

TWELFTH EDITION
CAMPBELL
BIOLOGY
URRY • CAIN • WASSERMAN
MINORSKY • ORR



作品名称：Campbell Biology (Twelfth Edition)

**作者：Lisa A. Urry; Michael L. Cain;
Steven A. Wasserman; Peter V. Minorsky;
Rebecca B. Orr; Neil A. Campbell**

翻译：Cafwell

- 1、如果你喜欢本教材，请支持作者正版；**
- 2、该教材下载后，请24小时内删除；**
- 3、该教材不得用于商业用途；**
- 4、该教材版权归原作者及出版出版社所有；**
- 5、本文旨在方便学习交流，原文版权归原作者所有，译文版权归译者所有；**
- 6、继续阅读表示同意以上声明；**

1 进化，生物学的主题， 和科学探索

关键概念

- 对生命的研究揭示了统一的主题
- 核心主题：进化论解释了生命的统一性和多样性
- 在研究自然的过程中，科学家形成并检验假说
- 科学受益于合作式途径与多样性观点

学习小窍门

制作一个表格：在顶部列出生物学的五个统一主题。阅读本章时，每个主题至少写下三个例子。已为您填写了一个示例。为了帮助您专注于这些重要想法，请在整个生物学研究中继续添加示例。

进化	组织结构			
海雀鼠的外皮颜色与其沙质栖息地相匹配。				

Go to Mastering Biology

For Students (in eText and Study Area)

- Get Ready for Chapter 1
- Figure 1.8 Walkthrough: Gene Expression: Cells Use Information Encoded in a Gene to Synthesize a Functional Protein
- Video: Galápagos Biodiversity by Peter and Rosemary Grant

For Instructors to Assign (in Item Library)

- Scientific Skills Exercise: Interpreting a Pair of Bar Graphs
- Tutorial: The Scientific Method



Figure 1.1

BWā_keUge ba ˈl[ə` afge

这些小鼠如何阐释生物学的统一主题？

沙滩
小鼠

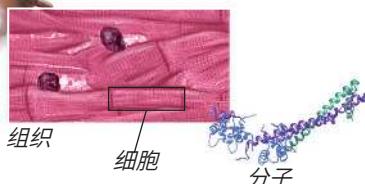


由于长期自然选择
进化的结果，这两个小鼠种群的皮毛颜色与其周围环境相似，从而提供了免受捕食者侵害的保护

内陆
小鼠



结构(structure)与小鼠**有机结构(organization)**各个层面的功能相称



DNA 中编码的遗传**信息**决定了小鼠的皮毛颜色



棕色皮毛基因



白色皮毛基因

能量流

从太阳到植物再到小鼠的一种方式



物质在小鼠和它的环境之间循环

小鼠吃植物和
鹰捕食鼠是
系统内的**相互作用**



概念 1.1

对生命的研究揭示了统一的主题

在最根本的层面上，我们可能会问：生命是什么？即使是小朋友也能意识到狗或植物是有生命的，而石头或汽车没有。然而，我们所称之为生命的现象却无法简单地定义。我们通过生物的行为来认识生命。**图 1.2** 突出显示了我们与生命相关的一些属性和过程。

生物学，研究生命的科学，是一门范围广阔的学科，每天都有令人兴奋的新的生物学发现。在您学习生物学时，如何

将遇到的所有信息组织成一个易于理解的框架？专注于一些重要的概念可能会有帮助。这里有五个统一的主题——思考生命的方式，在几十年后仍然有用。

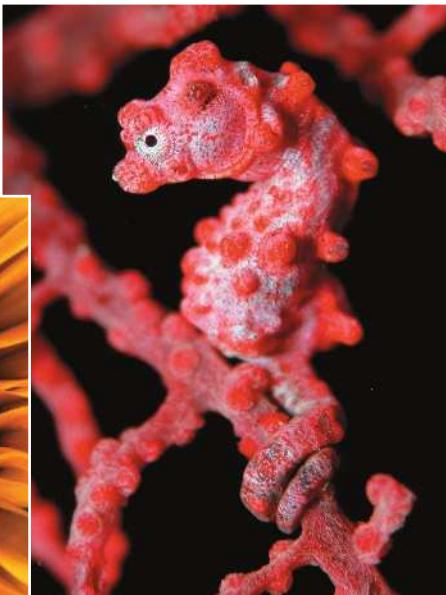
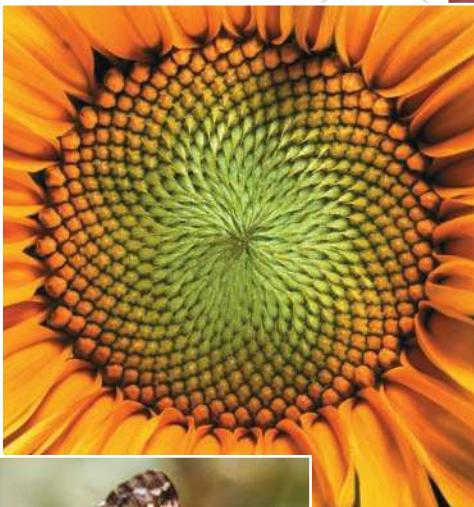
- 有机结构层次 (Organization)
- 信息 (Information)
- 能量与物质 (Energy and Matter)
- 相互作用 (Interactions)
- 进化 (Evolution)

在本节和下一节中，我们将简要探讨上述每个主题。

▼ Figure 1.2 生命的一些属性。

▼ 秩序

这幅向日葵的特写镜头展示了生命的高度有序结构。



▲ 进化与适应

这种侏儒海马的整体外观使这种动物在其环境中伪装起来。这种适应性是由那些具有最适合其环境的遗传性状的个体的繁殖成功，经过无数代的进化而形成的。



▲ 能量处理

这种蝴蝶以花蜜的形式从花朵中获取燃料。它们会利用其食物中储存的化学能为飞行和其他活动提供动力。

▲ 成长与发育

基因携带的遗传信息控制着生物体（如上图这株橡树幼苗）的生长和发育模式。

▲ 调控

杰克兔（北美野兔）耳朵血管中的血流调节有助于通过调整与周围空气的热交换来维持恒定的体温。



▼ 繁殖

有机体（活物）繁殖其同类。

主题：生物组织的连续层级上涌现出新的特征

有机结构层次 对地球生命的研究范围从构成生物体的分子和细胞的微观尺度，延伸到整个生命行星的全球尺度。作为生物学家，我们可以将这个巨大范围划分为不同级别的生物组织层级。见图 1.3，我们从太空拉近镜头至近距离观察沼泽草地上的生命。这段旅程被一系列编号的步骤呈现，突显了生物组织的层次结构。

不断放大至更细的分辨率，展示了还原论 (*reductionism*) 的原则，这是一种将复杂系统简化为更易于研究的简单组件的方法。

还原论是生物学中的一种强而有力的策略。举例来说，通过研究从细胞中提取的 DNA 的分子结构，詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克推断出了生物遗传的化学基础。尽管还原论具有重要意义，但它提供的地球生命视角是不完整的，您接下来将会看到这一点。

涌现性质

让我们重新审视图 1.3，这次从分子水平开始，然后缩小。这种方法使我们能够看到在每个级别都出现了新的特性，这些特性在前一个级别中是不存在的。

▼ Figure 1.3 探索生物组织层级



◀ 1 生物圈

即使在太空中，我们也可以看到地球生命的迹象——例如，代表森林的绿色图画。我们还可以看到生物圈，它由地球上的所有生命和所有生命存在的地方组成：大部分陆地区域、大部分水体、海拔数公里的大气（层），甚至是远在海底下的沉积物。



▶ 3 生物群落

居住在特定生态系统中的一系列生物体们称为生物群落。我们的草地生态系统中的群落包括多种植物、各种动物、蘑菇和其他真菌，以及大量不同的微生物，如细菌（这些微生物太小而无法在没有显微镜的情况下看到）。这些生命形式中的每一个都属于一个物种——一个其成员只能与同一群体的其他成员繁殖的群体。

◀ 2 生态系统

我们的第一个尺度变化转移到了北美山地草甸，这是生态系统的一个例子，就像热带雨林、草原、沙漠和珊瑚礁一样。生态系统由特定区域中的所有生物，以及生命与之相互作用的所有非生物环境部分组成，例如土壤、水、大气气体和光线。



▶ 4 种群

种群由生活在特定区域范围内且相互杂交的物种的所有个体组成。例如，我们的草地上有一群羽扇豆（此处显示了其中一些）和一群黑尾鹿。因此，种群是居住在特定区域的个体集合。



▲ 5 生物体

每个活物被称为生物体。草甸中的每棵植物都是一个生物体，同样，每个动物、真菌和细菌也是。

这些涌现性质是由于随着复杂性增加，部分的排列和相互作用而产生的。例如，虽然光合作用发生在完整的叶绿体中，但如果叶绿素和其他叶绿体分子只是简单地在试管中混合，光合作用不会进行。光合作用的协调过程需要叶绿体中这些分子的特定组织。生命系统的孤立组成部分（还原论方法中的研究对象）缺乏一些在更高层次组织上出现的重要属性。

涌现性质并不是生命所独有的。一箱自行车零件并不能载你去任何地方，但如果它们以特定方式排列，你就可以骑车去你想去的地方。然而，与非生命的例子相比，生物系统要复杂得多，这使得生命的涌现性质尤其难以研究。

为了充分探索新兴特性，当今的生物学家将还原论与系统生物学相结合，通过分析生物系统中各部分之间的相互作用来探索生物系统。在这种情况下，一个单独的叶片细胞可以被视

为一个系统，同样，一只青蛙、一个蚂蚁群落或者一个沙漠生态系统也可以（视为系统）。通过研究和建模组件网络的动态行为，系统生物学让我们能够提出新类型的问题。例如，我们体内的分子相互作用网络如何引起 24 小时清醒和睡眠的周期？从更宏观来看，大气中二氧化碳的逐渐增加如何改变生态系统和整个生物圈？系统生物学可用于研究各个层次的生命。

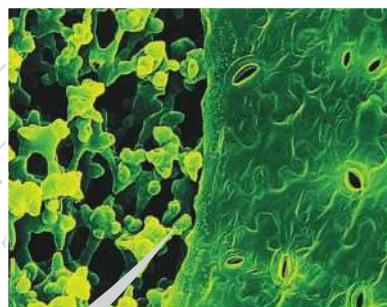
▼ 6 器官

当我们探索复杂有机体的结构时，生命的结构层次不断展开。这片羽扇豆的叶子（由六个小叶片组成）是器官的一个例子，器官是由多种组织组成，在体内具有特定功能。叶子、茎和根是植物的主要器官。在一个器官内，每种组织都有独特的排列，并为器官功能做出特定的贡献。



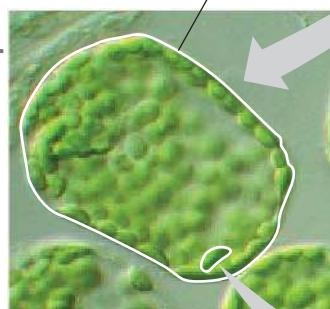
▼ 7 组织

观察叶子的组织需要显微镜。每个组织都是一组协同工作的细胞，执行特定的功能。此处展示的叶子已被斜切。叶子内部的蜂窝状组织（照片左侧）是光合作用的主要场所，即将光能转化为糖的化学能的过程。叶子表面的拼图



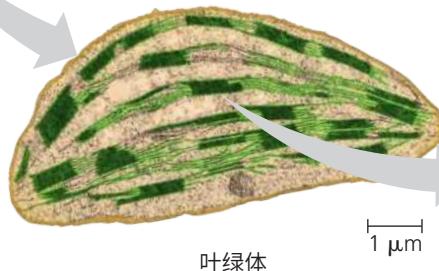
► 8 细胞

细胞是生命的基本结构和功能单位。少数生物由单个细胞组成，这些细胞执行着生命的所有功能。其他生物是多细胞的，具有专门细胞之间的劳动分工。在这里，我们看到了叶组织中一个细胞的放大视图。这个细胞直径约为 40 微米 (μm) —— 约有 500 个这样的细胞才能横跨一枚小硬币。在这些微小的细胞内部，甚至还有更小的绿色结构，称为叶绿体 (chloroplasts)，它们负责光合作用。



