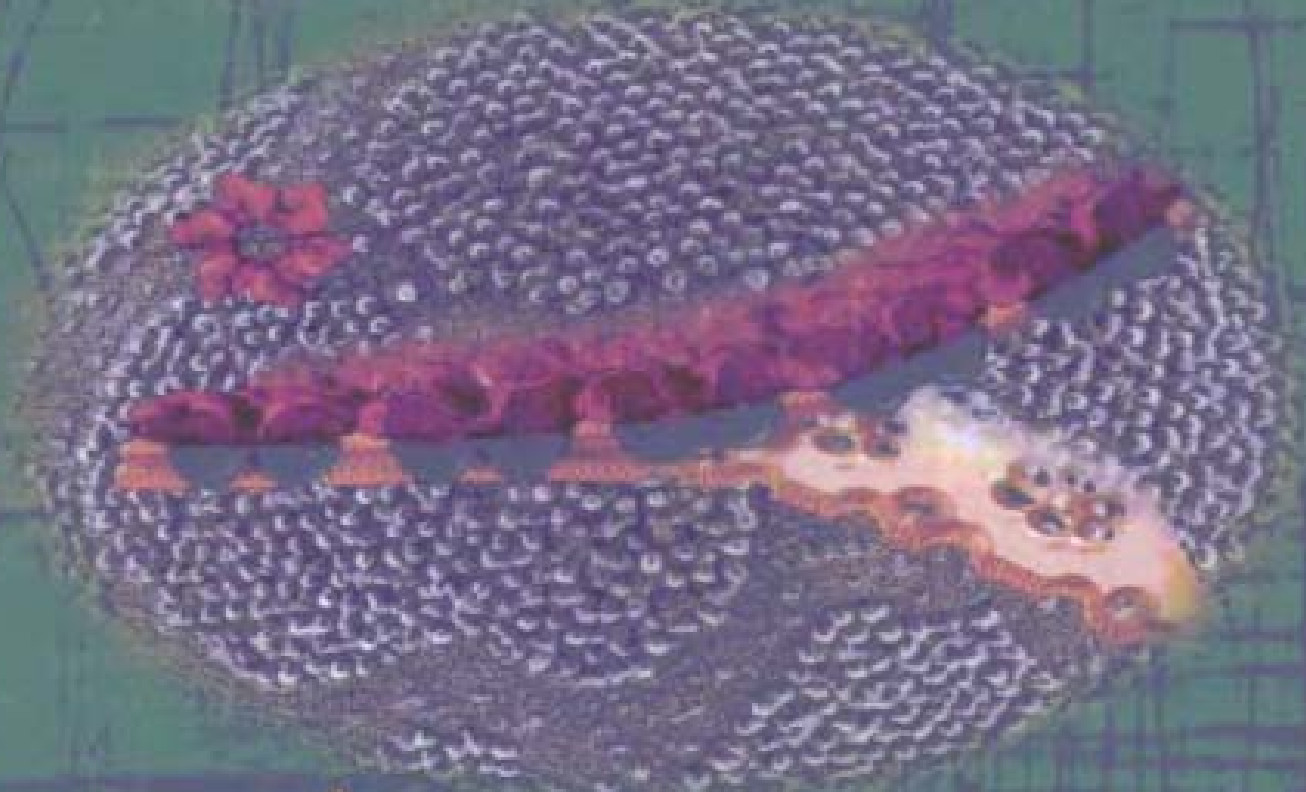
面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

生命科学导论

（公共课）

北京大学生命科学学院编写组　编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

An Introduction to Life Science



ISBN 7-04-007959-3

9 787040 079593 >

定价 29.90 元

CS1-45
B44

面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

生命科学导论

（公共课）

北京大学生命科学学院编写组　编

A0926351

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是教育部“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”中“非生物学专业生物学基础课教学内容、体系改革”项目研究成果，是“面向21世纪课程教材”。

本书立足于理科非生物学专业公共课，既体现生命科学的精髓，又注意提供生命科学的全貌，特别突出了与理科其他学科的交叉，突出生命科学发展的新思想、新成就，适合高校各理科非生物专业生命科学公共课使用。

封面说明

小鼠膀胱腔面表层细胞的AUM。图中所示为扫描电子显微镜图像，及电子计算机二维、三维重构图像。此图由北京大学生命科学学院梁凤霞博士、丁明孝教授和翟中和教授提供。

图书在版编目(CIP)数据

生命科学导论/北京大学生命科学学院编写组编. —北京：
高等教育出版社，2000.7
ISBN 7-04-007959-3
Ⅰ.生… Ⅱ.北… Ⅲ.生命-科学-高等学校-教材
Ⅳ.Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第29005号

生命科学导论(公共课)
北京大学生命科学学院编写组 编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街55号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 http://www.hep.edu.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京民族印刷厂

开 本 850×1168 1/16 版 次 2000年7月第1版
印 张 28.25 印 次 2000年7月第1次印刷
字 数 710 000 定 价 29.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第一章 总 论

第一节 地球与生命

当人们从太空俯瞰我们居住的地球时，都深深地被这颗美丽的蔚蓝色的星球所感动，一种自豪和幸运的心情油然而生。这颗默默无闻的星球飘浮在茫茫星际和浩瀚的宇宙之中，显得是那么渺小和微不足道。但是它和我们迄今已知的所有天体表现得又是如此地不同，它既没有惊天动地的高能物理巨变过程，也不是被一片沉寂冷漠所笼罩，而呈现出的是一派昂然生机。山峦原野，江河沧海，众生芸芸，千姿百态，是什么赋予地球以如此神奇的景观，回答是——生命。

一、新地球观

现代科学的研究已明确地向人们揭示：地球孕育了生命，生命创造了地球。地球大约形成于45亿年前。而在大约38亿年前，在地壳形成的初期，在地球表面还处在云海翻腾，气浪冲天的时候，生命的起源就开始了，并由此走上了一条与地球协同发展的长途跋涉而又传奇的旅程。生命从原初的无定形态发展到细胞出现、从单细胞生物走向多细胞生物、从潜居在浩淼的海洋之中登上陆地、翱翔天空，最后它又进化出了“万物之灵”的高等智能生物——人类。而与此同时，由于生命活动的参与，地球表面的理化状态也在不断地变化着。它的大气组成在变化着，它的气候条件在变化着，它的地质环境在变化着，它的表面景观也随着在一幕幕地变化着，而今日地球表面的状态很大程度上也正是靠着生物圈的存在来维持和调节的。如果没有了生命，不仅仅是地球表面一切生物活动的消失，地球的环境和理化状态也将迅速地改变，回到类似金星、火星的情形。

基于这样的认识，20世纪70年代英国地球物理学家洛维洛克(J. E. Lovelock)和美国生物学家马古丽斯(L. Margulis)提出了“盖雅假说”。盖雅(Gaia)一词源于古希腊，是大地女神之名。在此，盖雅指的是一个由地球生物圈、大气圈、海洋、土壤等各部分组成的反馈系统或控制系统，这个系统通过自身调节和控制而逐渐达到一个适合于大多数生物生存的物理－化学环境条件，即以生物圈为中心的地球表层系统。假如地球上生物消失，地球环境就要大变样，最终会变成类似其他无生命行星表面那样的状态。传统的看法认为生命的诞生和延续依赖于地球处在太阳系中十分特殊的位置和它的前期演变创造了特殊适合于生命生存的温和条件，盖雅理论的提出代表着一种新的地球观。

