

# 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、生命科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。

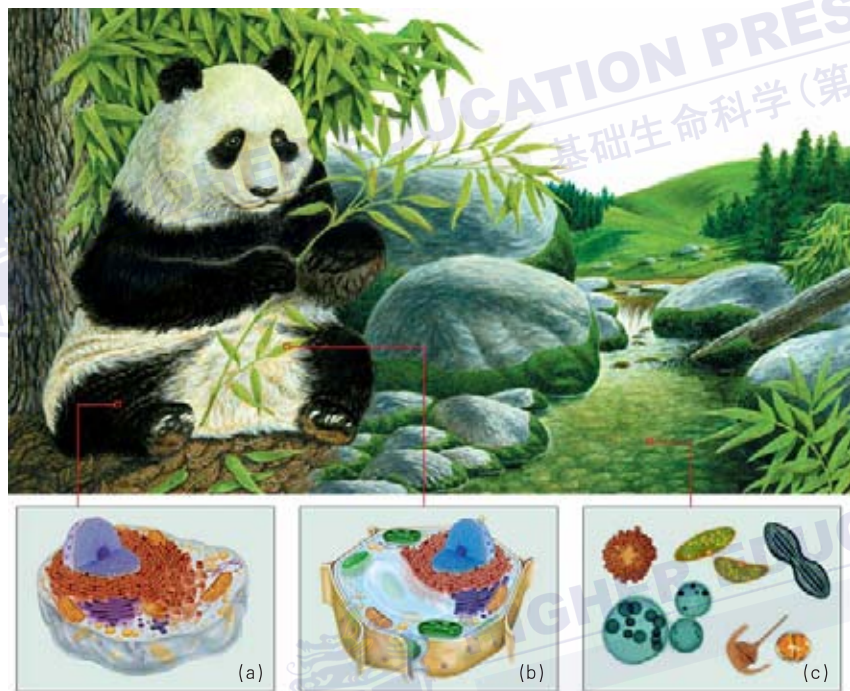
### 一、细胞是生命的基本单位

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,但仍然具有生命的其他基本特征(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。





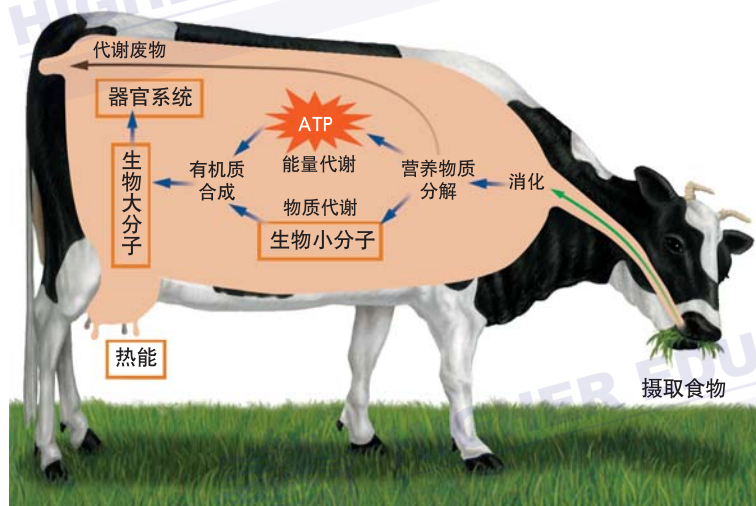
**图 1-2 噬菌体结构模式图** 噬菌体是一种没有细胞结构的病毒，寄生于细菌。它们的蛋白质外壳分为头、尾两部分。头部包裹单链或双链的 RNA 或 DNA，尾部是一个长管，有的噬菌体尾部有尾丝。侵染细菌时，噬菌体以尾部顶端和尾丝附着于细菌表面，通过尾管将头部的核酸注入细菌内，随后利用细菌的复制、转录和翻译机制合成噬菌体新的核酸和蛋白质，组装出新一代噬菌体。

## 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释放回环境中

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。

(a)



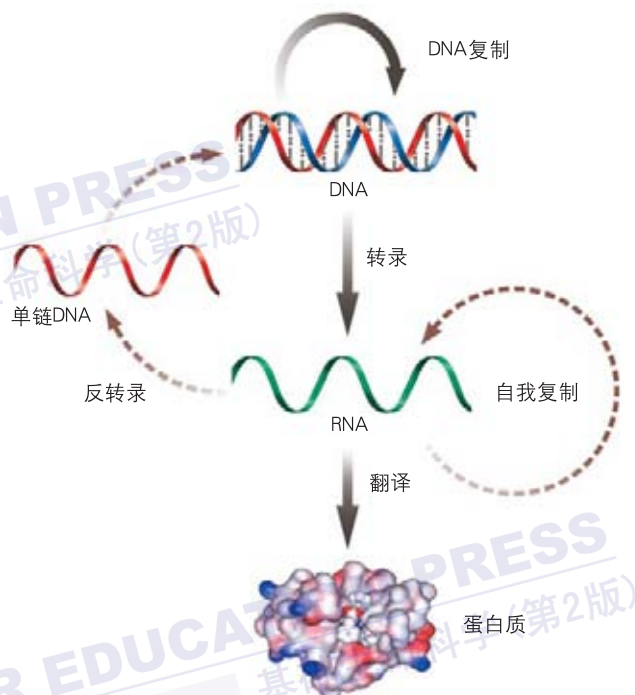
(b)



**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。

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。

## 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？

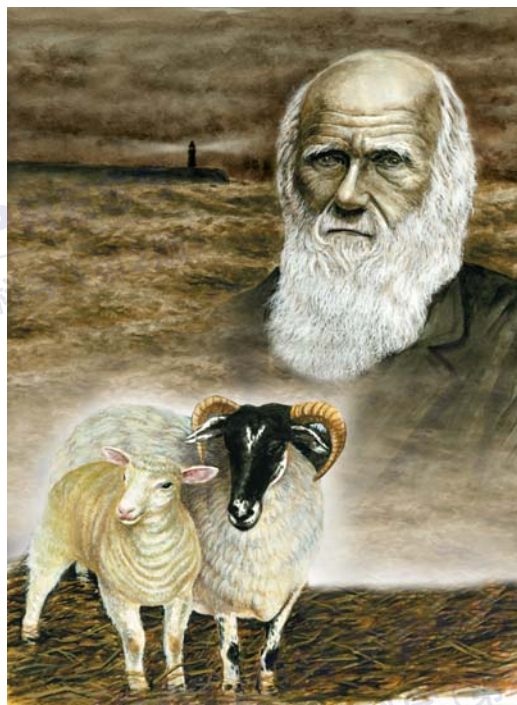
### 一、从达尔文的进化论到克隆羊“多莉”