▼ 9 细胞器

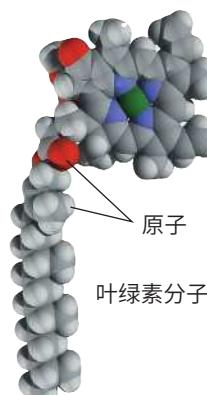
叶绿体是细胞器的例子。细胞器是细胞中存在的各种功能成分。下图是用高倍显微镜拍摄的，显示了单个叶绿体。



样“皮肤”（照片右侧）是一种叫做表皮的组织。表皮上的气孔允许 CO_2 （二氧化碳，生产糖的原料）进入。

▼ 10 分子

我们最后的尺度进入了叶绿体内，以在分子水平上观察生命。分子是由两个或多个称为原子的单元组成的化学结构，在这个叶绿素分子的计算机图形中，原子被表示为球体。叶绿素是使叶子呈现绿色的色素，它在光合作用过程中吸收阳光。在每个叶绿体内，数百万个叶绿素分子被组织成将光能转化为食物化学能的系统。



结构和功能

在生物层次的每个层次上，我们都发现结构与功能的相关性。还是以图1.3中的叶子讲解：其宽而平的形状最大限度地提高了叶绿体对阳光的捕获。由于结构和功能的这种相关性在所有生物中都很普遍，因此分析生物结构可以为我们提供有关其功能和工作方式的线索。



例如，蜂鸟的解剖结构允许其翅膀在肩部旋转，因此蜂鸟具有向后飞行或原地盘旋的能力，这在鸟类中是独一无二的。旋转时，它们可以将细长的喙伸入花中并吸食花蜜。生命结构中形态和功能的精巧匹配是通过自然选择来解释的，我们很快就会探讨这一点。

细胞：生物体结构和功能的基本单位

细胞是能够执行生命所需的所有活动的最小组织单位。所谓的细胞理论最初是基于19世纪许多科学家的观察而发展起来的。该理论指出，所有生物体都是由细胞构成的，细胞是生命的基本单位。实际上，生物体的活动都是基于细胞的活动。举个例子，当您阅读这句话时，眼睛的运动是肌肉和神经细胞活动的结果。即使是在全球范围内发生的过程，例如碳原子的循环利用，也是细胞功能的产物，其中包括叶细胞中叶绿体的光合作用。

所有细胞都共有一些特征。比方说，每个细胞都被一面膜包围，调节着细胞与周围环境之间物质的通道。尽管如此，我们还是区分了两种主要形式的细胞：原核细胞 (Prokaryotic) 和真核细胞 (Eukaryotic)。原核细胞存在于两类单细胞微生物中——细菌 (bacteria) 和古菌 (archaea)。包括植物和动物在内的所有其他生命形式都由真核细胞组成。

真核细胞含有膜封闭的细胞器 (图1.4)。有些细胞器，例如含有DNA的细胞核，存在于所有真核生物的细胞中；而有的细胞器是特定细胞类型所特有的。例如，图1.3中的叶绿体是一种仅存在于进行光合作用的真核细胞中的细胞器。与真核细胞相反，**原核细胞**缺乏细胞核或其他膜封闭的细胞器。此外，原核细胞通常比真核细胞小，如图1.4所示。

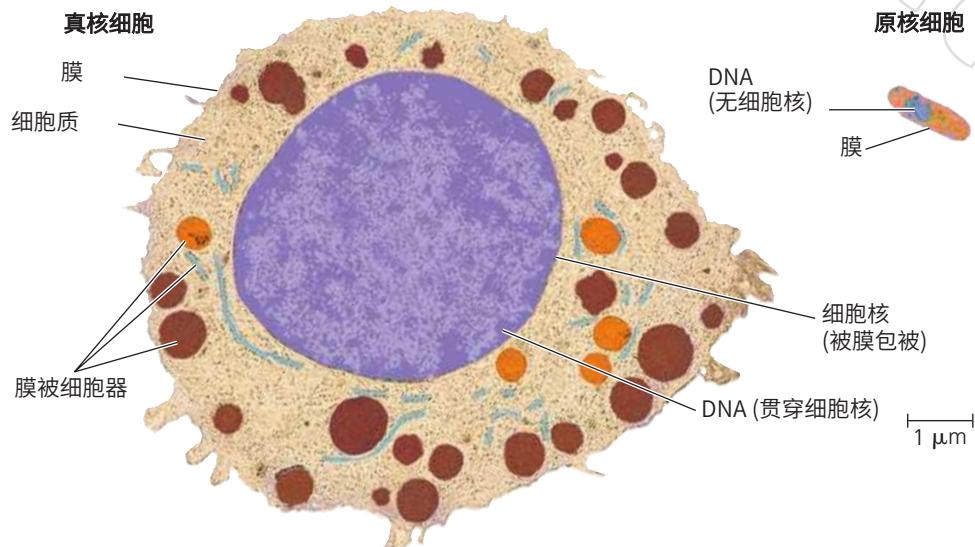
主题：生命过程涉及遗传信息表达和传递

在细胞内，称为染色体的结构包含DNA（脱氧核糖核酸）形式的遗传物质。在准备分裂的细胞中，可以使用与DNA结合时呈蓝色的染料使染色体可见 (图1.5)。

DNA是遗传物质

每条染色体都含有一条极长的DNA分子，其上有成百上千的**基因**，每个基因都是染色体DNA的一部分。基因是遗传的单位，由父母传给后代。它们编码了构建细胞内合成的所有分子所需的信息，而这些分子又决定了细胞的身份和功能。人最初是一个单细胞，储存着从其父母那里遗传来的DNA。在每次细胞分裂之前，DNA的副本会被运送到最终成为你身体的数万亿细胞内。随着细胞生长和分裂，DNA编码的遗传信息指导着你的发育 (图1.6)。

DNA的分子结构决定了它存储信息的功能。DNA分子由两条长链组成，术语为strand，呈双螺旋 (double helix) 排列。每条链由四种称为核苷酸的化学构件组成，缩写为A、T、C和G (图1.7)。这四种核苷酸的特定序列编码了基因中的信息。DNA编码信息的方式类似于将字母表中的字母排列成具有特定含义的单词和短语的方式。例如，单词rat (注：大老鼠) 让人联想到啮齿动物；单词tar (注：沥青) 和art (注：艺术) 虽然包含相同的字母，但含义却截然不同。我们可以将核苷酸视为四个字母的字母表。

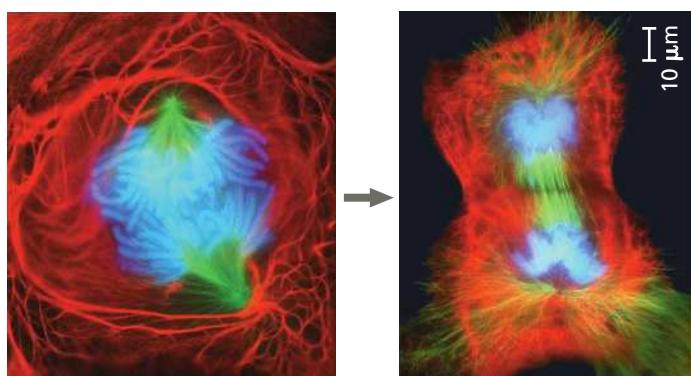


◀ Figure 1.4 对比真核细胞和原核细胞的大小和复杂性

此处按比例显示细胞；若要查看原核细胞的放大图，参见图6.5。

VISUAL SKILLS 测量比例尺、原核细胞的长度和真核细胞的直径。已知此比例尺代表1 μm，计算原核细胞的长度和真核细胞的直径 (以μm为单位)。

▼ Figure 1.5 蝾螈的一个肺细胞分裂成两个较小的细胞，这些细胞会再次生长和分裂

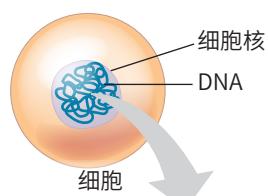
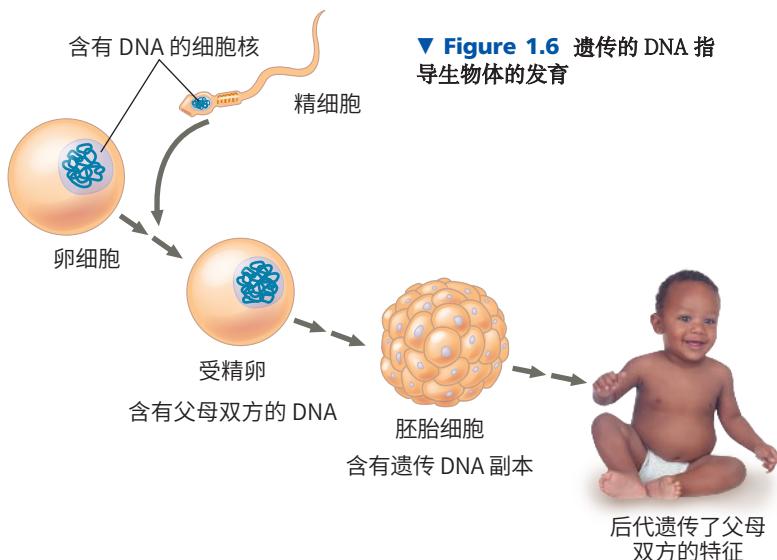


对于许多基因而言，这种序列提供了制造蛋白质的蓝图。例如，特定的细菌基因可能指定分解某种糖分子所需的具体蛋白质（如酶），而某个特定的人类基因可能表示酶，另一个基因表示有助于抵抗感染的另一种蛋白质（可能是抗体）。总体而言，蛋白质是构建和维持细胞以及执行其活动的主要参与者。

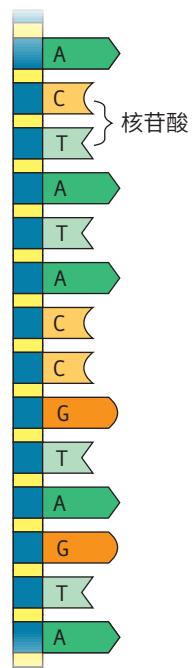
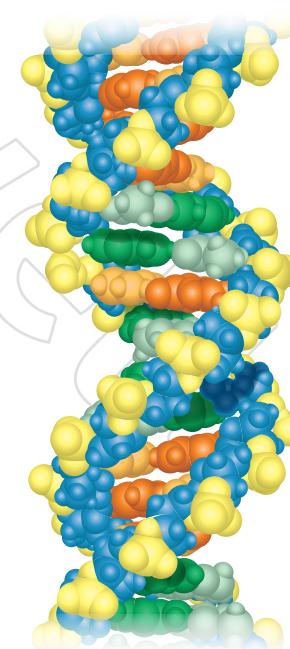
编码蛋白质的基因直接控制蛋白质的合成，使用一种叫做RNA的相关分子作为中介。沿着基因的核苷酸序列被转录（transcribed）成mRNA，然后被翻译（translated）成一系列被称为氨基酸的蛋白质构建块。完成后，氨基酸链会形成具有独特形状和功能的特定蛋白。基因中的信息指导细胞制造产物的整个过程被称为基因表达（图 1.8）。

mRNA分子（如图 1.8 所示）被翻译成蛋白质，但细胞内其他类型的RNA功能则有所区别。例如，某些类型的RNA实际上是制造蛋白质的细胞机器（注：指核糖体，一种无膜细胞器）的组成部分。在过去的几十年里，科学家发现了在细胞中发挥其他作用，新类别的RNA，例如调节蛋白质编码基因的功能。基因当然也指定这些RNA，它们的产生也称为基因表达。通过携带制造蛋白质和RNA的指令并在每次细胞分裂时进行复制，DNA确保了遗传信息代代忠实地传。

▼ Figure 1.6 遗传的 DNA 指导生物体的发育



▼ Figure 1.7 DNA: 遗传物质



(a) DNA 双螺旋。

该模型显示了DNA片段中的原子。DNA分子由两条称为核苷酸的长链（链）组成，三维上呈双螺旋结构。

(b) DNA单链。

这些标了字母的几何形状是DNA分子一条链中一小部分核苷酸的简单符号。遗传信息被编码在四种核苷酸的特定序列中。它们的名称缩写为A、T、C和G。

→ Mastering Biology Animation: Heritable Information: DNA

基因组学：DNA 序列的大规模分析

生物体继承的整个遗传指令“库”称为其**基因组**（**Genome**）。典型的人类细胞有两组相似的染色体，每组大约有 30 亿个 DNA 核苷酸对。如果一组核苷酸的单字母缩写以您现在正在阅读的字母大小书写，则基因组文本将填满大约 700 本生物学教科书。

