

## 第一章

### 生物与生命科学

1

第一节 什么是生命 .....	2
第二节 为什么要学习生命科学 .....	6
第三节 生命科学涵盖的主要内容 .....	9
第四节 如何学习生命科学 .....	13
第五节 创新性研究推动生命科学向前发展 .....	16

## 第二章

### 生物的化学组成

25

第一节 原子与分子——生命的化学基础 .....	26
第二节 糖 类 .....	32
第三节 脂 类 .....	35
第四节 蛋白质 .....	37
第五节 核 酸 .....	46

## 第三章

### 细胞——生命的基本单位

55

第一节 细胞的基本概念 .....	56
第二节 真核细胞的结构与功能 .....	62
第三节 生物膜 .....	66
第四节 细胞分裂与细胞周期 .....	76
第五节 细胞学研究的一般方法 .....	84

## 第四章 能量与代谢

91

第一节	生物体的能量 .....	92
第二节	生物催化剂——酶 .....	96
第三节	生物代谢 .....	101
第四节	细胞呼吸 .....	105
第五节	光合作用 .....	113

## 第五章 遗传及其分子基础

125

第一节	遗传学基本定律 .....	126
第二节	基因的奥秘 .....	134
第三节	遗传密码与蛋白质合成 .....	141
第四节	基因表达的调控和DNA损伤的修复 .....	147
第五节	人类基因组计划简介 .....	156

## 第六章 发育

165

第一节	细胞分化与胚胎发育 .....	166
第二节	发育的细胞与分子生物学机制 .....	172
第三节	几种发育模式生物的特征 .....	185
第四节	干细胞和动物克隆 .....	193

## 第七章 进化

201

第一节	生命的起源 .....	202
第二节	Darwin 与进化论 .....	210
第三节	群体遗传与生物进化的机理 .....	218
第四节	生物进化的证据和历程 .....	225
第五节	生命系统及进化树 .....	231
第六节	人类的起源和进化 .....	239

## 第八章 植物的结构与功能

247

第一节	植物各门类及其特征 .....	249
第二节	植物的结构与生长 .....	252
第三节	植物的营养与体内运输 .....	263
第四节	植物的繁殖 .....	268
第五节	植物生长发育的调控 .....	275

## 第九章 动物的结构与功能

287

第一节	动物体结构对功能的适应性 .....	288
第二节	消化系统与排泄系统 .....	296
第三节	呼吸系统与循环系统 .....	305
第四节	内分泌系统与动物激素的作用 .....	315
第五节	神经系统、感觉与运动 .....	321
第六节	生殖系统、繁殖与胚胎发育 .....	339

## 第十章 生物与环境

351

第一节	生态学的层次和生态因子 .....	352
第二节	种群生态 .....	358
第三节	生物群落 .....	366
第四节	生态系统 .....	374
第五节	生物多样性、人口、资源与可持续发展 .....	384

## 第十一章 人体健康与重大疾病预防

395

第一节	人体免疫与防御系统 .....	396
第二节	主要致病因素和病原体 .....	403
第三节	几种重大疾病简介及其预防 .....	413
第四节	保持身体健康, 提高生命质量 .....	424



## 第十二章 生物技术与人类未来

431

第一节	生物技术及其发展历史 .....	432
第二节	重组 DNA 技术——基因工程 .....	435
第三节	蛋白质工程、发酵工程和细胞工程简介 .....	446
第四节	生物技术在农业、医药等方面的应用 .....	452
第五节	生物技术面临的问题与挑战 .....	461
第六节	生物科技造福人类 .....	463
主要参考书目 .....		469
中英名词对照及索引 .....		470
图片说明 .....		487
致 谢 .....		489

### 各章摘要

 内容详见随书光盘。

本书配套教辅材料之一：

#### 《基础生命科学（第 2 版）学习指导与习题》

作者：李 菡 吴庆余

高等教育出版社 2006 年 7 月出版

本书配套教辅材料之二：

#### 《基础生命科学（第 2 版）教案与多媒体课件》

作者：闫永彬 吴庆余

高等教育出版社 2006 年 7 月出版

# 1

## 第一章

# 生物与生命科学

### 第一节 什么是生命

- 一、细胞是生命的基本单位
- 二、新陈代谢、生长和运动是生命的本能
- 三、生命通过繁殖而延续
- 四、生物具有个体发育和进化的历史
- 五、生物对环境的适应性

### 第二节 为什么要学习生命科学

- 一、从达尔文的进化论到克隆羊“多莉”
- 二、人类面临的挑战
- 三、新世纪的大学生不能没有现代生命科学基础知识
- 四、生命科学的发展需要您的参与

### 第三节 生命科学涵盖的主要内容

- 一、生物学的概念与基本内容
- 二、微观与宏观领域相互联系
- 三、跟踪生命科学和生物技术的最新进展

### 第四节 如何学习生命科学

- 一、兴趣是最好的老师
- 二、把握基本概念和它们之间的内在联系
- 三、提出问题和设想
- 四、实验是开启生命王国大门的钥匙

### 第五节 创新性研究推动生命科学向前发展

- 一、生命科学是一个变化发展的过程
- 二、如何进行创新科学研究
- 三、科技论文与学术交流
- 四、科学研究的驱动力



世间万物，唯独生命是最美的。  
生命本质无限深奥，人类对生命  
奥秘的探索永无止境。



## 第一节 什么是生命

欢迎打开本书,学习生命科学,探索生命的奥秘。

每天,当我们阅读报纸、收看电视或上网浏览,不知您是否注意到,在所有科技新闻中,与生命科学(life science)和生物技术(biotechnology)相关的报道出现的频率最高。我们正生活在一个生命科学大发展的时代。新的生命科技浪潮使我们的生活更富有挑战性。

生命有形,梦想无限;我们享受生活,因为我们具有生命。随着人类社会的进步和物质生活的日益丰富,人类更加珍惜生命,追求健康,更加重视对生命奥秘的探索和对生命科学知识的学习。生命科学与生物技术将决定人类和自然的未来。

什么是生命呢?

“活的东西就是生命”,“能动的东西是生命”,“生命可以新陈代谢(metabolism)”等等,这些回答都没有错。要简单明了并且较系统地回答什么是生命这一问题,就要区别生命与非生命,首先应该了解生命(life)或生物体(organism)的基本特征。

### 一、细胞是生命的基本单位

除了病毒(virus)以外,所有的生物体都是由**细胞**

(cell)组成的。细胞由膜(membrane)包被,内含有细胞核(nucleus)或拟核(nucleoid)和原生质(protoplasm)。成千上万的细胞可以组成复杂的生物体,如高大的树木、大熊猫或人体;单个细胞也可以组成简单的生物体,如细菌(bacteria)、单细胞藻类(alga)(图1-1)。病毒(如噬菌体)主要是由核酸(nucleic acid)和蛋白质(protein)外壳组成的简单生命个体,它虽然没有细胞结构,但仍然具有生命的基本特征(图1-2,有关病毒的结构和功能等将在第十一章第二节详细介绍)。

细胞是生物结构与功能的基本单位,其生命活动的结构基础是细胞内高度有序且为动态的结构体系。最初产生的细胞是原核细胞(prokaryotic cell),原核细胞的遗传物质分布于核区,没有膜包被的细胞器(organelle)。真核细胞(eukaryotic cell)具有真正的细胞核和具有特定结构与功能的细胞器。细胞内最重要的结构体系包括遗传信息结构体系、膜结构体系和细胞骨架结构体系。活细胞是一个微小的化学工业园,在极其复杂的结构空间内发生着数千种受到严格控制的生物化学反应。

