



新生物学丛书

细胞的物理生物学

PHYSICAL BIOLOGY OF THE CELL

[美] R. 菲利普斯 J. 康德夫 J. 塞里奥特 著
涂展春 王伯林 等 译
舒咬根 校



科学出版社



图字：01-2010-1295号

内 容 简 介

本书从物理生物学的角度将物理原理相似的生物学问题放在一起统一处理，探讨如何将物理和数学的工具和观念应用于分子和细胞生物学的研究，讲述如何针对细胞生物学中典型的实例和实验建立简单而实用的物理模型，从而表明由基本物理原理导出的定量模型可以深刻而直观地理解细胞生物学和生命现象的深层规律。

本书可作为物理系和生物系高年级本科生和研究生使用的现代定量生物物理学或物理生物学的教科书，也可作为相关领域研究人员的参考书。

Physical Biology of the Cell, by Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot

Copyright © 2009 Garland Science

Chinese Translation Edition Copyright © 2011 Science Press

All Rights Reserved

Authorized translation from English language edition published by Garland Science, part of Taylor & Francis Group LLC.

图书在版编目(CIP)数据

细胞的物理生物学/(美)菲利普斯(Phillips, R.)等著;涂展春等译;舒咬根校。
—北京:科学出版社,2012

(新生物学丛书)

书名原文:Physical Biology of the Cell

ISBN 978-7-03-033516-6

I. ①细… II. ①菲… ②涂… ③舒… III. ①细胞生物学;生物物理学
IV. ①Q27

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第027600号

责任编辑:夏梁 孙青/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:美光制版

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年3月第一次印刷 印张:50 1/4

字数:1192 000

定价:158.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《新生物学丛书》丛书序

当前，一场新的生物学革命正在展开。为此，美国国家科学院研究理事会于 2009 年发布了一份战略研究报告，提出一个“新生物学”（New Biology）时代即将来临。这个“新生物学”，一方面是生物学内部各种分支学科的重组与融合，另一方面是化学、物理、信息科学、材料科学等众多非生命学科与生物学的紧密交叉与整合。

在这样一个全球生命科学发展变革的时代，我国的生命科学研究也正在高速发展，并进入了一个充满机遇和挑战的黄金期。在这个时期，将会产生许多具有影响力、推动力的科研成果。因此，有必要通过系统性集成和出版相关主题的国内外优秀图书，为后人留下一笔宝贵的“新生物学”时代精神财富。

科学出版社联合国内一批有志于推进生命科学发展的专家与学者，联合打造了一个 21 世纪中国生命科学的传播平台——《新生物学丛书》。希望通过这套丛书的出版，记录生命科学的进步，传递对生物技术发展的梦想。

《新生物学丛书》下设三个子系列：科学风向标，着重收集科学发展战略和态势分析报告，为科学管理者和科研人员展示科学的最新动向；科学百家园，重点收录国内外专家与学者的科研专著，为专业工作者提供新思想和新方法；科学新视窗，主要发表高级科普著作，为不同领域的研究人员和科学爱好者普及生命科学的前沿知识。

如果说科学出版社是一个“支点”，这套丛书就像一根“杠杆”，那么读者就能够借助这根“杠杆”成为撬动“地球”的人。编委会相信，不同类型的读者都能够从这套丛书中得到新的知识信息，获得思考与启迪。

《新生物学丛书》专家委员会

主任：蒲慕明

副主任：吴家睿

2012 年 3 月

《新生物学丛书》专家委员会成员名单

主任：蒲慕明

副主任：吴家睿

专家委员会成员（按汉语拼音排序）：

昌增益	陈洛南	陈晔光	邓兴旺	高福
韩忠朝	贺福初	蒋华良	金力	李家洋
林其谁	马克平	孟安明	裴钢	饶毅
饶子和	施一公	舒红兵	王琛	王梅祥
王小宁	吴仲义	徐安龙	薛红卫	詹启敏
赵国屏	赵立平	钟扬	朱桢	