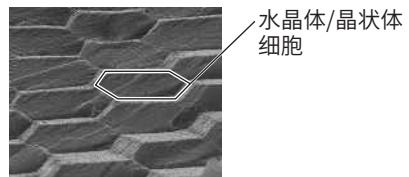
自 20 世纪 90 年代初以来，由于技术革命的推动，研究人员确定基因组序列的速度以惊人的速度加快。现在人类和许多其他动物以及众多植物、真菌、细菌和古细菌的基因组序列（一个物种代表性成员的整个核苷酸序列）已知。为了理解来自基因组测序项目的大量数据和不断增长的已知基因功能目录，科学家们正在细胞和分子水平上应用系统生物学方法。研究人员不是一次研究一个基因，而是研究一个或多个物种的整套基因（或其他 DNA），这种方法称为**基因组学**（**Genomics**）。同样，**蛋白质组学**（**Proteomics**）一词指的是研究蛋白质组及其特性。（由给定细胞、组织或生物体表达的整套蛋白质称为**蛋白质组**（**Proteome**）。）

三项重要的研究发展使基因组学和蛋白质组学方法成为可能。一是“高通量”技术，可以非常快速地分析许多生物样本的工具。第二个重大发展是**生物信息学**（**Bioinformatics**），使用计算工具来存储、组织和分析高通量方法产生的大量数据。第三个发展是跨学科研究团队的形成——由各种专家组成的团体，可能包括计算机科学家、数学家、工程师、化学家、物理学家，当然还有来自各个领域的生物学家。这些团队中的研究人员旨在了解 DNA 编码的所有蛋白质和 RNA 的活动如何在细胞和整个生物体中协调。

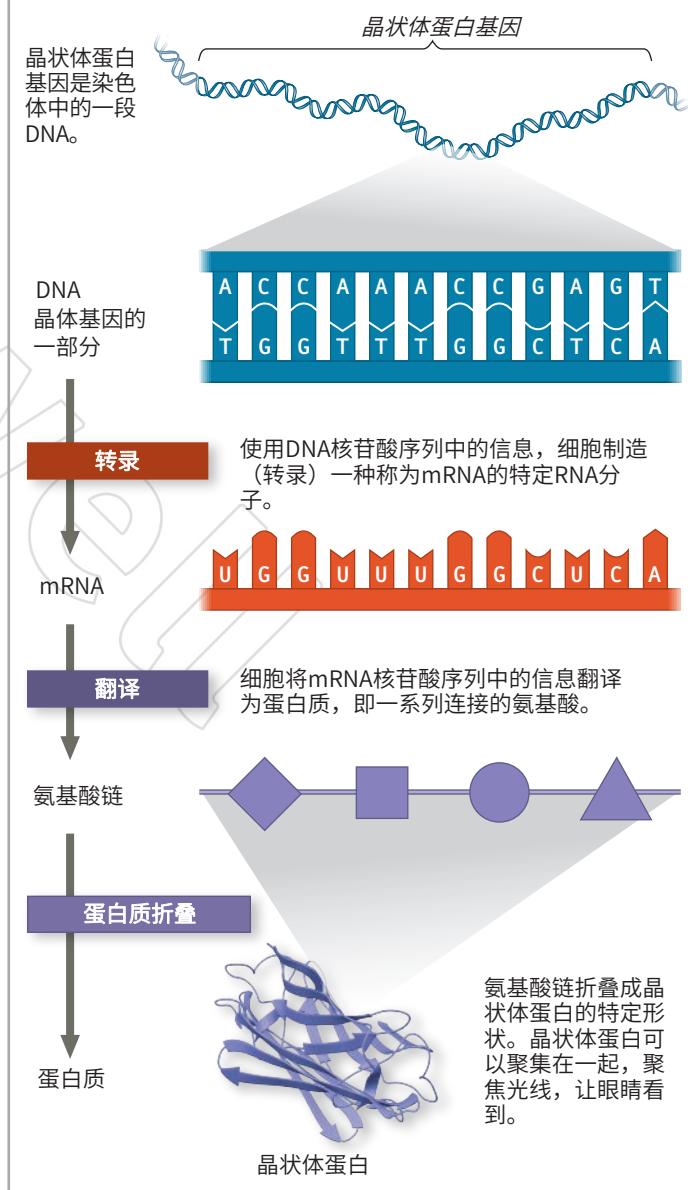
▼ Figure 1.8 基因表达：细胞利用基因中编码的信息来合成功能性蛋白质



(a) 眼睛的晶状体（瞳孔后面）能够聚焦光线，因为晶状体细胞紧密地堆积着被称为晶体蛋白的透明蛋白质。晶状体细胞是如何制造晶体蛋白的？



(b) 晶状体细胞利用 DNA 中的信息制造晶体蛋白。



→ Mastering Biology Figure Walkthrough

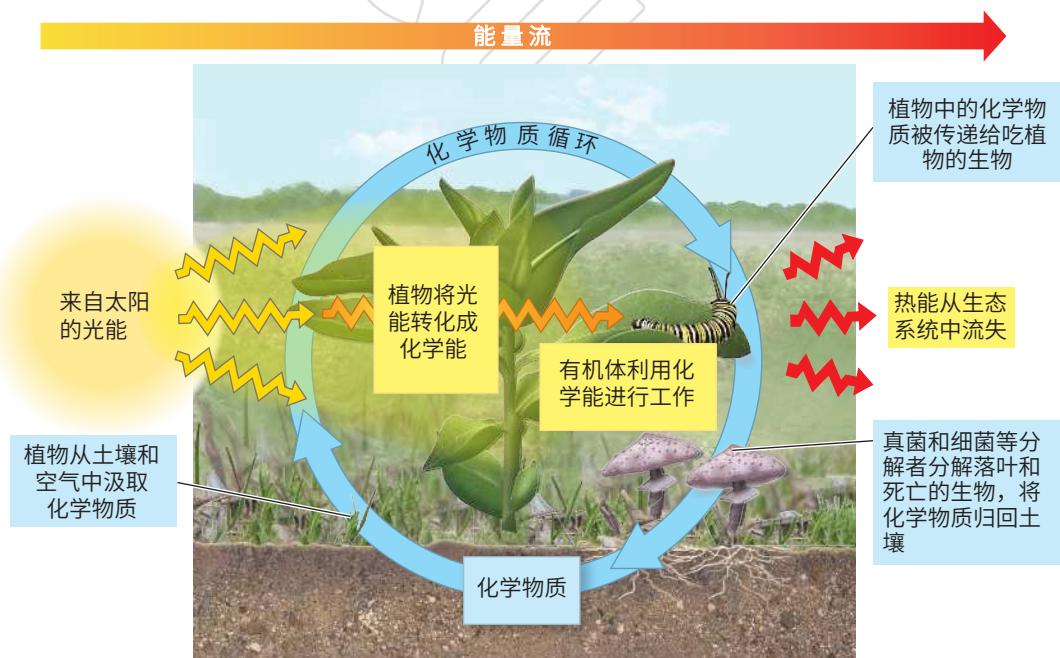
主题：生命需要能量和物质的转移和转化

能量和物质 运动、生长、繁殖和生命中的各种细胞活动都称为工作（work），而工作需要能量。能量的输入（主要来自太阳）以及能量从一种形式到另一种形式的转化使得生命之为“生”命（图1.9）。当植物的叶子在光合作用过程中吸收阳光时，叶子内的分子将阳光的能量转化为食物（如糖）的化学能。食物中的化学能随后从植物和其他光合生物（生产者）传递给消费者。其中消费者是指以其他生物或其遗体为食的生物。

当生物利用化学能进行工作（如肌肉收缩或细胞分裂）时，部分能量会以热量的形式散失到周围环境中。因此，能量在生态系统中单向流动，通常以光的形式进入，以热量的形式流出。相反，化学物质在生态系统内循环，被使用后还能再利用（图1.9）。植物从空气或土壤中吸收的化学物质可能会被植物体纳入，而后传递给食用该植物的动物。最终，这些化学物质将通过细菌和真菌等分解者回到环境中——这些分解者会分解废物、落叶和死亡生物体的尸体。然后，这些化学物质可以被植物再次吸收，从而完成循环。

► Figure 1.9 能量流和化学物质循环

生态系统中存在着能量的单向流动：在光合作用过程中，植物将太阳能转化为化学能（储存在食物分子中，如糖），这些能量被植物和其他生物利用来进行工作，并最终以热的形式从生态系统中丢失。相反，化学物质在生物体和自然环境之间循环。



主题：从分子到生态系统，相互作用在生物系统中至关重要

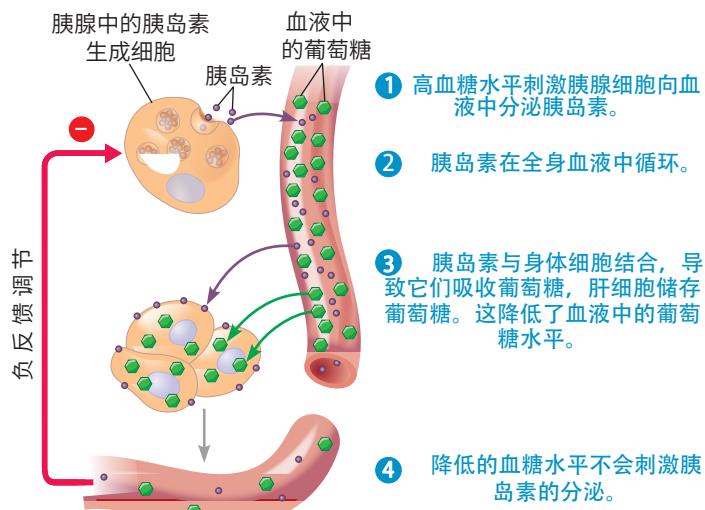
相互作用 在生物层次结构的任何层次上，系统组成部分之间的相互作用确保了所有部分的顺利整合，如此它们才可以作为一个整体发挥作用。这同样适用于细胞中的分子和生态系统的组成部分；我们各自举例子来说明这一点。

分子：生物体内的相互作用

在较低层次的组织中，构成生物体的成分（器官、组织、细胞和分子）之间的相互作用对于生物体的平稳运行至关重要。以血糖水平的调节为例。体内细胞须使燃料（糖）的供求相匹配，这需要调控糖分解与储存这两项相反的过程。达成这一类要求的关键在于许多生物过程能够通过一种叫作反馈的机制进行自我调节。

▼ Figure 1.10 反馈调节

人体调节葡萄糖的利用和储存，葡萄糖是细胞的主要燃料。这张图显示了负反馈：对胰岛素的反应减少了最初的刺激。



VISUAL SKILLS 在这个例子中，对胰岛素的反应是什么？因反应而减少的初始刺激是什么？

在反馈调节 (feedback regulation) 中，生物过程的输出或产物调节该过程本身。

生物系统中最常见的调节形式是负反馈，即反应减少初始刺激的循环。如胰岛素信号传导的例子（图1.10）所示，进餐后，血液中的葡萄糖水平升高，从而刺激胰腺细胞分泌胰岛素。反过来，胰岛素又会导致体细胞吸收葡萄糖，肝细胞储存葡萄糖，从而降低血糖水平。这消除了胰岛素分泌的刺激，关闭了该途径。可见，此过程的输出（胰岛素）对过程进行负向的调节。