细胞的结构与功能、生长和增殖、发育与分化、遗传与变异、信号转导和通讯、基因表达和调控、衰老和凋亡、起源与演化等是我们在显微、亚显微和分子水平上认识生命现象所需要学习和研究的一些最重要的问题。

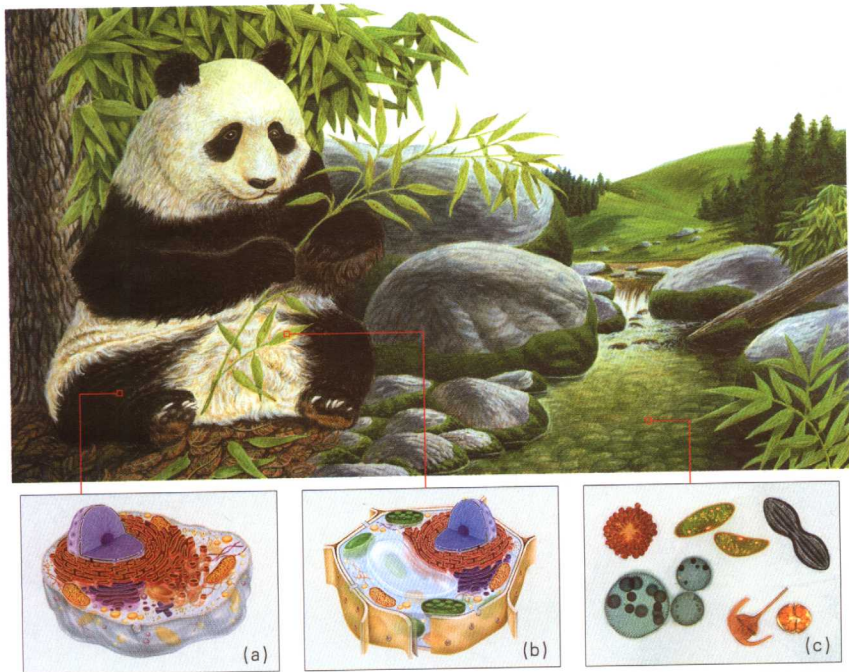
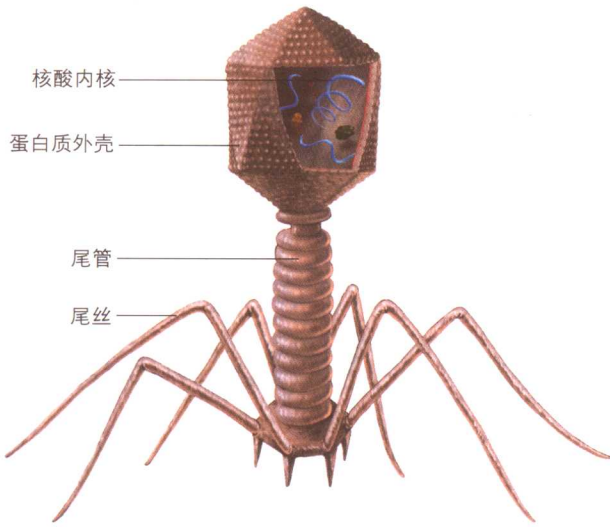


图1-1 所有生物体都是由细胞组成的 大熊猫是多细胞哺乳动物,其身体各部分包含了许多细胞。典型的动物细胞没有细胞壁,细胞中可观察到细胞核等细胞器。大熊猫食用的竹子是多细胞植物,植物细胞除了细胞核外,还可见液泡、叶绿体等细胞器,植物细胞具有典型的细胞壁。图中(a)为典型的动物细胞模式图,(b)为典型的植物细胞模式图。图中(c)显示溪流里有许多细菌和藻类生物,细菌都是单细胞原核生物。藻类生物有单细胞的,也有多细胞的,它们一般都具有光合作用的能力。





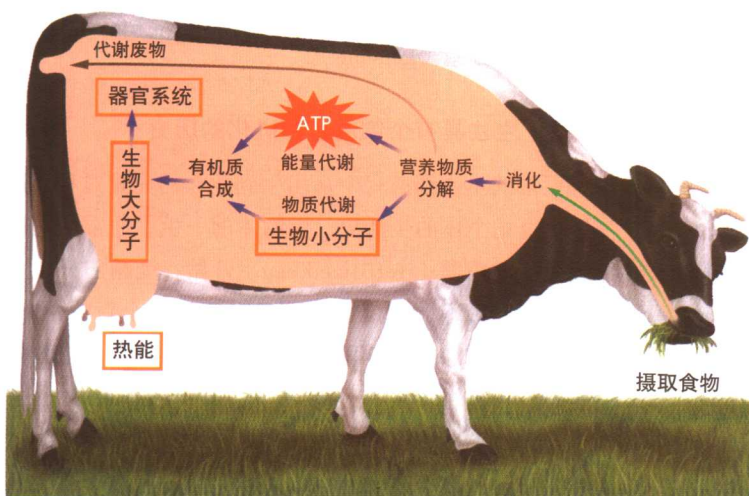
**图1-2 噬菌体结构模式图** 噬菌体是一种没有细胞结构的病毒，寄生于细菌。它们的蛋白质外壳分为头、尾两部分。头部包裹单链或双链的RNA或DNA，尾部是一个长管，有的噬菌体尾部有尾丝。侵染细菌时，噬菌体以尾部顶端和尾丝附着于细菌表面，通过尾管将头部的核酸注入细菌内，随后利用细菌的复制、转录和翻译机制合成噬菌体新的核酸和蛋白质，组装出新一代噬菌体。

## 二、新陈代谢、生长和运动是生命的本能

通俗地说，生物体内每时每刻都有新的物质被合成，又有一些物质不断被分解，在这种物质合成与分解中又伴随着能量的贮藏与释放，这就是**新陈代谢**。生命的活动需要能量，为了维持自身高度有序的状态，生物必须与外界不断地进行物质和能量交换。它们从外界获取太阳能或富含自由能（free energy）的有机物并加以利用，而把热及含自由能较少的代谢废物放回环境中

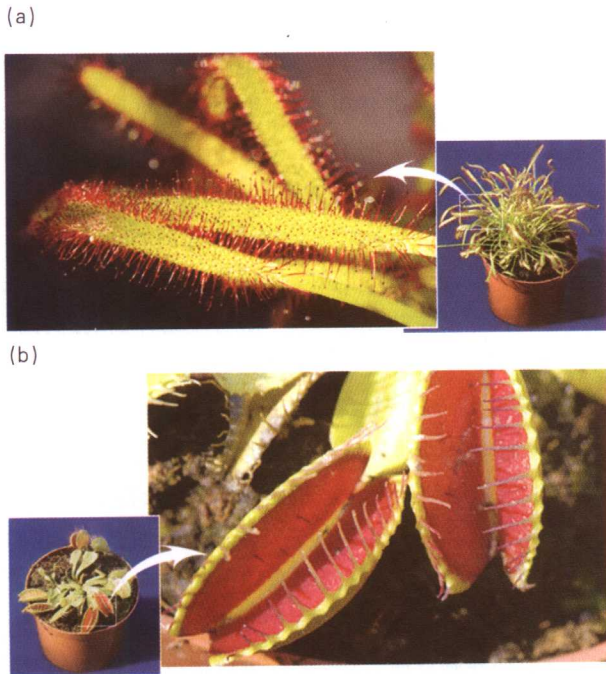
去。在生物体内，以腺苷三磷酸（adenosine triphosphate, ATP）为代表的高能化合物不断地被合成和分解，维持着生命活动的能量需要和平衡。例如，食草动物从外界环境摄取食物，这些食物一部分用于身体的生长（growth），另一部分转化为维持生命的能量。物质代谢是能量代谢的载体，能量代谢是物质代谢的动力。生物与外界交换物质与能量的同时，体内连续地进行着合成代谢与分解代谢的生物化学反应，所有生物体内的这种新陈代谢一刻也不会停止（图1-3）。所谓“生物是活的东西”，就是说生命过程始终处于新陈代谢、生长和运动过程之中。而生命运动与自然界其他运动形式如物理的位移、化学分子的结构变化等相比较，要复杂得多。因此，生命活动是自然界最高级的运动形式。例如，目前我们还很难理解和想象，在记忆过程中大脑细胞内各种物质运动的详细过程。我们也不完全知道，为什么有些植物也能感受外界刺激而运动，如食虫植物可以捕食消化昆虫等等（图1-4）。