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，公众对生命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



**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, 回顾生命科学发展历史, 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、生命科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。在微观生物学方面,

**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

生目标,但我们都热爱生命,这是共同的。因此,热爱生命科学,提高学习生命科学的兴趣便有了基础。一个睿智的女孩说:“热爱生命进而喜爱生命科学是一份天然,我对生命及生命科学感觉有三,其一是神秘,其二是神妙,其三就是神圣。”一位博学的教授说:“面对最优秀的大学生,讲授世界上最精彩的生命科学,是一种荣幸和享受。”我们还记得,1999年7月,我国影响最大、竞争最激烈的大学入学统一考试刚进入第一天,一道高考作文题“假如记忆可以移植”让学生、教师和家长都感到意外,更引起人们对生命科学未来的憧憬。“生命有形,梦想无限”,充满生命力与青春活力的当代大学生们一定会发挥想象力和创造性,描绘出生命科学发展最美好的蓝图,谱写出赞美生命最美妙的乐曲。

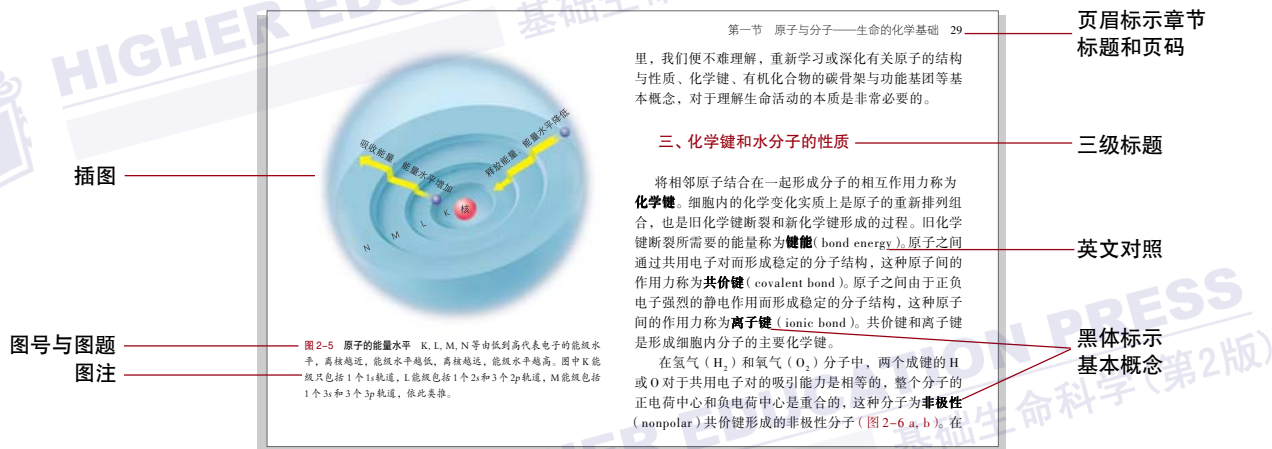
## 二、把握基本概念和它们之间的内在联系

为了学好生命科学课程,除了需要兴趣和热情,还要通过课堂与课外学习,把握好生命科学中的许多基本概念和它们之间的内在联系。

生命科学是一门综合性很强的基础科学,数学、物理、化学等基础性学科又是它的基础,信息学科、材料学科、工程学科甚至社会科学等都与它关系密切,生命科学本身又有许多分支学科。生命科学是一门知识范围广泛和复杂的大学科,又是生命科学类各专业(包括生物科学、生物技术、医学、农学等专业)入门的课程。因此,首先把握该课程涉及的基本概念对于强化专业基础,促进后续课程的学习是十分重要的。由于知识范围广泛

和复杂,该课程涉及的基本概念很多,从宏观领域的物种、进化、生物多样性、生态系统,到微观领域的基因、克隆、代谢、信号传导等,还包括不同层次水平上众多的生物名词与名称。对于基础生命科学涉及到的一些主要的基本概念,本教材中都给出了英文对照,其中重要的概念以黑体字标示,并有相应的解释或说明(图1-17)。需要说明的是,对于这些基本概念,在理解的基础上是很容易记忆的,把多个概念内在联系起来融会贯通形成知识链也不易忘记,且可灵活应用,而死记硬背不是有效的学习方法。

在掌握生命科学基本概念的同时,认识这些基本概念之间内在的联系十分重要。因为我们的学习不是为了仅仅记住一些事实和术语,而是要认识生命活动的客观规律。只有揭示了生命现象的内在联系,我们才能对生命活动规律有更深刻的认识。例如,本书第三章指出:“细胞不是一个装满各种酶和底物的口袋,细胞复杂的结构特别是膜的结构使各类代谢反应高度有序地进行,并可以被控制和调节”,在你的头脑中是否已经建立了这些重要代谢途径的联络图,并明确了一些重要生命过程发生的部位?又例如,通过第四章的学习,你能否总结呼吸作用与光合作用的共同特点和共同理论基础?学习光系统组成时,您是否主动思考和正确回答过为什么叶片细胞中没有游离的叶绿素?你能否举出很多例证,说明生物的结构与功能的统一与协调关系……在我们学习过程中经常思考类似的问题,就能促进我们及时把握基本概念之间内在的联系。即使过了很长的时间,某些术语和



**图1-17 课文示例** 课文中以黑体字标示基本概念并做出相应的说明或解释,有的黑体词可以在不同章节出现不止一次,便于读者对基本概念的理解;图示说明用不同字体区分图题和图注;一些主要的生物学词汇第一次出现时有英文对照,书后有中英词汇对照表及页码索引。