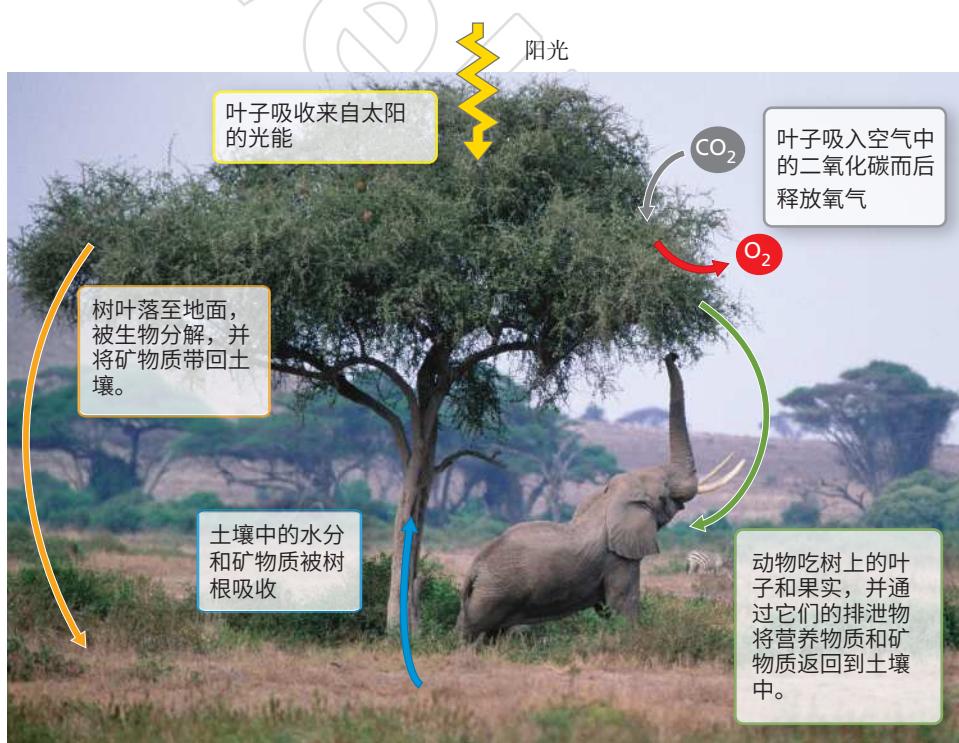
虽然比负反馈调节的过程少见，但也有许多生物过程受正反馈调节，其中最终产物会加速其自身的生产。血液因受伤而凝结成块就是一个例子。当血管受损时，血液中的血小板开始在受损伤部位聚集。血小板释放的化学物质会吸引更多血小板，这样就会发生正反馈。血小板堆积随后会启动一个复杂的过程，用血凝块封住伤口。（注：再举一个例子，分娩过程也是正反馈调节）

生态系统：生物与其他生物和物理环境的相互作用

在生态系统层面，每个有机体都会与其他有机体相互作用。例如，金合欢树会与其根部相关的土壤微生物、生活在其上的昆虫以及吃其叶子和果实的动物相互作用（图1.11）。生物之间的相互作用包括互利互惠（例如“清洁鱼”吃掉乌龟身上的小寄生虫）和一种物种受益而另一种物种受害（例如狮子杀死并吃掉斑马）。在某些物种之间的相互作用中，双方都会受到伤害——例如，当两种植物争夺短缺的土壤资源时。生物之间的相互作用有助于调节整个生态系统的功能。

每个生物还会与其环境中的物理因素不断相互作用。例如，树的叶子吸收太阳光，从空气中吸收二氧化碳，并向空气中释放氧气（图1.11）。

▼ Figure 1.11 非洲金合欢树与其他生物和环境的相互作用。



环境也受到生物的影响。举例来说，植物的根除了会从土壤中吸收水分和矿物质外，它们在生长过程中还会破坏岩石，从而促进土壤的形成。在全球范围内，植物和其他光合生物产生了大气中的所有氧气。

与其他生物一样，我们人类也与环境相互作用——有时会带来极糟的后果——例如，在过去的150年里，人类大大增加了化石燃料（煤炭、石油和天然气）的燃烧。这种做法向大气中释放了大量二氧化碳（CO₂）和其他气体，导致热量被困在地球表面附近（见图56.29）。经科学家计算，自1900年以来，人类活动向大气中排放的二氧化碳已使地球平均温度上升了约1°C。按照目前二氧化碳和其他气体向大气中排放的速度，全球模型预测（平均温度）在本世纪末前至少会增加3°C。

正在进行的全球变暖是气候变化的一个主要方面，气候变化是指全球气候在三十年或更长时间内的方向性变化（与短期的天气变化相对）。但全球变暖并不是气候变化的唯一表现：风和降水模式也在发生变化，暴风雨和干旱等极端天气事件也变得更加频繁。气候变化已经影响了地球各地的生物和他们的栖息地。例如，北极熊失去了大部分用来捕猎的冰平台，导致食物短缺和死亡率上升。随着栖息地恶化，成百上千的植物和动物正在迁移到更适宜的地方——但对某些物种来说，适宜的栖息地不足，或者它们无法快速迁移。因此，许多物种的种群数量正在缩减，甚至消失（图1.12）。（有关气候变化如何影响地球生命的更多示例，请参见“建立联系”图56.30。）

气候变化导致的种群减少最终可能导致物种灭绝，即某个物种的永久消失。我们将在56.4中更详细探讨，这些变化对人类和其他生物的影响可能是深远的。

在了解了四个统一主题（组织、信息、能量和物质以及相互作用）之后，现在让我们转向进化。生物学家一致认为，进化是生物学的核心主题，下一节将详细讨论它。

概念检查 1.1

- 从图1.3的分子层次开始，写一句包含前一个（较低）生物组织层次组成部分的句子，例如：“分子由键合在一起的原子组成。”继续用细胞器，向上移动生物层次。
- 确定以下情况所体现的主题：(a) 豪猪的锐刺，(b) 多细胞生物从一个受精卵发育而成，(c) 蜂鸟使用糖分为其飞行提供动力。
- 会怎样呢？**对于本节讨论的每个主题，举一个课文中未提到的例子。

参考答案请参见附录A

概念 1.2

核心主题：进化论解释了生命的统一性和多样性

进化了解进化论有助于我们理解我们所知道的有关地球生命的一切。正如化石记录清楚显示的那样，生命已经演化了数十亿年，导致了过去和现在生物的广泛多样性。但除了多样性外，还存在共性，即有着共同的特征。例如，海马、野兔、蜂鸟和长颈鹿虽然看起来各不相同，但它们的骨骼组织基本相同。

生物体统一性和多样性的科学解释是进化：这是一个生物变化的过程，其中物种随着时间的推移适应不同的环境，从其祖先积累了差异。因此，我们可以用某些可遗传的变化在两个物种从其共同祖先分化后发生的这一思想来解释两个物种之间的差异（多样性）。然而，它们也共享某些特征（统一性），仅仅是因为它们源自同一个的祖先。大量不同类型的证据支持进化发生及其描述其发生机制，将在第22至25章中详细探讨。引用现代进化理论的奠基人之一，多布赞斯基

(Theodosius Dobzhansky) 的话：“在进化的光芒照耀下才能理解生物学中的一切。”(Nothing in biology makes sense except in the light of evolution) 要理解这句话，我们需要了解生物学家如何思考地球上生命的广泛多样性。



► Figure 1.12 全球变暖的威胁

气候变暖导致扁蜥属的蜥蜴花更多时间来躲避高温，从而觅食的时间减少了。它们的食物摄入量下降，生殖成功率降低。对墨西哥200个扁蜥属种群的调查显示，自1975年以来，这些种群中已有12%消失。

生命多样性的分类

多样性是生命的标志。生物学家迄今已识别并命名了大约180万个物种。每个物种都有一个由两部分组成的名称：第一部分是物种所属的属（genus，复数为genera）的名称，第二部分是在该属内独特的种名。（例如，*Homo sapiens* 是我们人类物种的名称。）

迄今为止，已知的物种包括至少10万种真菌、29万种植物、5.7万种脊椎动物（具有脊椎的动物）和100万种昆虫（占所有已知生命形式的一半以上）——更不用说无数种的单细胞生物了。研究人员每年都会鉴定数千种新物种。对物种总数的估计从大约1000万到超过1亿不等。无论实际数字如何，生命庞大的多样性使得生物学具有非常广泛的范围。生物学家在试图理解这种多样性方面面临着重大挑战。

生命分类的三域

人们总是倾向于根据不同物品的相似性和相互关系来分类。因此，生物学家长期以来通过仔细比较结构、功能和其他明显特征来将生命形式分类为不同的组。在过去的几十年里，评估物种关系的新方法（例如DNA序列的比较）引发了对生命分类的重新评估。尽管这一重新评估仍在进行中，但生物学家目前将所有生物体归入三大类群，称为三域：细菌域（Bacteria）、古菌域（Archaea）和真核域（Eukarya）（图1.13）。

三个域中的两个域——细菌和古细菌——由单细胞原核生物组成。所有真核生物（具有真核细胞的生物）都属于真核域。该域包括四个亚类：植物界、真菌界、动物界和原生生物。这三个界的部分区别在于它们的营养模式：

▼ Figure 1.13 生命三域



植物通过光合作用产生自己的糖和其他食物分子，真菌从周围环境中吸收溶解形式的营养物质，动物通过食用和消化其他生物来获取食物。当然，我们属于动物界。

数量最多、种类最多的真核生物是原生生物，它们大多是单细胞。虽然原生生物曾经被归为一界，但现在它们被分为几组。造成这种改变的一个主要原因是最近有DNA证据表明，一些原生生物与其他原生生物的关系不如与植物、动物或真菌的关系密切。

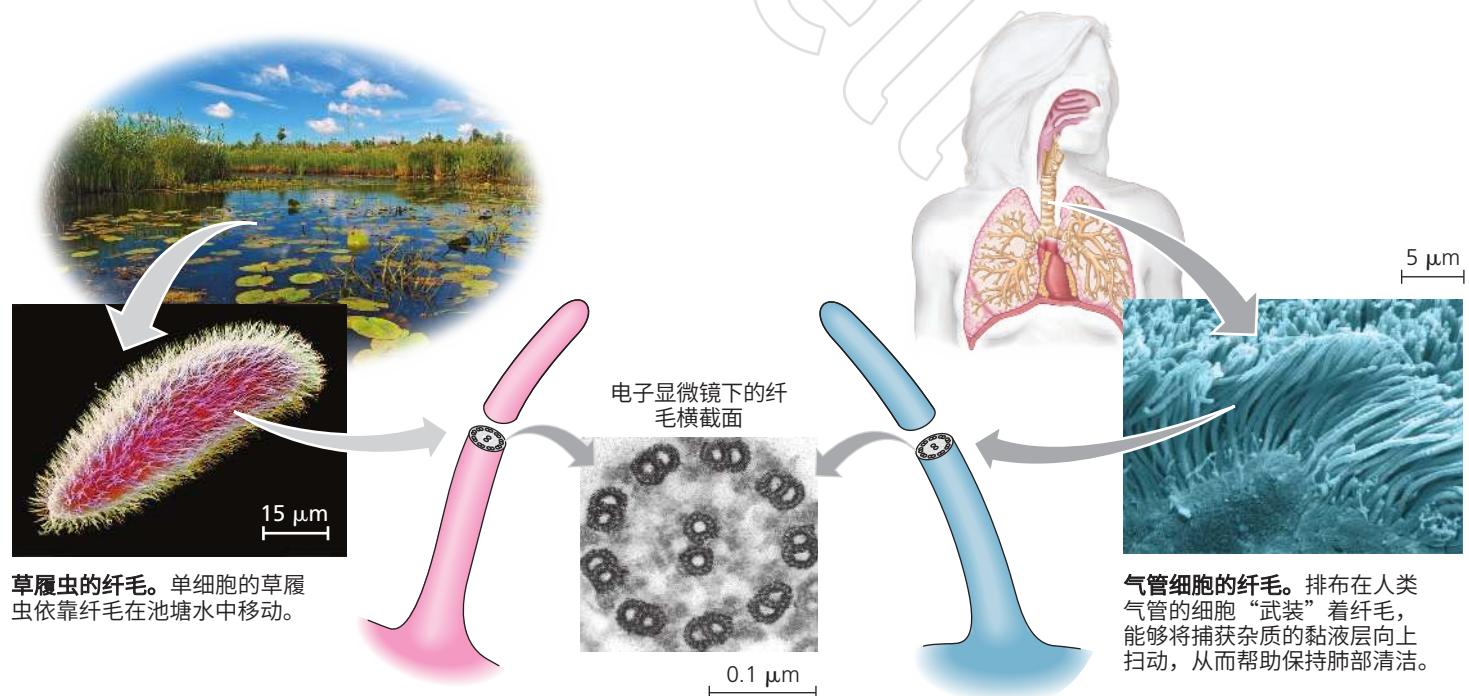
生命多元中的统一

尽管生命形式千差万别，但生命形式之间也存在着明显的统一性。例如，不同动物的骨骼相似，DNA的通用遗传语言（遗传密码）也都如前所述。实际上，生物有机体之间的相似性在生物层级的各个层面都很明显。举例来说，即使在远亲生物中，细胞结构的许多特征也明显具有统一性（图1.14）。