富含自由能的有机物合成与分解是新陈代谢对立统一两个方面。**光合作用**（photosynthesis）是植物吸收太阳能将二氧化碳与水合成为葡萄糖的过程。通过**细胞呼吸**（respiration），在有氧的情况下葡萄糖又可被分解成二氧化碳与水，同时产生生命代谢活动所需要的能量。光合作用与细胞呼吸作用过程都涉及到细胞内一系列高度有序的酶促反应（enzymatic reaction）。伴随能量流动的新陈代谢是生命最基本的特征，光合作用与呼吸作用的过程与机理是认识生物新陈代谢的主要内容之一。



**图1-3 新陈代谢——物质的合成与分解及能量转换**

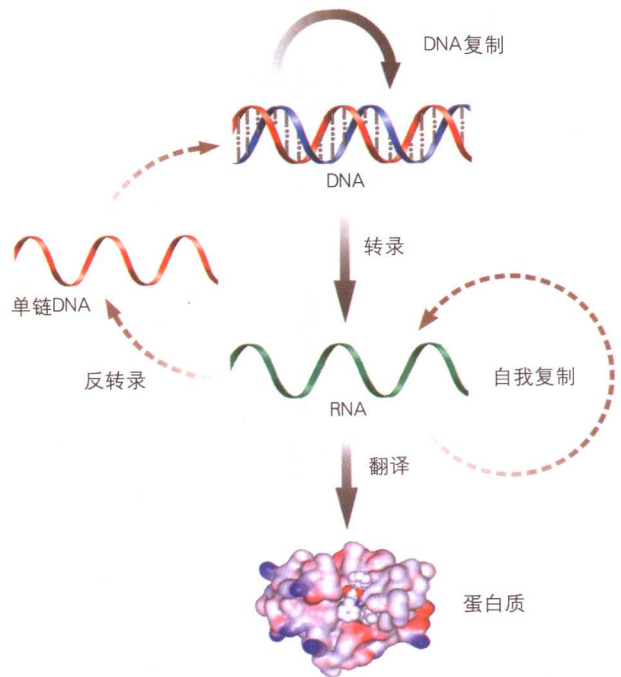
为了维持自身的有序状态，生物都必须与外界不断地进行物质和能量交换，这就是新陈代谢过程。以一头吃草的奶牛为例，富含自由能的青草在牛的消化道里经过消化成为可被吸收的营养物质，这些营养物质被吸收后有的成为构成奶牛体细胞的原材料，有的用于呼吸作用，其中的能量被转移到ATP中去。各种生化反应都需要能量，ATP扮演着能量通货的角色。在这些过程中产生的低能量代谢废物最后被重新释放到环境中，奶牛则获得了维持自身高度有序状态的能量。



**图 1-4 食虫植物** 已知的食虫植物有许多种，图中列举了其中两种。(a)捕蝇草叶的上部分化成为具尖齿的瓣片，表面为红色消化腺，并有敏感的腺毛，一经触动瓣片便立即闭合。(b)圆叶毛毡苔会在昆虫降落其上后迅速作出反应，触毛裹紧猎物，同时迅速分泌消化液。研究发现，触毛只有受到含氮化合物的刺激后才会作出捕虫反应。也就是说，食虫植物捕食昆虫其实是为了补充N元素。食虫植物的存在体现了大自然的神奇。

### 三、生命通过繁殖而延续

所谓“生生不息，生命不止”，说的是生物都具有繁衍后代的能力。在自然界，唯独生物具有繁衍后代的能力。生物繁殖 (reproduction) 包括无性生殖 (asexual reproduction)、有性生殖 (sexual reproduction) 等形式。生物可以繁殖产生与自身相似的后代，这种现象叫做**遗传** (heredity)。遗传使生物体的特征得以延续，但是，子代与亲代之间及子代不同个体之间还会产生一定程度的差异，这就是**变异** (variation)。遗传和变异也是生物进化 (evolution) 的基础。如今，生命的繁殖不再神秘，因为科学家们已经揭示了生物遗传的秘密：脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA) 是生物遗传的基本物质 (图 1-5)。遗传信息 (genetic information) 以碱基序列 (base sequence) 的形式贮存在 DNA 分子中，再由亲代传给子代，并决定了蛋白质分子的氨基酸 (amino acid) 组成和序列等，从而决定了生物体的性状。基因的表达



**图 1-5 DNA 结构和遗传信息流** 1953 年 Watson 和 Crick 建立了 DNA 双螺旋结构模型，奠定了现代分子生物学的基础。DNA 分子是由两条脱氧核糖核酸长链互以碱基配对相连而成螺旋状的右旋双链分子，DNA 分子可以自我复制，将遗传信息传给下一代。DNA 分子也可以转录成 mRNA，mRNA 再把遗传信息翻译成蛋白质。即遗传信息流的流动方向是由 DNA 到 RNA 再到蛋白质。科学家还发现了 RNA 自我复制和以 RNA 为模板，反向转录形成互补的 DNA 的逆转录现象。尽管如此，在 DNA、RNA 和蛋白质三者中，DNA 是最关键的物质，DNA 包含着生命的秘密。

(expression) 与调控 (regulation) 决定了生物体的特征和代谢过程。所有生命都具有指令其生长与发育 (development)、维持其结构与功能所必需的遗传信息，一个生物所有遗传信息集合即全部遗传物质 (DNA) 的总和称为**基因组** (genome)。

### 四、生物具有个体发育和进化的历史

正常的生物都有一个从出生到死亡的完整过程，这一过程也是个体的生活史。生物体的一生，通常从生殖细胞形成受精卵 (fertilized egg) 开始，受精卵分裂并经过一系列形态、结构和功能的变化形成一个新的个体，新个体通过增加细胞体积和由于细胞分裂增加细胞数目而**生长**，再经过性成熟、繁殖后代、衰老直至最终死亡，生物这一总的转变过程称为**发育**。探索生物个体从出生到发育成熟以及衰老和死亡的规律是发育生物学最主要

