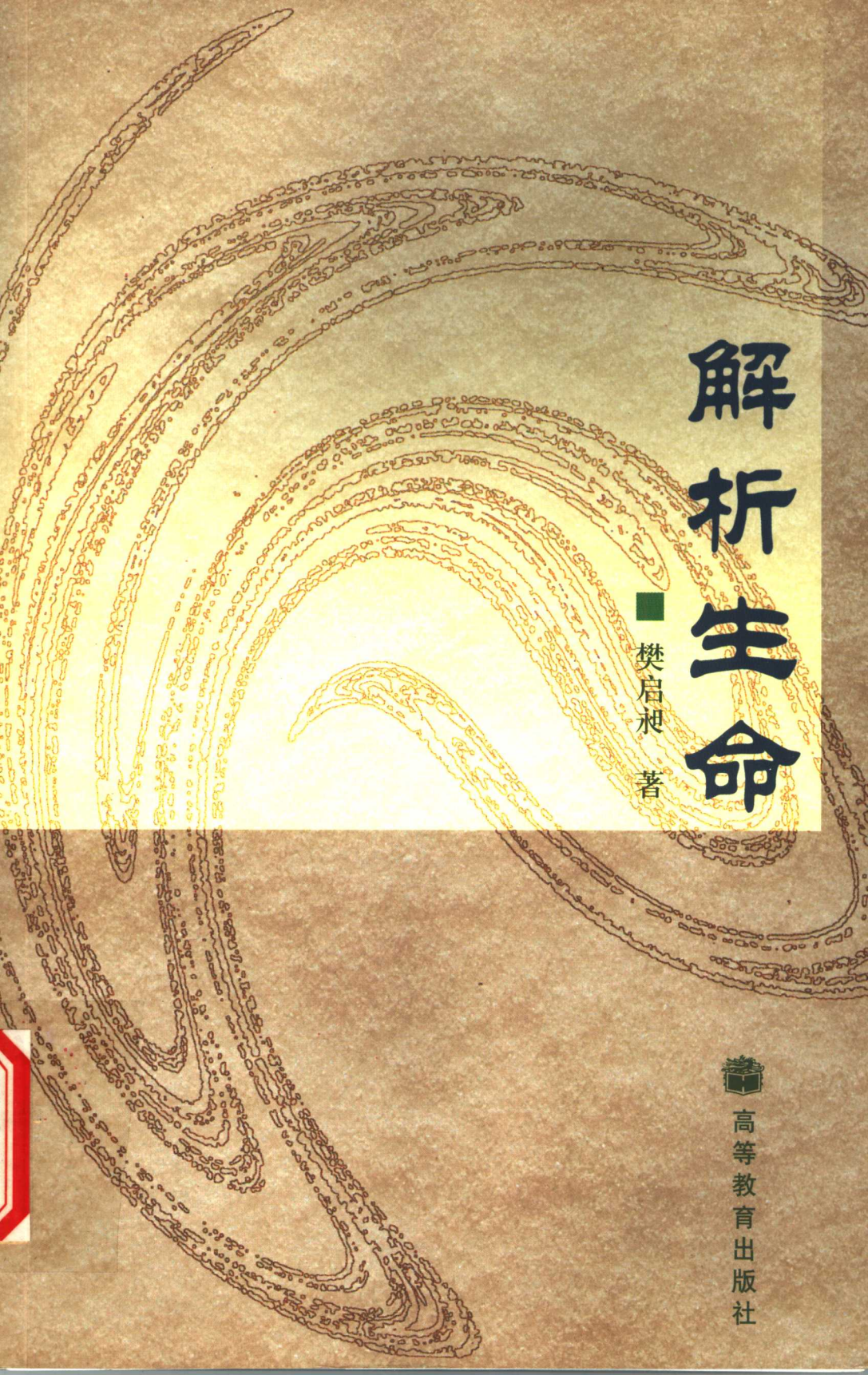




解析生命

■ 樊启昶 著



高等教育出版社

解 析 生 命

樊启昶 著



高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

解析生命/樊启昶著. —北京:高等教育出版社,
2005. 6

ISBN 7-04-017513-4

I. 解... II. 樊... III. 生命科学 IV. Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053751 号

策划编辑 林金安 责任编辑 林琳 版式设计 李杰
封面设计 王凌波 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landrac.com
			http://www.landrac.com.cn

