

普通高等教育“十三五”规划教材

生命科学原理

Principles of Life Science

谭 信 © 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

生命科学原理

Principles of Life Science

谭 信 © 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

生命科学原理 / 谭信主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4488 - 6

I. ①生… II. ①谭… III. ①生命科学 - 高等学校 - 教材 IV. ①Q1 - 0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 182565 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 25

字 数 / 587 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

前言

好奇心是人类与生俱来的本能。从孩提时代开始，我们仰望星空，凝视着斗转星移，流星从天边划过；我们想拆开电视或电脑后盖，为了要知道众多画面从哪里涌现；我们惊异于崇山峻岭之壮阔，潺潺小溪之婉约……在这一片惊异之外，我们最后发现，其实最不可思议的对象是我们自己，还有和我们一样会到处跑动的动物，以及路边悄然长高的小草……这些东西仿佛注入了神灵，活灵活现，难以捉摸。他（它）们之间进行着捕食和逃脱的游戏，新生和衰老的轮回，会散发出地球上最为斑斓的色彩，展现出最为快速敏捷的动态变换……更为神奇的是，一些高等动物，尤其是作为万物之灵的人类还产生了好奇心本身。它成为人类想要知晓这些神奇背后原因的强大推动力！

于是在好奇心的驱动下，产生了种种疑问、种种解释、种种学说。思想在碰撞，无数的思想被淘汰了，退出了历史，最终科学思想胜出。在科学发展了400多年之后，无数的未知领域一个个被攻破，人类的知识得到了巨大的发展。我们小时候头脑中出现过有关生命的十万个为什么，其实多数早已有了科学的解答。我们只要捧起书本，就可以非常翔实地得到一个又一个问题的答案。但是不是已知领域越多，未知领域越少，我们的好奇心之旅总有一天会因达到知识的彼岸而结束呢？不会这样的。知识的增长就像一个吹起的球。球越大，球的表面积就越大，这意味着我们的知识越丰富，与未知领域的接触面越大，越多的问题就会产生。一个知识丰富的、眼界开阔的人心中的问题也是最多的。好奇心之旅永无尽头。

本书将尽可能较全面、深入浅出地向大家介绍生命科学到目前为止对生命现象的主要认识，力图将生命科学取得长足进步背后的原因和发展脉络介绍给大家。希望学生们在了解生命科学的发展歷程的同时，也能逐渐熟悉科学的思维方法和科研过程，增强辨别哪些是真正的科学知识，哪些只是虚妄的伪科学的能力；也希望学生们在充分掌握现代生命科学知识后，对生命科学的前沿领域和所面临的新的挑战能有较清楚的了解。

本书面对的读者是具有一定高中生物学知识的低年级大学生，或与之知识相当的求知者。作为通识教育的一部分，本书力求入门门槛足够

低，希望即使原来生物学知识水平不太高的学生也能在开始时不至于遇到较大的阅读困难，并能够按自己的理解一直持续、深入地学习下去；同时本书也力求具有足够的深刻度，能够做到对发散的内容归纳总结到位，发人深省，使具有一定思想力的学生能够从中悟出更深刻的道理，为将来更深入地从事与生命科学有关的研究、教育、开发等做好准备。

谭 信

2017年6月

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	001
1.1 什么是生命科学	001
1.2 进化论——现代生命科学观的建立	006
1.3 生命科学与现代社会	012
本章提要	016
资源链接	016

第1编 生命的化学和细胞

第2章 生命的化学基础	019
2.1 生命的基本化学构成	019
2.2 生物分子基本特征	023
2.3 主要的生命分子	026
2.4 生命的化学反应	046
本章提要	049
第3章 细胞的结构和功能	050
3.1 细胞概述	050
3.2 细胞的基本结构	051
3.3 原核细胞和真核细胞	057
本章提要	060
资源链接	060