张昀在《生物进化》(1998)一书中提出，新的地球观包括三个基本观点：①由生物圈、岩石圈、大气圈和水圈组成的地球表层部分是一个靠生物和生命活动转换和储存太阳能、驱动物质元素循环、调节和控制保持其相对稳定的，远离天体物理巨变和热力学平衡态的巨大的开放系统。生物圈是这个系统的中心。②以生物圈为中心的地球表层系统在地球上已经存在了30多亿年，生命活动几乎贯穿整个地质历史。地质历史实质上是生物与地球表层非生命部分相互作用、协同演化的历史，

需要全本请访问 www.ertongbook.com

是生物－地质协同进化的历史。今天生物与地球之间的协调关系乃是这一漫长的演化历史的结果。③人类社会或人类文化系统已经成为地球表层系统内的一个特殊的组成部分。人类活动逐渐成为影响和控制地球表层系统能量、物质循环和演变方向的重要因素。人类活动已经并且继续改变着地球生物圈的性质。地球表层系统未来的状态将越来越依赖于人类的行为。

盖雅理论提出的生命与地球理化环境协同进化的观点得到广泛证据的支持。从生命[illegible]间来看，20世纪80年代以来，澳大利亚和南非的化石证据和稳定同位素分析的研究结果表明，[illegible]少在35亿年前的太古宙早期，细胞形式的生命就已经出现了，它几乎和地球上最古老[illegible]年久远，这一点大大地超出了人们的意料。人们已知道太阳系在46.5亿年前开始形成，而地球表面在大约38～40亿年前才逐渐固结成不稳定、不连续的硬壳。如果考虑到细胞前生命进化过程的存在，生命的诞生必然是形成于地球早期今天难以想象的严酷环境之中，这个看法曾引来许多人的质疑。但是，近二十年对地球极端环境的生命的考察和研究发现：大洋洋嵴的热水喷口的细菌可以生存在3×10^4 kPa和350℃的环境中；干旱寒冷的南极荒漠仍有微生物生存；在钻探500～2 800 m深的陆地岩芯中惊奇地分离出多种微生物。这些发现大大突破了人们对生命生存极限的传统观念。另一方面，从生物对环境的影响力看，根据研究粗略估算地球上总生物个体数为$5\times10^{[illegible]}$个，如果其中占98%的微生物不计入内，仅以占2%的有宏观体积的生物按平均体重10 g，平均寿命[illegible]年计算，则自7亿年前后有确凿动物、植物化石记录以来累计重量可达7×10^{24} t，这是地球质量的1 000倍。更重要的是，生物物质循环的速率是极大的。现今生物圈全部生活物质的更新周期大[illegible]年，其中陆地植物平均14年、海洋生物平均33天更新一次，而浮游藻类仅一天。从另一个角度看，水圈中全部的水每2 800年通过生物体一次，全球大洋的水平均每半年就要通过浮游生物一次，大气自由氧每1 000年通过生物体一次。因此，生物对地球表面物质的存在形式发生重大影响也就不足为奇了。事实上，自有生命以来地球表层的物质已经通过生物体无数次了。

二、地球生物圈的形成

自地球生命诞生以来，地球生物圈的形成可以划分为五个大的发育阶段，即自35～38亿年前细胞诞生，首次建立了深海高温、强压条件下的化能自养微生物生态系统之后，经过四次大的扩张到4亿年前实现了全球性的覆盖，与此同时带来了地球表面环境的重大变化。

生态系统的第一次扩张开始在大约35亿年前。这是一次以蓝细菌(Cyanophyta)为主体的从深海底向浅海扩展的过程。蓝细菌的光合作用使大气圈中的二氧化碳逐渐以碳酸盐的形式转移并固定于岩石圈中，同时大气中的氧含量增加。到大约20亿年前，全球的大气圈开始氧气化，大气圈外层的臭氧层形成，地球表面受到的太阳紫外辐射强度大大减弱。

第二次扩张发生于20～18亿年前，真核生物大量出现，海水表层的浮游生态系统和海滨底栖生态系统形成。

第三次生态系统的扩张发生在大约7～6亿年前的元古宙末，这是一次以多细胞植物、动物出现和生物多样性急剧增加为主要特征的生态扩张。由于生物的物质转换作用的积累，这时大气圈氧含量显著上升，二氧化碳含量大大降低。二氧化碳温室效应减弱使全球气温下降，出现冰期气候，海平面下降，造成了大面积多样的浅海滩的小生态环境，为生物登陆准备了条件。

第四次生态扩张发生在距今4亿年前，以维管植物为先导，陆生动物随之出现，生物开始了陆地生态系统的建立，地球表面各个部分被生物覆盖，全球性的生物圈形成。

第二节 生命科学

研究生命现象的学科称为生命科学。应该说自从有了人类的文明史，就有了人们对生命现象的描述和记录(如原始的岩画)，就开始了人们对奇妙的生命现象的观察和思考(如远古人类对生殖的崇拜和对死亡的畏惧)。今天的生命科学是经过漫长的历史发展过程而逐步形成的。作为一门重要的自然科学学科，生命科学的发展大致经历了三个主要的阶段：从古代到16世纪左右，这是生命科学的准备和奠基时期；从16世纪到20世纪中是系统生命科学创立和发展的时期，这一阶段以自然科学各领域分支学科迅速建立为主要特点与其他学科共同归纳为历史上的“小科学”的发展时期；20世纪中叶以后，生命科学随着各学科纵横交错发展的大趋势，出现了不同分支学科和跨学科间的大交汇、大渗透、大综合的局面，由此人们获得了进入“大科学”发展历史阶段的认识。应该指出的是在这一新形势下，生命科学越来越显示出它在各学科中的重要地位，对生命现象的研究也不再局限于生物学家，而是有越来越多的其他学科的科学家参加进来。本节将对生命科学的建立、发展和对未来的展望作以简要的介绍。