词汇淡忘了，但我们已经构建起来的生命科学知识框架将让我们受用终身。

把握基本概念之间的内在联系可以有以下线索：①生物在地球上已经有35亿年的历史，生物进化是一个漫长而又生动的故事。进化可以把包括人在内的所有生命形式以及相关现象串联起来，形成**进化流**。②所有生物都需要获得精确的信息指令来指导和控制其生长、运动、代谢、分化和繁殖等等，因此发生在分子水平上的信息传递或信息流动是一切生命活动必不可少的过程。信息传递包括由DNA分子组成的遗传信息向后代的传递，还包括由基因控制的遗传信息通过转录、翻译过程合成蛋白质而控制细胞与组织的结构与功能，蛋白质和其他化学物质（如激素等）还可以作为特殊的化学信号通过细胞的信号传导途径来启动相应的生物化学反应。生命信息的传递和流动又简称为**信息流**。③所有生命都共享地球上的外部环境，高度有序的生命要依靠不断从外部输入能量来维持，由此造成生物与环境、不同生物之间和同一生物体内发生以物质流带动的能量流动即**能量流**是许多生物之间相互作用和生命活动相互影响的重要原因。上述的进化流、信息流和能量流贯穿了整个生物界和生命过程，是我们学习生命科学基本概念时需要重点把握的知识框架和内在联系的主要脉络。

### 三、提出问题和设想

当我们还是孩子时，我们几乎都问过这样的问题：什么东西让我们活着？我的身体为什么会生病？我是从哪儿来的？我为什么是男孩而不是女孩？

学习生命科学不但要继承前人总结的宝贵经验和理论，更需要创新。观察、提问、设想、推理、分析、实验验证等是科学创新的基本要素。在这些基本要素中，天性好奇和提出好的问题是学习和创新的发动机（图1-18）。爱因斯坦获得的成就得益于他天真烂漫的好奇，他问了许许多多大多数人只是在儿童阶段才提出的问题，更重要的是，当他有了分析问题和解决问题的能力时，他仍然坚持问这些问题。

优秀的科学家都试图思考那些有意义并有可能回答的问题，他们知道，不可能一次就能回答一个很大的或全部的问题。问题的提出必须基于观察和实验，而答案必须能被进一步的观察和实验所证实。

孔子说：“学而不思则罔，思而不学则殆（只学而不



图1-18 天性好奇和提出好的问题是学习和创新的发动机

思考是无用的，只思考而不学则是危险的。”)为了使提出的问题有意义，为了使寻找答案的途径更科学，首先要学习生命科学最基本的知识，学习前人总结的宝贵经验和理论。“我们比别人看得更远，因为我们站在巨人的肩膀上。”带着问题学习，留出想象的空间是最好的方法。在您的学习过程中，请保持天性好奇和经常思考与提问的习惯。同时，利用课余时间，多阅读几本不同作者编写的生命科学教材和参考书是非常有益的。

除此以外，还要提醒两点：①学习生命科学知识应该密切联系实践，将所学的知识与日常生活中诸如人体健康、农业生产、环境变化和社会伦理等现象或问题相联系；②生命科学是一个创新与变化的过程，要通过了解生命科学重要理论产生的过程和杰出科学家的事迹，树立正确的科学态度，掌握创新的科学方法。

### 四、实验是开启生命王国大门的钥匙

20世纪初，德国生理学家Otto Loewi提出了一个大胆的预测和假设：神经系统通过产生化学物质作为信号，指挥并控制心脏肌肉的收缩。

Loewi研究迷走神经对心脏跳动（心脏肌肉收缩）的控制作用。心脏主要由心肌组成，当Loewi用电流来刺激青蛙的迷走神经（vagus nerve）时，青蛙的心脏跳动就减慢下来。Loewi便问：是迷走神经受电流刺激后电信

号直接传导造成了心脏跳动减慢的效应，还是由于迷走神经分泌了某种化学物质造成了心脏跳动的减慢？这种化学物质是什么？当时设计一个实验来验证他提出的假设似乎是不可能的。

事实上，Loewi 一直想用实验来证实他的假设是正确的，构思和设计这个实验整整用了他 17 年的时间。后来 Loewi 回忆了他当时做实验前后的情景（图 1-19）：

“1920 年复活节的前夜，我突然从睡梦中醒来，打开电灯，匆匆在一张小纸片上写下几行字，我又躺下睡着了。第二天早晨 6 点钟，我起床后想起来，夜间我曾写下了点重要的东西，但由于小纸片上的字太潦草，已无法辨认。第二天夜间 3 点钟，上一夜的想法又在我头脑中出现了，原来是一个验证迷走神经产生化学物质控制心脏肌肉收缩的双蛙心灌流实验设计。深更半夜我立刻起床，冲进实验室，按照梦中的设计，进行了控制青蛙心脏跳动的实验。”

其实实验并不复杂。Loewi 解剖了两只青蛙，取出心脏，第一个心脏上仍连着迷走神经，另一个心脏上的迷走神经被剥离或割断。他将两个蛙心通过导管连接起来实施灌流实验。他先用电流刺激了第一个心脏上的迷走神经，当连着迷走神经的心脏中的液体流入到另一个心脏中时，奇迹出现了，第二个心脏的跳动立即减慢下来。实验结果证明，神经系统通过产生化学物质作为信号，

控制了肌肉的收缩。Loewi 将迷走神经分泌的化学物质叫做“迷走素”。现在我们知道，这种化学信号是乙酰胆碱（acetylcholine）。Loewi 的成就在于，他的实验揭开了神经细胞通讯（nerves communication）问题的神秘面纱，Loewi 为此获得了诺贝尔奖。

Loewi 的故事告诉我们，科学实验和观察是假设成为理论的桥梁，生命科学离不开实验；另一方面，如果 Loewi 没有动物（青蛙）的解剖知识和实验技能，就不可能完成迷走神经化学信号传递的研究。生物学实验可以帮助我们更深刻地理解生命科学的基本概念和原理，提高我们的动手能力、分析问题和解决问题的能力。科学实验是开启知识创新大门的钥匙。因此，只要条件可能，配合本课程最好能适当做一些生物学实验（包括到大自然中去观察生物和生命现象）。即使一时不能做生物学实验，也应重视和了解一些生物学的实验原理和方法。为此，本课程不但讲解一些最基本的生命科学知识，还特别介绍了一些获得这些知识的实验过程，介绍著名科学家的实验设计和研究经历。