第 2 编 遗传与基因组学

第 4 章 遗传的细胞基础和基本定律	063
4.1 细胞周期和分裂	063
4.2 细胞分化与凋亡	067
4.3 减数分裂与有性生殖	075
4.4 遗传的基本定律	080
本章提要	087
资源链接	087
第 5 章 遗传的分子基础	088
5.1 DNA 的结构与复制	088
5.2 遗传信息的流动	096
5.3 遗传变异的类型及其成因	102
5.4 基因的表达调控	111
本章提要	116
资源链接	116
第 6 章 基因组	117
6.1 基因组 DNA 的不同序列	118
6.2 DNA 指纹技术及其应用	123
6.3 基因组学与精准医疗	126
本章提要	140
资源链接	141
第 7 章 人类疾病的遗传基础	142
7.1 什么是遗传病	142
7.2 人类疾病的孟德尔式遗传	143
7.3 复杂疾病	146
7.4 染色体病	148
7.5 恶性肿瘤与遗传	151
本章提要	153
资源链接	154

第 3 编 进化与生物多样性

第 8 章 进化学说	157
8.1 达尔文的进化论	157

8.2 现代综合进化理论	168
8.3 分子进化与中性进化学说	178
8.4 基因选择学说	184
本章提要	189
第9章 生命与人类的进化历程	190
9.1 地球的历史与生命的发生	190
9.2 生命系统的演化	197
9.3 人类的起源和进化	204
9.4 宇宙生物学与地外生命	213
本章提要	220
第10章 生态系统和保护生物学	221
10.1 种群、群落和生态系统	221
10.2 人类与环境	228
10.3 保护生物学	233
本章提要	237

第4编 人体的生理过程与健康

第11章 人体的基本结构与生理	241
11.1 组织与器官	241
11.2 九大系统	242
11.3 机体的防御系统	246
11.4 人体生理活动的调节	254
11.5 动物的发育	255
本章提要	258
资源链接	258
第12章 人类的常见疾病与预防	259
12.1 心脑血管疾病	259
12.2 肿瘤与癌症	262
12.3 常见传染病	266
12.4 艾滋病	268
12.5 流行性感冒	270
本章提要	271
资源链接	271
第13章 均衡营养与人体健康	272
13.1 人体所需的营养素	272

13.2 食物的营养价值	278
13.3 膳食指南与均衡营养	284
本章提要	292

第5编 生物学研究与生物技术产业

第14章 生物学研究进展概述	295
14.1 生物学研究前沿领域介绍	295
14.2 生物学研究手段的发展	312
本章提要	324
资源链接	325
第15章 现代生物技术产业	326
15.1 蛋白质工程技术	326
15.2 基因工程与蛋白质工程	333
15.3 细胞工程技术	346
15.4 酶工程与发酵工程	358
15.5 生物技术与农业	374
本章提要	390
资源链接	391

第 1 章

绪 论

1.1 什么是生命科学

生命科学 (life sciences) 在整个科学家族中算是比较年轻的科学。生命科学这一词汇大约在 20 世纪中叶才开始出现并逐渐被广泛使用。即使是更早的生物学 (biology) 一词也是在 19 世纪初才被创造出来。但生物知识则属于人类文明最早积累的知识体系。约 1 万年前农业和其他养殖业的发展,促成了人类的定居生活,人类文明得以出现。世界不同地区的早期人类都在不同程度上积累了丰富的医药、农业、畜牧业等生物学知识,以帮助人类应对和治疗疾病,寻找和储存食物,驯化野生动植物,栽培作物,开展畜牧养殖等。早期的哲人们通常也是生物学知识的大师。比如古希腊先贤亚里士多德就著有《动物自然史》《动物的组成部分》《动物的繁殖》等书籍,对动植物的早期观察、动物分类等提出了自己的见解。可以说,生物学在所有自然科学中属于最古老的学科之一。只是由于其研究对象的复杂性,在近代科学发展的早期,生物学才让位于物理学和化学等更基础的学科,成为以物理学和化学等为基础的后发学科。

1.1.1 近代生命科学的诞生

近代生命科学可以追踪到若干的来源,不同领域的科学家从生命现象的不同的方面入手,然后这些工作相互印证、学科间不断融合,又不断细化,最终促成了 20 世纪生命科学的分支和知识的爆炸性增长。这些发展的主要线索包括:

1.1.1.1 生命形态学的研究

这包括了宏观的和微观的研究两个方面。宏观的研究主要是指解剖学。早在古罗马时期,著名医生盖伦在他的著述中就告诉读者,要通过实际体验了解人体的奥秘。他因此进行过大量的解剖工作,遗憾的是他只解剖过动物,而对人体有许多错误描述。16 世纪开始的科学革命在生物学领域的标志性事件就是维萨里发表的《人体的结构》,在人体解剖学方面形成突破的同时,也点燃了近代生物学领域革命之火。稍后英国科学家哈维的《心血循环论》进一步揭示了血液循环的奥秘,并将解剖学研究向生理学方向推进。在微观的研究方面,英国物理学家罗伯特·胡克 (Robert Hooke) 用自制的显微镜观察了一系列的微观物体,写成了《显微图像》一书,其中最重要的是对细胞 (cell) 的描述。尽管他事实上看到的只是软木细胞干缩的细胞壁残骸而已,但却是首次对生命最基本结构细胞的发现。20 世纪初电子显微镜的出现也在生命科学领域得到了最为广泛的应用。人类对生命物质的观察范

围从细胞深入到亚细胞结构、生物分子，甚至到了原子水平。

1.1.1.2 微生物与疾病的病菌说

显微镜的出现帮助人们发现了一些肉眼看不到的微小生物：微生物。到 19 世纪下半叶，法国科学家巴斯德证实了微生物是导致某些疾病，包括炭疽病、霍乱等的病因。德国科学家科赫在对结核病的研究中建立了确定病原微生物的“科赫准则”，即病原微生物必须恒定地同某种病理状态有关。证明因果关系的证据，是分离这种微生物，在健康动物身上实验，如出现该病特有的症状和特征，则为致病因子。对微生物的研究还促成了免疫学的发展。疫苗的出现主要就是应对病原微生物的。

1.1.1.3 实验生理学的研究

实验生理学主要以活的有机体为对象，研究身体各器官的功能。这也是在解剖学充分发展之后对这些机体结构的深入探索。在生理学进入实验研究之前，人们对生物体为什么会产生种种功能往往争论不休。主要有两种论调：机械论和活力论。前者认为所有的生命现象完全能够用控制非生命世界的物理、化学规律加以解释；在 1748 年法国学者拉美特利著的《人是机器》里甚至认为，精神也必定直接依赖于物理化学过程，比如鸦片、酒精等对精神的作用。后者主张在物理、化学因素之外，生命的真正实体是灵魂或者某种“活力”。这种无法被实验证伪的理论逐渐为科学界所抛弃，而实验生理学的介入将机体各个器官的功能一一揭示出来。这些众多的研究当中，最有名的当属巴甫洛夫的“巴氏小胃”实验，其实验结果最终建立了条件反射学说。

1.1.1.4 进化论和遗传学

进化论和遗传学是对生命本质探索的两个方面。表面上看，进化是生命随时间的变化过程，而遗传学则是机体稳定特征的传递，两者的指向相反，但实际上这是生物发展过程的两个侧面，它们涉及相同的原理。达尔文提出了著名的以自然选择作为动力说明的进化论，但它还无法在生物体的代代传承上说明进化发生的细节，而这恰恰是遗传学要解决的问题。与达尔文同时代的神甫孟德尔通过他的豌豆杂交实验实际上已经为解决这一难题提供了绝佳的思路。遗憾的是孟德尔的研究被埋没，这两个科学巨人并没有在他们的有生之年实现交集。直到 20 世纪的 30 年代最终由费希尔等人融合了这两个科学理论，奠定了现代生命科学的基石。关于达尔文进化论的意义，我们在下一节当中会专门谈到。

1.1.1.5 用化学来研究生命物质和生命过程

前面提到活力论片面夸大生命的特殊性，将生命物质特殊化，在有机界和无机界之间画上了绝对的鸿沟。但自 1828 年以尿素合成为标志的有机合成的发展，突破了有机界和无机界的界限，使生命物质走下神坛，为使用化学方法研究生命奠定了前提。1838 年荷兰科学家格利特·马尔德首次发现了蛋白质。1868 年瑞士科学家弗雷德里希·米歇尔发现了核酸。一系列生物物质和它们之间发生的化学反应的发现，促成了生命的化学——生物化学的发展。如今，生物体内发生的一切变化，都可用生物体内不同化学物质之间的化学反应来加以说明。

1.1.1.6 物理学与生命科学

从 16 世纪以来，物理学一直是在自然科学中处于支配地位的科学，这种地位在 20 世纪由于相对论和量子力学的出现而达到顶峰。物理学定律的普遍性一直是物理学最根本的理念，也就是说，各物理定律在任何系统中都是适用的。例如牛顿力学既适用于天体的运动，

