生命，就必须和周围环境进行物质交换，要求体积和表面积有一个恰当的比例。体积太大，表面积相对减小，不利于物质交换，因而细胞体积的增大有一个上限。各种细胞的直径：枝原体为0.2—0.4微米；细菌为2—4微米；动、植物细胞为20—40微米；单细胞生物为200微米（参见图2-1）。

细胞的形状是由其机能和所处的环境条件决定的。与它所构成的生物一样，细胞的形态也是多种多样、形形色色的。细胞有圆的、方的、扁平的、不规则的……，游离的或排列疏松的细胞常呈球形或椭圆形，如卵细胞或血细胞。表皮细胞常呈扁平状。决定细胞形状的重要因素是细胞本身的机能。神经细胞担当传导刺激的任务，它的胞体高度特化成树枝状突起，有的突起可长达1米以上，这样就大大增大了它与其它细胞的接触面。精子细胞很象一只蝌蚪，头部呈椭圆形，还拖着一条长长的鞭毛状的尾巴，这有利于它在液态介质中游动，寻找卵细胞并与之进行核融合。植物叶子气孔周围的两个保卫细胞的内壁的增厚或缩小，可以控制气孔的张开、缩小乃至关闭，以便于蒸腾作用和呼吸作用中气体的交换。总之，细胞的形状是与功能相适应的。

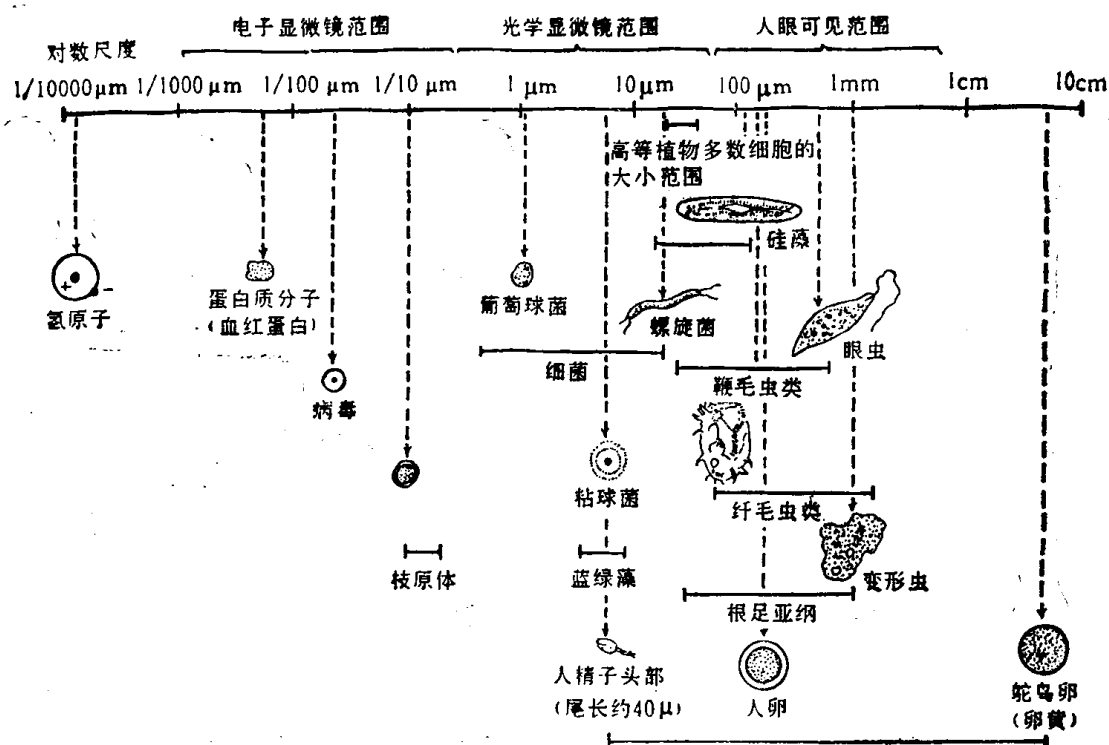
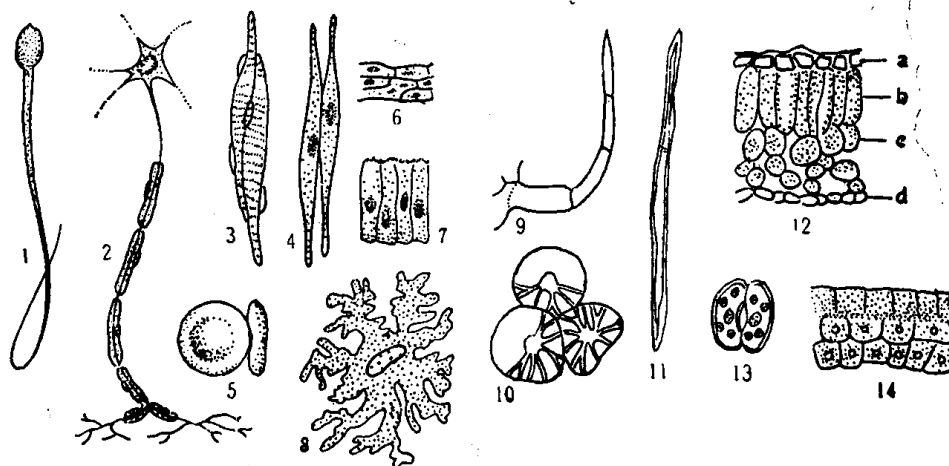