## 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

生物学是一门**科学**（science）。science 一词来源于拉丁文，原意为“去认知”，这种认知是渐进的。科学是一个渐进的、动态的变化发展过程，生命科学更是如此。

人类文明进步的历史事实上是先进生产力不断替代落后生产力的历史，也是科学技术不断推动社会进步发展的历史。人类文明和科学技术发展至少经历了几次大的革命：第一次是以瓦特发明蒸汽机为标志和起始的工业革命。工业革命最大的成果在于解放了人类的双手，它使人们从繁重的体力劳动中解脱出来，有了更多的精力和时间从事更复杂和更高级的脑力劳动，以及从事文化的发展和交流。另一次革命是近十年来开始的信息技术革命，它以计算机和互联网广泛应用为主要标志。信息科学革命使人的大脑得到扩展，知识与信息的传递与更新更加高效迅捷，人们脑力劳动的效率空前提高，从这个意义上说，信息科学革命解放了人的大脑。有人把 20 世纪末 21 世纪初开始的生命科学与生物技术的飞跃称为人类文明和科学技术发展的又一次革命（图 1-20）。重组 DNA



图 1-19 Loewi 的故事 德国生理学家 Otto Loewi 在梦中设计了双蛙心灌流实验，揭开了神经细胞通讯的神秘面纱。故事细节见正文。





**图 1-20 人类文明与科学技术发展的 3 次革命** 在工业革命前,人类社会科学技术水平很低,200—300 万年前,早期的原始人以狩猎为生,只能制造和使用简单的石器。10 000—15 000 年前,原始部落的人们开始栽培植物和驯养动物,于是出现了早期的农业,人类制造和使用工具的能力进一步增强,并逐渐开始制造陶器、铜器和铁器。18 世纪以后,人类社会科学技术真正快速发展起来,先后经历了工业革命、计算机科学与信息技术革命、生命科学与生物技术革命的阶段。图中显示的 (a) 石器、陶器和铜器是人类科技发展不发达时期的代表象征,(b) 蒸汽机车与航天飞机反映了工业革命的主要成果,(c) 计算机及互联网则是信息技术革命的代表产物,(d) 重组 DNA 技术、绵羊“多莉”的克隆和重要物种基因组测序相继完成,这一系列重大突破标志着人类文明与科学技术发展的第 3 次革命——生命科学与生物技术革命已经开始。

技术、绵羊“多莉”的克隆和人类基因组计划的完成等一系列创新研究成果是这次革命起步的标志。与前两次革命相比较,生命科学与生物技术革命的理论与实践意义更加重大,因为前两次革命都是以非生命的客观世界为主要对象,而生命科学与生物技术革命的对象是包括人在内的生命本身。无论是从理论上还是从实践上来看,重组 DNA、克隆和人类基因组测序技术等方面的创新研究成果使人类可以改造生命,最终甚至将可以“创造”出全新的人类,即让人的寿命更长、体能更强、智商更高,人群中将出现更多的爱因斯坦和比尔盖茨……从某种意义上看,生命科学领域的科技创新过程有可能改变以往经过自然选择来被动适应环境的整个生物进化进程。

事实证明,正是创新性的科学研究推动了生命科学的进步和大发展,深刻地影响着人们的世界观、价值观和人生观,也深刻改变了人类文明的发展进程。生命科学研究可以分为基础研究与应用研究两个领域。例如,涉及人类和重要物种的基因组测序、生命的起源与进化、光合作用的分子机理等研究课题都属于基础研究。**基础研究**以探索未知世界和知识创新为目标,其成果的创新性和意义在国际范围内接受同行评审、评价和时间的检验。在基础研究领域,创新性是评判研究成果科学价值的一个最重要标准。从事基础研究的科学家承担的研究课题通常大部分由政府、个人基金会等提供资助(图 1-21),申请自然科学基金基金需要经过评审和竞争等程序。涉及药

物开发、生物芯片、作物育种等研究课题可以归入**应用研究**,应用研究追求经济效益和成果向商品转化,这类研究课题大部分由工业界提供资金支持,往往还涉及申请专利来保护应用研究成果的知识产权。基础研究除了为应用研究提供基础以外,与应用研究有时也没有严格的界限,在生命科学和生物技术领域的研究尤其如此。

## 二、如何进行创新科学研究

首先,科学需要的好奇心、梦想和热情。热爱科学、追求真理、实事求是、团结协作、屏弃实用主义和功利主义等往往是一些最成功的科学家所具备的基本科学态度和精神。完成一些大的研究课题需要科学家们的协同合作,也需要有团队精神,同时创新性研究从根本上要取决于每一位科学家的创造性劳动。科学家个人的素质、能力、智慧,有时还包括机遇等都是科学研究成败或成果大小的重要因素。科学家们的创造性劳动特点各异,如何进行创新性研究虽然没有统一的定则,但创新性科学研究的方法都自觉或不自觉地遵循一些最基本的思维方式和最基本的步骤。

科学研究经常采用演绎(deduction)和归纳(induction)两种基本的系统思维方式。**演绎**就是应用一般的法则或定律去推论出一个新的特殊结论或假设。例如,如果我们接受一个一般的假定或前提:所有的鸟都具有翅膀。我们又接受另一个事实:大雁是鸟。于是我们便利用演



**图 1-21** 中国国家自然科学基金委员会是代表政府资助科学家从事基础研究的主要机构 国家自然科学基金是国家资助基础研究的主要渠道之一，国家自然科学基金委员会作为管理国家自然科学基金的主管部门，成立于1986年，其职能在于根据国家发展科学技术的方针、政策和规划，主要运用国家财政投入的自然科学基金，资助自然科学基础研究。近年来，中国国家自然科学基金委员会提出了“尊重科学，发扬民主，提倡竞争，促进合作，激励创新，引领未来”的24字方针，加强对基础研究的支持。