中译本序

这是一个研究生命世界的激动人心的时代。自从发现双螺旋结构的 DNA 是遗传物质以来的短短 60 年间,人类已经能够以前所未有的方式操纵生物体。这些伟大进展的成就之一是我们能系统地操控生物并对其进行定量分析,从而激发了我们对生物学和定量科学(包括物理学)交叉领域的广泛兴趣。在本书英文版长达 8 年的写作期间,涌现了大量的技术进展,包括单分子荧光显微技术、单分子马达运动轨迹探测技术以及测量生物体全基因表达水平的高通量方法,这些技术持续地推动了相关领域的发展。生物系统中采集到的高质量的定量数据要求发展定量理论模型,我们正是受到这一原则的启迪。这一浩大工程的目的是希望激发所有领域有才华的科学家迎接这一挑战。因此,我们特别高兴本书的首个非英语译本在中国发行。

从根本上说,本书介绍的是一个持续变化的领域而不是一个成熟的学科。因此,如果中文版能够激发富有创造精神而又胸怀大志的学生质疑我们给出的研究案例和模型,并开拓物理生物学方法新的应用,无疑是本书最大的成功。重要的是学生要认识到这个研究领域是不断变化的。希望中国学生在理解和质疑我们对这个领域的表述时,也能够启迪我们改写本书的下一个版本。

最近我们访问了中国,遇到了生物和物理研究领域的高级学者以及渴望探索物理和生物交叉学科的极有天分的研究生。我们也渴望看到物理生物学将在富饶而充满生气的中国科学界生根发芽。最后,非常感谢欧阳钟灿教授及其同事对翻译工作倾注的大量心血。

R. 菲利普斯 J. 康德夫 J. 塞里奥特

2010 年 10 月

谨以此书献给我的父母 Bob 和 Lee, 以及亲爱的 Amy、Casey 和 Molly。

——R. 菲利普斯

谨以此书献给 Ethan、Vera 和 Thio。

——J. 康德夫

谨以此书献给我的父母 Lee 和 Dennis, 以及亲爱的 Randy。

——J. 塞里奥特

前 言

关于科学的精确性

……帝国的制图术已臻完美，一个省的地图便抵得上一个城市的面积，而整个帝国地图的面积已近于一个省。随着时间的推移，人们不再满足于那些不够精确的地图，于是制图师协会着手制作与帝国面积同样大的地图，使得地图和帝国上的每一点都吻合。然而后代不再像他们的祖辈那样喜欢研究制图，认为如此巨幅的地图是无用的，于是他们无情地将其弃于荒野。直到今天，在西部沙漠地区仍旧有那些栖居着动物和乞丐的地图残片；在所有土地上再没有其他地理学意义上的遗迹。

——豪尔赫·路易斯·博尔赫斯和阿道夫·比奥伊·卡萨雷斯

科学知识加速增长的同时也给我们带来了某种潜在的风险。今天，我们对于生命的理解正逐渐变成博尔赫斯所说的那种详尽但无用的地图。教科书的核心作用就是要引导人们突破这种困境，通过建立系统的概念框架，精炼特定领域现有的大量相关信息并构成知识体系。为此，很多教科书都对细胞和分子生物学进行了全面而卓越的概述。本书也会涵盖部分内容，但目的却与这些教科书有本质区别。对于细胞和分子生物学这样复杂而庞大的领域，并不存在一种可行的方法来构建一幅概念上简化的地图。许多现代生物学的教科书都以生物功能上的相关程度作为组织概念、事实和实验数据的原则。而在本书中，我们从物理生物学这一不同角度出发来审视同一套数据，从物理生物学（而不是细胞生物学）的角度将最相关的主题组织在一起。