我们如何才能解释生命既统一又多元的双重特性？接下来要阐述的进化的过程，便能揭示生命世界中的相似性和差异性。此外，它引入了生物学的另一个重要维度：时间（的推移）。生命的历史，如同化石和其他证据所记录的那样，是一部关于数十亿年历史的地球的沧海桑田及其上居住着的不断进化的生命形式之史诗（图1.15）。

▼ Figure 1.14 生命多样性背后统一性的一个例子是真核生物中纤毛的结构

纤毛（cilia，单数cilium）是细胞的延伸部分，具有运动（locomotion）的功能。它们存在于多种多样的真核生物中，如生活在池塘水中的草履虫和人类。即便是这样两个差异显著的生物体，从横断面观察二者的纤毛也会发现，它们都有一个复杂的微管系统。

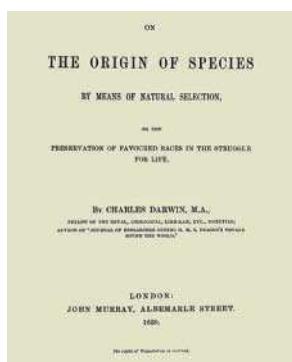


▼ Figure 1.15 研究生命的历史。南非的研究人员正在重建纳莱迪人 (*Homo naledi*) 的骨骼结构，这是一种已灭绝的与智人相关的物种。这些化石是在一个可能作为墓葬室的地下洞穴中发现的。



▼ Figure 1.16 查尔斯·达尔文

这幅肖像展示的是达尔文 1840 年左右的样貌，距他在 1859 年出版的革命性著作《物种起源》还有 19 年。



达尔文和自然选择 (Natural Selection) 学说

生命的进化观在 1859 年 11 月变得万众瞩目，彼时查尔斯·达尔文发表了有史以来最重要和最有影响力的书之一，《论依据自然选择即在生存斗争中保存优良族的物种起源》（简称《物种起源》）（图 1.16）。《物种起源》阐述了两个主要观点。第一个观点是，随着物种在不同时期适应不同环境，它们会积累与其祖先的差异。达尔文称这一过程为“修饰性遗传”。这个富有洞察力的短语捕捉到了生命统一性与多样性的双重特性——统一性体现在源自共同祖先的物种之间的亲缘关系，多样性则表现在物种从共同祖先分化时所进化出的修饰性变化（见图 1.17）。（图 1.17）。达尔文的第二个主要观点提出“自然选择”是修饰性遗传的主要原因。

达尔文的自然选择理论来源与一些本身既不新颖也不深刻的观察中。然而，尽管其他人已经描述出了这幅拼图（自然选择）的各个部分，但只有达尔文看到了它们如何结合在一起。他从自然界中的以下三个观察开始：首先，一个种群中的个体在特征上存在差异，许多特征似乎是可遗传的（从父母传给后代）。其次，一个种群能够产生远远超过其环境所能支持并成功繁殖后代的个体数量（a population can produce far more offspring than can survive to produce offspring of their own.）。当个体数量超过环境能够承载的范围时，必然会产生竞争。第三，物种通常适应它们的环境。例如，吃硬种子的鸟类常见的一种适应特征是拥有很强壮的喙。

通过从这三个观察中进行推论，达尔文提出了一个关于进化如何发生的科学解释。他推理道：拥有更适应当地环境的遗传特征的个体比那些不太适应的个体更有机会生存并繁殖。

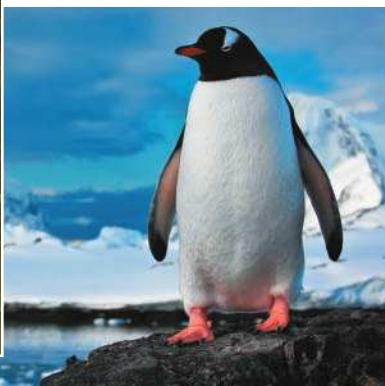
▼ Figure 1.17 鸟类的统一性和多样性。

这四种鸟是同一身体结构的不同变体。例如，每种鸟都有羽毛、喙和翅膀。然而，这些共同特征对于鸟类多样化的生活方式来说具有高度的特殊性。

▼ 红尾鹰 (*Buteo borealis*)



▼ 美洲火烈鸟 (*Phoenicopterus ruber*)



▲ 欧洲知更鸟 (*Erithacus rubecula*)

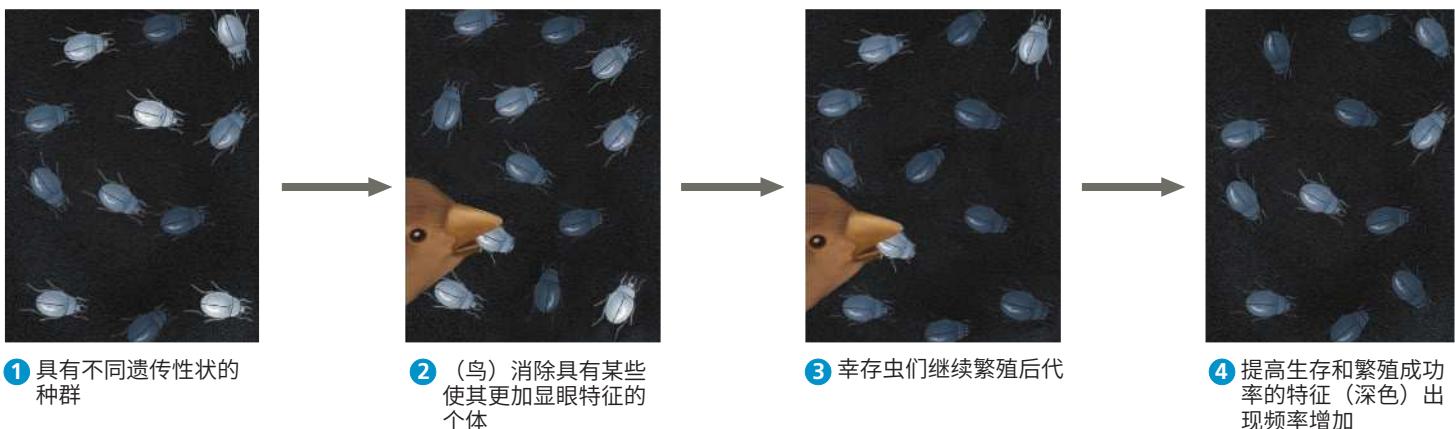
▲ 巴布亚企鹅 (*Pygoscelis papua*)

在一代代（繁衍）之后，种群中拥有有利特征的个体比例会越来越高。环境保持不变的前提下，个体繁殖成功率的不平等最终会导致其对环境的适应，进化由此出现。

达尔文将这种进化适应的机制称为“自然选择”，因为自然环境会持续“选择”种群中自然出现的不同特征中的某些特征来延续。图 1.18 中的例子展示了自然选择“编辑”昆虫种群中遗传性颜色变化的能力。我们可以在各种生物对其生活方式和环境特殊情况的精妙适应中见到自然选择的成果。图 1.19 中蝙蝠的翅膀就是适应性的一个极好例子。

▼ Figure 1.18 自然选择

下图是假想的甲虫种群，定居的土壤因最近的丛林火灾而变黑。最初，该种群个体的遗传颜色差异很大，从非常浅的灰色到炭黑色。对于捕食甲虫的饥饿鸟类来说，最容易发现颜色最浅的甲虫。



画一画 土壤的颜色会随着时间的推移逐渐变浅。再画一个步骤来展示当土壤变浅到中等颜色时，会如何影响自然选择。为这个新步骤写一个标题5。然后解释随着时间的推移，随着土壤变浅，种群会如何变化。



▲ Figure 1.19 进化适应。

蝙蝠是唯一能够自主飞行的哺乳动物，它们的翅膀在伸出的“手指”之间有蹼（翼膜）。达尔文认为，这种适应性随着时间的推移会通过自然选择不断完善。

生命树

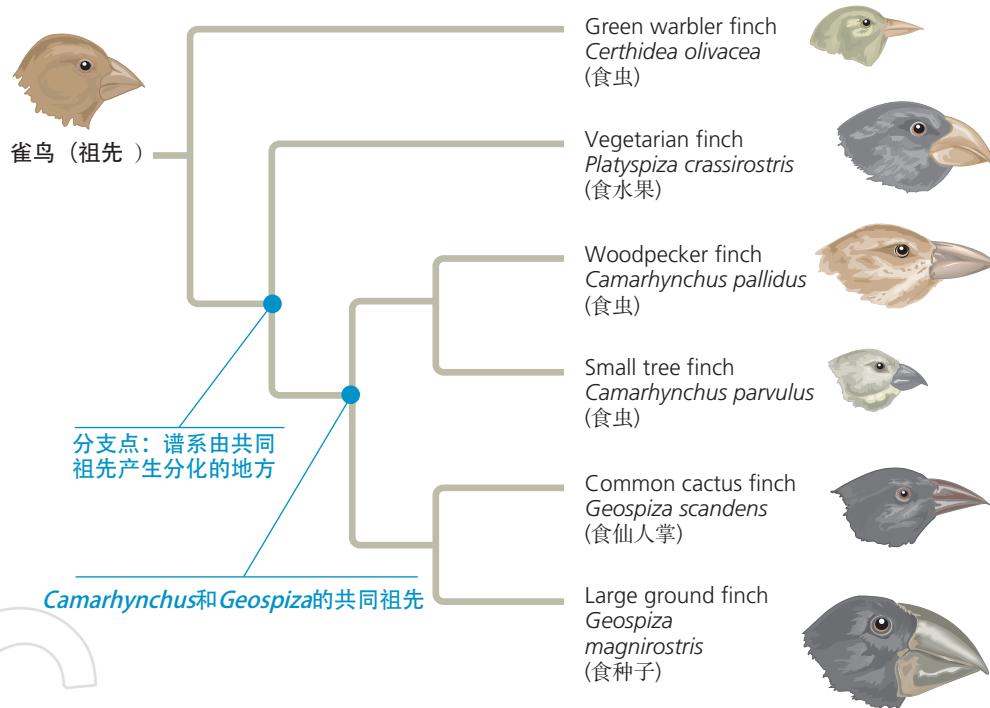
再向上看一看图1.19中蝙蝠翅膀的骨架结构。这些翅膀与有羽毛的鸟类不同，蝙蝠是哺乳动物。蝙蝠前肢的骨骼、关节、神经和血管虽然适应了飞行，但仍与人类的手臂、马的前腿和鲸鱼的鳍肢非常相似。的确，所有哺乳动物的前肢都是相同结构的解剖变体。这根据达尔文的“修饰性遗传”概念，哺乳动物前肢的共有的解剖结构反映了前肢结构从一个共同祖先——所有其他哺乳动物都从其进化而来的“原型”哺乳动物——继承而来。哺乳动物前肢的多种多样是它们各自在不同环境背景下，经由数百万年自然选择修饰之结果。化石和其他证据也通过解剖结构的统一性，进一步支持了哺乳动物是从共同祖先进化而来的观点。

达尔文提出，自然选择通过长期的累积效应，可能导致一个祖先群体产生两个或更多的后代物种。举例来看，当一个种群被分割成多个在不同环境中孤立的亚种群时，前述的过程就可能发生。在这些不同的自然选择环境中，随着地理隔离的种群经过许多代适应不同的环境条件，一个物种可能逐渐演化为多个物种。

加拉帕戈斯的雀鸟 (*Galápagos finches*) 由共同祖先辐射出新物种这一过程的著名例子。1835年，达尔文登上了偏远的，距南美洲太平洋海岸900公里的加拉帕戈斯群岛，采集了这些鸟类的标本。这些年轻的火山群岛上栖息着许多独一无二的植物和动物物种，尽管许多加拉帕戈斯的生物与南美大陆的物种有所联系。加拉帕戈斯雀被认为是从南美洲或加勒比海到达该群岛的一种雀鸟祖先演化而来的。随着时间的推移，加拉帕戈斯雀鸟由于各自岛屿上的种群适应了不同的食物来源，逐渐从祖先雀鸟中分化出来。在达尔文采集这些雀鸟标本多年后，研究人员开始通过解剖学和地理数据，并在最近借助DNA序列比较，梳理它们的进化关系。