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京民族印刷厂

开 本	787 × 960 1/16	版 次	2005 年 6 月第 1 版
印 张	11.75	印 次	2005 年 6 月第 1 次印刷
字 数	160 000	定 价	25.00 元
插 页	2		

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

物料号 17513-00

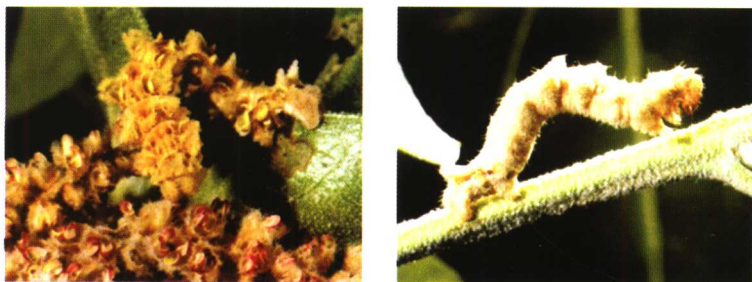


图 12 北美橡树蛾(*N. arizonaria*)不同季节的幼虫

春天孵化的幼虫以橡树花为食,发育出模拟花的表皮(左)。夏天孵化出的幼虫以橡树叶为食,发育出模拟橡树小枝的表皮(右)。



图 24 两个蝴蝶仅因为一个基因的变异造成翅膀图案和颜色的截然不同

(引自 Lawrence 1992)

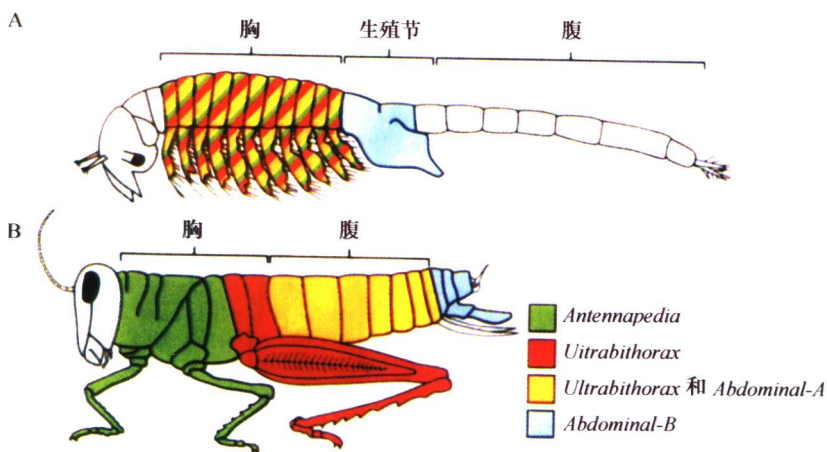


图 25 两种节肢动物——蝗虫和卤虫的 *Hox* 基因表达比较

在卤虫中(A),大多数胸部体节很相似,*Antennapedia*、*Uitrabithorax*、*abdominal-A* 等基因在整个胸部表达。在蝗虫中(B),这 3 个基因分别在前胸、后胸、腹部的体节中表达。*Abdominal-B* 基因在卤虫和蝗虫的生殖节都表达。

内 容 简 介

作为一位长期从事生命科学研究的学者,作者尝试从动力学和系统论的角度对生命现象进行一种整体和系统的解析。书中对生命起源、生物演进等一系列重要的生命科学问题,提出了许多独特并富有挑战性的见解。作者认为:从历史的角度看,代谢比稳定遗传对于生命更为基本;现代生命秩序来自于生命诞生过程中 DNA - RNA - 蛋白质动力学框架结构对原始生命动力学系统的归纳;细胞出现是生命动力学周期结构建立的必然;多细胞生物的诞生必须完成三个重要的有序构建任务,并因此催生了多细胞生物物种大爆发现象;智能生物的出现将生命的动力学结构带到一个更高的层次;生物具有层次演进和谱系演进两种不同的演进模式,并由于它们的综合作用以及环境的选择创造了今天生物的多样性;生命演进的历史生动地体现了生命复杂系统演化的分形属性以及生命混沌过程中的吸引子现象。在对涉及生命起源和生物演进的各种现象的讨论中,作者强调了它们内在的一致性和连续性,并由此提出了一些有见地的猜想和可能极有探索价值的生命科学课题。作为传统生物学的补充,进而推进生命科学与其他学科的交流,以及开阔生物专业学生的视野,这是一本值得研读的新书。