一、生命科学建立的准备和奠基时期

在生命科学的准备和奠基时期，特别是远古年代，人们对生命现象的认识常常是和对疾病斗争、农业禽畜生产，以及宗教迷信活动(如古代埃及木乃伊的制作)联系在一起的，由此人们积累着动物、植物和人类自身的解剖、生长、发育和繁殖方面的知识。到古希腊的年代，已开始了对生命现象进行深入专题性的研究。亚里士多德(Aristotle，382—322B.C.)在《动物志》一书中相当细致地记述了他对动物解剖构造、生理习性、胚胎发育和生物类群的观察，并对生命现象作出了许多深刻的思考。例如，他已注意到不同动物之间存在有“亲缘”关系，依此来对动物进行分类，而不是采取其他的标准(如栖息地)，并首次运用属(genus)、种(species)的概念作为分类的范畴。但是，亚里士多德对生物的认识还具有明显的主观臆断的成分，例如他认为一切生物结构的存在都是自然界一种目的性的体现，认为心脏是灵魂和智慧活动的中心，而大脑仅仅起到分泌粘液和冷却血液的作用，认为通过解剖不可能完全了解一个器官的功能，理由是一个器官的功能不可能完全从其结构中体现出来(可以想到在亚里士多德看来，器官同样是自然界某种目的性表达的载体)。亚里士多德的观点和方法集中地反映了那个时代的特点，观察和哲学参半、描述和思辨混合。在这一历史时期，为以后系统生命科学的建立作出重要贡献的还有：德奥弗拉斯特(Theophrasfus，373—286 B.C.)对植物乔木、灌木、草本的分类确定；希罗费罗斯(Herophilus，约300B.C.)、盖仑(Galen of Pergamon，约130—200)对人体解剖的研究，等等。其后西方进入了漫长的中世纪的年代，科学的发展受到极大的压抑。但是即使在那个黑暗的年代，仍不断地有人在危险的条件下默默地探索着，例如莱茵河畔的希尔德加德(Hildegard)修女写的《医学》一书(1150)继承和发扬了古希腊的创新精神，大胆地记录了她对动物、植物的观察和用来当作药物的使用方法。

中国古代有神农尝百草的传说。宋代贾思勰的《齐民要术》、明代李时珍的《本草纲目》，以及历代花、竹、茶栽培和桑蚕技术书籍等，记录了大量对动物、植物的观察和分类研究。但总体看，这些工作突出的是在生产和医疗中的应用，并没有形成真正的科学体系。

二、现代生命科学创立和分支发展时期

目前，普遍认为现代生命科学系统的建立开始于16世纪。它的基本特征是人们对生命现象的研究牢固地植根于观察和实验的基础上，以生命为对象的生物分支学科相继建立，逐渐形成一庞大的生命科学体系。

现代生命科学的建立是中世纪黑暗宗教统治后，文艺复兴和科学革命潮流的历史必然。现代生命科学可以说首先是从形态学创立开始的。1543年，比利时医生维萨里(Andreas Vesalius，1514—1564)的名著《人体的结构》发表。《人体的结构》一书共有七卷，分别讲述了骨骼、肌肉、循环、神经、腹部内脏和生殖、胸部内脏、脑及脑垂体和眼睛的解剖结构，仅从它的章节安排中我们就可以看出它的科学系统性。令人感叹的是就像是人类历史整整凝固了1 400年，《人体的结构》一书像是公元2世纪盖仑解剖研究的直接传承。维萨里的《人体的结构》一书的发表不仅标志着解剖学的建立，并直接推动了以血液循环研究为先导的生理分支学科的形成，其标志是1628年，英国医生哈维(William Harvey，1578—1657)发表了他的名著《心血循环论》。解剖学和生理学的建立为人们对生命现象的全面研究奠定了基础。这里我们还要怀着尊敬的心情讲述这样一个故事。医学和解剖学的知识促使意大利医生桑克托留斯(Sanctorius，1561—1639)思考到生物新陈代谢现象的存在。为了研究这一问题，他每天称量吃进食物和排出物的重量，测试自己的体温和脉搏，一次睡眠、休息、活动和患病对体重的影响，在长达30年的实验生涯中，他大部分的时间是坐在由一种科学看的椅子上度过的。但是遗憾的是桑克托留斯过早地企图用生理学的方法解决生物化学的问题，他的努力并没有留下有价值的结果。

18世纪以后，随着自然科学全面蓬勃的发展，生命科学也进入它的辉煌发展阶段。生命科学重要的分支学科相继建立，其中以细胞学、进化论和遗传学为主要代表，构成了现代生命科学的基石。

从细胞的发现到细胞学建立经过了近二百年的时间。生物细胞结构的发现是和显微镜的发明、应用密切联系在一起的。1665年，胡克(Robert Hooke，1636—1702)在他的《显微图谱》一书中第一次使用了"细胞"一词(cell)，这是他对软木显微观察看到的细小蜂室结构的描述。他在显微镜下还观察到了植物的活体细胞。以后的研究发现这样的结构在生物中不仅普遍存在，而且它在结构和功能上都是生命存在的基础。现在一般认为细胞学创立于19世纪30年代，是由施莱登(Matthias Jacob Schleiden，1804—1881)、施旺(Theodor Schwann，1810—1882)以及稍后的数位生物学家共同完成的。他们奠定了细胞是独立的生命单位、新细胞只能通过老细胞分裂繁殖产生、一切生物都是由细胞组成和由细胞发育而来的细胞学说的基本内容。细胞的发现和细胞学建立的意义在于：从此人们认识到，形形色色的大千生物世界，不论是单细胞生物还是多细胞生物，不论是植物还是动物，所有生物有着共同的结构基础；各种生物学现象，无论是发育的、生理的、还是生化的，获得了分析的依托和联络的纽带。细胞学的建立把人类对生命的认识带到了一个新的高度。

在这一时期，由于迫切需要对长期受宗教迷信影响造成的对生物描述的混乱现象(如许多并不存在的古怪神奇物种)进行一次大清理，和受到物理学家发现世界按自然规律有秩序地组织起来的启发，人们开始寻找一种系统的生物分类方法。林耐(Carl Linnaeus，1707—1778)因他对现代生物分类系统建立的卓越贡献成为有史以来最伟大的生物分类学家。千姿百态的生物物种被科学地归纳在界、门、纲、目、科、属、种的秩序里。林耐生物分类系统建立的更重要的意义还在于它自接地诱发了生物进化理论的出现。在林耐当初建立生物分类体系时，企图表达的是精确地显现上帝造物

的构思和成就。但是事与愿违，林耐生物分类系统中体现的各生物物种的相关性和物种由简单到复杂的“秩序”排列强烈地暗示了生物的进化现象。经过了一百多年的酝酿，在马耶(Benoit de Mailler，1656—1738)、布丰(Comte de Buffon，1707—1788)、拉马克(Chavalier de Lamarck 1744—1829)等人工作的基础上，1859 年，达尔文(Charles Darwin，1809—1882)的《物种起源》发表了。生物进化理论的创立不仅是生物学的一项伟大工作，也是人类思想史上的一次伟大的革命。

19 世纪前后，生命科学的重大成就还包括其他一些重要的发现和分支学科的建立。解剖学和细胞学促使人们对生物发育现象的研究获得了长足的进步，并由此建立了实验胚胎学(鲁 Wilhelm Roux，1859—1924)。胚胎学实现了对各种代表生物的形态发育过程的组织学和细胞学的研究，绘制了有史以来最精美的生物学图谱。魏斯曼(August Weismann，1839—1914)关于生物发育的种质学说推动了遗传学的建立。胚胎学的建立可以说是在“先成论”与“渐成论”的争辩之中实现的。简而言之，先成论认为由一个受精卵发育而来的多细胞生物个体在它的受精卵，以至更早的精子或卵子时期，它的成体结构就已预先地、蓝图式地确定了(图 1－1)，个体的发育只是这个预成蓝本的放大和宏观展示。而渐成论者力图否定这一点，他们认为受精卵中不含有成体的实体结构，发育是一个新创的过程。我们可以很容易地察觉到，这一问题之所以受到人们的重视并引起争论是因为它包含着更深层的意义。在生物的世代交替中，父母怎样决定着子代性状的传承，而进化中生物对环境的适应性又是怎样获得的，实际上这个问题早在古希腊的年代就提出了，而且直到今天，先成与渐成争论的内在核心问题——生物怎样既维持着其性状的代代遗传，又实现着复杂的进化发展——在新的版本下仍然困惑着许许多多的生物学家(我们在生物进化一章中将要进一步讨论这个问题)。今天我们回过头来看着当年学者绘制的精子中存在一个小人的“图画”，感觉犹如成人看一个儿童幼稚的绘画一样。但不正是在幼儿涂鸦中就已启蒙的人类智慧和开始的对世界认知的天性在不断地驱动着人类文明的发展吗?