绎的思维方式推论出这样的结论：大雁具有翅膀。在科学研究中，在观察（observation）和提出问题以后，通过演绎推论可导致建立一个假说（hypothesis）。演绎帮助我们在一些已知现象中发现其中的内在联系。什么是归纳呢？**归纳**就是应用一些特殊的观察或实验来获得一个新的一般法则或定律。例如，如果我们知道，大雁有翅膀，是鸟；如果我们还知道，麻雀、杜鹃、鸽子、鹰等都有翅膀，它们都是鸟，于是我们便可归纳出这样的结论：所有的鸟都有翅膀。又例如，牛顿观察到苹果下落现象时，提出了地球是否存在引力的重要问题，又通过观察许多物体的下落事实后，通过归纳的思维方式，他最终建立了万有引力定律。在科学研究中，通过进行一些特殊的观察或实验对假设进行验证的时候，归纳观察和实验结果可以获得假设是否成立的结论。通俗简单地说，演绎是由一般到特殊，归纳是由特殊到一般，它们是相互对应的两种系统思维方式。

科学家进行科学研究的过程通常包括对客观现象的观察（实验）或对前人研究成果的思考分析，提出特殊有意义的问题，针对问题引出若干可能的推测性解释，即提出一些假说。然后设计和进行实验（包括进一步观察）来排除那些不能成立的假说。对没有被排除的假说作出预测，分别再通过实验来从不同方面证实预测的正

确性。最后，保留目前不能被排除的假说。不论实验结果支持或不支持原先的假说，它们都是有意义的，因为错误的假说里往往包含合理的因素或成分。通过对保留的假说和被排除假说的归纳分析，还可以建立新的相关假说或提出新的更有意义的问题。因此，所谓**假说**，是以人们一定的经验材料和已知的事实为依据，以已有的科学理论和技术方法为指导，对未知的自然事物或现象产生的原因及其运动规律所作出的推测和推测性解释。从那些被反复检验而且具有普遍意义的重要假说中，科学家发展或创立了相关的理论。这种理论既要符合客观实际，经得起实验的检验，又为新的研究提供了指导（图1-22）。让我们以上述Loewi的研究为例，来看其是否符合科学研究的一般步骤。首先Loewi在实验中观察到，用电流来刺激青蛙的迷走神经时，青蛙的心脏跳动就减慢下来。于是Loewi便问了一个有意义的问题：电流刺激青蛙迷走神经造成心脏跳动减慢的机理是什么？针对这一问题，他提出了许多可能的解释即假说，通过许多实验和观察，多种假说被排除后保留下来的一个假说便是：迷走神经可能分泌了某种化学物质造成了心脏跳动的减慢。以后Loewi用了很长的时间思考和设计实验来验证他的假说。17年后他终于完成了验证实验，实验结果与他的预测完全吻合，支持了他的假说。由于Loewi的



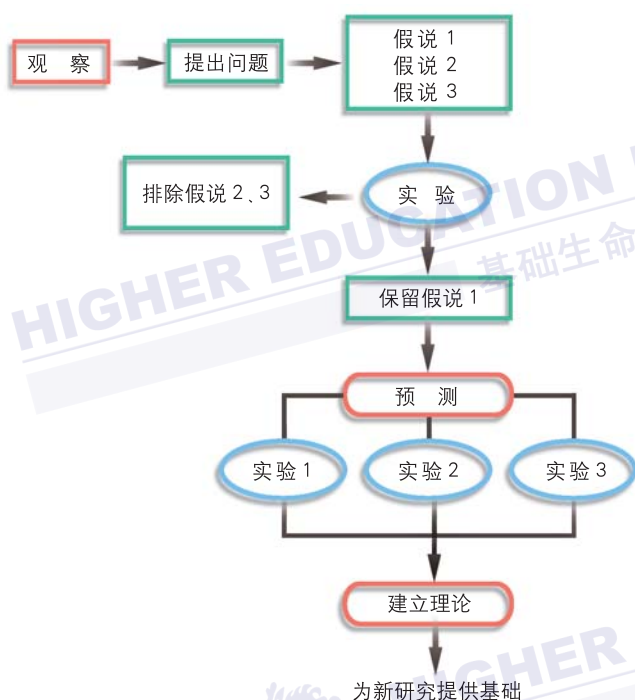


图 1-22 科学研究的一般步骤

研究揭示了神经细胞通讯的重要机理，并经过反复检验具有普遍意义，神经化学信号的理论便被建立起来。在该理论指导下，不久科学家们分离得到了神经信号传导的重要化学物质——乙酰胆碱。

机遇总是垂青那些有准备的头脑。只有基础知识扎实、善于仔细观察和思考、才可能提出好的问题。英国微生物学家 Fleming 发明青霉素的故事说明，善于观察和思考在科学研究中是非常重要的。如何解释或回答问题取决于通过科学的演绎提出最符合逻辑的各种假说，更取决于科学的实验设计、精确的实验操作和对实验结果进行科学地归纳分析。所谓科学的实验设计，就是要避免在实验中产生假象。因此只要可能，所有的研究都应该设立对照实验。例如，在药物疗效的实验中，科学家们现在通常都采用一种**双盲设计**（double-blind fashion）的方法。具体做法是，由医生将病人分为相同的两组，一组病人服用编号为1的药片，另一组病人服用编号为2的安慰剂（对照），该安慰剂的形状、颜色等都与1号药片完全相同，然后由医生检测服药后的效果，做好记录。在以上过程中，医生和病人两方面都不知道谁服用的是药物，谁服用的是安慰剂，因此称为“双盲”。只有实验全部结束后，医生才得知编号的内容，即谁是实验组，谁

是对照组。科学家根据实验组与对照组结果相比是否具有显著的差异来判定被测药物的疗效。

在科学研究中，科学家根据收集的实验数据对实验结果作出判断并获得结论。为了消除实验中的假象，避免实验中样品的随机误差，有些研究除了要设计多次重复实验外，被测样品的数量应该足够大，才可能获得更接近客观实际的结论。因为被测样品往往只提供了一些代表性的结果，根据这种代表性的结果下结论可能会产生误差（图 1-23）。另外，对于相同多批次的实验数据，除了取平均值以外，还需要根据数学统计的原则，对实验数据进行统计分析，报告实验的误差范围，并找出出现误差的原因。