也能解释地面任何物体的相互作用。这种普适性已经为无数实验研究所证实。然而当物理学家试图将整个物质世界统一于物理学时,各种生命现象成为他们无法回避而又难以解释的对象。面对这一难题,波尔、薛定谔等一些著名物理学家猜测可能存在未知的物理定律,如果能找到它们,就能解释生命现象;而一些生物学家也热衷于关注物理学的最新进展,试图引进诸如量子理论等最新物理学进展以更好解释生命现象。

不过这些努力收效甚微。目前的主流认识是,生命现象完全可以用现有的物理和化学定律去解释,并不存在只适用于生命的特殊物理定律;生命形态的构建主要是从分子水平开始,在物质的原子和亚原子水平并不呈现生命现象。例如从一个生命大分子中分离出来的碳原子和从石墨中分离出来的碳原子本质上并无差别。决定两者之间差异的是它们与其他原子之间的作用方式。生命现象就是物理的和化学的过程的表现,其特殊性仅仅表现为结构的特殊性和复杂性。物理学家薛定谔曾有过一段很形象的比喻,他写道:

根据我们已知的关于生命物质的结构,我们一定会发现,它的活动方式是无法归结为物理学的普遍定律的。这不是由于有没有什么“新的力量”在支配着生命有机体内单一原子的行为,只是因为它的构造同迄今在物理实验室中试验过的任何东西都是不一样的。浅显地说,一位只熟悉热引擎的工程师,在检查了一台电动机的构造以后,会发现它是按照他还没有懂得的原理在工作的。他会发现,他很熟悉的制锅用的铜,在这里却成了很长的铜丝绕成了线圈;他还会发现,他很熟悉的制杠杆和汽缸的铁,在这里却是嵌填在那些铜线圈的里面。他深信这是同样的铜和同样的铁,服从于自然界的同样的规律,这一点他是对的。可是,不同的构造却给他准备了一种全然不同的作功方式。他是不会认为电动机是由幽灵驱动的,尽管它不用蒸汽只要按一下开关就运转起来了。

——E·薛定谔《生命是什么》

通过物理学的或化学的方法对这些结构和功能的解析所遵循的是还原论的方法。还原的方向是用物理学的原理去解释化学现象,用化学的作用去说明生命现象。从历史上看,物理学所取得的每一个进步,生命科学都会相得益彰。这方面的例子非常多,比如在18世纪电的特性刚刚为人们所知晓时,伽伐尼等即开始了生物电的研究;19世纪末伦琴发现X射线后,几乎立即应用于生物医学领域;运用力学原理对生物机体各种力学结构的研究,产生了生物力学、血液流体动力学等学科。物理学对生命科学研究另一个主要贡献是运用物理学原理提供了大量的研究工具,例如电子显微镜、扫描隧道显微镜、各种光谱仪、核磁共振仪等。作为典型的实验科学,没有物理学和化学方法的支持,生物学的发展是不可想象的。

综上所述,现代生命科学汇聚了自科学诞生以来多方面科学支脉的成果,成就了今天这样一个庞大的科学体系。研究对象的复杂性决定了只有在其他的基础科学包括数学充分发展之后,生命科学才有可能取得长足的进步,因此生命科学的发展会稍滞后于物理学和化学的发展。此外,还必须提到信息技术的发展对生命科学的重要性,这主要是由于对复杂生命现象的研究必然会带来天文数量的数据需要处理。现代信息技术主要是作为一种工具为生命科学所使用。

1.1.2 生命科学的研究领域

在中学时同学们都学习过生物学,它和生命科学,以及较少提到的生物科学(bioscience)之间是什么关系呢?大致讲,这几个词含义基本相同。严格地说,它们之间还

是存在一定的差别。生命科学作为最晚出现的概念,其含义范围更加广泛。任何与研究生命活动相关的学科都可以列入生命科学的范畴,这既包括了对生命过程本身的研究,也包括了不同生命形态之间的相互作用及生命赖以生存的环境变化,还包括生物学在社会生活中广泛的应用领域。因此像生态学、医学、农业、生物技术和生物工程等都被列入生命科学的范畴。而生物学和生物科学多是指比较纯粹的对生物体的研究,不过这些术语之间的界限是比较模糊的。

进入 20 世纪以来,传统的生物学受到其他高度发展的自然科学、数学,甚至人文科学的强力介入,研究的范围空前地广泛,形成了众多交叉学科和边缘学科,这些学科可以分成:生命科学的基础学科、交叉学科和边缘学科、应用学科。