► **Figure 1.20** 修饰性遗传：加拉帕戈斯群岛雀鸟的适应性辐射

这棵进化“树”展示了目前关于加拉帕戈斯群岛雀鸟进化关系的假说。注意到各种不同的喙形，是为了适应特定的食物来源。例如，较重、较厚的喙更适合啄开种子，而较细长的喙更利于抓住昆虫。



1.20

%

概念检查 1.2

- 解释为什么“编辑”是自然选择如何影响种群可遗传变异的隐喻。
- 参考图 1.20，提供一个可能的解释，说明在很长一段时间里，绿莺雀 (green warbler finch) 是如何拥有细长的喙的。
- 画一画** 在概念 1.2 中了解到的生命的三域可以在生命树中表现为三个主要分支，真核分支上的三个分支是植物界、真菌界和动物界。如果真菌和动物之间的关系比这三个界中的任何一个界与植物之间的关系更密切呢 (最近有证据强烈表明如此)？画出一个简单的分支图，象征这三个真核界之间拟议的关系。

参考答案请参见附录A

概念 1.3

在研究自然的过程中，科学家形成并检验假说

科学是一种认知方式 (Science is a way of knowing)

——理解自然世界的一种途径。它源于我们对自身、对其他生命形式、对地球以及对宇宙的好奇心。“科学”一词源于拉丁语的动词 (注: *scire*)，意为“去了解 (to know)”。追求理解 (万物) 似乎是人类的一种基本欲望。

科学的“心脏”是探究 (Inquiry) ——寻觅信息和对自然现象的解释。成功的科学探究不是简单的套公式，也没有一个要求研究者们必须严格遵循的方法。和其他探索一样，科学包含挑战、冒险、运气等成分，当然也离不开细致的规划、推理、创造力、耐心和不畏挫折的恒心。正是这种多样的方方面面，使得科学比大多数人所想象的更少受到结构化的限制。话虽如此，科学仍具有某些特征，使其区别于其他描述和解释自然的方式。

科学家采用的探究过程，包括观察、形成合乎逻辑且可验证的解释 (假设, hypotheses)，并对其进行检验。这个过程必然是重复性的：在检验假设时，更多的观察可能促使科学家修改原有假设或提出新假设，进而开始进一步的验证。通过这种方式 (循环)，科学家们对自然规律的估计越来越接近完美。

探索与观察

与其他科学一样，生物学始于细致的观察。在收集信息时，生物学家经常使用显微镜、精密温度计或高速摄像机等工具，扩展感官或帮助精确测量。观察能够揭示自然界中的有价值的信息。例如，一系列详细的观察塑造了我们对细胞结构的理解，另一些观察则在不断扩展我们关于不同物种基因组序列的数据库以及各种疾病中基因表达变化的数据库。

在探索自然的同时，生物学家还高度依赖科学文献，即同行已发表的研究成果。通过阅读理解已有的研究，科学家可以在现有知识的基础上添砖加瓦，将研究重点放在原创的观察结果和与先前发现一致的假设上。如今，得益于电子数据库做好了索引并且易于搜索，找到与新研究方向相关的出版物（即论文）比以往要更加容易。

收集和分析数据

记录下来的观察称为数据。换言之，**数据**是科学探究的基础信息项。许多人认为数据通常是数字形式的，但有些数据是**定性的** (*qualitative*)，通常以记录的描述形式呈现，而不是数字测量。例如，简·古道尔在坦桑尼亚丛林中进行田野研究时，花了数十年观察记录黑猩猩的行为（图 1.21）。在她的研究中，还通过大量的**定量** (*quantitative*) 数据丰富了动物行为学领域，例如记录不同情境下黑猩猩群体成员的特定行为频率和持续时间等数据。定量数据通常以数字测量的形式表达，并且常被整理为表格或图。科学家使用一种称为**统计学** (*statistics*) 的数学工具分析数据，以测试其结果是具有显著意义还是仅仅由于随机波动而产生。本书中呈现的所有结果均被证明具有统计学意义。

收集和分析观察可以通过一种称为**归纳推理** (*inductive reasoning*) 的逻辑方式得出重要的结论。通过归纳，我们从大量具体观察中得出普遍性概念。例如，“太阳总是从东方升起”。另一个生物学上的例子是“所有生物都由细胞构成”，这一结论基于生物学家通过两个世纪以来，生物学家在不同生物标本中检视细胞所得出的普遍性概念。仔细的观察与数据分析，以及通过归纳得出的概括性结论，是我们理解自然界的基础。

▼ Figure 1.21 简·古道尔正在收集黑猩猩行为的定性数据。

古道尔将她的观察记录在田野笔记本中，常常画有对动物行为的草图。



Mastering Biology
Interview with Jane Goodall:
Living with chimpanzees



提出和验证假说

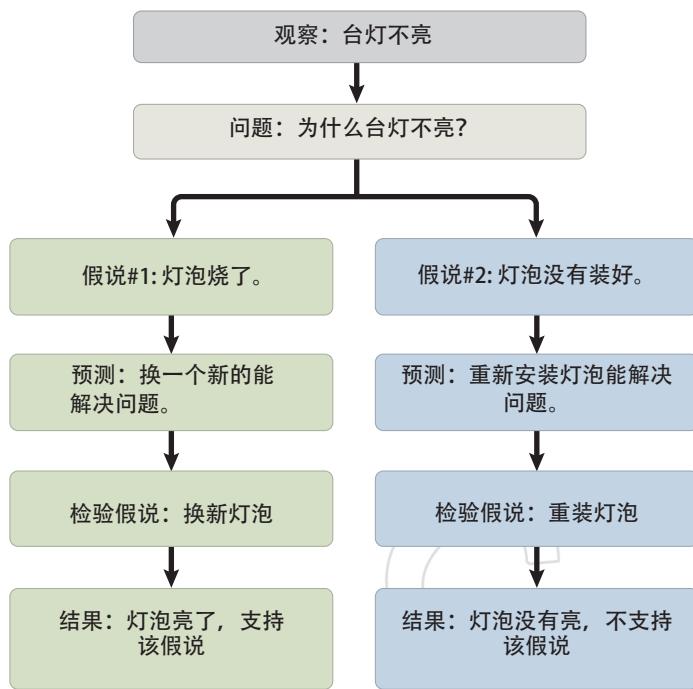
我们天生的好奇心常常驱使我们对观察到的现象背后的自然基础提出疑问。例如，是什么导致了在野外观察到的黑猩猩不同的行为？是什么解释了图 1.1 中显示的某个鼠类物种毛色的差异？回答这些问题通常涉及形成和验证逻辑解释——即假说。

在科学中，**假说** (*hypothesis*) 是基于观察和假设而形成的一种解释，它能够导向可检验的预测。换句话说，假说是一种“试验性质的解释” (*explanation on trial*)。假说通常是对一组观察的合理解释，基于已有的数据，并通过归纳推理加以引导。科学假说必须能够导向可以通过额外观察或实验验证的预测。**实验** (*experiment*) 是一种在受控条件下进行的科学检验。

我们都会在日常生活中通过观察、提出问题和假说来解决问题。举个生活中的例子，桌上的台灯已经接好了线，开了开关后灯泡却没有亮——这是一项观察。而问题显而易见：为什么台灯不亮？根据你的经验，可以合理地提出两个假说：(1) 灯泡烧坏了，或者 (2) 灯泡没有拧好。这些假说中的每一个都可以导向可通过实验验证的预测。比如，“灯泡烧坏了”的假说预测换一个灯泡就能解决问题。图 1.22 展示了这一非正式探究的过程。通过这种试验和错误的方法来解决问题，就是一种基于假说的探究方式。

▼ Figure 1.22 科学过程的简化图

这个流程图展示了一个理想化的过程，有时被称为“科学方法”。该图以验证“台灯不亮”假说为例，说明了如何进行假说测试。



演绎推理

一种被称为演绎（deduction）的逻辑也深植于科学假说中被使用。归纳需要从一组具体的观察中进行推理，以得出一般结论，而演绎推理（deductive reasoning）则相反，是从一般到具体结果的逻辑。从一般的前提出发，如果其为真，我们可以外推（extrapolate）出预期的具体结果。在科学过程中，演绎推理通常表现为预测某一假说（前提）正确时应观察到的结果。接下来通过实验或观察验证这些结果是否如预测所示。这种演绎测试通常采用“如果……那么……”的逻辑形式。例如，关于台灯的例子：如果“灯泡烧坏”这一假说是正确的，那么更换灯泡后台灯应该可以正常工作。

我们可以通过台灯的例子来继续说明科学中使用假说的两个关键点。首先，人们总可以设计出额外的假说来解释一组观察结果。例如，另一个假说可以是墙上的插座有问题。尽管可以设计实验来验证插座的假说，但所有可能的假说并不能全部被验证。

其次，我们永远无法完全证明一个假说是真实的。如果更换灯泡后台灯亮了，“灯泡烧坏”这一假说可能是最合理的解释，但实验支持这一假说并不是通过证明它正确，而是通过未能证明它错误。例如，尽管更换灯泡后台灯能亮，也可能是因为在更换灯泡时恰好结束了临时断电。

科学能够和不能够回答的问题

科学探究是了解自然界的一种强大的方法，但它对能回答的问题类型存在局限性。科学假说必须是可检验的；必须能够通过某种观察或实验来揭示该假说是否可能为真或为假。例如，假说“灯泡烧坏是导致台灯无法工作的唯一原因”，如果更换新灯泡后台灯仍不能工作，这一假说就无法被支持。

并非所有假说都符合科学的标准：像是“有看不见的幽灵在对你的台灯‘作祟’”，这样的假说是无法检验的！因为科学仅处理对自然现象的自然且可检验的解释，因此无法支持或否定“看不见的幽灵”假说，也无法证明风暴、彩虹或疾病是否由幽灵或精灵引起。这类超自然解释超出了科学的范畴。同样，宗教信仰也是个人信仰的问题，属于科学之外的领域。科学与宗教并非相互排斥或矛盾；它们只是关注不同的问题。

科学过程的灵活性

研究人员探索回答自然和物理世界问题的方式通常被理想化为“科学方法（scientific method）”。然而，很少有科学研究所严格遵循通常用来描述这种方法的一系列步骤。譬如，科学家可能会在设计实验时意识到需要更多的初步观察，从而回头重新收集数据。更有其他情况下，由于观察结果过于难以理解，无法提出明确的问题，科学家可能需要进一步研究，找到一种新的视角来理解这些观察结果。比如直到1953年DNA结构被发现后，科学家们才得以解开基因如何编码蛋白质的细节。