图 1－1 特索克绘制的精子图，里面包含着一个微型的小人

细胞学和进化论从它们一诞生就引起人们的普遍关注或激烈争论，而遗传学的建立却走过了一段弯路。1865 年，现代遗传学始创人孟德尔(Gregor Mendel，1822—1884)在“布隆自然历史学会”上宣读了自己的豌豆杂交实验结果，遗憾的是孟德尔工作的价值被埋没了 30 多年。这位避世而居的僧侣的论文虽然也曾被同时代的其他科学家数次引用，但是可能是因为那个时代强烈的实证环境，它的伟大意义被一些人错误地认为是空泛的毕达哥拉斯式的数学游戏而忽视了。直到 20 世纪初，当孟德尔发现的生物遗传规律被几个人几乎同时再次实验证实时，才引起了人们的注意。为遗传学作出重大贡献的另一位伟大的遗传学家是摩尔根(Thomas Hunt Morgen，1866—1945)。20 世纪 10～20 年代，他用果蝇为实验材料确立了以孟德尔和摩尔根的名字共同命名的经典遗传学的分离、连锁和交换三大定律，并因此荣获了 1933 年的诺贝尔奖。遗传学不仅对生物的遗传现象给出了科学的解释，将细胞学发现的染色体结构和进化论揭示的生物进化现象联系起来，更因为它指出了遗传物质定位在染色体上而推动了 DNA 双螺旋结构和中心法则的发现，为分子生物学的建立奠定了基础。

人类很早就掌握了发酵的技术，直到 19 世纪中，在法国科学家巴斯德(Louis Pasteur，1822—

1895)对其深入研究并创立了微生物学后,人们才对自然界存在的肉眼看不见的庞大的微小生物有了系统的认识。微生物学的研究解决了历史上一个长期争论的问题,就是现今看到的生物,不管它多么小,只能来自生物本身而不可能直接由非生命物质自然发生,也就同时明确了致病微生物是来自传染而并非是身体自生的(这对医学的发展是重要的)。微生物学直接引导了医学疫苗的发明和免疫学的建立,推动了生物化学的建立和发展,并为分子生物学的出现准备了条件。生物化学的辉煌发展出现在20世纪的前叶到中叶,围绕能量和生物大分子物质代谢的研究,发现了生物以三羧酸循环为枢纽的有着复杂超循环结构的代谢路径,和以电子传递和氧化磷酸化为中心的生物能量获取、利用的基本方式。从此一切生命的构成和活动被坚实地植根在物理、化学规律的基础上,人们也不再认为生物有什么超自然的神奇"活力"存在。

分子生物学的建立是生命科学进入20世纪最伟大的成就。遗传学的研究预示了生物遗传载体分子的存在,而DNA双螺旋结构的发现(J.D.Watson,F.Crick,1953)直接导致了对生物DNA-RNA-蛋白质中心法则(central dogma)的揭示。DNA-RNA-蛋白质中心法则发现的意义在于,人们探察到了生命运作的基础框架和生物世代更替的联系方式。从此,以基因组成、基因表达和遗传控制为核心的分子生物学的思想和研究方法迅速地深入到生命科学的各个领域,极大地推动了生命科学的发展。

三、现代生命科学的组成和结构

生命科学发展到今天,众多的分支学科相互区分而又密切地联络和组织在一起,它已形成了一个复杂而庞大的学科系统。生命科学的这一特点反映了生命现象的复杂性和多层次性,是人们从多角度用多种手段来认识生命现象的结果,也同时体现了生命科学发展的历史趋势。下面我们对现今生命学科的组成和结构作一概括说明。

(一)从不同的层次研究生命现象

生命科学的发展揭示了生命现象的多层次性,也就同时形成了这一学科从宏观到微观的多层次结构。

环境生态学是当今生命科学的一个重要领域。它以生物群体自然存在和相互依存、竞争关系为对象,以地球生物圈为总体背景来考查生命现象,由此认识各生物种群的生存条件和在生命宏观结构中的地位和作用,研究生物种群与环境间生态维系的相互关系,研究生物影响改造生态结构的能动作用,以及人的智能行动对环境生态的积极和消极作用,进而提出保证生态良性循环和生物生生不息延续下去的策略和行为指南。对环境生态的研究又因地域,环境、物种的侧重不同,分为许多细的分科,如海洋生物学、岩洞生物学、湿地生态学、森林生态学、生物统计学,等等。在这些研究中,有的着重于对未知新的物种的发现和包括近年对极端环境中的生物的了解;有的把注意力放在对濒临灭绝物种的研究和提出保护这些物种的措施;有的则是探查环境破坏、生态失衡的深层原因(如臭氧层破坏)。与生态学密切相关的是生物行为学,它从生物个体或群体对环境(包括生物种群之间)作用的行为应答出发,考查生物生存和自身护卫、适应或影响环境的能动性和局限性。行为学科既可以从生物群体的宏观效应出发来研究,也可以从生物神经系统的作用规律,以至心理、社会的角度来认识(如生物伦理学)。生物行为科学涉及其他广泛的学科领域,使这一研究又划分为更多的细的分支。

生物分类学历史上曾是博物学家重点关注的问题,它不仅要给出现实生物物种全貌的描述和

分类划定，还进而扩展到对历史存在过的生物物种的发掘和鉴定而形成古生物学。生物分类学的基本任务是对生物物种进行科学的划分和归类，它的研究直接关系到对生物进化现象的认识。古生物学往往与地质科学密切地联系在一起，它无疑是揭示生物进化历史过程的重要学科，从化石的比较和地质分布的角度来探寻生物的历史演变足迹和物种的谱系关系。近年，随着分子生物学的发展和科学技术的进步，人们又开拓了对化石遗留的分子信息和现今生物大分子中历史演进印痕的研究。生物进化包括生命的起源是生命科学的一个重要研究领域，它力图探讨生命诞生和进化的真实过程，并对它的机制给出科学的解释。