1.1.2.1 生命科学的基础学科

1. 遗传学 (genetics), 遗传现象是最基本的生命现象。遗传学的任务不但要了解个体相似性的代代传递的规律,也要了解整个生命过程受到什么因素的控制、怎样控制的等问题。遗传学与现代进化理论一起,成为透彻理解各种生命现象的基石。目前对遗传过程研究的许多方面已经成为许多其他生命科学学科的任务,如分子生物学、发育生物学、基因组学等。本书的第 2 编“遗传与基因组学”将专门对此做详细的介绍。

2. 细胞生物学 (cell Biology), 细胞是生命活动的基本单位。在 19 世纪的 30 到 50 年代,由施莱登 (M. J. Schleiden) 和施旺 (T. Schwann) 提出的细胞学说,使生物界千变万化的生命形态第一次在细胞层面得到了统一,细胞成为一种基本的生命实体。细胞的内部结构和功能异常复杂,对它们的透彻了解是理解生命活动的金钥匙。到目前为止,细胞生物学研究是获得诺贝尔生理和医学奖最多的研究门类。本书的第 3 章将主要介绍细胞生物学。

3. 神经生物学 (neurobiology), 神经生物学是研究神经系统的解剖、生理、病理等内容的学科分支。之所以把它从一般的解剖学、生理学中分离出来,完全是因为神经系统承载着生命现象中最神奇的部分,即认知、思维、情绪、行为及学习等。从 20 世纪 90 年代开始,世界各科研强国都加大了对神经生物学研究的投入,如美国于 1990 年推出的“脑的十年计划”,欧洲 1991 年实施的“EC 脑十年计划”,日本 1996 年推出的“脑科学时代计划”等。目前神经生物学研究最为活跃的领域之一——光遗传学 (optogenetics) (这一术语并非字面所理解的研究光的遗传现象,而是一种实验技术) 结合了遗传工程与光控操作技术,可以做到对个别神经细胞的活性用光照控制来进行操作和研究,实现了对神经组织的精细研究。

4. 发育生物学 (developmental biology), 是从早期的胚胎学研究发展起来的生命科学分支,研究动物体毕生的发育过程。这一过程包括完整的生命历程:从精子和卵的发生开始,经过受精,胚的发育,胎儿生长、出生,细胞与组织的衰老、替换与更新,直至个体死亡。发育现象作为生命活动最神奇的现象之一,其控制机理一直是公认的生物学难题,被认为是生命科学研究最后的堡垒。在发育生物学成果的推动之下,有关机体再生和组织修复的研究如火如荼。发育生物学的标志性成果是 1997 年多利的诞生所标志的哺乳动物克隆的成功,和干细胞技术所推进的再生医学。

5. 生理学 (physiology), 是在了解机体解剖结构的基础上,研究生物功能活动的过程和机理。根据研究对象的不同,生理学又可分为植物生理学、动物生理学和人体生理学等。由于研究对象的差异,通常将植物生理学单独分出。生理学研究可以在不同层次上进行,包括细胞和分子水平、器官和系统水平、整体生理活动的研究等。随着研究的深入,从生理学分

化出许多更专门的学科,例如专门研究脑的结构和功能的神经生物学,而细胞和分子水平的生理过程的研究在很大程度上为细胞生物学和分子生物学所承担。生理学主要研究机体正常的生命活动规律,而异常的机体生理活动过程由病理学和病理生理学来进行研究,后两者属于基础医学研究的领域。限于本书篇幅,在第11章主要介绍与人体有关的生理知识。

6. 植物学 (botany), 植物学也是最传统的生物学研究分支。人类文明始于农业和畜牧业的发明,从那时起,植物学的知识便开始积累。现代科学发展以来,对植物的研究趋于系统化。植物学研究的目的一方面是为人类提供食物、药物、材料和能源等,另一方面又服务于植物资源的保护和生态系统的维持。

7. 动物学 (zoology), 研究动物的种类和分类、不同动物的形态结构、生活习性、分布和历史发展、遗传、繁殖与发育等。研究不同的动物的目的,一方面是因为动物与人类生活关系密切,除了饲养各种宠物之外,各种养殖动物和海洋动物与食品、医药、牧业、渔业、林业、工业等人类社会实践活动密不可分;另一方面各种野生动物资源日显重要,如何保护珍贵动物,特别是珍稀濒危动物,如何维持物种多样性,如何合理开发利用动物资源,都成为动物学研究的重要方面。