本书不要求读者具备广博的预备知识，但可用作本科生或研究生的物理生物学或生物物理学的入门教材，也可作为对基本物理原理和模型在生物学研究中的应用感兴趣的科学家的参考书，甚至还可作为已熟悉本书部分知识的科学家提供全新的视角。我们将物理生物学中相关的主题并置在一起组织各种观点和数据，而不考虑它们在细胞生物学上的接近度。例如，真核细胞的 DNA 缠绕成核小体、细菌基因调控中 DNA 由于转录阻遏蛋白结合导致成环、DNA 包装进狭小的噬菌体衣壳均与 DNA 弯曲的力学规律相关，故放在同一章中。而我们对 DNA 弯曲的数学和物理处理可直接用于其他类型的细长形生物结构，如细胞骨架中的细丝。这一组织原则充分体现了本书的中心主题，即少数几个恰当的基本物理模型便可作为全部定量生物学知识的基础，从而有效地将表面上无关的各种生物问题统摄在一起。

从表面上看，上述观点似乎是很幼稚的，但是生物学研究文献却充斥着这样的例子，只需应用一些简单模型即可获得有趣的定量知识。我们从当前经典的研究论文中选取一些具体的例子来充实每章的内容，其中对生物体系定量测量的结果大多可用简单的物理思想来解释。当简单物理模型拟合数据失效时，两者之间的定量差别通常会导致可检验的新的生物学假说的产生。例如，在脊髓运动神经元中新合成的蛋白质会抵达同一神经元在足部的突触，若假设该过程通过扩散来完成，则经由简单的估算即可证明扩散过程太

慢以至于无法完成上述功能,因此该过程必须通过主动运输来实现。不论是猜测特定基因转录起始速率的改变是如何导致整个细胞水平的基因产物改变的,还是描绘信号分子如何在细胞内运动达到其靶物路径的,抑或是构想胚胎形成过程中细胞运动是怎样发育成器官和四肢的三维结构的,研究者在进行生物体系实验时脑海中必然会有一个清晰或模糊的物理模型。我们在本书中试图提供一些数学和物理的工具使得以往深入思考的生物学问题变得量化直观;我们也希望通过这样一个研究生物学的视角使得具有数学和物理背景的人发现适用于定量分析的生物学问题。

为此,我们分四步走。第一步,引入生物现象;第二步,进行简单的量级估算,培养对生物过程中定量数字的感觉(简称“数觉”);第三步,展示非常简单的初级模型的应用;第四步,在可能的情况下,将过分简化的模型进行细化以便更好地描述实际的生物过程。我们试图同大家分享应用简单模型来揭示现象复杂性时的喜悦。对我们所选定的生物实例,人们已经通过优雅或绝妙的实验方案测得了有趣的定量数据,我们认为其中的概念值得阐释并且还激发了我们的想象力。同时,我们已意识到在探讨这些实例和构造简单模型时,由于水平所限或者是新的发现改变了某些个例研究的细节,我们将不可避免地会犯错误(勘误表将张贴在本书的网站上)。然而,我们的目标是展示简单模型描述复杂系统的威力,即使某些细节是错误的或片面的,我们仍希望个别的失误不会影响全书的整体精神。此外,我们描述的很多现象仍然还有待满意的物理模型的解释,希望读者能够发现我们探讨物理生物学过程中的漏洞和错误,以此为契机和挑战,开始激动人心的创新工作。

在8年的写作征途中,我们得到了数百位科学同行慷慨和热情的帮助,他们大方地与我们分享了自己的数据、思想和观点。因此从很多方面看来,本书都可视为在采访众多学科的科学家后形成的定量新闻作品。我们将本书作为来自前沿的报道,向任何希望深入而广泛地思考生物学和物理学之间联系的读者分享我们从同行那里了解到的最有趣的事情。我们设想读者群体涵盖从18岁机械工程系的本科生(他们好奇怎样将自己的学科应用于医学)到40岁的弦理论学家(他们希望应用自己的数理天分研究生命物质)甚至是70岁的著名生物学家(他们琢磨自己研究的系统是否可通过数学处理而改进)。