生物形态学以认识生物的结构和功能规律为其基本任务。形态学包括的是一个很大的分支学科类群。随着生命科学的发展人们对生物形态方面的研究不断地深化，解剖学、胚胎学（发育生物学）、组织学、细胞学代表着考查层次的不同侧重，在此基础上又衍生出比较解剖学、比较组织学等学科。随着分子生物学的建立和生物技术的发展，对生命形态的研究又深入到亚细胞和生物大分子的结构层次，建立了生物超微结构和生物大分子构象学。由于形态学揭示了生物在结构方面的特征和它们的构建规律，为各种生命活动的研究创造了条件，成为生命科学的基础，并渗透到生命科学的各个领域。

以生物体内生命活动为其主要的研究对象是生命科学分支的另一庞大类群。以生化构建、生物信息传递和代谢研究为主线的是生物化学，它又包括有如蛋白质生物化学、核酸生物化学、酶学、生物信息学、量子生物化学等众多的分支学科；以生理活动为研究对象的是生理学，又有消化生理、神经生理、电生理、循环生理、运动生理、生殖生理等更为细致的分支；研究生物中的物理现象形成了生物物理学，又包括仿生学、生物材料学、生物力学等；考查生物个体世代属性相传建立了遗传学，它又可细分为种群遗传学、统计遗传学、细胞遗传学，等等；在这一类的分支学科中还包括20世纪中叶迅速发展起来的免疫学和它的众多子学科，如免疫形态学、血清学、实验免疫学、分子免疫学等。

分子生物学是近几十年发展起来的一门新兴的生命科学的分支，它侧重对生命现象的分子事件的揭示。严格地说分子生物学是生命科学随着科学的发展研究层次不断深入的结果，而并不是一个独立的分支学科。实际上它已深入到上述的广泛的生命科学各分支学科之中，形成了一系列新兴的生命科学分支学科，例如基因学、细胞分子生物学，分子遗传学，等等。当前，分子生物学活跃的领域是在细胞学、遗传学、发育生物学和神经生物学等方面，并由此指向对生命总体系统的认识和探察生物进化的深层机制的目标。

理论生物学建立于用物化的方法和热力学的思考来研究生命现象。20世纪中叶以来，由于系统论和混沌学、分形几何学的发展，人们认识到生命是一个十分复杂的动力学系统，它的过程深刻地反映了远离非平衡态动力学系统的自组织性质和混沌及其吸引子的性质。当前，人们正在以此来探查由非生命物质向生命物质的转化，由无序“自发”走向有序的深层原因，探讨复杂系统动力学过程的方向性，思考生物进化的动力学依据，从而进一步揭示生命的本质。它的发展必将深远地影响到生命的各个层次和领域，包括从生态到行为表达，从个体的结构构建到生命的活动属性，从生命的起源到生物的进化，以至智能的出现和智能行为对环境影响的前瞻分析。

（二）从生物类群划分研究生命现象

在当今的生命科学中还包括另一大类的分支学科系统，这就是以特定生物类群为限定的“专业”性的生命科学，如动物学、植物学、微生物学、原生生物学、病毒学等，以至更为细致的如鸟类学、

需要全本请访问 www.ertongbook.com

鱼类学、昆虫学、藻类学,等等。这些学科在各自限定的生物类群范围中,研究的内容往往涉及生态行为、形态结构、生理生化、分子生物学、分类进化等多层次的内容。由于它们研究的生物对象更为专一,因此它们能在一些方面更集中和细致地探讨特定类群生物的性质和生命活动的特点,这无疑对于深入研究生命现象是很有好处的。人们对生命现象认识的进步是和新的生命现象的发现联系在一起的,例如细菌质粒的发现引发了基因工程的建立,当前原生生物学的研究直接相关着真核生物起源,动物、植物的发生,以及多细胞生物体制(body plan)形成等一系列生命科学的重要理论问题。专题性的生物对象的综合研究有它特有的优越性。显然,以生物类群划分的各生命科学分支之间并不是孤立的,而是相互借鉴和促进。

总之,今天的生命科学已形成了一个有广泛内容和复杂结构的庞大的学科体系。概括地说,生命科学的最基本的课题可以归结为三个方面:①研究生命的构成和存在形式;②了解生命活动的运动规律;③探索生命的起源和演变历史。在本书中,我们不可能对生命科学的各个领域进行全面的介绍,只是择主要的生命现象作以概要地讲述,使学习者从中获得对生命的基本了解。

四、当今生命科学已全面进入了大科学的发展阶段

今天,如果我们浏览一下生命科学的方方面面,就会发现,生物学的分支已多得难以计数,更有大量的边缘和交叉学科不断地出现。其实,这一现象不仅出现在生命科学之中,在其他学科领域中也同样呈现出来。近年,人们针对20世纪中叶以来科学发展的这一趋势,提出了科学正处在从"小科学"向"大科学"转型过程中的观点。大科学与小科学两种科学范式的区别主要表现在:①大科学时代的科学活动表现出学科交叉,跨学科研究的不断扩大。②在大科学的体系中,不论是人力、物力,应用科学研究的比重明显提高,高于基础理论的研究。③科学研究不再被限定在对可重复规律揭示的模式中,而对大量不可重复过程的预测和控制(如气象、地震、环境等)也被纳入科学研究的范畴。④学科结构出现了一种向多层次发展和有机结合的自组织特征,人类的科学活动更加受到社会环境的影响和支配(董光璧,1996)。大科学的这些特征在生命科学领域中表现得是很突出的。

我国生物学家王亚辉在《未来生物学的发展趋势和重大研究方向》(1996)一文中,将未来生命科学发展的热点归纳为八个方面。它们是:①以结构分析、重组DNA技术和分子设计结合起来的蛋白质工程为基本内容的生物大分子的结构和功能研究;②以信号传递、相互作用为基础,了解基因如何控制细胞的各种功能活动与社会组建的基因和细胞的研究;③在完成对包括人类在内的基因组全序测定的基础上,对基因组结构和遗传语言的研究;④开展包括分子水平上的,以实现遗传、发育和生物进化大统一为目标的综合理论研究;⑤从研究神经网络的结构和神经信息处理机制入手,揭示脑工作原理的脑科学研究;⑥行为科学将进入探察包括心理水平的,智力、性格和行为模式的分子、遗传学机制和量化研究阶段;⑦生态学在微观和宏观相结合、理论和控制策略研究相结合的基础上,将进一步向着定量、预测和工程化的方向发展;⑧人体功能(包括潜在功能)的研究很可能在揭开包括中国传统的经络、气功以及有争议的特异功能秘密方面有实质性的突破。当然,这是一种预测,不同的人可能会提出不同的见解,或者有不同的理解和侧重。但是无论如何,显然的是,未来生命科学的前沿课题都不再局限于某个单一的生物分支学科,研究工作的开展将不仅表现出在生命科学范围内的大综合、大交叉的特点,也必将出现与数学、系统论、工程学、心理学和计算机技术等多学科协同工作的局面。