8. 微生物学 (microbiology), 各种用肉眼难以观察到的微小生物统称为微生物,一般为单细胞生物,包括细菌、真菌、立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体、原生动,以及单细胞藻类等。此外病毒作为介于生命和非生命的“非细胞生物”,通常也被归入微生物的范畴。对它们的研究领域属于微生物学。微生物知识除了在疾病的防治和卫生保健方面的应用外,各种微生物有广泛的工业用途,以基因工程和蛋白质工程为主的现代生物技术主要是使用各种工程微生物菌株,用于工业发酵、药品生产,以及现在发展迅速的合成生物学技术等。

1.1.2.2 与其他自然和社会科学交叉形成的交叉学科和边缘学科

1. 生物物理学 (biological physics), 是生物学与物理学相互融合形成的新学科。它应用物理学的概念和方法研究生物各层次结构与功能的关系、生命活动的过程,以及生命物质在生命活动中表现出的各种物理特性。在生命活动中,生命物质同样会表现出声、光、电、磁、热等物理特性,这些物理特性为生物体的生理活动和适应性提供了基础,也成为生物物理学研究的对象。主要的研究包括:生物大分子的空间结构,生物膜的结构和功能,生物力学,对感觉、脑和神经活动的研究等。生物物理学最重要的研究成果是对生物大分子的结构分析方面,在1953年应用X射线晶体衍射技术确立的DNA双螺旋结构是生命科学史上划时代的事件。目前运用X射线晶体学、核磁共振波谱学、冷冻电镜等技术来研究生物大分子的结构和功能已经取得令人炫目的成就,发展出了一门非常重要的、相对独立的学科分支:结构生物学。

2. 生物化学 (biochemistry) 和分子生物学 (molecular biology), 生物化学是运用化学的理论和方法研究生命物质和代谢过程的分支学科。由于生物体结构的高度复杂性,生物化学必须与细胞生物学、组织学、生理学等研究生物结构功能的学科紧密结合,研究细胞内或细胞间不同区域的分子结构和化学反应,以及这些过程背后的种种信号传递和控制机制。分子生物学是在分子水平上研究生命现象的科学。生物化学和分子生物学关系密切,紧密交叉,又各有分工。分子生物学侧重于蛋白质和核酸等生物大分子的结构功能;而生物化学侧重

于整个生物体一般的代谢和化学结构；像糖、脂类、氨基酸、维生素等生命小分子的研究多为生物化学的研究范围。生物化学和分子生物学已经成为现代生命科学最重要的研究领域。

3. 生物数学 (biomathematics)，是运用数学方法研究和解决生物学问题所产生的交叉学科。一方面生命科学研究所产生的海量数据处理为数学的介入提供了广阔的舞台；另一方面基于现有生物学知识，对生命过程建立数学模型，用以模拟、理解和解决未知的生命现象。对生物学数据分析和处理的需要产生了生物信息学和生物统计学等学科，计算机技术极大地提高了对生物信息的分析处理能力。

4. 空间生物学 (space biology) 与宇宙生物学 (cosmobiology)，空间科学和宇宙学与生命科学的相互结合形成了空间生物学和宇宙生物学。近半个世纪空间科学的飞速发展探索太空生命形态和地球生命在空间环境的适应性奠定了基础。在地外空间的各种环境因素中，失重（微重力）和宇宙辐射是影响宇航员和将来太空移民的两个最主要的因素，也是空间生物学的主要研究对象。宇宙科学的发展使得探索宇宙生命的存在和生命起源成为可能，这方面的研究极大地促进了人类对生命本质的认识。

5. 人工智能 (Artificial Intelligence, AI)，是生命科学与计算机科学的交叉领域。它在了解智能的本质的基础上，开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法和技术。这方面的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。人工智能研究的实践证明，人工智能的某些方面是可以超过人类现有智能的，其标志事件是 1997 年美国 IBM 公司生产的一台超级电脑“深蓝”击败了当时的国际象棋冠军卡斯帕罗夫，和 2016 年由谷歌旗下的一个公司生产的名为 AlphaGo 的围棋智能程序击败了围棋世界冠军李世石。