序

每年,世界各国都有不少生命科学的新书出版。除了众多的各生物学分支学科专著、教科书、试验技术以及工具书以外,其中还包括这样一类书籍陆续面世,例如,《自私的基因》(The Selfish Gene, R. Dawkins 1976)、《秩序的起源——进化中的自组织和选择》(The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution, S. A. Kauffman 1993)、《美洲豹身上的斑点是如何改变的——论复杂系统的进化》(How The Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity, B. Goodwin 1994)、《生命之势——动物形态的遗传、发育与进化》(The Shape of Life: Genes, Development, and Evolution of Animal Form, R. A. Raff 1996)、《达尔文的黑匣子——生化理论对进化论的挑战》(Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution, M. J. Behe 1996)、《细胞、胚胎和进化》(Cell, Embryos, and Evolution, J. Gerhart & M. Kirschner 1997)。这些书从不同角度对生命现象中的一些重大课题和基本理论展开讨论,书籍的作者常常是多年从事生命科学研究和教学的学者,也有一些非生命科学领域的专家,他们从各自的知识领域出发,给予未解的生命现象以新的解析和诠释,对一些重要的生物学理论提出质疑和讨论。无疑,这些书的观点未必全都正确,但其出版对于从更宏观的角度启发生命科学工作者的思维,推动各种观点的碰撞,促进学科间的交叉,最终促进生命科学发展,起到了积极的作用。1948年,奥地利理论物理学家薛定谔(E. Schrödinger)出版了著名的《生命是什么?》(What Is Life?)一书,吸引了许多的物理学家加入对生命现象探索的行列。直到今天,《生命是什么?》中提出的观点仍深刻地影响着人们对生命现象的探索和思考。

近些年来,我国的生命科学研究有了长足的发展,特别表现在微观分支学科方面。这种发展趋势必将导致我国学者从总体

上综合分析和对生命本质认识的跃升。可喜的是,《解析生命》一书的作者已经在细心地审视已有生命科学的成就,并尝试从动力学和系统论的角度对生命现象进行一种整体和系统性的解析。书中对生命起源、生物演进等一系列重要的生命科学问题,提出了许多富有挑战性的见解。本书不仅对从事于生命科学研究的人,而且对于对生命现象本质有兴趣的其他领域的人,都是值得一读的。对于作者提出的观点以及本书的价值应由读者来讨论和评说。但是,我认为这类书籍的出版不仅对于活跃学术气氛,推动学科发展是有益的,也在某种层面上反映着一个国家科学发展的水平和学术思想活跃的程度。我相信,这类书籍在我国会受到越来越多的关注和欢迎。

朱作言

于北京大学生命科学学院

2005年5月4日

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

引言	(1)
生命起源和生物演化认识理念的调整	(5)
新的理念	(5)
来自系统论的分析	(6)
对曾经存在过原始无定型生命形态的猜想与分析	(9)
原始生命物质的出现和积累	(9)
原始生命动力学过程的启动和发育	(12)
生命系统的确立	(20)
DNA - RNA - 蛋白质秩序对原始生命动力学系统的 归纳	(20)
生命系统动力学周期结构的建设和细胞的形成	(33)
细胞建立后生命的发展	(45)
细胞的歧化和演变	(45)
性别的起源、世代交替与物种现象的出现	(54)
多细胞生物的出现	(61)
多细胞生物的建立	(62)
多细胞生物的有序结构和其发育展示	(79)
多细胞生物的演化	(95)
多细胞生物的演进特征	(96)
多细胞生物发育程序的演化	(104)
用混沌和吸引子的思想解析多细胞生物的系统 发育	(143)
智能	(147)
生物的智能现象	(147)
人类智能的构成和其基本性质	(149)
智能发生的渊源和对生物智能的再讨论	(157)

生命的智能层次	(159)
对生命演进模式的讨论	(163)
生命的层次演进和谐系演进	(163)
生命演化的分形性质与达尔文的进化论	(166)
来自生命现象的启示	(171)
参考书目	(174)
后记	(177)