本书主要分为四篇。第一篇,生物系统的基础知识,主要介绍生物现象。生物学背景的读者已经很熟悉这部分材料,我们希望定量的叙述仍具有启发性;物理学背景的读者也将对生物系统获得切身体验。第二篇,从平衡态角度理解生命,探讨可由不显含时间的定量模型解决的生物学问题。第三篇,从动力学角度理解生命,着手解决含时的动态系统的复杂问题。第四篇,从信息的角度理解生命,探讨生物体系中各种类型的信息处理过程。

我们预期读者是由不同背景和兴趣的群体构成的,因此在全书中我们尽可能介绍所用到的事实和原理的来龙去脉。我们不会简单地断言生物的“事实”或是物理的“结果”,也不期望读者盲目接受我们的主张。因而我们会经常提及过去几个世纪中生物学家的经典观察结果以及最新的激动人心的成果,力图展现这一系列的观察和观点如何导致当前对于复杂生物学问题的认识。对问题的进一步讨论将单独放在正文标记为相关实验的小节中。相应地,当必须进行数学推导时,我们逐步处理推导过程并解释怎么从一行导出下一行,使得数学水平有限的读者可以理解每一步而不是被迫接受最终结果。标记为模型的数学和数学技巧的小节总结了本书反复使用的数学方法;许多受过物理学训练的读者已经非常熟悉这些内容,但生物学家会从中受益。此外,标记为估算的小节有助于培养读

者对于特别有趣的问题的“数觉”。

尽管我们回顾了探讨每一个话题所需的基本知识,读者仍会发现不熟悉的内容,这时,不妨查阅一下生物、物理、化学和数学学科中涉及相关细节的参考书。每章后面列出了这些研究领域中我们精选的一些文献。文献一般分为两类。在“延伸阅读”中建议的文献反映了我们自己的品味,它们因其观点或陈述的独特性而入选,我们并不试图提供一份完整的文献记录。第二类“参考文献”反映每章内容中明显涉及的工作,它们或者引入了模型,或者提供了图片,或者提供了论据。

每章末尾我们都提供了一系列习题,它们要么拓展了该章的内容,要么为读者提供了一次尝试建模的机会。这些习题可以用于正式课程或者个别读者。本书的完整解题手册可供教师使用。习题涵盖了不同的类型。其中一类是为了发展“数觉”,计算较为简单,主要用于培养读者对量级生物学的感觉。另外一类要求补充未包含在正文中的复杂数学推导。剩下的一类是我们精选的问题,希望读者能应用定量的建模解释来自原始研究文献的实验数据。对于较难的习题,本书的网站上也给出了“读者提示”。

书中图片以及课后习题都非常依赖于原始数据。为方便感兴趣的读者获得这些数据,本书的网站给出了所有作图需要用到的已发表的原始数据。同样,网站上也提供了每章习题的相关数据。希望读者用这些数据完成计算,利用本书引入的模型去拟合相关的原始数据。或许你在自己的原创性工作中就能将这些模型细化。

学生和教师资源

以下是适用于学生和教师的补充材料:

- (1) 图片的幻灯片;
- (2) 对于较难问题的“读者提示”;
- (3) 补充数据集;
- (4) 补充视频;
- (5) 完整解题手册。

除了解题手册外,其他材料可从 <http://www.garlandscience.com/textbooks/0815341636/resources/> 下载。解题手册仅适用于通过 Email (science@garland.com) 获得许可的教师。

致 谢

如果没有相关机构和人员的通力合作和大力支持，本书将无法顺利完成。我们非常感谢加州大学圣芭芭拉分校阿斯本物理研究中心和卡弗里理论物理研究所的支持，在那里我们完成了本书部分的写作。本书得到了国家自然科学基金委、国家卫生部、科学研究公司以及麦克阿瑟基金会的资助，我们尤其要对卫生部授予罗伯·菲利普斯卫生部长先锋奖表示感谢。