6. 心理学 (psychology)，心理学的位置在科学分类中历来模糊。一般认为是介于自然科学，特别是生物学和社会科学之间的学科。自从 19 世纪自然科学迅猛发展之后，自然科学越来越多地介入心理学的研究中，形成了实验心理学、生理心理学、神经心理学等系列学科。心理学研究的对象，诸如知觉、认知、情绪、人格、行为、人际关系等都被认为是神经系统活动的产物，因此心理学越来越贴近于生命科学，成为神经生物学和传统心理学相互融合形成的新的学科。不光是各种正常的心理现象得到了越来越广泛的生物学解释，各种心理疾病的治疗也越加依赖于神经病理学和影响神经系统功能的各种化学药物。值得一提的是，以人类和其他动物心理特征的起源和适应性为研究对象的进化心理学在解释人类心理现象方面已经取得了很大的成功。

1.1.2.3 生命科学的应用学科

生命科学包括从基础研究、技术研究到各方面的实际应用的不同层次和方向。可以将生命科学研究领域分为上游、中游和下游三个方面。上游是指生命科学的各种基础研究；中游是指各种生物技术，例如转基因技术、细胞融合技术、干细胞技术等研究；下游则是指生命科学成果在社会各个领域实际应用的部分，主要包括农学、医学和药学，以及生物工程等。在 1.3 节中将结合生命科学与现代社会介绍主要的应用学科。

1.2 进化论——现代生命科学观的建立

放眼周围的生命世界，你会见到无数的生物形态：大到几十米、小到不足一微米；有的

活动范围可达整个地球,有的毕生只是牢牢钉在一块岩石上;这些生物可以分布在海洋、陆地、天空、洞穴、沼泽、沙漠……它们的外表千奇百怪、五光十色:两足的、四足的、六足的、八足的、几十对足的,还有无足的;其身体可以是两侧对称的、辐射对称的,或者是无对称的;有的坚硬如石,有的柔软无骨;它们的寿命可能只有几天,也可能有几年、几十年、几百年,甚至长生不死……如果你作为一个生物学家,想要研究这些生物,应该如何入手呢?如果要对每一种生物都去解剖它们,研究它们的生理过程、生物化学反应、遗传发育……那么工作量实在是太大了。我们无法对地球上的生物种类一一进行研究,即使是只给它们起名字也是一件不堪重负的工作:目前已经给一百多万种物种命了名,但还有几百万的物种等待去命名。而地球上曾经生活的物种,据估计少说也有上亿种。显然,首先要做的工作不是研究每个具体的生物,而是要进行恰当的归类,找出它们共性的东西进行研究,寻找出生命的本质,找出生命活动所遵循的基本规律。下面我们介绍生命所具有的基本特征和现代生命科学观的建立过程。

1.2.1 生命的层次特征

世界上的生命类型虽然花样繁多,但是如果你深入到生物的内部结构,会发现它们之间有很大的相似性,而且越是接近基本的分子结构,它们的相似度越大。地球上所有的生物都由基本相同的生命分子所构成,这些分子可以被称之为构件分子,重要的有核酸、蛋白质、脂肪酸、多糖……这些构件分子的不同组合,形成了不同层次水平的大分子、细胞、组织、器官、个体……就如同一个城市的建筑尽管千奇百怪,它们都是由钢筋混凝土、砖头、木材、玻璃等构成一样。

1.2.1.1 生命的基本分子

如果我们暂时忽略病毒作为生命存在形式的话,所有的地球生物都具有 DNA 和蛋白质这样的生命大分子。其中 DNA 作为遗传物质,使用了四种基本的构件分子,即腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T),这四种构件的不同一维排列方式形成了生命信息的储存方式。这种物质的神奇之处是可以指导蛋白质的合成。能指导蛋白质合成的遗传物质称为基因。基因的相对不变性造成了在一个物种中蛋白质构成的相对稳定性。蛋白质是执行生物基本功能的大分子。蛋白质的种类和存在形式决定了一个细胞的基本形态和生理特征。