引 言

生命的起源和生物的演进是人类认识自然的重要课题。本书尝试从系统论的角度解析生命的诞生和生物演进现象。

人类对生命现象的认识和思考可以追溯到远古的年代。公元前 4 世纪,古希腊伟大学者亚里士多德(Aristoteles)认为生物是有灵魂的,其中植物具有生长的灵魂,动物具有生长和感觉的灵魂,而人类除此之外还具有理性的灵魂。今天来看,作为理论,亚里士多德对于生命的认识是不足取的。但是,正如毕达哥拉斯(Pythagoras)提出世界具有数学和谐性的思想一样,那个时代所表现出的杰出的思辨精神是不朽的。

自 16 世纪以来,随着一系列生物学科(如解剖学、生物分类学、古生物学、生理学、细胞学、胚胎学)相继建立,人们对生命现象的认识不断深入。19 世纪初,法国生物学家拉马克(J. Lamarck)第一次明确地提出生物进化的观点。他同时提出动物具有对环境做出适应性反应、使其结构不断“完善”的内在能力,并以此解释生物的进化。这就是著名的、概括为“用进废退”和“获得性遗传”的观点。在生物进化方面,由于拉马克对生命演化的认识实质上仍属于思辨的范畴,以及他提出的“内在能力”的思想长期地被误解等同于“意志”的原因,在历史上,人们普遍接受了随后出现的英国生物学家达尔文(C. R. Darwin)的物种形成“自然选择”学说。进入 20 世纪,遗传学、分子生物学、发育生物学的建立和发展,使人们对生命现象的认识深入到分子水平;DNA 双螺旋结构和

DNA - RNA - 蛋白质中心法则的发现,使人们对生命系统有了更加本质的了解。

生命科学发展到今天,在许多方面,人们对生命现象已经做了相当精细的研究。但是,什么是生命,生命从何而起源,生物演进的依据是什么?这些长期以来一直困扰着人们的问题不但没有解决,相反,因对生命现象认识的不断深入,它们更加深刻和尖锐地摆在了人们的面前。实际上,今天要回答这些问题,就不可能回避如下一些重要的设问:高度秩序的生命何以克服自然界自发过程熵增加的障碍而发生?怎样解释 DNA - RNA - 蛋白质中心法则的建立和形成?大量证据表明,用传统的生存竞争和自然选择理论(包括这一理论的发展)解释全部生命演进现象显然已经不能令人满意了,那么对生命演进动因的更科学和全面的解释应该是什么?

20 世纪 40 年代,奥地利生物学家、系统论创始人贝塔朗菲(L. V. Beretalanffy)提出了生命是具有整体性、动态性和开放性的动力学系统,并力图从这一角度来分析生命现象。随着系统论的发展,包括普利高津(I. Prigogine)对耗散系统有序自组织现象的发现,托姆(R. Thom)以突变理论对生命形态发生的动力学分析,哈肯(H. Haken)协同理论和艾根(M. Eigen)超循环理论的建立,以及混沌中秩序性的发现(E. Lorenz)和对生命系统混沌过程吸引子现象的研究(S. A. Kauffman; B. Goodwin),生命科学在这一领域的研究取得了可喜的进展。美国理论生物学家考夫曼(S. A. Kauffman)的《秩序的起源——进化中的自组织和选择》一书是研究生命有序起源的一部重要著作。从此,一种全新的认识生命现象的思维模式和研究方法正在兴起,并且日益显示出它强大的生命力。

实际上,从系统论观点看,生命诞生和演化完全是一个可以理解的、动力学系统建立和发展的过程。两位苏联化学家在 20 世纪 50 年代发现,他们将某种有机和无机化学成分混合后置放在培养皿里,在轻微震动后,混合物在盘中将自动地形成不断向四周扩散的靶形波纹。有趣的是,人们在原生生物 *D. discoideum* 的多细胞聚合过程中看到了十分相似的图案(图 1)。尽管,探查

生命复杂系统的构建历史是一项非常艰难的工作,但是,它在特定自然界条件下的可操作性已是不容怀疑的。生存竞争、自然选择、用进废退、获得性遗传、生物物种单起源、多起源、物种起源渐进说、突变说等等,这些长期争论不休、以至于水火不容的见解,用系统论的观点来分析,它们之间变得相互容纳和协调,获得了各自存在的合理性。更有意思的是,亚里士多德的生物灵魂说和目的论,在生命动力学性质面前也不显得那么离奇。当然,这不是把灵魂理解为脱离生命实体存在的抽象精神,而是指生命系统体现出的内在演进动因。人们获得了一种对生命现象可以进行总体把握和思考的依据。

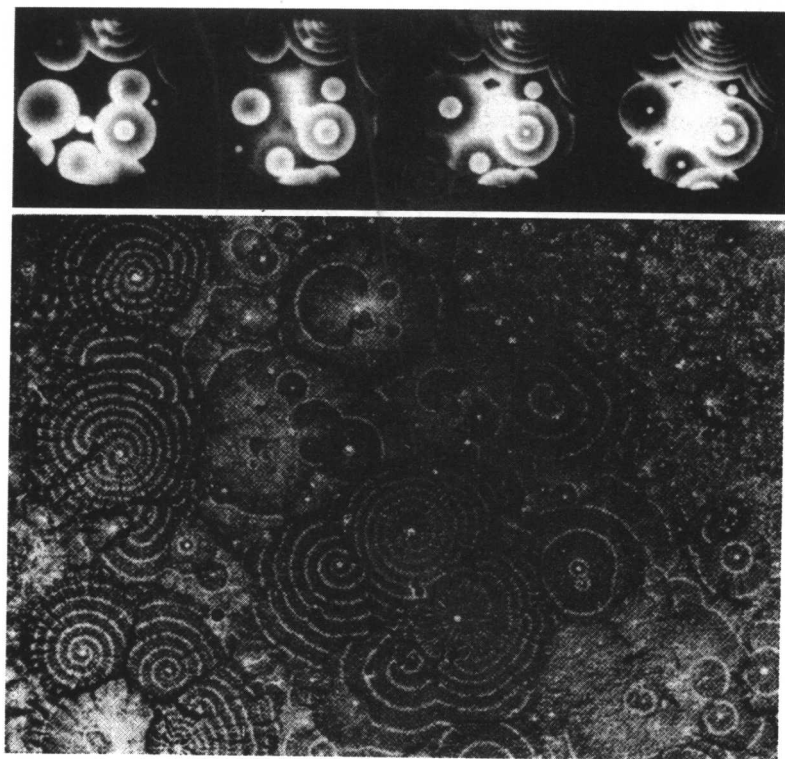


图1 Bloussov - Zhablotinsky 反应

上图为本洛索夫-扎布洛廷斯基反应不断向四周扩散的靶形波纹。下图为原生生物 *D. discoideum* 细胞聚合过程的图案。(图引自 B. Goodwin 1994)

面对复杂的生命现象和来自对生命现象接连不断产生的困惑,当作者尝试以动力学和系统论的观点对它们进行分析和认识时,常常会产生一种“柳暗花明又一村”的感觉。一些看似风马牛不相及的生命课题,常常被某种内在的逻辑联系在一起,使你进入一种有似“更上一层楼”而豁然开朗的心理状态。动力学和系统论分析不能取代常规的生物学研究,本书所谈的也只能算作是一种理念表述和逻辑推理。但是,当作者写完本书的时候,最大的感受是,书中提及的无疑是一项重要而又异常艰巨的任务。作者期望见到的是有更多的人开拓这一领域的工作,并与传统的生物学研究结合在一起,取得进展。到那时,人们对生命现象的认识应该是远非今日所能比的。



生命起源和生物演化

认识理念的调整

新的理念

以牛顿力学为核心的经典力学理论,不仅以其完整的理论体系奠定了近代科学的基础,而且其科学观和方法论影响了学术界整整几个世纪。

自 20 世纪中期以来,系统论和混沌学创立,并获得了快速的发展。借用数学模型,人们对复杂系统的结构和动力学性质,特别是对其混沌和吸引子现象进行了深入的研究。从中人们发现,随机性的深层可能包含着秩序,混沌可能引导系统走向新的有序。系统论和混沌理论的建立对人们的科学观产生了重大的影响。

对于自然的认识,经典力学构建的是确定论的理论框架,即世界的本质是有序(世界如一个大钟表)。有序等于规律,无序就是无规律,有序、有律和无序、无律是截然对立的。然而,混沌现象的发现和混沌学的创立,动摇了几个世纪以来的传统科学观。自然界虽然存在一类确定性动力学系统,但是,它们只是混沌测度为零的罕见情形。绝大多数非线性动力学系统,既有确定与周期运动,又有不确定与混沌运动。就是说,混沌现象在非线性动力学系统中非常普遍,混沌既包含无序又包含有序。这一现象广