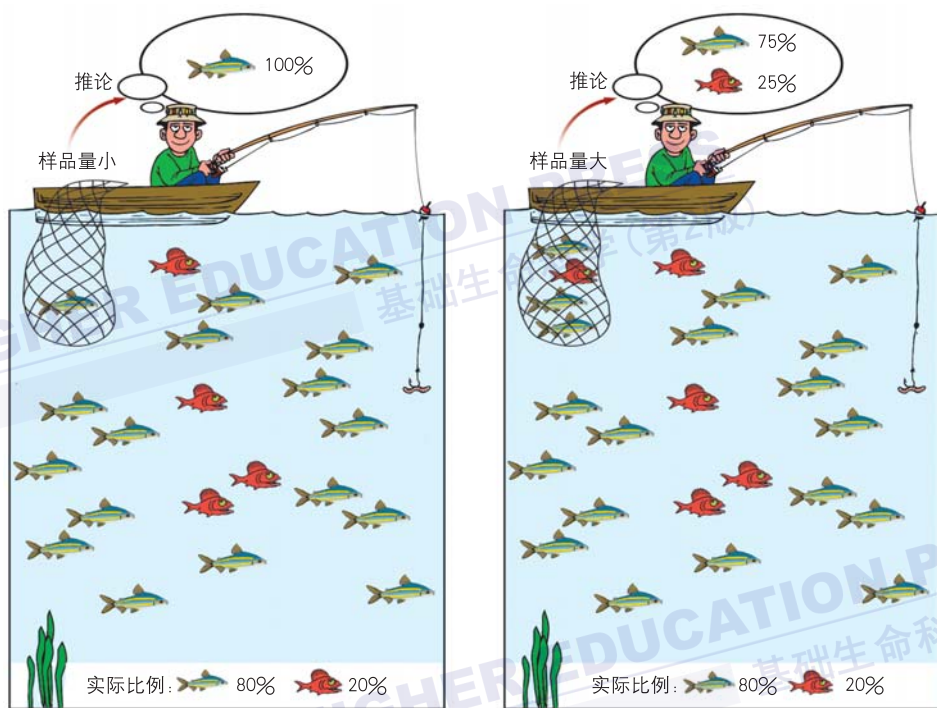
从事科学研究，尤其是从事生命科学的实验研究，需要有扎实的基础生命科学知识和了解相关研究领域国内外研究动态，还需要经过专门的训练以提高实验技能，提高分析问题和解决问题的能力。对于学生来说，在导师指导下的毕业论文和研究生阶段的学习为提高科研创新能力提供了途径。

### 三、科技论文与学术交流

创新是科学研究的灵魂，创新性大小是科学研究成果最重要的评价指标。科学家所完成的科研成果都要接受同行的检验，即该成果应该具有可重复性，同时还要由同行来评价其创新性。那些具有创新性的研究成果才能成为人类知识宝库的资源，才能被发表交流、传播和被应用。因此，科学家必须以科技研究论文的形式记录其研究成果，然后以某种形式公开地发表这些研究论文，并达到交流的目的。即使那些由于军事、商业等特殊原因需要保密而不能发表的研究论文也需要同行的验证和评审。

基础研究成果的创新性和意义在国际范围内接受同行评审、评价和时间的检验，学术交流没有国界，因此，撰写科技论文往往需要使用国际上最通用的语言——英语。从事科学研究尤其是基础研究，熟练掌握英语这一最通用的交流工具不但是撰写科技论文的需要，也是查阅最新文献资料，与国际同行进行私人通讯和参加国际学术会议的需要。

科学家取得的新成果大部分都以科技论文（又称学术论文）的形式发表在学术刊物上，撰写科技论文是科学研究活动的一个组成部分，在论文通过评审被接受发表以后，该项研究工作才能算告一段落或基本完成。



**图 1-23 被测样品数量足够大才能减小实验误差** 该卡通图以钓鱼为例,说明对未知对象取样量(上钩的各种鱼数量)的不同,可造成对未知对象判断即分析结果(如池塘中两种鱼数量比例)的差别。从未知系统中取样检测,样品量小,实验误差就大。增加样品量可以减少由样品误差造成的假象。

科技论文与一般的试验报告和工作总结不同,它是以书面形式发表的原创性的研究成果报道。一篇科技论文通常要告诉读者:①研究的是什么问题或研究的目的是什么;②用什么方法和材料进行研究的;③研究的结果怎样,即有哪些新发现或新发明;④该结果有何科学意义或应用前景,又能启发引出哪些新的科学问题等等。

一篇完整的科技论文通常包括题目、作者署名与通讯地址、摘要、关键词、前言、研究方法和材料、结果、讨论及结论、参考文献等几部分内容(图 1-24)。一篇好的论文要求所报道的成果内容真实、创新性强、论点明确、数据可靠、条例清晰、文字精练、图表简洁、书写形式规范。例如,论文的题目应准确表达论文的中心内容、恰如其分地概括研究的范围与深度;摘要能简明扼要地概括研究工作的目的、方法、主要成果或结论;关键词能够表达论文主题,便于读者检索;前言部分能准确介绍研究背景及相关研究进展、存在的科技问题及研究目的等;材料与方法部分能够让他人明确如何重复或验证该项研究过程;结果中的数据可靠,文、图、表的内容没有重复,内容能明确和准确地表达论文的主要成果或结论;讨论要求切题、论点明确且合乎逻辑;论文

所引用的参考文献必须紧扣主题,符合“最新、关键、必要和亲自阅读过”的原则。对于初次进行科技论文写作的作者,还应该特别注意文字简洁精练、表述规范、重要词汇定义确切等问题。要避免一些含糊或模棱两可的表述,避免可能引起歧义的形容词或修饰,可有可无或空泛的语句一定要删除。对于初次用英文撰写科技论文且母语非英语国家的作者,最好还应将完成的草稿请以英文为母语或英文基础好的专家帮助进行语言方面的检查或修改。

学术刊物的编辑部通常都有相应的编辑委员会和同行专家库,编辑部选择 2~3 位同行专家对投来的论文进行严格地评审,确定论文是否达到了该刊物发表论文的要求和水平,然后向作者反馈接受发表、要求修改或退稿的通知。一般来说,那些有较大影响、读者多或引用多的刊物对稿件水平的要求更高,退稿率较高。

在科学研究中,学术交流对于推动科技进步和发展具有特别重要的作用。出版科技期刊和举行学术会议是最广泛的学术交流形式。为了便于开展学术交流和学术评价,也为了让科学家们便于通过快速检索了解最新的科研成果,美国科学情报研究所(Institute for Scientific