本书的插图如果缺少了出色的插图画家——奈杰尔·奥姆专业而又密切的合作，将不会达到现在栩栩如生的效果，奈杰尔·奥姆负责绘制了本书超过 550 幅的插图以及全书的整体设计。我们同样有幸能和戴维·古德塞合作，他为整本书绘制了大约 20 张精细分子结构的插图。埃尔南·加西亚为绘制所有图表整理所需数据，起草图表布局，演算和复核运算过程，还为提供每章末尾的习题参考答案做出大量的工作。金雅·弗伦克尔每章末的问题以及解答提供了帮助。艾米·菲利普斯也为编辑、回复读者的评论以及获得已经出版的图像数据使用授权方面提供了帮助。莫琳·斯托里用她专业的审校改进了本书的清晰性和可靠性，我们的编辑迈克尔·莫拉莱斯从本书草创到完成阶段以极大的耐心和热情，持久不懈的提供帮助。在本书创作过程中，西蒙·希尔的专业援助也带给我们一段令人难忘的愉快经历。

在本书的创作过程中，最愉快的经历之一莫过于同我们来自不同知识背景的同事和朋友进行了交流，我们真诚地就生物，物理，化学，以及其交叉学科部分的问题分享见解，经历，分歧，好恶。我们深深感激在过去的八年中通过我们愉悦的谈话中直接或间接的为本书提供宝贵意见的同事们的支持与帮助。埃利奥·沙赫特告诉了我们保持愉快合作的秘诀。卢伯特·斯瑞尔激发了我们确立了本书的整体章节划分结构以及每个章节的标题的灵感，而且还对我们急需的如何完成这本书，提供了实用的意见。许多其他的同事及朋友通过鼓励，长期访问实验室，为我们讲解整个研究领域，或者仅仅是在彼此前进的道路上相互影响，都直接或间接地帮助我们。尤其要指出：有时候这些同事和朋友曾经明确反对过本书中的一些个别的结论，因此如果本书出现错误的判断和误解与他们无关。我们特别希望感谢以下的同事和朋友：Gary Ackers, Bruce Alberts, Olaf Andersen, David Baltimore, Robert Bao, David Bensimon, Howard Berg, Paul Berg, Seymour Benzer, Bill Bialek, Lacre Bintu, Pamela Bjorkman, Steve Block, Seth Blumberg, David Boal, Robijn Bruinsma, Zev Bryant, Steve Burden, Carlos Bustamante, Anders Carlsson, Sherwood Casjens, Kristina Dakos, Eric Davidson, Scott DelP, Micah Dembo, Michael Dickinson, Ken Dill, Marileen Dogterom, David Dunlap, Michael Elowitz, Evan Evans, Stan Falkow, Julio Fernandez, Jim Ferrell, Laura Finzi, Daniel Fisher, Dan Fletcher, Henrik Flyvbjerg, Seth Fraden, Scott Fraser, Ben Freund, Andrew J. Galambos, Ethan Garner, Bill Gelbart, Jeff Gelles, Kings Ghosh, Dan Gillespie, Yale Goldman, Paul Grayson, Thomas Gregor, Jim Haber, Mike Hagan, Randy Hampton, Lin Han, Pehr Harbury, Dan Herschlag, John Heuser, Joe Howard, Terry Hwai, Grant Jensen, Jack Johnson, Jason Kahn, Dale Kaiser,

Suzanne Amador Kane, Sarah Keller, Doro Kern, Karla Kirkegaard, Marc Kirschner, Bill Klug, Tolya Kolomeisky. Chuck Knobler, Corinne Ladous, Jared Leadbetter, Heun Jin Lee, Henry Lester, Julian Lewis, Jennifer Lippincott-Schwartz, Jim Maher, Carmen Mannela, William Martin, