

 21世纪高等院校教材

生命科学导论

赵德刚 © 主编



科学出版社
www.sciencep.com

生命科学导论

张树群 吕 琦 主编



21 世纪高等院校教材

生 命 科 学 导 论

(公共课)

赵德刚 主 编
张明生 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书基于高等院校非生命科学专业公共课层次,紧紧围绕“生命”的历史发展主线,系统地介绍了生命科学基本的概念、原理、理论、方法及相关学科的交叉知识,探索生命科学前沿领域。内容包括总论,生命的物质基础,生命的结构基础——细胞,植物的结构、功能及形态建成,动物的结构、功能与发育,物质和能量代谢,生命的繁衍,生命的调控系统,生命的起源与进化,生命的多样性,生命与环境,当代生命科学前沿等。通过对本书内容的学习,学生概括地了解生命科学的基本知识。本书激发学生对生物科学的兴趣,启发和鼓励他们从不同学科角度对生命现象进行思考,并运用不同专业知识进行生命本质的探索,以揭示生命的奥秘。

这是一本生命科学基础知识的综合教材,可作为各类高校非生命科学专业本科教学的公共课教学用书,也可供生命科学爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

生命科学导论/赵德刚 主编. —北京:科学出版社, 2008

(21 世纪高等院校教材)

ISBN 978-7-03-021551-2

I. 生… II. 赵… III. 生命科学-高等学校-教材 IV. Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 044464 号

责任编辑:甄文全 卜 新/责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 6 月第一次印刷 印张:21

印数:1—6 000 字数:512 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈长虹〉)

编写人员

主 编 赵德刚

副主编 张明生

编 者 (按姓名笔画排序)

王晓宇 王震洪 关 萍 张明生

林耀光 周礼红 赵德刚 廖海民

前 言

人口、粮食、能源、资源、环境、健康等是当今世界人类面临的严峻问题，而这些问题需要从生命科学中寻求解决办法。科学界认为，21 世纪是生命科学的世纪！自然，当今世界的学生应该有必要的生命科学基础，而不应该成为“生物盲”。为适应这一新形势发展的客观需要，编写一本适合于非生命科学专业学生学习的生命科学基础教材十分必要。

鉴于此，以贵州大学生命科学课程教学的一线教师为编者，以几年来不断修订完善的教学资料为基础，以“生命”的历史发展为主线，广泛收集生命科学相关领域的文献资料，将传统与现代、基础与前沿、现象与本质、个体与群体、微观与宏观等知识有机结合，编写了这本以基础、系统、平易为特色的生命科学综合教材。

本书力求全面系统、深入浅出、简明扼要，注重与自然界中日常生命现象的结合，淡化纯理论，以满足非生命科学专业学生的需要。

本书共 12 章。第一章和第十二章由赵德刚教授编写，第二章和第六章由张明生教授编写，第三章由廖海民教授编写，第四章和第五章由王晓宇副教授编写，第七章由关萍副教授编写，第八章和第十章由周礼红副教授编写，第九章由林耀光副教授编写，第十一章由王震洪教授编写。全书统稿由张明生教授、赵德刚教授完成，书中部分章节的插图由王晓宇副教授绘制。

本书在编写过程中得到贵州大学教务处、生命科学学院教学科的大力支持，谨表衷心感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订。

编 者

2007 年 12 月

目 录

前言

第一章 总论	1
第一节 生命概述	1
一、生命的本质	1
二、生命的基本特征	1
第二节 生命科学的诞生及发展	2
一、生命科学的孕育与创立	2
二、生命科学的发展	2
第三节 21 世纪的生命科学	3
一、学科的分类	3
二、研究热点	4
第四节 为什么要学习生命科学	7
一、人类面临的挑战	7
二、人类需要了解生命和认识自身	8
三、非生物学专业也要学习生命科学	8
第五节 生命科学的研究方法	8
一、培养兴趣	8
二、观察与描述	9
三、人工模拟与科学实验	9
小结	9
思考题	10
第二章 生命的物质基础	11
第一节 自然界的元素	11
第二节 生命的元素组成	12
一、组成生物体的化学元素	12
二、化学元素对生命的作用	13
第三节 生命的分子组成	15
一、水	15
二、无机盐	16
三、糖类	16
四、脂类	21
五、蛋白质	23
六、核酸	30
小结	34
思考题	34

第三章 生命的结构基础——细胞	35
第一节 细胞概述	35
一、细胞是构成生物体的基本单位	35
二、细胞的形态结构与功能的关系	36
三、非细胞形态的生物体	37
第二节 原核细胞的结构及功能	38
一、原核细胞的结构	38
二、原核细胞和真核细胞的比较	39
三、古核细胞	39
第三节 真核细胞的结构及功能	40
一、生物膜系统	40
二、细胞骨架	45
三、细胞核和染色体	46
四、植物细胞壁	48
第四节 细胞的生长发育	49
一、细胞分裂	49
二、细胞分化	51
三、细胞衰亡	52
小结	54
思考题	55
第四章 植物的结构、功能及形态建成	56
第一节 植物的形态结构	56
一、植物组织	56
二、植物营养器官的形态、结构和功能	60
第二节 植物的发育和形态建成	73
一、生殖器官的发育与生殖细胞的形成	74
二、开花、传粉与受精	75
三、种子与果实的形成	78
四、植物的生活史	82
五、植物器官建成与彼此间的相关性	83
小结	86
思考题	87
第五章 动物的结构、功能与发育	88
第一节 动物的形态结构	88
一、动物的组织	88
二、动物的器官和系统	89
第二节 动物的个体发生及发育	109
一、生殖细胞的发生	110
二、受精	112
三、胚胎发育	113
四、分娩	115

五、生长发育	115
六、衰老和死亡	116
第三节 动物发育的遗传学基础	117
一、性别决定	117
二、胚胎细胞的定型和分化	118
三、卵裂的调控	119
四、胚胎图式的形成	119
五、胚胎诱导	121
六、胚胎细胞的模块化	122
小结	123
思考题	123
第六章 生命的物质和能量代谢	125
第一节 酶与生物化学反应	125
一、酶的概念及特性	125
二、酶的分类与命名	126
三、酶促反应机制	127
四、生物化学反应的特点	128
第二节 细胞的能量“货币”	128
一、ATP 的结构与功能	128
二、ATP 循环	129
第三节 物质和能量代谢	131
一、生命体系中的能量	131
二、光合作用	133
三、细胞呼吸	139
四、体内物质和能量的转化及调控	144
小结	144
思考题	145
第七章 生命的繁衍	147
第一节 繁殖方式与减数分裂	147
一、无性生殖	147
二、有性生殖与减数分裂	148
第二节 遗传与变异	150
一、基因的概念及其发展	150
二、基因的本质	152
三、遗传的基本规律	154
四、遗传的分子基础	161
小结	174
思考题	174
第八章 生命的调控系统	175
第一节 信号转导与基因表达调控	175
一、细胞通讯的基本概念和主要类型	175

二、信号转导基本概念和信号转导途径	177
三、基因表达及其调控	180
第二节 激素调控	184
一、植物激素的种类及其调控作用	184
二、动物激素及其调控	188
第三节 神经系统	191
一、神经系统的组成	191
二、兴奋及其传导	195
三、人体脑系统及其功能	197
第四节 生物应答	201
一、环境应答	201
二、免疫应答	202
小结	205
思考题	206
第九章 生命的起源与进化	207
第一节 生命的起源与地球环境	207
一、生命起源与宇宙演化	207
二、生命起源的早期探索	207
三、现阶段生命起源研究	209
四、生命起源研究中的其他问题	210
第二节 地球生命史	211
一、化石与地质年代	211
二、单细胞生物繁衍和早期生态系统的建立	212
三、多细胞生物出现及生物演进	213
四、人类的起源与进化	215
第三节 进化机制与规律	217
一、物种概念与进化图谱	217
二、小进化与大进化	218
三、进化中的物种集群爆发和集群绝灭	219
四、分子钟	221
第四节 进化理论与达尔文	223
一、达尔文及其进化论	223
二、其他进化学说	226
三、人类基因组研究引发对进化的思考	229
小结	230
思考题	230
第十章 生命的多样性	231
第一节 生命多样性与分类系统	231
一、生物多样性的概念及基础	231
二、生物分类等级及物种命名法	233
第二节 生物类群	235

一、病毒	235
二、真细菌界	238
三、古细菌界	240
四、真菌界	241
五、植物界	243
六、动物界	246
第三节 保护生物多样性	248
一、生物多样性的丧失及其原因	249
二、生物多样性保护与可持续利用	254
小结	256
思考题	257
第十一章 生命与环境	258
第一节 非生物环境	258
一、非生物环境及其重要性	258
二、生物圈及生物对非生物环境的适应	260
第二节 种群	267
一、种群的概念	267
二、种群密度	268
三、种群分布	268
四、种群的出生率和死亡率	269
五、种群的年龄结构	270
六、性比率	271
第三节 生物群落	272
一、群落的概念	272
二、群落的特征	274
三、植物生长型	274
四、植物生活型	275
五、群落的垂直结构	276
六、群落的水平结构	278
七、群落季节性变化	278
八、群落的类型	279
九、群落演替	284
第四节 生态系统	286
一、生态系统的概念	286
二、生态系统的组成成分	287
三、生态系统的物质循环	289
四、生态系统的能量流动	290
五、生态平衡与调控	291
小结	292
思考题	293

第十二章 当代生命科学前沿	294
第一节 基因工程	294
一、基因工程概念与基本过程	294
二、基因工程技术的应用	295
第二节 生物信息学	302
一、生物信息学的概念	302
二、生物信息学研究内容及现状	302
三、生物信息学方法和技术	303
第三节 人类基因组计划	304
一、人类基因组计划简介	304
二、后基因组时代	306
第四节 克隆技术及其应用	307
一、克隆技术的发展历程	307
二、克隆技术的利弊	308
三、克隆技术对人类的影响	308
第五节 干细胞研究	309
一、干细胞的生物学特性	309
二、干细胞的可塑性	309
三、干细胞的应用	310
四、干细胞研究展望	311
第六节 仿生学与生命伦理学	312
一、仿生学概念及研究成果	312
二、生命伦理学概念及研究领域	313
第七节 生物安全	314
一、生物入侵及其预警防控系统	315
二、转基因生物技术及其安全性控制	316
三、生物恐怖及其预防	318
小结	319
思考题	319
主要参考文献	321

第一章 总 论

第一节 生命概述

一、生命的本质

回答什么是生命，首先要区分生命和非生命、了解生物的基本特征。生命的形式多种多样，除了病毒（virus），所有的生物体都是由细胞（cell）组成的。有单细胞生物，如细菌、单细胞藻类；有多细胞生物，如树木、人体及其他生物。病毒类（如噬菌体）是由核酸和蛋白质外壳组成的简单生命个体，虽然没有细胞结构，但仍然有生命的其他基本特征。

二、生命的基本特征

生命的基本特征包括生命体的新陈代谢、生命运动、繁殖、进化以及对环境的适应。生物体每时每刻都在合成新的物质，同时有一些物质不断被分解，为生命体提供能量，这就是新陈代谢（metabolism）。生命体在新陈代谢过程中维持生命活动的物质和能量平衡，并处于不断的生长和运动中。动植物通过新陈代谢获取物质和能量进行生长，同时也处于不断的运动过程中。动物可以通过运动离开不利环境，植物也有其自身特有的运动方式。

在自然界中，生命通过繁殖而得以延续生命。生物繁殖有无性繁殖、有性生殖等形式。在生命的延续过程中，生命通过基本的遗传物质 DNA 将信息传递给下一代。基因（gene）通过表达与调控决定生物体的特征和代谢过程。每一种生物都经历由生到死的完整过程，在整个发育过程中，生物体与环境相互作用，对环境刺激产生反应，调节生物体本身以适应环境。在自然界中，如果其遗传物质 DNA 发生变异，新的变异性状被自然界选择并保留下来，就产生了进化过程。因此，具有上述基本特征的物质存在形式就是生命。

生命的形式多种多样，见图 1-1。

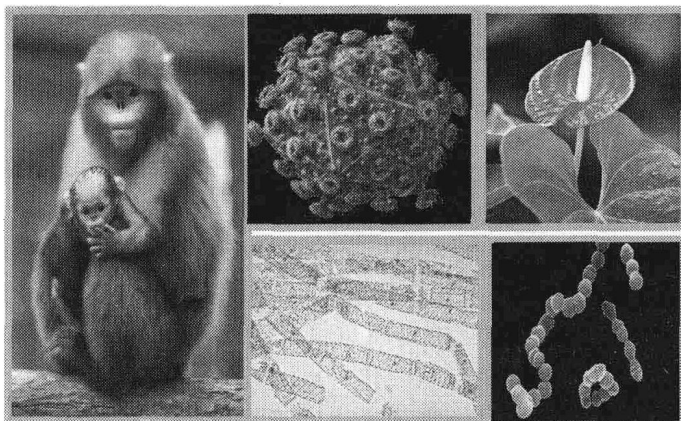


图 1-1 生命的形式多种多样

第二节 生命科学的诞生及发展

一、生命科学的孕育与创立

生命科学是研究生物体及其运动规律的科学，是研究生命现象、生命活动本质、特征和发生、发展规律，以及各种生物之间、生物与环境之间相互关系的科学。

目前，普遍认为现代生命科学系统的建立开始于16世纪。它的基本特征是人们对生命现象研究牢固地植根于观察和实验的基础上，以生命为研究对象的生物分支学科相继建立，逐渐形成一个庞大的生命科学体系。现代生命科学可以说是从形态学创立开始的。1543年，比利时医生维萨里（Andreas Vesalius, 1514~1564）的名著《人体的结构》发表，不仅标志着解剖学的建立，还直接推动了以血液循环研究为先导的生理学研究；1628年，英国医生哈维（William Harvey, 1578~1657）发表了其名著《心血循环论》，这标志着生理学分支学科的形成。解剖学和生理学的建立为人们对生命现象的全面研究奠定了基础。

二、生命科学的发展

18世纪以后，随着自然科学的蓬勃发展，生命科学进入了辉煌发展阶段。生命科学的许多重要分支学科相继建立，其中以细胞学、进化论和遗传学为主要代表，它们构成了现代生命科学的基石。1665年，胡克（Robert Hooke, 1636~1702）在他的《显微图谱》中第一次使用“细胞”（cell）一词。胡克使用的显微镜及其在显微镜下观察到的软木结构见图1-2。

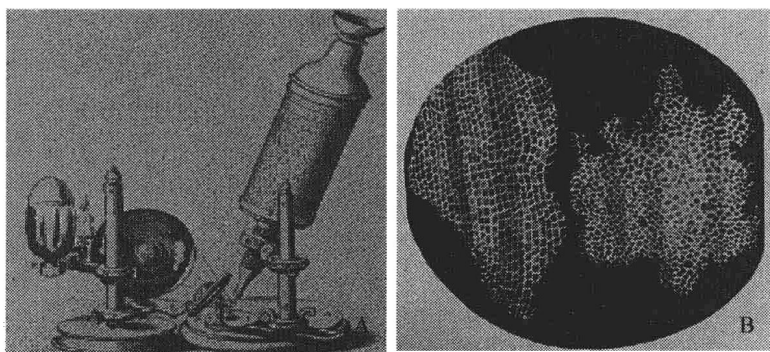


图1-2 胡克使用的显微镜及其在显微镜下观察到的软木结构

现在一般认为细胞学创立于19世纪30年代，是由施莱登（Matthias Jacob Schleiden, 1804~1881）、施万（Theodor Schwann, 1810~1882）以及稍后的数位生物学家共同完成的。他们奠定了细胞是独立的生命单位、新细胞只能通过老细胞分裂繁殖产生、一切生物体都是由细胞组成和由细胞发育而来的细胞学说的基本内容。

林奈对现代生物分类系统建立的卓越贡献使之成为有史以来最伟大的生物分类学家，千姿百态的生物物种被科学的归纳在界、门、纲、目、科、属、种中。更重要的是，林奈生物分类系统的建立直接推动了生物进化理论。在初建立生物分类体系时，企图表达的是精确地显现上帝造物的构思和成就。但是，林奈生物分类系统中体现的

各种生物物种的相关性和物种由简单到复杂的“秩序”排列强烈暗示了生物的进化现象。在马耶 (Benoit Mailler, 1656~1738)、布丰 (Georges Louis Leclerc de Buffon, 1707~1788)、拉马克 (Chavalier de Lamarck, 1744~1829) 等工作的基础上, 达尔文 (Charles Darwin, 1809~1882) 总结自己的观察和研究, 发表了《物种起源》(1859)。

19 世纪前后, 生命科学的重大成就还包括其他一些重要的发现和分支学科的建立。解剖学和细胞学促使人们对生物发育现象的研究获得了长足的进步, 并由此建立了实验胚胎学, 实现了对各种代表生物形态发育过程的组织学和细胞学研究, 绘制了有史以来最精美的生物学图谱。魏斯曼 (August Weismann, 1834~1914) 关于生物发育的种质学说推动了遗传学的建立。

1865 年, 现代遗传学创始人奥地利的孟德尔 (Gregor Mendel, 1822~1884) 在“布隆自然历史学会”上宣读了自己的豌豆杂交实验结果, 遗憾的是其工作的价值被埋没了 30 多年。直到 20 世纪初, 孟德尔发现的生物遗传规律被三个科学家几乎同时再次试验证实时, 才引起了人们的注意。为遗传学的建立与发展做出了重大贡献的另一位伟大科学家是美国的摩尔根 (Thomas Hunt Morgan, 1866~1945)。20 世纪 20 年代前后, 他用果蝇为实验材料确立了以孟德尔和摩尔根的名字共同命名的经典遗传学的分离、连锁和交换三大定律, 因此荣获了 1933 年的诺贝尔奖。遗传学解释了生物的遗传现象, 将细胞学发现的染色体结构和进化论解释的生物进化现象联系起来, 指出遗传物质定位在染色体上, 推动了遗传物质化学本质的研究以及 DNA 双螺旋结构和中心法则的发现, 为分子生物学的建立奠定了基础。19 世纪, 法国科学家巴斯德 (Louis Pasteur, 1822~1895) 创立了微生物学, 该学科的建立直接导致了医学疫苗的发明和免疫学的建立, 推动了生物化学的发展, 并为分子生物学的诞生准备了条件。在 20 世纪的前叶到中叶, 人们对生物化学的研究, 主要是围绕能量和生物大分子物质代谢进行, 发现了生物以三羧酸循环为枢纽, 有着复杂超循环结构的代谢途径、以及以电子传递和氧化磷酸化为中心的生物能量获取、利用的基本方式。分子生物学的建立是生命科学进入 20 世纪最伟大的成就之一。遗传学研究预示了生物遗传载体分子的存在, 而 DNA 双螺旋结构的发现 (J. D. Watson, F. Crick, 1953) 直接导致了对中心法则 (central dogma) 的揭示。人们因此探索到了生命运动的基础框架和生物世代更替的联系方式。从此, 以基因组成、基因表达和遗传控制为核心的分子生物学思想和研究方法迅速渗透到生命科学的各个领域, 推动了生命科学的发展。

第三节 21 世纪的生命科学

一、学科的分类

生命科学的分类如根据研究对象分有动物学、植物学、微生物学等, 广义的生命科学包括医学、农学、生物与环境、生物技术以及生物学与其他学科交叉的领域。

生命科学系统地阐述与生命特性有关的特征与本质。支配无生命世界的物理和化学定律同样适用于生命世界。随着人们对生命世界的深入了解, 无疑也能促进物理、化学等人类其他知识领域的发展。如生命科学中的世纪性难题“智力从何而来?”, 人们对单一神经元活动已经了如指掌, 但对数以百亿计的神经元组合成大脑后如何产生出智力却一无所知。

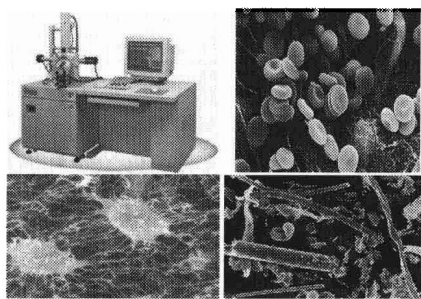


图 1-3 扫描电子显微镜及其下的微观世界

对人类智力的最大挑战就是如何解释智力本身。对这一问题的逐步深入破解也将会相应地改变人类的知识结构。生命科学研究不仅依赖物理、化学知识,而且依靠后者提供仪器设备,如光学显微镜和电子显微镜、蛋白质电泳仪、超速离心机、X射线仪、核磁共振仪等。扫描电子显微镜及其下的微观世界见图 1-3。学科间的交叉渗透将不断产生学科生长点与新兴学科。

二、研究热点

生命是环境的产物。地球形成早期,表面笼罩着原始的还原性大气,没有氧气和臭氧层,紫外线强烈地照射着地面,地球上没有任何生命,只有浅海、岩石和笼罩其上的薄层气体。生命的起源经历了漫长的化学演化过程。一般认为,生命的化学演化经历了 4 个阶段:从无机小分子到有机小分子、从有机小分子到有机大分子、从有机大分子到多分子体系、从多分子体系到原始生命。生命在进化与发展过程中对环境又产生重大影响(图 1-4)。

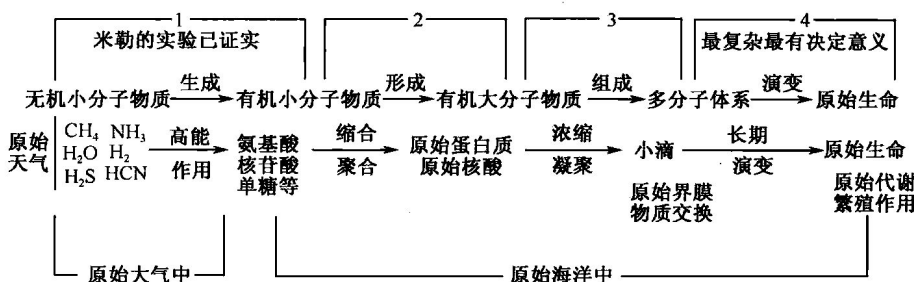


图 1-4 生命起源的化学进化过程

1. 生物体化学成分的同一性

从元素成分来看,构成形形色色生物体的元素都是普遍存在于无机界的 C、H、O、N、P、S、Ca 等,并没有发现特殊的生命元素。从分子成分看,各种生物体除含有多无机化合物外,还含有蛋白质、核酸、脂、糖、维生素等多种有机分子。这些有机分子在自然界中都是生命活动过程的产物。其中,有些有机分子在各种生物中都是一样的或基本一样的,如葡萄糖、ATP 等。有些有机大分子(如蛋白质、核酸等),虽然在不同的生物中有不同的组成,但构成这些大分子的单体却是一样的。例如,构成各种生物蛋白质的单体有 20 种氨基酸,各种生物核酸的单体主要是 8 种核苷酸。这些单体在不同生物中以相同的连接方式组成不同的蛋白质和核酸。脱氧核糖核酸(有时是核糖核酸)是一切已知生物的遗传物质,由脱氧核糖核酸组成的遗传密码在生物界一般是通用的。各种生物都用一套统一的遗传密码编制自己的基因序列,并通过基因的表达与调控来实现生长、发育、生殖、遗传等生命活动。各种生物都有催化各种代谢过程的酶分子,这些酶分子是具有催化作用的蛋白质,酶的作用导致各种有机分子的有序产生和转化。各种生物都是以高能化合物三磷酸腺苷,即 ATP 为贮能分子。

这些说明了生物在化学成分上存在着高度的同一性。

DNA 双螺旋结构及蛋白质高级结构见图 1-5。

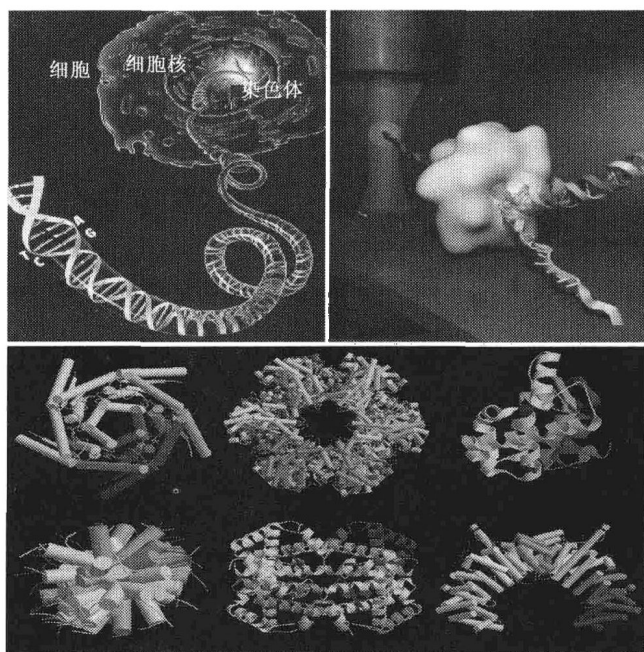


图 1-5 DNA 双螺旋结构及蛋白质高级结构

2. 严整有序的结构

生物体的各种化学成分在体内不是随机堆砌在一起，而是严整有序的。除了病毒，生命的基本单位是细胞，细胞内的各种结构单元（细胞器）都有特定的结构和功能。例如，线粒体有双层膜、嵴，嵴上的大分子（酶）的排列是有序的。生物大分子，无论如何复杂，还不是生命，只有当大分子组成一定的结构，或形成细胞这样一个有序的系统，才能表现出生命。失去有序性，如将细胞打成匀浆，生命也就完结了。

生物界是一个多层次的有序结构。在细胞这一层次之上还有组织、器官、系统、个体、种群、群落、生态系统等层次（图 1-6）。每一个层次中的各个结构单元，如器官系统中的各器官、各器官中的各种组织，都有各自特定的结构和功能，相互的协调活动构成了复杂的生命系统。

3. 新陈代谢

生物是开放系统，生物与周围环境不断进行着物质交换和能量的流动。一些物质被生物吸收后，在生物体内发生一系列变化，最后成为代谢过程的最终产物而被排出体外，这就是新陈代谢。新陈代谢包括两个相反的过程：一个是组成作用（anabolism），即从外界摄取物质和能量，转化为生命本身的物质和贮存在化学键中的化学能；另一个是和组成作用相反的分解作用（catabolism），即分解生命物质，将能量释放出来，供生命活动之用。像生物体在空间结构上严整有序一样，生物体的新陈代谢也是严整有序的过程，是由一系列酶促化学反应所组成的反应网络。如果代谢过程的有序性被破坏，如某些代谢环节被阻断了，全部代谢过程就可能被打乱，生命就会受到威胁。