图 2-1 氢原子、蛋白质分子、各种微生物细胞和动植物细胞的直径大小



1—人的精子；2—神经细胞；3—横纹肌细胞；4—平滑肌细胞；5—红血球的正面和侧面；6—皮肤细胞；7—小肠上皮细胞；8—色素细胞；9—番茄叶上的毛细胞；10—梨果肉中的石细胞；11—葡萄的分隔纤维；12—马铃薯叶的横切面，a、d—表皮细胞，b—栅栏组织细胞（内含颗粒为叶绿体），c—海绵组织细胞（内含颗粒为叶绿体），13—气孔的保卫细胞；14—苹果花蜜腺细胞

图 2-2 各种不同形状的细胞

在多细胞生物中，结构和功能相同的细胞通过间质紧密地集合在一起就成为组织。高等动物有上皮、结缔、肌肉和神经四大组织。高等植物有分生、薄壁、保护、输导、机械、分泌六大组织。

由各种不同的组织结合在一起行使一定的生理功能的称为器官。植物的根、茎、叶是营养器官；花、果实、种子是繁殖器官。动物的器官则更复杂，如有感觉器官、消化器官……各种组织和器官有次序地结合在一起，彼此配合工作，就构成了一个完整的生物体。

2.2 原核细胞的结构

构成生物的细胞，根据其结构特征，可以分为两大类：原核细胞和真核细胞。

原核细胞在进化上处较原始的阶段，结构简单、构成的生物种类相对较少；真核细胞在进化上处于较高级阶段，结构较复杂、构成的生物种类繁多。两者的主要区别见表2.1。

原核细胞与真核细胞的主要区别

表2.1

特 征	原 核 细 胞	真 核 细 胞
细胞大小	较小 (1—10微米)	较大 (10—100微米)
染 色 体	一个细胞只有一条 DNA。DNA 与 RNA、蛋白质不联结在一起	一个细胞有几条染色体。DNA 与 RNA、蛋白质联结在一起
细 胞 核	无核膜和核仁	有核膜和核仁
细 胞 器	无	有线粒体、叶绿体、内质网等
细 胞 壁	主要由胞壁质组成	主要由纤维素组成
转录与转译	出现在同一时间与地点	转录在核内，转译在细胞质内

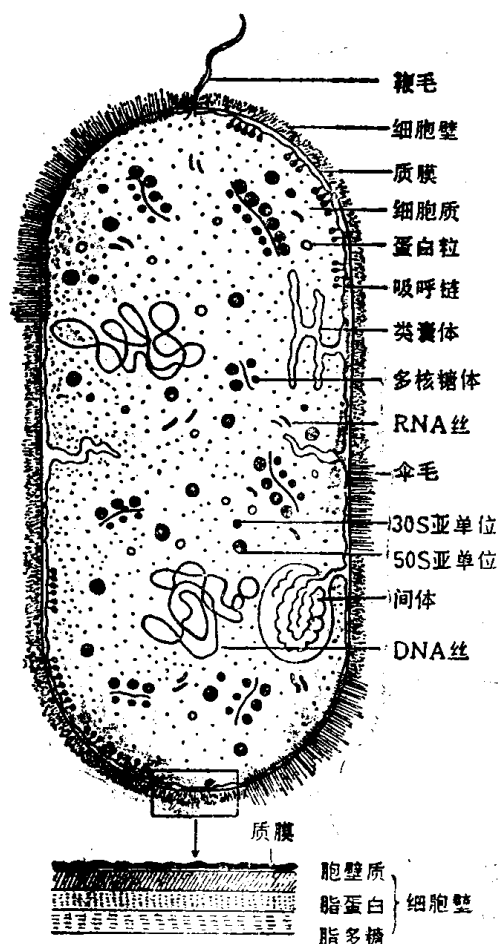


图 2-3 细菌细胞模式图

细菌和蓝藻属于原核细胞。它们没有典型的细胞核，只有一个或一个以上的拟核区。拟核区实际上是没有核膜所包裹的、裸露的核，故称之为原核细胞。细菌的拟核区里有一条环状、双股的 DNA（脱氧核糖核酸）分子链。这些 DNA 不象真核细胞 DNA 那样与蛋白质结合成染色体，而是单独存在。每一个 DNA 分子上面含有数千个基因，这些基因通过控制蛋白质的生物合成来决定生物的遗传性状。此外，不少细菌还含有染色体（即上述分子链）以外的小环状 DNA 分子，称为质粒。

细菌细胞壁的化学成分比构成植物细胞壁的纤维素要复杂得多，它的主要成分是肽聚糖，由单糖、氨基酸和脂质所构成。细菌是单细胞，其细胞壁具有保护细胞和维持细胞外形的功能。失去细胞壁后，各种形态的细菌都将变成球形。细菌在一定浓度的高渗溶液中，原生质收缩，但细胞仍可保持原来形状；在一定的低渗溶液中，细胞则会膨大，但不致破裂。这与细胞壁有一定的韧性和弹性有关。

从海洋深处到高山之巅，从大气中的灰尘到土壤中的颗粒以及动、植物体内，细菌几乎无处不有，无处不在。然而，在已知的数千种细菌中，大约只有 150 种会引起疾病，所以细菌在自然界中的作用

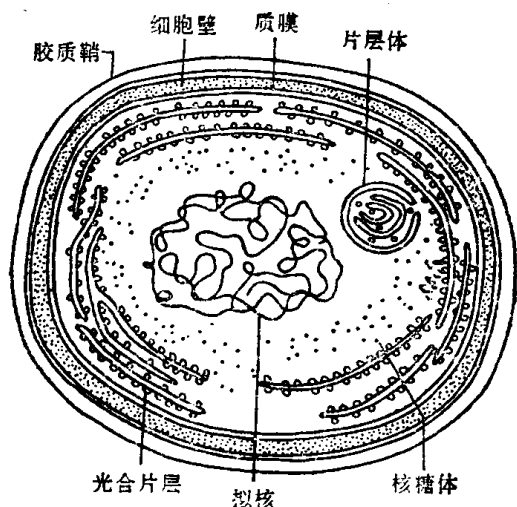


图 2-4 蓝藻细胞模式图

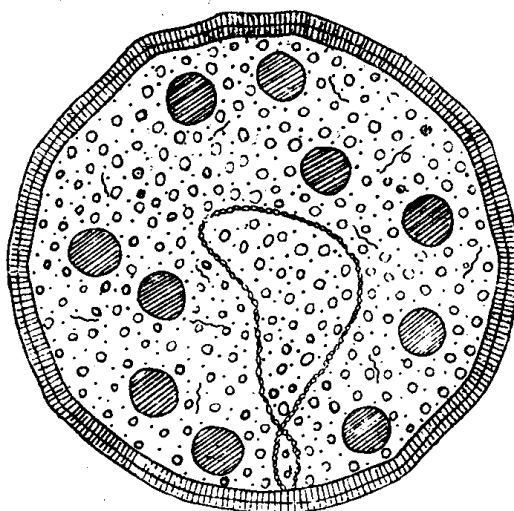


图 2-5 枝原体的结构

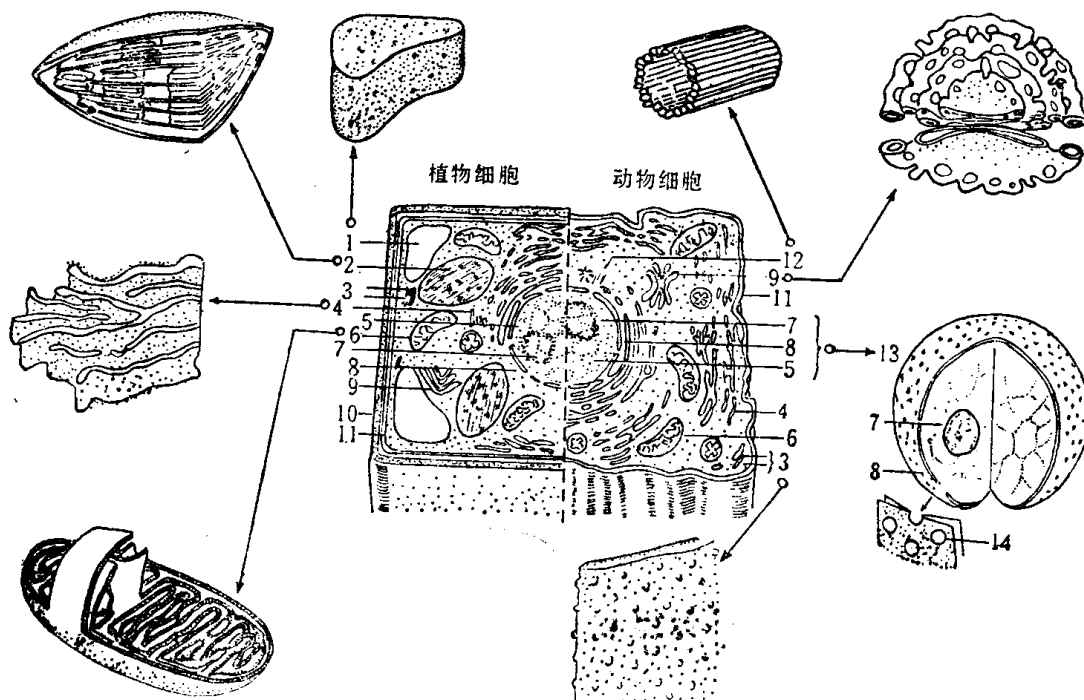
是益处大于害处。

蓝藻存在于任何有水的地方，如排水沟、潮湿的土壤、海洋和温泉中，特别是炎热的夏天，大量存在于淡水池塘中。

枝原体是结构最简单、个体最小的原核生物，它的直径一般为0.2—0.4微米，它甚至连拟核的结构也没有，核物质仅是一条DNA单链，松散地分布在整個基质内。

2.3 真核细胞的结构

构成高等动、植物体以及人的细胞都是真核细胞。在光学显微镜下，真核细胞可以明显地分成三个部分：细胞核、细胞质和细胞膜。植物细胞膜的外面，还有一层细胞壁。在电子显微镜下，这些部分都呈现出非常复杂而精细的结构。



1—液泡；2—叶绿体；3—核糖体；4—内质网；5—核质；6—线粒体；7—核仁；8—核膜；9—高尔基体；10—细胞壁；11—细胞质膜；12—中心体；13—核；14—核膜孔

图 2-6 细胞的亚显微结构（模式）

2.3.1 植物细胞壁

真核细胞的结构基本相似，但植物细胞与动物细胞的区别之一是它的外面有细胞壁，由纤维素、果胶和本质素等组成。植物细胞壁的重要功能：一是起支持作用；二是防止水分过多进入细胞而导致原生质被胀破。

细胞壁一般分为三层：胞间层、初生壁和次生壁。胞间层是两个初生壁之间的部分，主要由果胶组成，果胶也是一种多糖。胞间层作为一种细胞粘合剂使细胞粘合在一起。用酸、碱溶液或果胶酶处理，都可以使果胶质分解，从而可获得单个的植物细胞。初生壁是由微纤维的骨架组成，这种微纤维是由多糖纤维素构成的。在微纤维之间的空隙中，充满着果胶质和半纤维素的胶体状物质。用纤维素酶等处理或用机械方法去除掉植物细胞壁的原生质体，呈现与动物细胞相似的状态，来自外界的物质以及不同的生物物质便容易进入，而异属异种之间的原生质体彼此可能进行细胞融合。因此，有人推测，认为植物细胞的自控性或全能性有赖于细胞壁的功能。

胞间层和初生壁是每种植物细胞都具有的，但次生壁却不是每种植物细胞都具有的。次生壁的骨架也是由微纤维丝构成的，微纤维的化学成分是纤维素。在木质部组织的细胞中含有大量的非糖类高分子化合物——木质素。