泛的存在表明,客观世界应是有序与无序的综合。从哲学的观点看,世界是确定性和随机性、必然性和偶然性、有序性和无序性的统一。

混沌现象的发现和研究同时带来了传统科学方法论的冲击。经典力学理论认为,整体的或者高层次的性质可以还原为部分的或者低层次的性质,认识了部分或者低层次的属性,通过整合便可以认识整体或者预测高层次的属性。这是从伽利略、牛顿以来 300 多年间学术界的主体认识模式,体现了还原论的科学方法。然而,混沌学改变了这一观点,指出混沌现象是系统的一种整体行为,研究整体的性质必须用系统论的方法,它不是简单的局部性质的加和。科学方法论实现了由还原论向系统论的转化。更为重要的是,混沌理论将人们对世界的认识从此定位在发展和演化的轨道上。就是说,200 年前首先在生物界提出的进化的观点被混沌学推广到了人们对整个世界的理解。

越来越多的科学家们发现,系统论和混沌学揭示的规律对于认识生命现象同样是重要的。尽管,目前已建立的有关数学模型,对于复杂的生命现象还只能给出十分有限或者局部的描述,但是,由它带来的对生命现象的全新的认识和分析方法,有着重要和深远的意义。

来自系统论的分析

在我们开始以系统论的观点讨论生命现象时,不妨暂时离开常规的生命科学研究方法,根据系统论和混沌学的基本原理,首先对生命现象给出一种总体性的分析。

(1) 生命无一不存在有新陈代谢。从系统论和动力学的观点分析,任何生物体都是一个开放、耗散、远离平衡态、有着高度自组织能力的动力学系统,它属于普利高津定义的耗散结构(dissipative structure)。

(2) 无论从结构还是从生命活动看,现今任何生命都是高度有序的。单细胞生物的生长和周期性分裂,多细胞生物的个体发育和世代更替,它们不仅是严格的编程过程,而且在时间结构和

空间结构方面表现出高度的稳定性。显然,这样一个系统必定是处在吸引子结构状态之中,它必然来自于先期系统趋向于吸引子的混沌运动。生命的有序构成在历史上是不断演变的。这一事实说明,处在吸引子状态中的生物体,仍存在有混沌运动。

(3) 纵观生物发展史和当今生物结构的全貌,我们可以很容易地发现,整体生命系统不是杂乱无章的,它始终维持着一种相互依赖和制约的状态,表现出一种总体发展的趋向性。这种趋向性表现在两个基本的方面:分形和有序结构层次的提高。前者创造了生物的多样性,后者体现在从单细胞生物向多细胞生物,再到智能生物的演化过程之中。生命在历史上发展趋向性的存在表明,生命系统中一定还存在有更高层次的吸引子结构。

现代生物学告诉我们,DNA - RNA - 蛋白质中心法则是生命存在的基本形式,是生命动力学系统的核心结构。显然,我们要揭示生命发生的原因和其运动规律,必须要从生命系统的这一基本动力学结构入手,并以此解析生命的起源、细胞的形成、多细胞生物的诞生与演化、智能的出现等一系列重要的生命现象,而且,这些现象的出现必然有它们内在的一致性和秩序性。

本书的讨论将涉及以下问题。

(1) 在生命起源的过程中,各种原始生物大分子何以形成和积累?

(2) 早期生物大分子的积累何以启动建立原始的动力学系统? 这个系统的结构和动力学特征是什么?

(3) 原始生命动力学系统何以优选性地归纳到 DNA - RNA - 蛋白质中心法则的框架之中?

(4) 以 DNA - RNA - 蛋白质中心法则为核心的生命系统的确立与细胞的形成,是否有内在的同一性?

(5) 如何理解和认识细胞多元起源的可能性,以及细胞多样化发展的动力学依据?

(6) 后细胞时代,生物多样性演化有哪些特点? 如何认识和理解性别的起源? 生命系统出现发育现象的动因是什么?

(7) 多细胞生物建立的条件是什么? 多细胞生物建立有哪些可能的途径? 怎样理解多细胞生物多起源的可能性?