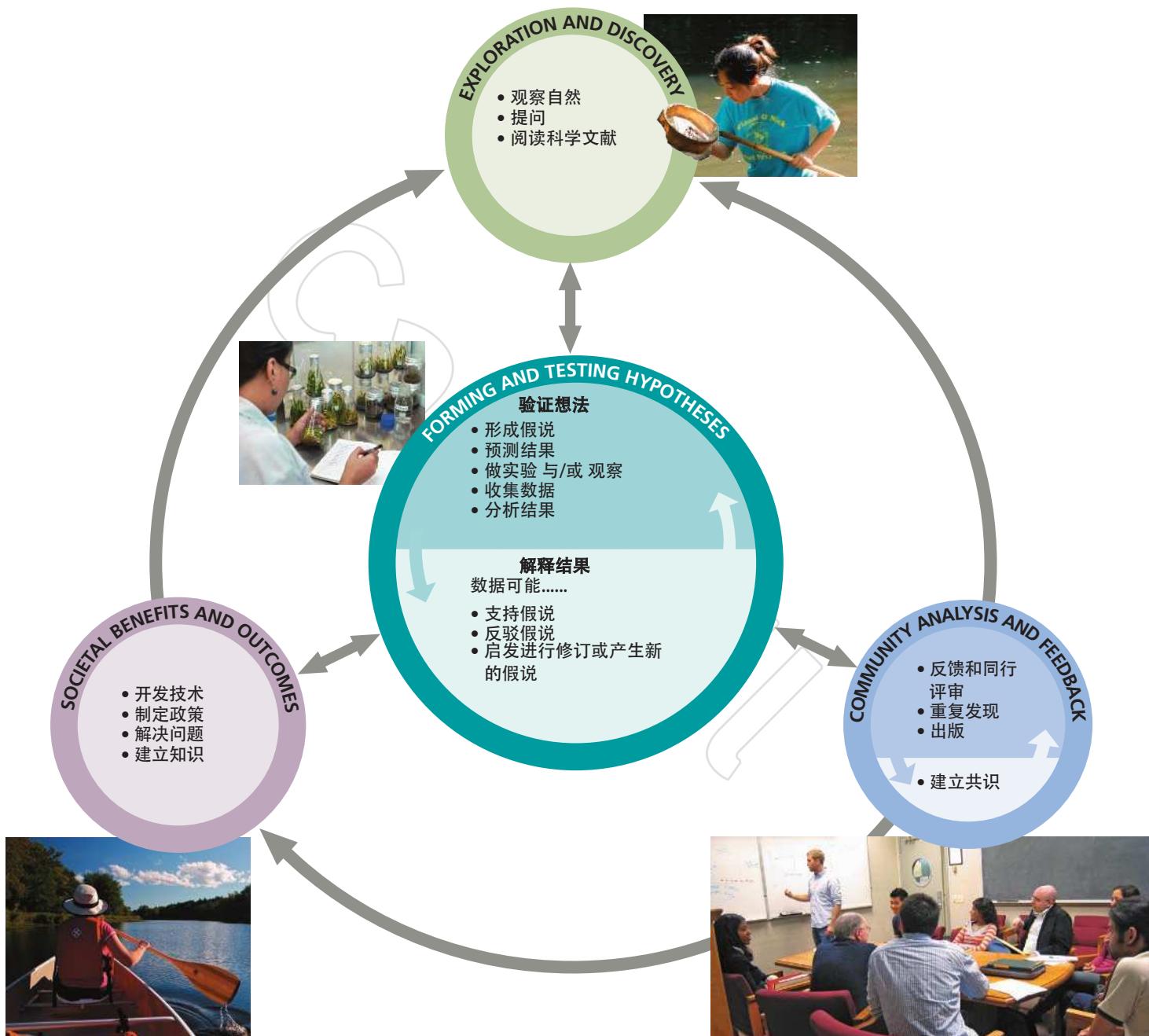
图1.23 展示了科学过程更为真实的模型。模型的核心部分是图中中央圆圈所示的“形成和检验假说”。这一核心活动是科学能够有效解释自然现象的主要原因。然而，这些活动也受到“探索与发现”（图中上方圆圈）以及与其他科学家和社会更广泛互动（下方圆圈）的影响。

例如，科学家社区会影响哪些假说被测试、测试结果如何解释，以及研究发现的价值评估。类似地，社会需求——如推动癌症治疗或理解气候变化过程——可能会帮助决定哪些研究项目获得资助，以及研究结果的传播和讨论程度。

在我们重点介绍了科学探究的关键特征——观察、形成假说和检验假说之后，你应该能够在实际科学的研究的案例分析中识别出这些特征。

▼ Figure 1.23 科学过程：一个真实的模型。

实际上，科学过程并非线性的，而是涉及回溯、重复以及不同过程之间的反馈。这个图示基于“理解科学”（www.understandingscience.org）网站上的模型（How Science Works）



科学案例研究 (Case study)：调查小鼠种群的皮毛颜色

我们的案例研究开始于一组观察和归纳性总结。自然界中动物的颜色样式差异很大，有时甚至同一物种的成员之间也有不同。这种变异的原因是什么？你可能还记得的，本章开头时提到的两只老鼠 (*Peromyscus polionotus*) 是属于同一物种，但它们有不同的毛色样式，并且生活在不同的环境中。沙滩鼠生活在佛罗里达海岸，那里有明亮的白色沙丘和稀疏的海滩草丛；而内陆鼠则生活在离海岸更远，土壤深色、肥沃的区域 (图 1.24)。一眼就能从图 1.24 中的照片中看出，老鼠的毛色与其栖息地（颜色）高度匹配。这些老鼠的天敌，鹰、猫头鹰、狐狸和郊狼等，都是视觉型猎手（依靠视觉找寻猎物）。因此，20世纪20年代，自然学家弗朗西斯·贝托迪·萨姆纳 (Francis Bertody Sumner) 提出了一个假说，他认为老鼠的毛色样式进化成适应性特征，使其能够在栖息地中伪装自己，免受捕食。

虽然该伪装假说 (camouflage hypothesis) 看似很明显，但它仍然需要验证。2010 年，哈佛大学的生物学家霍比·霍克斯特拉 (Hopi Hoekstra) 和她的学生们前往佛罗里达，测试了这一假说：那些毛色与栖息地不匹配的老鼠是否比本地的、毛色匹配的老鼠更容易成为捕食的对象。图 1.25 总结了这项实地实验，展示了我们将在本书中使用的格式，以帮助理解生物学研究的其他示例。

研究人员制作了数百个老鼠模型，并将它们喷涂成沙滩鼠或内陆鼠的颜色，以便这些模型仅在颜色模式上有所不同。研究人员将这些模型老鼠随机放置在两个栖息地中，并让它们过夜。与栖息地本地老鼠相似的模型是对照组（例如，在沙滩栖息地中的浅色模型），而那些颜色与栖息地不匹配的模型则是实验组（例如，在沙滩栖息地中的深色模型）。第二天早晨，研究团队记录了捕食事件的迹象——包括一些模型上的咬痕和划痕，以及一些模型的彻底消失。通过观察捕食者的咬痕形状和周围的踪迹，研究人员发现捕食者大致可以分为两类：哺乳动物（如狐狸和郊狼）和鸟类（如猫头鹰、鹭和鹰）。

然后，研究人员计算了每个栖息地中伪装模型遭遇捕食事件的百分比。结果非常明确：无论是在沙滩栖息地（浅色老鼠不太容易被捕食）还是内陆栖息地（深色老鼠不太容易被捕食）中，伪装模型的捕食率明显低于没有伪装的模型。因此，数据支持了伪装假说的关键预测。

实验中的变量和控制

在进行实验时，研究人员通常会控制系统中的一项因素，并观察它变化产生的效果。图 1.25 中描述的老鼠伪装实验就是一个典型的对照实验 (controlled experiment)，它旨在将实验组（本例子中为非伪装的老鼠模型）与对照组（伪装的模型）进行对照。在实验中，被操控的因素和随之测量的因素都被称为变量——即在实验中变化的特征或量。

▼ Figure 1.24 沙滩、内陆耕地小鼠 (*Peromyscus polionotus*) 种群的不同颜色



沙滩鼠生活在沿海植被稀疏的沙丘上。它们背上的浅褐色斑驳皮使它们融入周围环境，起到伪装作用。

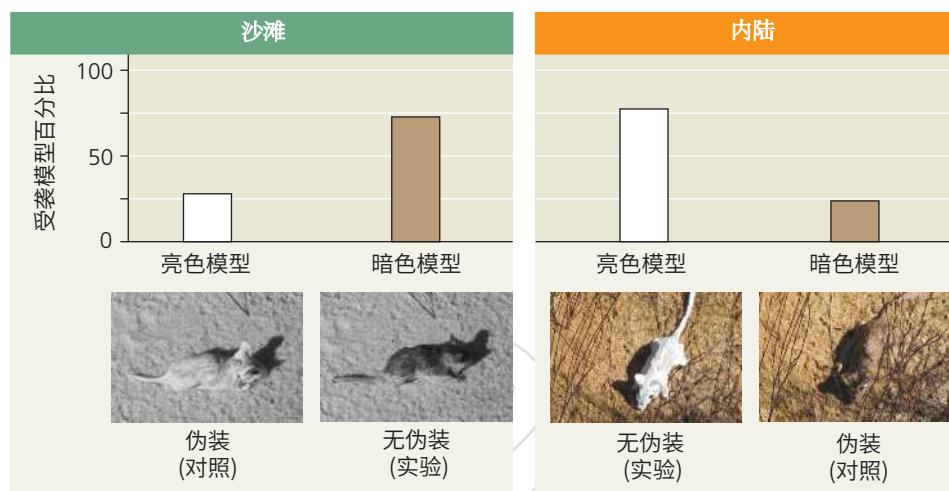
生活在内陆约 30 公里处的同一物种，背部有深色毛皮，使它们在深色地面的栖息地上十分隐蔽。

▼ Figure 1.25 调查

伪装是否会影响两种老鼠种群的捕食率？

实验 霍皮·霍克斯特拉与同事们检验了以下假设：皮毛颜色可以起到伪装作用，保护沙滩和内陆的耕地小鼠种群免受其栖息地掠食者的侵害。研究人员在小鼠模型上喷涂成了与海滩和内陆小鼠相匹配的浅色或深色，并将带有两种颜色的模型放置于两个栖息地中。第二天早上，隔日统计受损或丢失的模型。

结果 研究人员分别计算了两个栖息地被攻击的伪装与非伪装模型的百分比。在这两个栖息地中，图案与周围环境不匹配的模型遭受的“掠食”程度远高于伪装模型。



结论 结论与研究人员的预测一致：具有伪装的小鼠模型受到攻击的次数比没有伪装色的小鼠模型要少。因此，实验支持了该假说。

数据源于 S. N. Vignieri, J. G. Larson, and H. E. Hoekstra, The selective advantage of crypsis in mice, *Evolution* 64:2153–2158 (2010).

INTERPRET THE DATA 柱状图表示受袭的浅色或深色模型的百分比。假设每个栖息地中有 100 个小鼠模型受到攻击。对于沙滩栖息地，有多少是浅色模型？有多少是深色模型？针对内陆栖息地回答相同的问题。实验结果是否支持伪装假设？解释一下。

→ Mastering Biology

Interview with Hopi Hoekstra: Investigating the genetics and natural selection of mouse coat color



上述例子中，小鼠模型的毛色是自变量 (independent variable) ——是由研究人员操控的因素。因变量 (dependent variable) 是被测量的因素，预计会受到自变量的影响；研究案例中，研究人员测量的是因小鼠模型颜色变化而引起的捕食量变化。值得注意的是，实验组和对照组仅有一个自变量存在不同，即毛发颜色。

因此，研究人员能够排除其他因素是导致非伪装小鼠模型遭受更多攻击的原因——比如捕食者数量的不同，或测试区域的温度差异。巧妙的实验设计使得颜色成为唯一可以解释伪装模型捕食率较低的因素。

一个常见的误解是，“控制实验”这一术语意味着科学家控制了实验室环境中的所有特征。但在实地研究中，这是不可能的，即使在高度调控的实验室环境中也很难做到。研究人员通常不是通过消除环境因素来“控制”不希望出现的变量，而是通过使用对照组来抵消它们的影响。

→ Mastering Biology Animation: Introduction to Experimental Design

科学中的理论

“这只是个理论罢了！” (It is just a theory!) 我们在日常用语中使用“理论”时，通常意味着未经测试的猜测。但在科学中，理论 (*theory*) 这一术语有着不同的含义。那么，科学理论是什么？它与假设或单纯的猜测有何不同？

首先，科学理论的范围要比假设广泛得多。这个是假说：“与栖息地相匹配的毛色是一种保护小鼠免受捕食的适应特征。”但这个是理论：“进化适应通过自然选择产生。”该理论认为，进化适应是由自然选择这一进化机制产生的，它解释了大量适应性现象，小鼠毛色仅是其中的一个例子。

其次，理论有足够的普适性，可以衍生出许多新的、可检验的假设。例如，自然选择理论启发了普林斯顿大学的两名研究人员：彼得和罗斯玛丽·格兰特夫妻，测试了加拉帕戈斯雀鸟喙是否与其可得食物种类的变化而进化的具体假设。

(他们的结果支持了这个假设；见图 23.2。)

第三点，相较于任何单一假设，理论通常得到了更多的证据支持。如自然选择理论已被大量证据所支持，而每天都有更多的证据证实，并且至今没有任何科学数据能反驳它。那些在科学界广泛采纳的理论（如自然选择理论和引力理论）解释了各种多样的观察结果，并且有着堆积如山的证据的支持。