分子生物学的发展使人们对生命现象的认识大大地深化了。但是同时,人们也越来越深刻地

感到生命现象是一个复杂的系统的问题，而不能简单地完全归结于分子水平的活动。仅仅病毒基因在宿主中的表达，就涉及到十几个相关的正负反馈的通道和因子，它们相互关联共同执行对基因表达的调控。建立在这一认识的基础上，除了当前正在进行的两个重要的系统工程，人类基因组的全序测定和全脑图(brain mapping)的绘制外，最近美国 Stanford、UC Berkeley、Harvard、Princeton 等十多所大学正在筹集资金，酝酿集合生物、物理、化学、数学、计算机、工程等多方面的人才，联手建立生命复杂系统探索研究中心(R. F. Service, 1999)，反映出了今后生命科学研究的大趋势。

生物信息学及其进展

随着人类基因组计划等大型国际项目的实施，分子生物信息的研究、开发和应用，已经成了当前一个前沿领域和研究热点。一门新兴的边缘学科——分子生物信息学应运而生。它以核酸、蛋白质等生物大分子数据为主要对象，以数学、信息学、计算机科学为主要手段，以计算机硬件、软件和计算机网络为主要工具，对浩如烟海的原始数据进行存储、管理、注释、加工、解读，使之成为具有明确生物意义的生物信息。通过对生物信息的查询、搜索、比较、分析，从中获取基因编码、基因调控、核酸和蛋白质结构功能及其相互关系等知识。在大量信息和知识的基础上，探索生命起源、生物进化以及细胞、器官和个体的发生、发育、衰亡等生命科学中的重大问题，搞清楚它们的基本规律和内在联系，建立"生物学周期表"。它对 21 世纪生命科学具有不可估量的奠基和推动作用。

理论性和应用性的高度结合，是分子生物信息学的基本特征，决定了其广阔的应用前景和潜在的巨大经济效益。北美、西欧、日本等西方国家竞相投人大量人力和资金，建立分子信息和数据库中心，从事分子生物信息资源的研究和开发，直接应用于良种培育、新药研制、基因治疗、环境保护等课题。中华人类基因组、水稻基因组等大型研究计划的实施对分子生物信息的研究、开发和应用提出了迫切要求，也提供了具有我国自己特色的数据资源。国内计算机网络的开通，特别是北京、上海等大城市网络基础设施的飞速发展，为信息共享创造了条件。

分子生物数据库是分子生物信息研究和开发的基础。欧美各国及日本等西方国家相继成立并扩充了生物信息数据中心，如美国的国家生物技术信息中心、国家基因组资源中心、英国的欧洲生物信息研究所、日本的国家遗传学研究所，以及国际性的基因组数据库等。以西欧各国为主的欧洲生物网络组织(European Molecular Biology Network—EMBnet)是目前国际上最大的分子生物信息研究、开发和服务机构，现有 34 个成员。它把分散在各国的分子生物信息中心组织在一起，通过计算机网络实现信息资源共享，并合作进行生物信息的研究和开发。北京大学生物信息中心是 EMBnet 成员之一，已构建了蛋白质三维结构、蛋白质分类、生物安全、基因调控、基因组信息、生物计算网络教程、生物信息镜像系统，以及核酸和蛋白质序列、蛋白质功能位点、克隆载体、真核生物启动子、酵母基因组、大肠杆菌基因组、蛋白质结构、蛋白质家族、蛋白质结构域、蛋白质回环、转录因子、酶及限制性内切酶等数据库。安装了序列查询、序列分析、数据库搜索、药物设计等软件。

目前，分子生物信息的研究开发，主要集中在基因识别、非编码序列功能预测、蛋白质结构预测和功能预报、DNA 和 RNA 结构预测、m RNA 功能预测、分子进化等方面。分子生物信息学在国际上仍处于起步阶段，理论尚未成熟，应用刚刚开始。

(罗静初)

今天，生物技术已不再是单纯的生命科学的研究手段，它已经从生命科学的实验室里走出来，成为一种独立的产业力量。近几十年来，生物公司和相关的机构雨后春笋般地建立起来。基因工程、克隆技术、微量检测、生物材料、仿生元件、生物资源开发、生物能源探索等等，它们直接面对着工业、农业、渔业、环境保护、医疗卫生、商业，以及人们的日常生活。它们随时汲取着基础生命科学研究成果的营养，并建立了自己的研究和开发队伍，也同时不断地向基础生命科学提出新的研究课

题和要求。

有人说科学的发展,21 世纪将是生物学的世纪。对此,人们可以提出许多的分析和各自的见解。但是,如果只从投人的人力、物力,表现的规模和对人类社会生活的影响来认识这一点还是不够的。我们认为应该充分注意到由于生命科学发展可能带来对人类思想和观念的重大冲击和变革,改变以往建立的传统的科学认识路线和模式。生命现象给人们展现了一个迄今已知的,自然界产生和存在的最深奥也是最迷人的,从微观到宏观统一在一起的复杂动力学系统。它告诉我们有序完全可以在无序和熵增的环境中以动力学系统的方式"自发"地产生出来;告诉我们动力学系统的结构可以有方向性,即从大尺度上看世界的存在和它的运动是时间向量性的;告诉我们用传统的数学方法可以解析的现象在自然界中是很有限的,而混沌之中同样蕴涵着丰富的秩序性和必然性。面对这一切,对于由经典物理学建立起来的传统的科学思维方法,今天的生命科学显出了它很大的挑战性和对更深刻的自然法则揭示的得天独厚的优越条件。

生命科学的发展史不仅向人们充分地显示了生命现象的极端复杂性和对它探索的艰巨性,也告诉我们自然科学的发展强烈地受到社会因素、实验技术和手段、科学发展整体水平和趋势的制约和影响。在漫长的人类科学实践的历史中,无数的科学家为此付出了艰辛和毕生的精力,尽管他们之中有成功和失败、有经验和教训、有成名和被埋没的,但他们追求科学的精神同样是永恒不朽的。董光璧在《科学系统整体发展趋势》(1996)一文中有这样一段精彩的论述,他说"科学的历史表明,科学越是不局限于直接的观察,越是深入到自然界的规律中,它就越与人接近、越富有人性"。如果对这段富有哲理的话作一诠释的话,是否可以作这样的理解,即本质上讲人类的本性表达着人类对世界的认知和理解,而越是深入的自然界规律,就越具有对物质世界存在方式的广泛覆盖性,自然也就越能引起与人类本性的共鸣,现代生命科学让人更加强烈地感受到这一点。因此我们可以说,从历史的角度讲,人类的本性与人类对科学的追求是一致的,这也正是人类的伟大品格之一。