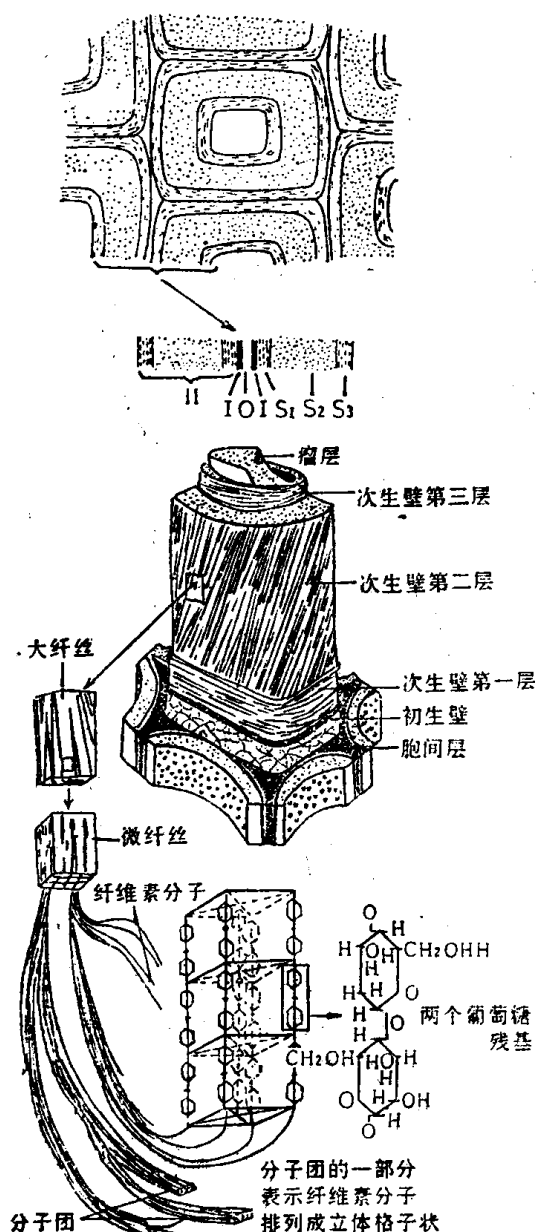
许多植物花粉粒的壁含有精巧的雕纹。这种壁的成分是孢粉质，属类脂，对花粉粒起保护作用。这种壁可能含类抗原物质，它的作用是决定花粉粒与它所停落的柱头是否相适合。

2.3.2 细胞膜

细胞膜又叫质膜，是指细胞外面将原生质与环境隔开的一层薄膜。主要由蛋白质、酶和磷脂等组成，其厚度约有70—100埃左右。

细胞膜的结构直至今现在仍没有十分肯定的结论，但比较公认的是以下三种模型。

单位膜模型：假定细胞膜是由内外两层脂质分子各覆盖一层蛋白质所组成。脂质分子相互平行并与膜垂直，非极性的疏水基团面向内侧，亲水的极性基团面向膜外侧。蛋白质则以单层肽链的厚度、以β折叠形式通过静电作用与脂质极性端相结合组成“蛋白质-磷脂-蛋白质”这种三层夹板式结构。1959年罗伯特桑提出，这种三层结构的膜普遍存在于细胞中，厚度都在75埃左右，他叫这样的膜为单位膜。质膜是单一的膜，而线粒体是双膜系统，但其中每一个膜都和单位膜的结构相符合。



O——胞间层；I——初生壁；II——次生壁；
S₁——次生壁第一层；S₂——次生壁第二层；S₃——
次生壁第三层

图 2-7 细胞壁的结构图解

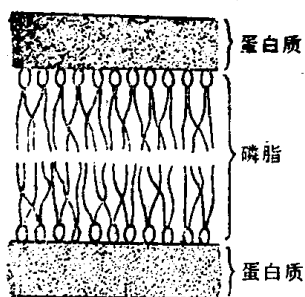


图 2-8
单位膜结构的经典模型

流体镶嵌膜：这个模型纠正了单位膜学说中膜结构的静态观点，强调了膜的流动性和膜蛋白质分布的不对称性。认为有的蛋白质分子“镶”在类脂双分子层表面，有的则部分或全部嵌入其内部，有的则横跨膜层。由于类脂分子中的脂肪酸链使质膜在正常生理情况下处于流动状态，脂肪酸碳链越长或不饱和程度越大，流动性越大。