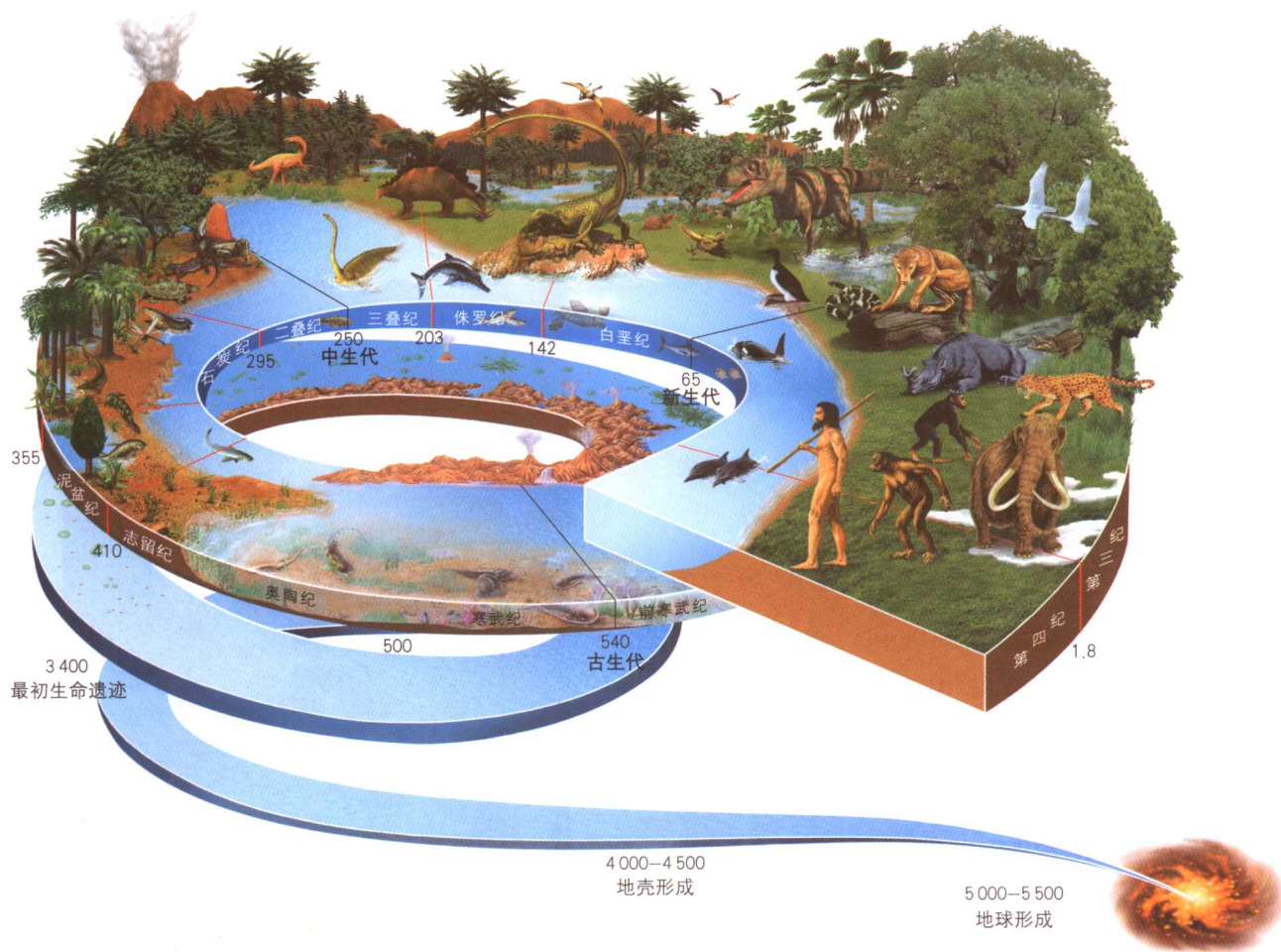


的研究内容。生物个体不断繁殖后代，无数代的个体生活史串联起来，生物的一些基本特征代代相传但又有所改变，即遗传和变异的组合，再加上自然选择的长期作用，便构成了生物进化的历史（图1-6）。进化就是遗传、变异和自然选择的长期作用导致的生物由低等到高等、由简单到复杂的逐渐演变过程。由于在进化的过程中，形成了生物的适应性和多种多样的类型，因此，进化也是生物多样性（biodiversity）的来源。

### 五、生物对环境的适应性

生物进化从根本上说，是由于生物对外界刺激产生反应、自我调节和生物对自然环境适应的结果。生命是一

个开放的系统，生命科学不但要研究生物体本身，还要研究生物与环境的相互作用。生物必须与环境不断地交换物质和能量，它们适应和依赖于环境而生存；生物同时又对环境产生影响，环境会因生命活动而发生改变。生物与环境的相互作用是生态学（ecology）最主要的研究内容。同时，发育生物学、进化生物学和生态学等又是密切相互关联的。生物与环境的关系及相互作用体现在个体（individual）、种群（population）、群落（community）和生态系统（ecosystem）等不同的层次上。其中范围最广的生态系统是指在一定空间里各类生物以及与其相关联的环境因子的集合，它是生命的家园（图1-7）。我们只有一个地球，在地球上，人是万物之灵，我们应当了解和关爱



**图1-6 生物进化** 生物进化的研究揭示了生命从无到有、生物构造由简单到复杂、门类由少到多和从低等到高等的一幅生物演化的图画。地层中化石出现的顺序清楚地显示生物在地球上出现和进化的顺序。大体上看，植物演化的先后顺序为：细菌、藻类、苔藓、蕨类、裸子植物、被子植物等；动物的演化顺序为：多孔动物、腔肠动物、扁形动物、软体动物、环节动物、节肢动物、棘皮动物、半索动物、圆口动物、鱼类、两栖类、爬行类、鸟类、哺乳类。图中数字单位：百万年前。





**图 1-7 生命的家园** 自然界存在生物与非生物两大类，它们可以被区分，但又不能彼此孤立地存在。生物依赖于环境，它们与环境不断地交换物质和能量，并适应于环境而生存；生物又影响和改变着环境。生物与环境是相互作用的统一体。

与我们分享这个地球的一切生命。

什么是生命？这是一种回答或一家之言：细胞是生命的基本单位；新陈代谢、生长和运动是生命的本能；生命通过繁殖而延续，DNA 是生物遗传的基本物质；生物具有个体发育的经历和系统进化的历史；生物对外界刺激可产生应激反应并对环境具有适应性。**生命**就是集合这些主要特征、开放有序的物质存在形式。

## 第二节 为什么要学习生命科学

这里主要问的是：包括生物类专业在内的各专业大学生为什么都要学习生命科学？

### 一、从达尔文的进化论到克隆羊“多莉”

1859 年，达尔文（Charles Darwin）的《物种的起源》发表了，一天之内该书的第一版便销售一空。他的关于生物进化的革命性理论不但引起科学界的广泛关注，当时也引起了广大平民百姓的兴趣。

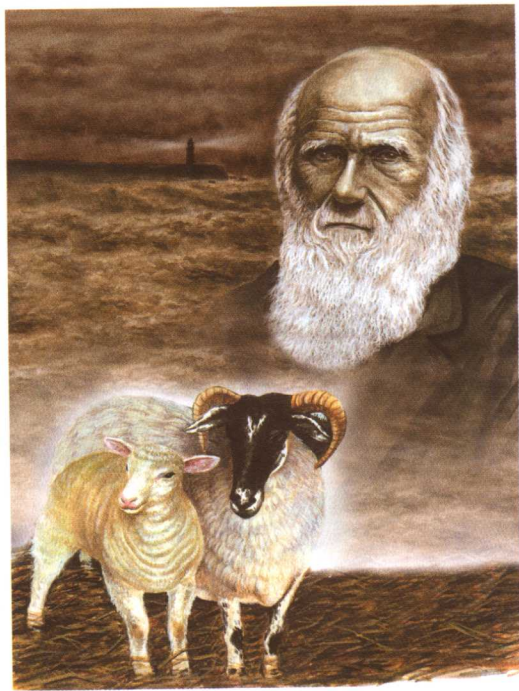
1997 年 2 月，当苏格兰生物学家完成了首例哺乳动物——绵羊“多莉”的克隆（clone）时，这个神奇的故事立刻上了各传播媒介的首页和头条，一夜之间，全球大多数生物技术公司的股票价值迅速上升。

今天，公众对生物科学的兴趣比一个多世纪前的达尔文时代更加高涨（图 1-8）。

20 世纪末，一些国际著名的新闻媒体评选 20 世纪 100 件大事，在包括政治、经济、文化、历史、战争和科

学等的 100 件大事中，涉及自然科学的大事大部分属于生命科学领域。

1928—1942 年，Alexander Fleming 发现青霉素（penicillin），在第二次世界大战后期拯救了几百万人的生命。



**图 1-8 从达尔文时代到克隆羊“多莉”** 生命科学每前进一步都直接影响着人们对待生命的态度和对自身的认识，并且引发公众对世界及人类未来的遐想，在达尔文时代是这样，在克隆羊“多莉”问世后的今天更是如此。（参见图 6-39, 7-14）



1953年, James D. Watson 和 Francis Crick 首次提出了DNA双螺旋结构模型, 奠定了现代遗传学和分子生物学(molecular biology)的基础, 从而获得了诺贝尔奖。有的学者高度评价DNA双螺旋(double helix)结构模型的确是“诺贝尔奖中的诺贝尔奖”。

1973年, 美国斯坦福大学教授Tanley Cohn和美国加州大学教授Paul Boyer以及Paul Berg等带领各自的研究小组几乎在同时分别完成了DNA体外重组, 一举打开了基因工程的大门, 他们被誉为重组DNA技术之父。

1997年2月, 苏格兰Roslin研究所的生物学家(Ian Wilmut和Keith Campbell等)完成了首例哺乳动物——绵羊“多莉”的克隆, 消息传出以后, 立刻在全球引发了一场有关克隆的大争论。

除了媒体评选的大事以外, 近年来有关生命科学的大事件还有很多。

2000年6月26日, 在多方参与和协调下, 人类基因组工作框架图完成, 标志着功能基因组时代的到来。

2001年, 人类在干细胞研究方面又取得重大突破。

2002年, *Science*杂志以长达14页的篇幅介绍了中国科学家完成世界第一张水稻基因组精细图。

2003年刚开春, 各大媒体上又相继传出, 一些与人类重大疾病相关的基因被发现。

2004年是火星探测年, 其中最引人关注的消息是, 科学家在火星上探测到水存在的痕迹, 据此推测火星上曾经有生命的活动。

2005年, 人类X染色体基因测序完成, 微RNA(micro-RNA)调节身体中大部分基因的表达功能被发现, 人类蛋

白质相互作用首张图谱完成。

当今, 以计算机科学及信息技术、生命科学及生物技术为代表的高科技正迅猛发展, 它们代表了现代科学发展的最前沿, 并成为现代高科技的两大支柱。科学技术的迅速发展让我们思考, 20年后生命科学的发展和生物技术的应用及其产业会达到怎样的程度, 回顾科学发展历史, 并从前瞻性的角度思考这一问题, 便不难回答我们为什么要学习生命科学。

## 二、人类面临的挑战

我们再从发展的角度转换到危机与挑战的角度看问题。

2003年春, 一场突如其来的传染性非典型肺炎又称严重急性呼吸综合征(severe acute respiratory syndrome, SARS)在全世界许多国家蔓延, 灾难面前人们谈虎色变, 一场不见硝烟的新战争开始了。2005年, 禽流感灾难愈演愈烈, 不但造成一些国家养殖业的巨大损失, 禽流感还向人类蔓延, 防范人类感染禽流感成为世界各国共同面对的重大难题。当今人类社会面临的重大的问题和挑战还包括: 人口膨胀、粮食短缺、疾病危害、环境污染、能源危机、资源匮乏、生态平衡(ecological balance)被破坏和生物物种(species)大量消亡(图1-9)等。解决人类生存与发展所面临的一系列重大问题, 在很大程度上将依赖于生命科学的发展。生命科学对人类经济、科技、政治和社会发展的作用是全方位的。

生命科学全方位的发展呼唤着培养更多高水平的复合型科技人才, 还要求提高全民的科学文化素质。学习



**图1-9 人类社会面临的重大问题和挑战** 地球人口以爆炸的方式增长, 由此引发的粮食短缺、环境污染以及盲目的资源开发带来的生态环境的破坏长期以来一直困扰着人类。另一重大挑战来自微观世界。人与HIV等病毒的斗争从未停止, 而人类似乎至今仍没有明显的优势。



生命科学原理,有助于我们自觉地认识控制人口增长并提高人口素质、保护环境、保护生态平衡和生物多样性、节约能源和资源的重要性;还有助于我们利用生命科学和生物技术的理论和方法,增加粮食产量,战胜各种疾病,开发利用可再生生物新能源与新资源等等。掌握生命科学和相关学科的新理论和新技术,解决人类共同面临的上述重大问题是我们的每一个人的义务和责任。

### 三、新世纪的大学生不能没有现代生命科学基础知识

没有生命的大自然是难以想象的。地球上的生物有形有色、千变万化,多种多样的生物构成了真实和精彩的大自然。它们制造氧气,让我们能够自由呼吸;它们提供食品,让我们的生命得以延续;它们提供能源(煤和石油都来源于古代的生物)和各种资源,让我们的生活有了物质保障。事实证明,人们的日常生活也越来越离不开对生命科学知识的学习和理解。例如,当你去超市购物,面对转基因食品,你如何选择?有人说,移动电话的电磁信号辐射可能对健康或下一代健康有影响,你会放弃每天随身携带的手机吗?野生动物毛皮制作的衣物美观保暖,抵制还是接受它们对保护环境与生物多样性有意义吗(图1-10)?你对生物技术相关敏感问题了解多少,看法如何?还有转基因、克隆人、克隆器官或异种器官移植等等,当生命科学与生物技术发展到能改变人类自身构成的时候,它不仅仅涉及到技术的复杂性,还涉及伦理道德等社会问题,你的认识和看法以及公众的认识和看法就会对政府的决策及生物技术的发展方向甚至人类社会的发展有重大的作用和影响。

也许你会成为一名生物学家,将要帮助阐明人类大脑工作的复杂机理,或培育抗病、抗旱的小麦和水稻品种,或发现征服癌症(cancer)的方法等等;也许你会在生物技术公司工作,从事基因药物或诊断芯片(diagnostic biochip)的研制或营销。即使你不打算以生命科学或生物技术某一领域为今后的职业,学习生命科学也将帮助你更好地认识你自己,因为人本身就是生命。如果你是物理学、自动化、计算机、材料科学等理工科专业的学生,在本课程的学习中你将发现,你所学过的本专业的知识可以很好地应用于生命科学领域,学科交叉可以促进科技创新。即使你是文科专业的学生,通过本课程的学习,你会认识到,作为将来的社会科学专家,甚至作为地球上的一位普通公民,也应经常步入生命科学的殿堂,因为生命科学与人类和社会的联系比其他任何学科都更加紧密,生命科学对人类社会的巨大作用和影响难以估量,一个21世纪的现代大学生不能没有现代生命科学的基础知识。

如果现在大学生毕业时不懂得什么是DNA、什么叫克隆等基本概念,不了解保护生物多样性的意义,不了解生物技术与人类社会及经济发展的关系,将可能会成为一种遗憾。因此,美国麻省理工学院(MIT)等一些名牌大学都已经将基础生命科学列为本科生的必修课程,这说明所有大学生学习基础生物学知识是现代高等教育的发展趋势(图1-11)。

### 四、生命科学的发展需要您的参与

人类社会进入20世纪以后,各门自然科学已发展到相当高的水平,在此基础上,20世纪后叶分子生物学取得了一系列突破性成就,使生命科学在自然科学中的位

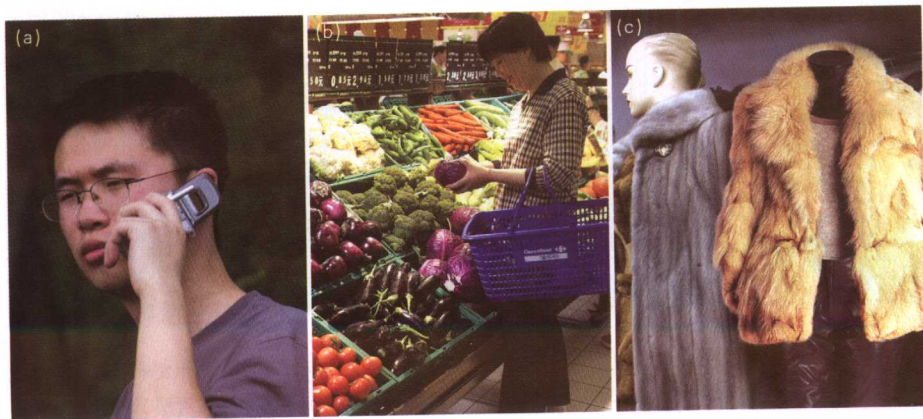


图1-10 用生命科学知识应对人们日常生活面临的诸多问题和挑战 (a) 手机的电磁辐射是否对人的健康造成危害。(b) 如何面对转基因食品。(c) 为保护野生动物和环境,是否该抵制使用野生动物毛皮制作的皮革衣物。



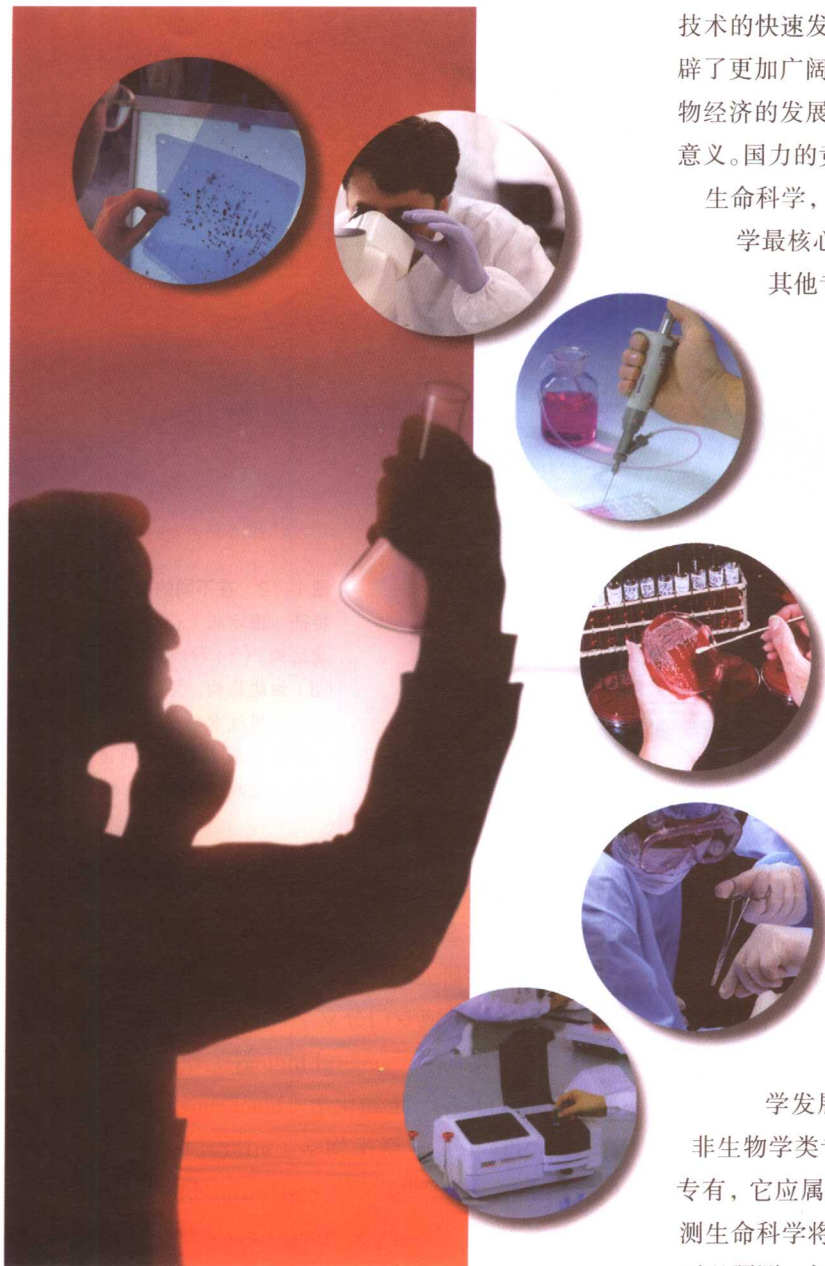


图 1-11 学习生命科学是现代高等教育的发展趋势

置起了革命性的变化，现已聚集起更大的力量，酝酿着更大的突破进入了21世纪。生命科学的发展和进步也向数学、物理学、化学、信息科学、材料科学及许多工程科学甚至社会科学提出了很多新问题、新思路和新挑战，带动了其他学科的发展和提高。生命科学不但要成为21世纪自然科学的带头学科，而且自然科学、工程科学、社会科学等都可以在生命科学领域发生交叉，因此它正在逐渐成为一门“中心科学”。另外，生命科学与现代生物

技术的快速发展又为医药、农业、环境工程和其他行业开辟了更加广阔的前景。有人预测，生物科技浪潮将推动生物经济的发展，生命科学与技术对国家安全也具有重大意义。国力的竞争是人才的竞争，所有大学生都应该学习生命科学，因为这是完善自我知识结构、认识自然科学最核心内容的需要，也是培养既懂生命科学又有其他专门学科知识的复合型人才的需要。

回顾生命科学发展的历史，无数科学伟人历历在目。例如：Darwin创立了进化论，Antonie van Leeuwenhoek发明了显微镜，Louis Pasteur建立了微生物学和发酵理论，Gregor Mendel建立了遗传学经典法则，Thomas Hunt Morgan提出了基因的染色体定位学说，Fleming发现青霉素，Frederick Griffith、Oswald Avery、Alfred Hershey和Marsha Chase等证明生命的遗传物质不是蛋白质而是DNA，Watson和Crick发现了DNA双螺旋结构模型，Cohn和Boyer首次完成了DNA体外重组，Kary Mullis发明了PCR技术，Wilmut和Campbell等完成了首例哺乳动物“多莉”羊的克隆等等。我们不知道生命科学领域下一个(或几个)名人是谁，不知道下一个(或几个)诺贝尔奖得主是谁。生命科学发展的历史启示我们，他们之中有人曾经是非生物学类专业的学生。生命科学并不为生物学家所专有，它应属于我们每一个人。今天谁也不能确切地预测生命科学将来究竟会发展到什么样的程度，但有一点可以预测，有您的参与，有更多生物学类与非生物学类专业的专家共同参与，21世纪一定会成为生命科学取得重大突破的世纪，生命科学将会对人类社会的发展做出更大的贡献。

### 第三节 生命科学涵盖的主要内容

#### 一、生物学的概念与基本内容

生命科学是研究生物体及其活动规律的科学，广义的生命科学还包括生物技术、医学、农学、生物与环境、生物学与其他学科交叉的领域。人们常用生命来泛指所





图 1-12 在不同的层面表现生命的特征 图示从 (a) 进化、(b) 蛋白质结构、(c) 神经刺激的信号传导、(d) 细胞结构、(e) 生物个体行为、(f) 碳通过食物链在自然界循环和 (g) 生物膜上的电子传递等不同的层面上表现了生命现象和规律。

有的生物和广义或抽象的生物活动现象，而用**生物**来特指某一种具生命特征的个体或群体。

迄今为止，科学家在地球上已经发现和命名的生物有 200 多万种，其中植物 (plant) 约 26 万种，脊椎动物 (vertebrate) 约 50 万种。科学家估计，地球上的生物共有 500 万至 3 000 万种，其中大部分还未被命名。这些生物彼此都不一样，即使同一物种的不同个体之间，也存在着差异。**生物多样性**反映了地球上包括植物、动物、菌类等在内的一切生命都有各不相同的特征及生存环境，它们相互间存在着错综复杂的关系。另一方面，所有的生物都具有一些共同的特征，我们可以在不同的层面和深度来认识这些特征 (图 1-12)。由于生命活动是自然界最复杂、最高级的运动形式，尽管现代科学技术的发展使人类对生命现象和规律的认识越来越深入，在生命科学的王国仍然有更多未知领域和挑战。因此，生命科学涉及的内容非常广泛和复杂，生命本质无限深奥，人类对生命科学内容的探索永无止境。

就目前的认识，基础生命科学涵盖的最基本的内容至少应该包括：生命的化学组成，细胞的结构与功能，能量与代谢，繁殖与遗传，遗传信息的传递与控制，生物

的起源、进化与系统分类，生物个体的发育、结构、功能和行为，生态环境，生物技术等。

随着科学研究的深入，内容广泛的生命科学被分成诸多不同的领域或专门分支学科。例如，基础生物学科方面除了普通生物学 (general biology) 外，还包括细胞生物学 (cell biology)、生物化学 (biochemistry)、生物物理学 (biophysics)、微生物学 (microbiology)、遗传学 (genetics)、分子生物学 (molecular biology)、生态学 (ecology)、生理学 (physiology)、生物技术 (biotechnology) 等。这些学科从不同的角度，应用各自的理论或手段，侧重不同的对象或目标分别研究涉及生物与生命活动的不同方面，它们之间也存在某些内容的重叠。

“基础生命科学”或“生命科学导论”是生命科学的入门课程，是为大学本科生开设的基础课。本课程结合生命科学的基础知识和前沿进展，简明地阐述生命的化学、细胞、代谢、遗传、分子生物学、进化、生态、健康与疾病和生物技术等方面最基本的概念和理论，同时还将重点地介绍一些基本理论产生的过程和其中最杰出的科学家，希望以此能激发同学们热爱生命科学，献身科学事业的热情。



生命科学本身既是自然科学，又是建立在数学、物理、化学、信息科学等学科深入发展基础之上的应用性较强的“中心科学”。通过本课程的学习，我们还应该积极去思考生命科学与其他各门学科的内在联系，促进生命科学与其他学科的交叉渗透。特别对于非生物类专业的学生，促进本专业与生命科学的交叉和发展也是本课程学习所要追求的目标。修完“基础生命科学”之后，如果有需要，同学们还可以进一步选修生命科学的其他专门分支学科课程。

## 二、微观与宏观领域相互联系

生物体是高度组织化的复杂生命形式，我们可以在不同的层次和水平上来认识它们(图1-13)。生物体(如一棵杨树)由不同的器官(organ)(如根、茎、叶、花等)组成，器官(如叶片)由组织(tissue)(如叶肉组织、表皮组织、输导组织等)组成，组织(如叶肉组织)由细胞组成，叶肉细胞含有许多种细胞器(如叶绿体)，叶绿体中含有叶绿素(chlorophyll)分子，叶绿素分子由多种原子组成。现代生命科学研究正在由宏观向微观深入发展，分子生物学正在向揭示生命的本质方向迈进，即用化学分子的语言说明生命现象的统一性、复杂性和有效性，揭示无生命的糖类、脂肪酸、氨基酸和核苷酸等如

何组成生命个体及产生生命现象的规律。从分子水平上认识核酸等生物大分子的结构特征、功能和变化规律，使人类有可能从本质上和机理上深入地揭示生物遗传、信息传递和代谢调控的奥秘，并有可能主动地重组基因和改造生命，从而造福人类(图1-14)。

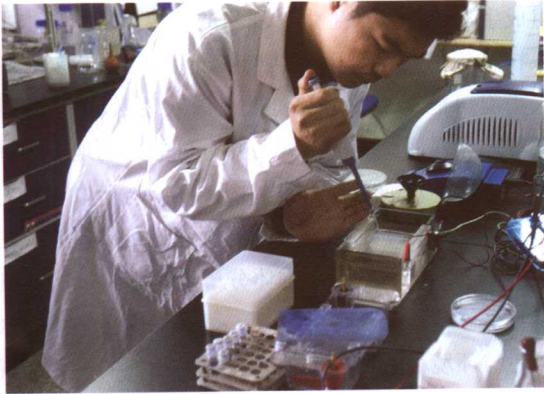
对生物大分子的结构和功能研究最终需要体现在细胞和个体水平上，众多生物体分子生物学特征的差别决定了其个体结构与功能的差别。每一种生物个体的众多基因还与环境相互作用，从而促进了生物的进化。现代生命科学还不仅只研究单个生物体及其生命活动的过程，它还研究众多生物个体之间的相互关系与联系(即生物进化与生物多样性问题)，研究这些生物体与环境的相互关系与相互作用(即生态问题)。因此，现代生命科学同时也正在向宏观方向深入。生命科学的微观与宏观领域是相互联系、相辅相成的，我们不能只见树木不见森林。总之，需要从微观和宏观两个方面把握生命科学的基本概念和内容。

作为生命科学的基础和入门课程，由于课时和篇幅的限制，也为了体现现代生命科学的最新进展，本教材对动物与植物的分类(taxonomy)等生命科学的宏观领域内容作了适当的取舍或压缩，重点介绍了人们现在更关注的生物进化和生态环境等方面内容。在微生物学方面，

**图1-13 生命的层次** 原子、分子构成了生物大分子，各种生物大分子组合形成细胞器和细胞。细胞是生命的基本单位，形态、功能相近的细胞在一起形成组织，进而构成器官。不同器官和器官组成的系统以奇妙的方式结合起来，成为一个能整体运作、维持代谢平衡、制造各种产物甚至有自主意识、能思维的生命。而生物体之间也有着千丝万缕的联系，它们结合成种群、群落，并与环境一起形成生态系统。最大的生态系统是生物圈。







**图 1-14 从分子水平上深入揭示生命的奥秘** 科学家根据分子生物学的理论和实验技术可以进行转基因的实验操作。图为科学工作者试图通过凝胶电泳实验对目的基因片段进行鉴定和分离,为下一步基因重组和转化做准备。

代谢、遗传、分子生物学和生物技术等内容的篇幅相对多一些。对于生物学类专业学生,无论其专业方向如何,全面把握包括宏观与微观各领域的基础知识与基本概念对于今后发展十分重要。对于非生物学类专业,由于课时短,教授内容更应该精练而不必面面俱到,可给学生们留下自学的空间和安排课后阅读课文的时间。

### 三、跟踪生命科学和生物技术的最新进展

生命科学近 50 年的发展超过了过去 500 年。传统描述性的生物学已经不能代表现代生命科学最基础内容。21 世纪,人类进入生命科学大发展的时代,生命科学前沿不断变化,一些最新成就和进展提供的前沿知识也不断成为现代生命科学最基本的内容。

在生命科学领域,学科的界限逐渐模糊,分子生物学、细胞生物学、遗传学等已经密不可分。分子生物学在微观层次对生物大分子的结构和功能特别是对基因的研究取得突破后,正深入到从分子水平上来解释细胞活动、个体发育、遗传和进化的现象与规律。基因、蛋白质、细胞、发育、进化与生态研究形成基础生物学研究的一条主线。另一方面,遗传、细胞学、免疫学(immunology)等从分子、细胞到整体不同层次水平的研究,其他领域如数学、物理、信息科学等多学科向生命科学的交叉和相互渗透,复杂系统理论和非线性科学的发展,也使得基础生物学研究在思维和方法论上从分析走向综合,或者分析与综合结合,体现了整合生物学或系统生物学的思想。此外,新技术和新方法的建立和引入,如生物

芯片(biochips)技术、蛋白质组学(prote-omics)方法、结构基因组学(structural genomics)方法、生物信息学(bioinformatics)理论和方法、各种质谱(mass spectrum)、波谱方法、单分子技术等,在基础生物学研究中发挥着越来越重要的作用。

近年来,在分子生物学、细胞生物学、遗传学、发育生物学(developmental biology)、免疫学、神经生物学(neurobiology)、生物医学工程(biomedical engineering)、系统生物学(systematic biology)与生态学等重要领域,不断涌现出许多新的研究热点。例如,蛋白质等生物大分子具有生物功能的结构基础以及生物大分子之间相互识别的结构,核酸特别是非编码区基因的功能,酶(enzyme)的催化和调节机制,膜蛋白和膜脂的相互作用,糖蛋白和糖复合物的结构、功能等;干细胞(stem cell)技术,细胞周期调控,细胞分裂、增殖、分化(differentiation)、凋亡(apoptosis),以及细胞间相互作用,细胞迁移,细胞内蛋白质分选,物质跨膜转运,信号跨膜转导的过程和机制,细胞分化和生物个体发育;人类及重要物种全基因组测序(gene sequencing),功能基因组学,基因表达调控规律,多基因、多因素影响的遗传学问题,针对基因组研究产生的海量数据的生物信息学方法;机体免疫系统,神经与内分泌系统等相互关系,免疫与某些疾病的发病机理,疾病的诊断和防治等;在分子和细胞层次上神经活动的基本过程,脑功能与认知的分子机制,特定环境中适应性行为的脑机制,神经系统疾病;生物材料,人工器官,组织工程,生物医学信号获取与处理,生物医学成像及图像处理技术等;分子生态与进化生物学,全球生态系统的变化,生物多样性保护等等就是这样的一些热点。也有人提出,基因组、干细胞和克隆代表了现代生命科学的 3 大前沿。热点与前沿问题的研究还不断衍生出诸如生物信息学、蛋白质组学等一些新的分支学科和交叉学科。

20 世纪后叶,生命科学领域一系列突破性成就,不但改变了它在自然科学中的地位,而且引发了一场生物技术革命,这场革命为人类带来了巨大的利益和财富。人类进入 21 世纪后,生物技术正日益成为各国科技竞争甚至经济竞争的焦点。例如,2002 年美国国会决定每年 4 月 21 日至 28 日为“生物科技周”,美国还不断加大生物经济的发展力度;日本政府最近提出了“生物产业立国”的口号;英国政府发表并正在实施《生物技术制胜





**图 1-15** 北京中关村生命科学园 该图是位于北京北郊五环路外北清路上的北京中关村生命科学园区规划图。该规划图上的多家生物科技研发机构与公司目前已经建成运行,它们包括北京博奥生物芯片有限责任公司(生物芯片国家工程研究中心)、北京市生命科学研究所、北京(国家)蛋白质组工程中心等。

2005年预案和发展展望》报告;印度率先成立了世界上第一个政府部级的“生物技术部”;新加坡提出把新加坡建成“生命科学中心”的目标;中国在北京、上海等地设立了 20 多个生物技术园区(图 1-15),全国有近 200 多个生物技术重点实验室和 500 多家现代生物技术企业。基础生物学、医药生物技术、农业生物技术、环境生物技术、生物多样性和生物安全等被确立为当前发展的重点。近年来,我国进入临床研究的生物医药已达 150 多个,干扰素等 21 种生物技术药品投入生产,生物医药制品年销售额达到 200 多亿元,14 年增长了近 100 倍。我国首创的水稻杂交技术已向 20 多个国家推广,超级杂交稻每公顷产量突破了 12 t(图 1-16)。最近,中国政府还在抓紧制定《生物技术发展中长期规划》。很多人预测,生物技术引擎助推世界经济继续增长,以高技术、高投入和高利润为特点的生物技术产业将成为全球新一轮新的经济增长点。

科学与技术有时并没有严格的界限。生物技术产业



**图 1-16** 超级杂交稻 人工培育的超级杂交稻产量高,为解决饥饿与粮食短缺做出了重大的贡献。

的发展为生命科学研究提供了新的动力,重点发展基础生物学,加强源头创新是抢占生物技术制高点的关键。

我们强调跟踪生命科学和生物技术的最新进展,不断更新知识,是因为它们是当今科技发展最快、最具有挑战性的学科领域,学习生命科学也应该与时俱进,不断调整和扩展相关内容。

## 第四节 如何学习生命科学

### 一、兴趣是最好的老师

对学生来说,不仅应该知道为什么要学习生命科学,还应该主动地去探索生命的奥秘,这种探索需要付出艰辛的劳动。但是,一旦有所理解或有所启示,有所收获或有所成就,兴趣便油然而生。对于教师和教材来说,揭示生命科学的真谛,显示其精华和美妙,唤起学生们的热情,始终是我们追求的目标。俗话说,你可以把牛牵到河边去,但你不能强按住牛头让它喝水。引导和培养学习的兴趣,越学越愿意学下去,才能达到学习和传播生命科学知识的目的。

世间万物,唯独生命是最美的。生命五彩缤纷、千变万化,与其他学科相比,生命科学应该更生动和更形象。从作者的角度考虑,仅用白纸黑字做长篇叙述,对于揭示丰富多彩的生命和生命科学可能效果有限。信息化社会,各种媒体都在“争夺眼球”,“读图”比读文字的学习效率更高。生命科学虽然比较深奥和复杂,但它的教材不应该深奥难懂。考虑到兴趣是学习的发动机,因此,作为这门课的教材,本书尽量多用彩色图解和图片,以利于学生对有关基本概念和原理的理解,也有利于对学生兴趣的引导。

尽管每一个人都有不同的知识背景、生活经历和人