第三节 生命科学研究方法

今天,似乎很难找到哪一门学科像生命科学这样高度地调动了人类的各种认知和研究手段,创造出了如此丰富多样的实验技术。这方面不仅出版了大量的专著(如组织化学技术、分子克隆技术、实验胚胎技术等等),并且也有不少的杂志(如 Method in Cell Biology)发行。今天,一个生物学工作者在他进行课题研究时,往往要拿出相当的时间和精力去查阅和学习相关的实验技术,摸索和发展适用的实验条件和手段,建立可行的实验模型。许多重大的生物学研究成果都是与新技术的发明和应用联系在一起的,例如 DNA 的双螺旋结构是应用 X 光衍射分析物质结构的方法首先获知的,限制性内切酶方法的应用是基因工程得以进行的基础,同位素标记、单克隆抗体、PCR、转基因、体细胞克隆等技术已成为今天生物学实验的常规手段。对此,我们在这里不可能作更多的介绍。但是,就广泛意义的科学方法而言,归纳起来,生命科学研究方法大致可以分为三大类型:第一是对生命现象、生物体结构和生命过程等进行直接的观察和描述;第二是在实验室(场)人为地对条件进行控制,针对性地再现或阻断特定的生命过程,以期了解生命活动的规律;第三是在观察、实验和科学假设的基础上,以等效或近似的人工模型模拟生命过程,以求达到对生命现象的了解和预测。

一、观察与描述

观察与描述是研究生命现象的最基本的方法。观察可以是针对大尺度的生态行为来进行，也可以是对生命的细小部分借助仪器(如显微镜)来完成，可以对生命的活体过程进行观察(如胚胎发育过程)，也可以将生命杀死固定并用特定的方法(如染色、同位素标记)显示生命的瞬间结构和理化状态。这些观察的结果往往要经过数据和资料的分析或再处理才能得到对生命真实过程的了解，例如对生态取样记录的统计学处理，对形态观察的三维立体构建和时间连续化分析等。人们对生命现象的认识大量获自于观察，例如物种的生态分布和地域、季节的迁移，胚胎的发育过程，细胞分裂时的染色体行为变化、细胞的超微结构等等。

这里我们想说明一点，历史上曾有人因为生命科学研究的这一特点而对它的理论性表示过怀疑，说生物学只是一个描述性的学科，这应该说是错误和片面的。没有对数和形的体察不可能产生数学，没有对力的感受和对落体等自然现象的观察不可能发展出力学和运动学，人们对生命现象的观察是为了进一步认识生命存在和活动的规律。生命当然有它自己的原理和定义，也有它的推导法则。但是生命现象是如此地复杂，观察与描述的任务就显得格外突出，没有这一步，人们不可能进入对生命深刻认识的阶段。实际上，观察和描述生命并不是一件简单的事。野外工作风餐露宿、孤寂危险，是要有魄力和勇气、要有献身精神的。北京大学生物学系 81 级学生曾周仅 21 岁，为观察野生大熊猫的生态行为而坠岩牺牲。在实验室里，更有无数的研究者在灯下台前废寝忘食地工作，为揭示生命现象而辛勤地工作着。

二、生物学实验

人们通常说的生物学实验实质上是一种人为条件控制下的生命过程的再现，这是生命科学研究的另一重要方法。例如，将生活的细胞离体培养，观察加入某种药物后对细胞存活、生长的影响；把特定蛋白质表达的抑制物(如抗体、反义 RNA)引入生物体，观察对发育的影响等等。由于这一方法可以在条件控制的情况下，针对性地再现或阻断特定的生命过程，它的最大的优点是可以使人们对生命的机制过程有进一步的了解。生物实验设计是一项理论性、技巧性很高的工作。

生物实验设计的一个重要内容是对照组的设置(实验对照的方法在其他学科中也被普遍地应用，但它对生命科学来说显得格外突出)，即在维持各种条件同一而仅单一因素改变的情况下，检查它对生命过程的影响。例如上面提到的药物检测实验，为获得正确的结论，需要有不含药物成分或者更严格地说用经过“修饰”(如用化学的方法改变药物功能集团的组成结构)的药物成分的实验组作为对照；对生物发育影响的实验则可用非特异性抗体、非专一性 RNA 分子作相同的处理为对照，这样才可能保证实验的可重复性，和得到的结论的真实性。这一点看似简单明确，实际上做到并不容易。因为生命现象极端复杂，人们不可能把握它的全部生存条件，常常会因为在操作上的某些忽略，实际上已经潜在地改变了原来的条件，而这一改变对实验结果可能会发生重要的影响。例如从细胞培养实验可能得到某药物对细胞生长产生显著影响的结论，但这并不能就说它一定有临床应用的价值，因为我们还不知道离体细胞的性质与在体细胞的性质发生了什么变化，完全可能在离体(*in vitro*)的条件下，此药物是有效的，而对在体(*in vivo*)条件下的细胞则毫无作用。

上述实验方法在当今生命科学研究中占有着优势的比例和重要的地位。一个好的实验的完成依赖于许多的因素，除了仪器设备、药品、资料的方便获得等条件外，实验者的素质条件也是很重要的。实验者除了应该具有必要的生物学知识、及时掌握有关的研究动态，还要有精密的实验设计和

敏锐的观察能力,要有良好的动手操作和分析归纳能力,更要有顽强不懈的意志修养。古今中外,在生命科学史上曾出现过许多这样的大师和人才,创造了大量精巧的以至可以直接造福于人类的生物技术和生物工作系统。例如近年随着分子生物学的深入,遗传病的基因治疗和通过体细胞克隆获得遗传背景相同的生物个体技术的建立具有着巨大的应用前景。

三、生命现象的人工模拟

人工模拟生命是又一类型的生物学研究方法。在生物学研究中广泛应用的,建立各种实验模型的方法就是对生命过程的一种模拟,例如给鼠饲以大量的高胆固醇食物,研究其对动脉硬化的影响,并以此类推人类动脉硬化症的发病机制。其实,无论是物理的、化学的,还是数学的以至诸如经济学的方法和手段,都可以在一定的程度上借鉴用来模拟生命现象。人们把神经活动比喻为复杂的电子网络,不论是阈值规律、反馈机制还是记忆模式,都在一定程度上映射着神经生物学的过程。近年已有用计算机手段直接模拟、探察思维活动规律的研究,如将生物信息(如鸟的鸣叫)输入计算机来分析高级神经活动的规律;函数化了的数学模型可以模拟许多生态结构变化的动力学过程,从而提示我们生态变迁的可能性并给出对它的预测;用计算机模拟生物生长发育过程的"实验"也已有报道,实验者以生物发育过程中特定成分(如钙离子)浓度的分布为指标,在给定初始条件、作用法则和生长限定的情况下,通过计算机运算的迭代操作,直观地显现了一幅生动的伞藻顶端生长发育的画面,揭示了这一过程中生物形态构建的动力学成因(B. Goodwin,1994);用模拟远古地球表面可能存在的物理和化学环境的办法,在反应瓶里观察到简单的化学组成成分可以产生出多种重要的生物大分子(S. Miller,1953);用 NK 模型,即考察在对环境适应的过程中引起生物有序改变的内在总体因素(包括基因、蛋白质及其他)和它们之间的相互制约性来研究生命进化中的有序起源(S. A. Kauffman,1993),等等。值得注意的是,近年选取生物材料模拟生命复杂动力学过程的尝试已经开始,例如在实验室里给出一定的促使生物发生系统性改变和再自组织过程发生的条件,观察生物的"进化"潜能和模式,这一方法无疑有着重要的理论和现实的意义。可以预见,随着生物学研究的深入和各学科交叉的深入发展,这一类型的工作会越来越多,并有力地推动生命科学的发展。