镶嵌晶态膜：该学说强调蛋白质与脂质形成的复合体构成膜结构的

重复单位。在含蛋白较多的生物膜中，蛋白质还可以形成有序的晶格排列，或者由蛋白质-脂质复合体形成有序的晶态结构。

生物膜与物质运输、神经传导、信息传递、能量转换、激素作用、细胞识别、免疫和癌变等都有密切关系。所以，对膜结构和功能的研究已成为热门科研题目。这里只择几个主要功能简述如下。

1. 能量转换：许多重要的能量转换过程都与膜结构有密切联系。光合作用的主要过程是在叶绿体的类囊体膜上进行的；氧化磷酸化过程是在线粒体的内膜上进行的。

2. 物质运送：双层脂质分子具有较高电阻，脂溶性物质较易通过，带电荷的极性基团的亲水物质难以自由出入。

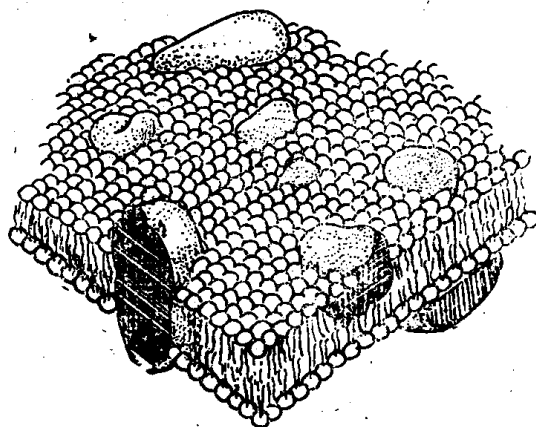


图 2-9 膜的流体镶嵌模型

3. 信息传递：膜是细胞间相互识别以及接受和传递环境信息的“媒介”。

2.3.3 叶绿体和线粒体

机器开动需要动力，生物进行生命活动需要能量，能量来自何处？原来生物细胞内含有进行能量转换的两种重要细胞器，这就是叶绿体和线粒体。叶绿体通过光合作用把光能转变为食物的化学能；线粒体通过呼吸作用把食物的化学能转变成腺苷三磷酸（ATP）的化学能。

叶绿体为绿色植物细胞所特有，这又是植物细胞与动物细胞的一个主要区别。叶绿体的构造复杂而精细。一个成熟的叶绿体被一层双膜包围着，内部充满着液态基质，基质中分布着膜系统形成的扁平小囊叫类囊体，若干个类囊体象小圆盘一样叠在

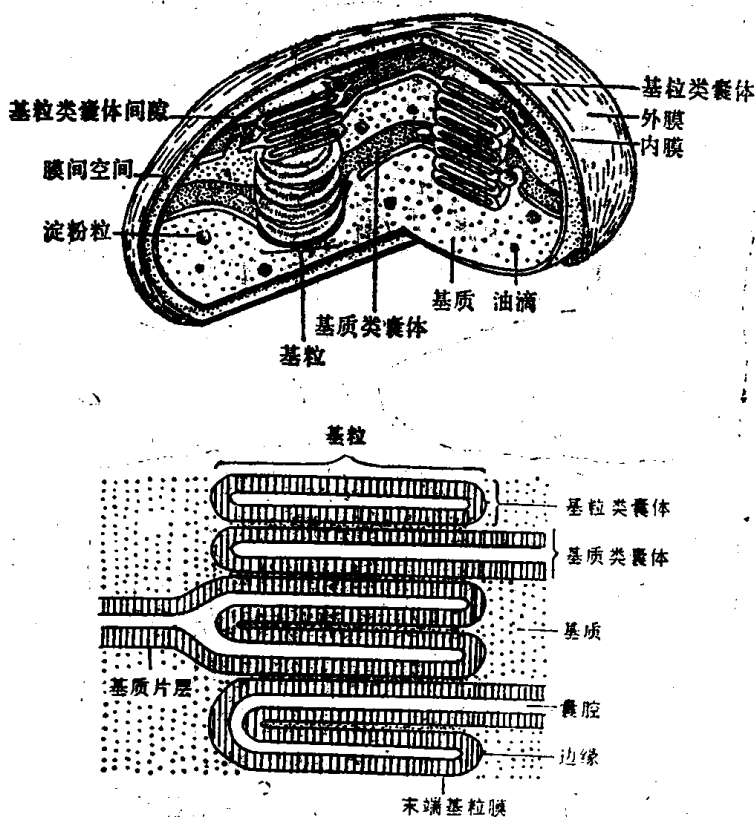


图 2-10 叶绿体超微结构示意图