最后，如果新的研究持续产生不符合旧理论的结果，科学家有时会修改甚至抛弃先前支持的理论，例如，生物学家曾经将细菌和古菌归类为原核生物界。然而，当新的细胞和分子比较方法可以用来测试这种关系时，证据使得科学家放弃了细菌和古菌属于同一界的理论。如果科学中有“真理”，它也只能是基于现有证据权重的和有条件性的。

概念检查 1.3

1. 什么定性观察导致了图 1.25 中的定量研究？
2. 将归纳推理与演绎推理进行对比。
3. 为什么自然选择能被称为一个理论？
4. **会怎样呢？**在新墨西哥州的沙漠中，土壤大多为沙质，偶尔会有黑色岩石区域，这些岩石区域是由大约 1000 年前发生的熔岩流形成的。老鼠在沙地和岩石地区都有发现，猫头鹰是已知的捕食者。您对这两个老鼠种群的毛色有何假设？解释该假说。您将如何使用这个生态系统来进一步检验伪装假说？

参考答案请参见附录 A

概念 1.4

科学受益于合作式途径与多样性观点

电影和卡通片有时将科学家描绘为穿着白大褂的孤独人物，在与世隔绝的实验室中工作。实际上，科学是一项高度社会化的活动。大多数科学家都是团队工作，团队中往往有研究生和本科生。要在科学上取得成功，良好的沟通能力是能帮大忙。研究结果直到通过研讨会、学术出版物和网站分享给同行社区后，才会产生影响。研究论文在发表之前，必须经过同行评审的过程。在本书中描述的所有科学探究例子也都曾在同行评审的期刊上发表过。

在他人的工作上添砖加瓦

伟大的科学家艾萨克·牛顿 (Isaac Newton) 曾说过：“解释自然是任何一个人，甚至任何一个时代都无法完成的艰巨任务。‘做一些有把握的事情，留给别人去做其他的’。”任何成为科学家、因好奇心驱使而探索自然规律的人，都会从那些先辈的发现中获益匪浅。实际上，霍比·霍克斯特拉的实验就受益于 40 年前考夫曼 (D.W. Kaufman) 的工作。你可以通过研究考夫曼实验的设计，并在下面的“**科学技能练习**”栏目中解读结果。

科学结果通过反复观察和实验不断受到审查。处于同一研究领域的科学家们常常通过试图确认观察结果或重复实验来验证彼此的主张。如果科学同行无法重复实验结果，这种失败可能会反映出原始主张中的某些潜在弱点，进而需要进行修正。从这个意义上讲，科学有自我监督的特性。报告结果时的诚信和遵循高标准是科学事业的核心，因为实验数据的有效性是设计进一步研究的关键。

几位科学家专注于同一个研究问题是常见的。一些科学家享受成为第一个做出重要发现或关键实验的挑战，而另一些人则更满足于与同行合作，共同攻克同一个问题。

当科学家使用相同的生物体时，合作会更加顺利。这便是广泛使用的**模式生物**——一类易于在实验室中培养，且特别适合用于研究问题的物种。由于所有物种在进化上是相关的，模式生物可以被看作是理解其他物种及其疾病的生物学模型。例如，果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 的基因学研究让我们了解了基因在其他物种中的作用，甚至在人类中也能找到类似的规律。其他一些常用的模式生物包括拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*)、线虫 (*Caenorhabditis elegans*)、斑马鱼 (*Danio rerio*)、小鼠 (*Mus musculus*) 和大肠杆菌 (*Escherichia coli*)。当你阅读这本书时，别忘了这些模式生物在生物研究中所做的贡献。

生物学家们可能从不同的角度来研究有趣的问题。有些生物学家专注于生态系统，而另一些则研究在个体或细胞层面的自然现象。本书分为不同的单元，从不同层次的角度研究生物学问题。当然，任何一个问题都可以从多个角度进行探讨，而这些角度是相辅相成的。例如，霍克斯特拉不仅进行了实地研究，证明了（小鼠）毛色会影响捕食率，他们还做了实验室研究，发现至少有一种基因突变导致了沙滩和内陆鼠类毛色的差异。她的实验室包括专注于不同生物学层次的生物学家，这使得她所关注的进化适应与 DNA 序列中的分子基础之间建立了联系。

作为一名生物学学生，拥有在不同的生物学层次之间建立联系的能力会让你受益良多。你可以通过注意到某些主题在不同单元中反复出现来培养该能力。以镰状细胞病 (Sickle-cell disease) 为一个主题——这是一种在非洲及其他温带地区居住的土著及其后裔中普遍存在的遗传性疾病；而人类对其（机制等）已经完全了解。该疾病将在本书的几个单元中出现，每次出现会从新的层次进行探讨。此外，本书中的“建立联系”图表将不同章节的内容联系起来，而“建立联系”问题则鼓励你自己去发现这些联系。我们希望这些特点能帮助你将所学内容整合起来，并通过鼓励你心怀宏观，从而增强你对生物学的兴趣和理解。

解析一组柱状图

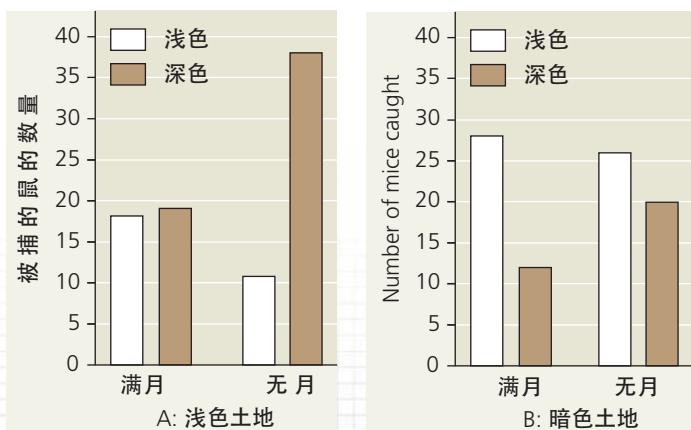
在有月光下和无月光的情况下，小鼠的伪装对猫头鹰捕食的影响有多大？

考夫曼假设，老鼠的毛色与周围环境的颜色对比度，会影响猫头鹰在夜间的捕食率。他还假设这种对比度会受到月光量的影响。在这个练习中，您将分析他关于猫头鹰捕食老鼠的研究数据，这些数据测试了这些假设。

实验如何进行的

将两只毛色不同的耕地小鼠（*Peromyscus polionotus*），一只是浅棕色，一只是深棕色，同时放入一个有饥饿猫头鹰的围栏中。研究者记录了猫头鹰首先抓住的老鼠颜色。如果猫头鹰在15分钟内没有抓住任何一只老鼠，则该试验记录为零。试验在多个围栏中重复进行，围栏的土壤表面可能是深色的或浅色的。每次试验中，是否有月光也会被记录。

实验数据



数据源于 D. W. Kaufman, Adaptive coloration in *Peromyscus polionotus*: Experimental selection by owls, *Journal of Mammalogy* 55:271–283 (1974).

科学、技术与社会

研究社区普遍是社会的一部分，科学与社会的关系在我们将技术加入图 1.23 中时变得更加清晰。虽然科学和技术在某些方面采用相似的探究模式，但它们的基本目标不同。科学的目标是理解自然现象，而技术（technology）的目标是将科学知识应用于某一特定目的。科学家要将新技术运用于其研究中，因此科学与技术是相互依存的。

解释数据

- 首先，确保你理解图表的设置。图 A 显示的是浅色土壤围栏的数据，图 B 显示的是深色土壤围栏的数据，但在其他方面两者是相同的。
 - 这些图表中有不止一个自变量。研究者测试的自变量是什么，哪个坐标轴上显示的是自变量？
 - 哪些因素是对测试的变量作出反应的因变量？哪个坐标轴上显示的是因变量？
- (a) 在月光下，浅色土壤围栏中有多少只深棕色老鼠被猫头鹰抓住？
 (b) 在月光下，深色土壤围栏中有多少只深棕色老鼠被猫头鹰抓住？
 (c) 在月光下，深棕色老鼠在深色土壤上还是浅色土壤上更容易逃脱猫头鹰的捕食？解释一下你的答案。
- (a) 在满月下，深棕色老鼠在深色土壤上是否更容易逃脱捕食？
 (b) 对于浅色土壤上的深棕色老鼠呢？解释一下。
- (a) 在什么条件下，深棕色老鼠最有可能在夜间逃脱捕食？
 (b) 浅棕色老鼠呢？
- (a) 在浅色土壤围栏中，哪种自变量组合导致了最高的捕食量？
 (b) 在深色土壤围栏中，哪种自变量组合导致了最高的捕食量？
- 思考你对问题 5 的回答，总结一下描述哪些条件对某种颜色的老鼠尤其致命。
- 结合两张图的数据，估算在有月光和没有月光的条件下被抓住的老鼠数量。哪种条件最适合猫头鹰捕食？解释一下。



▼ Figure 1.26 DNA技术和法医

自1992年以来，昭雪计划（无辜者拯救项目，Innocence Project）利用对犯罪现场脱氧核糖核酸样本的法医分析，为360多名被误判的囚犯洗冤。大多数人已经服刑多年。要了解这里显示的四个被认定无罪的人，请访问昭雪计划网站 (<https://innocenceproject.org>)



技术发展的方向更多取决于人们的当前需求和愿望，以及该时代的社会环境，而不是驱动基础科学的好奇心。关于技术的辩论更多集中在“我们应该这样做吗（should we do it）”而不是“我们能够这样做吗（can we do it）”。随着技术的进步，出现了许多难做的选择。比如，在什么情况下使用DNA技术来检测特定人群是否携带遗传病基因是可以接受的？这些测试应该总是自愿的吗，还是有些情况下应该强制进行基因测试？保险公司或雇主是否应该有权访问这些信息，就像他们可以访问其他类型的个人健康数据一样？随着个人基因组测序变得越来越快和便宜，这些问题变得更加紧迫。

上述这样的难题引发的伦理争议不仅涉及科学和技术，还与政治、经济和文化价值观息息相关。所有公民——不仅仅是专家们——都有责任了解科学如何运作以及技术的潜在利益和风险。科学、技术与社会之间的关系提高了任何生物课程的意义和价值。

科学中多样化观点的价值

许多对人类社会影响最深远的技术创新源自于沿贸易路线的定居点，这些定居点融合了不同文化，激发了新的思想。例如，约翰内斯·古腾堡（Johannes Gutenberg）于大约1440年发明的印刷机帮助知识传播到各个社会阶层。这个发明基于中国的数项创新，包括纸张和墨水。纸张沿着从中国到巴格达（注：Baghdad；伊拉克首都，伊斯兰世界历史文化名城。）的贸易路线传播，在那儿发展出了纸张的大规模生产技术。这项技术和水性墨水也从随后从中国传入到欧洲。古腾堡将水性改良为油性墨水。我们要感谢不同文化的交叉融合才有了印刷机，其他重要的发明也是如此。

从类似的角度来看，科学也受益于其从业者的背景和观点的多样性。那么，科学家在人口性别、种族、民族和其他属性上的多样性如何呢？

科学界反映了周围社会的文化标准和行为方式。因此，不足为奇的是，直到最近，女性、有色人种和其他少数群体在许多国家追求成为专业科学家的道路上面临着巨大障碍。在过去的50年里，随着对职业选择的态度发生变化，女性在生物学和其他一些学科中的比例有所增加，现在，女性大约占生物学本科生和生物学博士生之一半的比例。

然而，在本行业的更高层次，（多元化）进展较为缓慢，女性、许多种族和族裔群体在大量科学与技术领域的分支中的代表性仍然严重不足。这种多样性的缺失阻碍了科学的进展。参与讨论的声音越多，科学交流就茁壮、宝贵和富有成效。本书的作者欢迎所有学生加入生物学家社区，祝愿你们在这个激动人心的科学领域中享受学习的乐趣和满足感。

概念检查 1.4

1. 科学与技术有什么区别？
2. 建立联系 镰状细胞病的基因在撒哈拉以南非洲的居民中比在美国的非洲裔后裔中出现的比例更高。尽管这个基因会导致镰状细胞病，但它也为撒哈拉以南非洲地区常见的严重疾病——疟疾提供了一定的保护，而疟疾在美国几乎没有。讨论一种可能的进化过程，可以解释撒哈拉以南非洲和美国居民之间镰状细胞基因的不同比例。（参见概念1.2）

参考答案请参见附录A