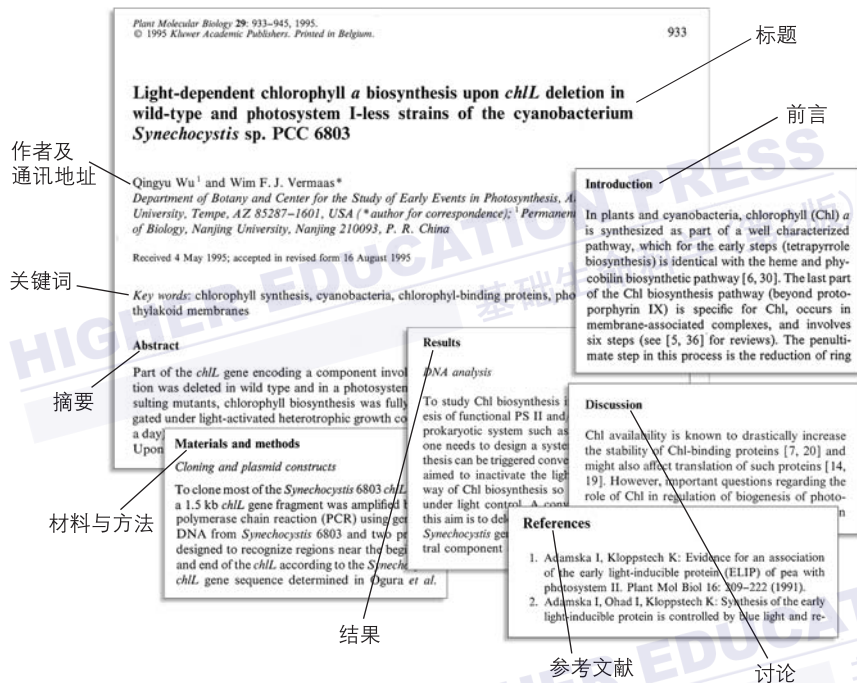


图 1-24 科技论文的格式与组成 不同的学术刊物(杂志)对来稿的学科领域范围及内容、质量、格式等都有各自的要求,作者可以通过查阅这些刊物的征稿简则获取有关投稿的须知。一篇完整的科技论文通常包括题目、作者署名与通讯地址、摘要、关键词、前言、研究方法和材料、结果、讨论及结论、参考文献等几部分内容。

Information, ISI) 出版了一部世界著名的期刊文献检索工具——《科学引文索引》,英文全称为 Science Citation Index, 简称为 SCI。其出版形式包括印刷版期刊和光盘版及联机数据库,现在还发行了互联网上 Web 版数据库。SCI 收录全世界出版的数、理、化、农、林、医、生物、天文、地理、环境、材料、工程技术等各学科的核心期刊约 3 500 种。ISI 通过它严格的选刊标准和评估程序挑选刊源,从而做到 SCI 收录的文献能全面覆盖全世界最重要和最有影响力的研究成果。凡是被 SCI 收录的论文

通称为 **SCI 论文**。ISI 每年对包括 SCI 收录在内的 4 700 种期刊之间的引用和被引用数据进行统计、运算,并针对每种期刊定义了影响因子 (impact factor) 等指数加以报道。一种期刊的**影响因子**,指的是该刊前二年发表的文献在当前年的平均被引用次数。一种刊物的影响因子越高,也即其刊载的文献被引用率越高,一方面说明这些文献报道的研究成果影响力大,另一方面也反映该刊物的学术水平高。像 *Nature*, *Science*, *Cell* 等影响因子很高的期刊就是这样一些高水平的学术刊物(图 1-25)。科研机构 and



图 1-25 许多科学家都希望能有在高影响力的学术期刊发表高水平的科技论文 *Nature*, *Science* 属于国际上影响最大的综合性学术期刊,与其他各学科领域相比,近年来所刊登的生命科学领域重要成果的比例最大。*Cell* 属于生命科学领域高影响力的专业期刊。一般情况下,科学家们以在这些学术刊物上发表研究成果为荣。

科学家被SCI收录的论文总量和影响因子大小,从一个方面反映整个机构和个人的科研、尤其是基础研究的水准。当然,发表科技论文的多少或论文影响因子的高低有时并不是评价科技成果高低唯一的或最终的标准。

科学研究并不神秘,在国际刊物上发表科技论文并非高不可攀。本课程是面向全体本科生的公共基础课,要提倡学习生命科学知识与全面提高科学素质相结合,科学研究与人才培养相互促进。

#### 四、科学研究的驱动力

生命科学是实验科学,生命科学的大部分研究工作需要在野外现场或实验室来完成(图1-26,1-27)。生命科学研究需要大量的资金投入,还需要投入艰巨和复杂的智力及体力劳动。驱动人们从事创新性科学研究的动力是什么呢?

对于生命科学领域来说,至少有两方面是根本的。第一,在知识经济时代,科学技术是先进的生产力,它直接为人类创造财富和利益,满足人类日益增长的物质与文化需求。例如,社会越进步、物质生活越丰富,人类对健康和长寿的期望值就越高。从更高的视角来看,人类从事的一切实践活动(包括制造出最先进的电视机、汽车、计算机等,还包括其他学科的研究)都是服务于人的。人是生命的最高形式和万物之灵,对于为生命服务或为人服务,哪一项实践活动能比直接从事生命科学的研究能有更强的驱动力呢?第二,求知欲和好奇心是人的天性,正是创新性研究才能够最大程度地满足人类



图1-27 本书作者正在实验室内做蓝细菌DNA体外重组实验 该实验需要构建重组质粒,经过酶切和电泳,分离回收需要的基因片段,将不同来源的DNA片段连接后转化大肠杆菌,获得重组质粒,再转化蓝细菌,获得转基因突变体。图中本书作者正在紫外投射光下分离电泳胶上的DNA片段,头上戴着有机玻璃防护罩可保护眼睛不受紫外光的伤害。以后作者用了5个月时间完成了蓝细菌转基因实验,以后又用了7个月时间进行了转基因突变体的光合作用分子生物学研究。