人 工 生 命

"人工生命(artificial life)是这样的一个研究领域,它致力于通过把隐藏在生命现象背后的基本的、动态的原理抽象出来的,并在其他的物理媒介(如计算机)上重现这一过程,使之可以进行全新类型的实验操作和检验,从而理解生命(C. G. Langton)。"以上对人工生命这样的描述基本上是准确的,但失之狭窄。实际上,现在的许多研究早已超出了物理媒介的范围,许多研究使用的是化学媒介,更在计算机的基础上发展了人工智能和自适应能力的研究。总体上说,人工生命的核心是调用适当的非生命过程的手段,通过对生命基本特征(如新陈代谢、生长、繁殖、遗传、变异、学习、进化等)进行模拟,以深化人们对生命现象的认识和施展于广泛的实践应用。

人工生命已成为生命科学的一个新兴和重要的研究领域,它的研究手段大致有三:软件(Software)、硬件(hardware)与湿件(wetware)。其中,软件法以计算机程序作为模拟生命过程的载体;硬件法通过机械和电子的手段再现生命的某些属性;湿件法则是指采用化学或物化的方法,在溶液系统中从分子水平模拟生命现象。今天,对人工生命的研究已深入到生命现象的各个层次,从分子、细胞、器官、个体,到种群甚至生态系统。例如,在分子水平对 RNA 分子定向进化的研究与生命起源的探索;在细胞水平对自组织现象的研究有助于解释多细胞生物的产生过程;在器官水平用计算机方法模拟不同细胞内的基因网络的活动以及它们的交互作用(如重现了果蝇眼睛的发育

过程);在个体水平采用软件和硬件的方法,如建立机器人、机器动物(昆虫),它们可以从环境和以前的经历中学习,从而更好地适应变化的环境及完成复杂的任务;在种群水平则研究机器人群体的互相作用与配合,这种分散控制的机器人群体显然比单一的大型机器人有更好的生存能力;还有些研究则采用计算机模拟大量可简单相互作用的个体所组成的群体,并观察群体水平上出现的全新现象,即所谓的"群显行为(collective behaviours)";在生态系统水平用计算机内存模拟空间,用CPU时间模拟能量,用程序片段模拟生物体,用复制过程模拟遗传和变异,在计算机内建立了自行进化的生态系统。有趣的是经过一段时间"进化"后,出现了未曾预料到的类似病毒或寄生物的程序片段,它必须借用邻居的部分程序才能完成复制工作,等等。

人工生命的研究有着重要的理论意义和广泛的应用前景。在工程方面,自适应机器人与机器人群体的研究已逐渐接近实用阶段;在基础生命科学研究方面,人们正使用人工生命的方法探索一系列问题:生命起源、细胞起源、多细胞生物起源、性别起源、生物发育、生物行为、脑与认知科学,等等。因为这些现象多数已不可能再在自然界中观察到,也难于在实验室中重现,而人工生命则提供了一种可贵的模拟实验手段。此外,在社会科学方面,人工生命也找到了用武之地。人们用它研究语言的进化、文化的起源与演变、经济学的市场模拟,等等。1998年6月,数百位学者在美国洛杉矶市召开第六次人工生命国际大会,会议包括特邀报告两篇,主题报告9篇,会议论文集共收人学术论文62篇,从这些文章和报告中可以看出近来这一领域的研究热点。两篇特邀报告分别是关于RNA、DNA的分子进化和生命复杂性量化的内容。大会报告分别是语言多样性进化、遗传适合度函数图形、自组织结构进化、原细胞结构模型、多细胞生物出现、蟋蟀对同类歌声的偏爱、果蝇眼的发育模拟、病毒与药物的协进化,以及自由市场经济中的价格战等。提交会议的论文可分为8个主题,它们分别是人工化学、分子与发育模型、运动、对环境规律的适应、进化动态、进化主题、社会动态、语言和社会系统。

为使读者更好地理解人工生命研究的内容和特征,下面简单地介绍几篇提交1998年洛杉矶人工生命国际大会论文的内容:

1. 具有动态分化和空间图样的多细胞有机体的出现　对此Chikara Furusawa and Kunihiko Kaneko提出如下模型:①细胞内动态相互作用的生化过程网:设细胞内有20种物质,它们互为催化剂,形成一个偶联的生化反应网,互为原料和产物。几种物质可通过膜扩散(与环境交换),其他不能。细胞从环境中吸收可通过膜扩散的物质(营养),变为不能通过膜的物质储存在细胞内(生长)。②细胞分裂:细胞达到初始大小的两倍时则分裂。两个子细胞所含物质可有微小差别。③细胞通过竞争吸收环境中的营养而相互作用。④细胞间有长距离的吸力和短距离的斥力,因此可维持相对固定的距离。其结果为:a. 随机生成各生化反应所需参数,在约40%的情况下可产生细胞内各物质含量有规律的振荡,其他情况则趋于一个固定状态。b. 在一组可产生振荡的参数下,随环境营养物浓度的变化,细胞内振荡模式也会发生改变。共有4种模式,0、1、2和3,其关系为:0模式可变为1或2,1不会再变化为其他模式,2则可变回0或变成3,3也不会再变化。c. 空间图样的形成:随细胞团块的加大,中央部分营养不足,形成三层同心圆:最外层是类型0细胞,次外层是类型2细胞,中央是类型1和3细胞。d. 图样的强健性(robustness):如果把已形成的同心圆图样去掉一个角,新生的细胞会修复它,恢复原状。e. 改变细胞间的粘附规律,使2、3类细胞不粘附,则可产生以下现象:部分团块主要由1、3类细胞组成,基本停止生长和分裂,相当多细胞体死亡;外层可游离出单个或小团0类细胞,从而形成新的团块,相当多细胞体繁殖。所有这些现象的产生是建立在一些简单的内部变化和外部相互作用规律上的,而不是人为编程的结果。这似乎说明多细胞生物的出现不是一个偶然事件,而分化的必然趋势。

2. 用重建基因网络的方法研究果蝇眼睛的发育　果蝇幼虫眼器官盘(eye imaginal disc)中的细胞是未分化的,它可发育成不同细胞,最后构成复眼。其中每个小眼包含8个感光细胞,以及一些其他细胞,共由22个细胞组成。已知这一发育过程是由十几个基因组成的一个复杂调控网络控制的。为模拟这一发育过程,Mineo Morohashi和Hiroaki Kitano建立了一个三层结构的模型:最下面是分类系统层,主要模拟8个细胞内的基因活动;中间是交互作用层,主要模拟细胞间的交互作用,特别是配体—受体信号系统介导的网络作用;最上面是扩散层,主要模拟旁分泌物质(paracrine substances)的扩散,上面两层均作为环境条件,影响分类系统层中细胞内的基因调控。利用实测数据与模型运行结果相对照,不仅能检验所选参数是否合适,而且能发现基因调控网络中"需要"哪些新的参数(即

需要全本请访问 www.ertongbook.com