1.2.1.2 亚细胞结构和细胞

生物体的下一个层次是亚细胞结构,这包括了各种细胞器、细胞核、细胞骨架等。用一层生物膜将这些亚细胞结构包裹在一起,就构成了细胞,被包绕进一个细胞核内的所有 DNA 构成了这个细胞的基因组。通常认为到了细胞层面才能称得上是一个相对完整的生命体。地球上存在众多的单细胞生物。一个细胞就可以执行进食、运动、繁殖、防御、进化等生命体所需的基本功能。对多细胞生物而言,尽管需要许多细胞合作共同完成生命活动,但这些聚在一起的细胞通常具有相同的遗传物质,或者说具有相同的基因组,它们是由一个最初的细胞经过反复分裂而形成的细胞群体,是服从一个基因组指令的细胞克隆体系。不过有些生物体的细胞可能有不同的来源,其中存在不止一个基因组。实际上我们人类就是这样一种生物体,除了由从受精卵不断分裂形成的机体细胞外,我们的体内和体表还存在众多的细菌,它们有自己的基因组。这些细菌和我们形成了共生关系,没有它们我们会生活得很不健

康,甚至不能存活,所以我们最好善待它们,把这些细菌看成我们身体的一部分。

1.2.1.3 组织、器官和系统

组织是由一群相同的或基本相同的细胞形成的结构。器官是由多种组织联合构成的具有特定形态结构的实体,完成与其形态特征相适应的一种或多种生理功能。在功能上相互关联的一些器官联合在一起,分工合作完成生命必需的某种功能的结构单元称为系统,如消化系统、呼吸系统等。尽管不同生物这些组织、器官和系统的构成差异很大,但在多细胞生物中这些生命的层次是普遍存在的。

1.2.1.4 个体、群体和物种

对多细胞生物来说,个体是在细胞之上又一个相对独立的生命形式,可以独立完成移动、进食、生长发育、繁殖后代等生命活动。个体的独立性依不同的物种而有所不同。有些社会性生物的个体,如蚂蚁或蜜蜂,在离开群体后不能独立生存;对于有性生殖的物种,生命的繁衍需要个体之间性的活动。个体之上的层次是群体和物种,它们被定义为相互之间可以通过性的活动繁衍后代的一群个体。

1.2.1.5 群落和生态系统

生物群落是指在一定区域具有一定关系的所有生物群体的组合,具有复杂的种间关系。一个物种的生物通常不会只和非生命的环境发生关系,而是常和其他生物发生一定关系。这种关系一旦破坏,将可能造成这一物种难以生存的后果。群落中物种间相互作用形式包括竞争、捕食、共栖、寄生、互利共生等。竞争会驱使不同物种的生物去占据不同的生态位;而捕食会构成相对稳定的食物链。在生物群落的基础上再加入无机环境,就构成了生态系统。实际上物质和能量的流动不可能只在群落中完成,生态系统才是相对封闭的物质和能量的循环单位。循环的部分环节在生物体内完成。

1.2.1.6 生物圈

生态系统之上就是生物圈了,它由无数个生态系统共同构成,也是地球生命系统的最高形式。一般认为以海平面为基础,向上和向下 10km,包绕地球的厚度为 20km 的空间为生物圈的范围,其间存在种种生物和生物所依存的非生命环境。生物圈内的生态系统之间相互依存,相互影响。一个生态系统的扰动和破坏会影响到其他生态系统的生存。例如作为一个生态系统,珊瑚礁所形成的特殊水环境宜于不同鱼虾的栖息,防止附近海岸线受到风暴潮的侵蚀,一旦珊瑚礁受到破坏,许多海洋生物将失去栖身之地而造成灭顶之灾。海岸线失去天然屏障后遭受海浪的冲击,也改变了海岸的生态环境。

1.2.2 生命的多样性

地球上的生物种类非常繁多,可以大致分为动物类、植物类、真菌类和微生物等。用一定方式对不同生物进行划归成为生物学家必须要做的一项工作。实际上远古时期的学者们就已经开始这方面的工作。比如亚里士多德已经知道了五百多个物种,并尝试对动物进行分类。他将动物分为脊椎动物和无脊椎动物;按照生殖方式分为无性生殖和有性生殖等。目前采用的物种分类体系是瑞典科学家林奈创立的。我们将在第 8 章中对此做详细介绍。

一般讲,物种的概念只适合有性生殖的生物,性的活动使得同种的生物共有一个基因库;而无性生殖的生物不适合种的概念,只能根据它们之间特征的相似性进行归类 and 命名,例如不同的菌株等。数百年来,生物分类工作一直在持之以恒地进行,每年都有成千上万种