的求知欲和好奇心,生命科学研究更能满足人类对自身了解的需求。为了探索未知世界,为了追求真理,在好奇心驱动下许多优秀的科学家在不同的科学领域取得了重大发现和突破。著名的生物化学家,诺贝尔奖获得者Max Perutz说:科学发现就好像是坠入情网,又好像经过艰辛的登攀到达顶峰,看到了前人从未见过的美妙景色而心醉神迷。

谈到科学研究获得的精神享受,作者曾在课堂上向同学们介绍了一段亲身的经历和感受。1988年,我在美国从事光合作用的分子生物学研究。按照基因工程学的原理,我设计了DNA体外重组实验来构建一种蓝细菌突变体。为了实现设计蓝图,那一段时期,大约持续了5



图1-26 学生们在野外现场进行生命科学研究



个月，每天早晨9点钟前，我迎着朝阳进入实验大楼工作，到晚上10点以后从实验楼出来的时候，外面已经一片漆黑。那些日子，辛勤忘我的工作，不知道每天太阳是如何落山的，我看见的只有早晨和夜晚而没有黄昏。

细胞培养、接种、DNA提取、酶切、电泳、制备同位素探针、聚合酶链式反应(PCR)、DNA杂交实验(Southern blot, 见本书第十二章相关内容)、生理学与生物化学指标测定(图1-27)……实验时常有失败、时常有困惑，研究工作异常辛苦。最后一段时间，我天天与放射性同位素 $^{32}\text{P}$ 探针打交道，累的时候手捧着画着骷髅标记的同位素铅盒，我甚至有呕吐的感觉。

功夫不负有心人，勤奋的努力换来了丰硕的成果，经分子遗传检测和生理生化检测，我得到了具有新遗传性状的蓝细菌突变体。按照实验设计的蓝图，微观世界里一座“高楼大厦”被建成，最后一次放射自显影结果终于证明了实验的成功。带着成功的喜悦，那一天傍晚5点钟比往常提前从实验楼出来，我又见到了久违的黄昏：冬日里金黄色的夕阳，映照着参天大树、宁静的校

园、天边的云朵……当时我从心底赞叹，今天的黄昏可真美啊！此刻我是世界上最幸福的人，感觉比百万富翁还富有！

课堂上我曾经讲述了以上故事和感受，随后又郑重宣布：诸位，告诉大家一个好消息——人生短暂，但我构建的这个新的蓝细菌突变体将代表我永远活在这个世界上！这时，教室里响起了热烈的掌声和会心的笑声，从同学们专注的眼神中，我看到了他们对未来创新性研究的渴望。

我们今天学习的知识是前人研究成果的总结，创造性研究推动生命科学不断向前发展。新的研究成果将使我们认识更加深化，以往的知识不断被更新，有些旧的理论甚至会被推翻。因此，作为新时代的大学生，刻苦读书但不局限于书本，尊重老师和专家但不迷信权威。生命科学是当今时代最富有挑战性、意义最重大和发展最快的学科。怀着兴趣、充满热情、勤奋学习，你就能在学习生命科学知识的同时，感受到生命的美丽和奇妙，体验到探索生命奥秘的乐趣。

## 思考与讨论

1. 生物同非生物相比，具有哪些独有的特征？
2. 有些同学在高中阶段对生物学课程并不十分感兴趣，请分析原因。对如何学好大学基础生命科学课程提出你的建议。
3. 一位正准备参加高考的学生家长问：生命科学类专业将来的就业前景如何？请您对这一问题作出分析和回答。
4. 什么是双盲设计？科学研究中的假象和误差是如何产生的？
5. 科学研究一般遵循哪些最基本的思维方式和步骤？请用本书第六章图6-8和图6-9所介绍的实验研究实例，总结出科学研究的一般步骤。
6. 众所周知，北京的中关村是中国计算机及信息技术的大本营，为什么在它的广场上没有计算机模型或电子模型，却树立了一个DNA双螺旋模型（见图5-2）？
7. 以本章每一节的标题为议题，进行分组讨论。（建议按10人左右分组，授课老师和助教可旁听讨论。讨论后各组可推选代表进行全班交流。讨论与交流应提倡百花齐放、百家争鸣的方针，允许存在不同意见和观点。）

## 练习题

### 1. 名词解释:

生命 细胞 病毒 新陈代谢 遗传 变异 基因组 发育 进化 生态系统 生物多样性 进化流  
信息流 能量流 基础研究 应用研究 演绎 归纳 假说 双盲设计 SCI 论文 影响因子

### 2. 将下列科学家与他们在生物学上的贡献连线

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| A. Cohn 和 Boyer    | DNA 双螺旋结构       |
| B. Darwin          | 超级杂交稻           |
| C. Fleming         | 生物进化论           |
| D. Griffith, Avery | PCR 技术          |
| E. Leeuwenhoek     | 重组 DNA 技术       |
| F. Mendel          | 水稻基因组测序         |
| G. Morgan          | 绵羊“多莉”克隆        |
| H. Mullis          | 遗传物质是核酸 (不是蛋白质) |
| I. Pasteur         | 青霉素             |
| J. Watson 和 Crick  | 微生物发酵理论         |
| K. Wilmot          | 显微镜             |
| L. 袁隆平             | 基因的染色体定位        |
| M. 杨焕明等            | 经典的遗传学法则        |

### 3. 本章提出了生命的 5 个最基本特征, 如果每个特征仅用 2 个字代表, 它们分别应该是 ( )、( )、( )、( ) 和 ( )。

### 4. 请以“生命有形, 梦想无限”为题目, 结合学习生命科学的感受, 写一篇短文, 题材不限。

### 5. 正确的生物结构的层次是 ( )。

- 原子, 分子, 细胞器, 细胞, 组织, 器官, 器官系统, 生物体, 生态系统
- 原子, 分子, 细胞, 组织, 细胞器, 器官, 器官系统, 生物体, 生态系统
- 原子, 分子, 细胞器, 组织, 细胞, 器官系统, 器官, 生物体, 生态系统
- 原子, 分子, 细胞, 细胞器, 组织, 器官, 器官系统, 生物体, 生态系统

### 6. 请写出本章的内容提要。(以后各章学习中, 也可以写出各章的内容提要。)

### 相关网站

<http://www.biology4all.com/>

<http://www.biosino.org/>

<http://china.sciencemag.org/>

<http://www.bioon.com/>

<http://www.cabi-bioscience.org/>

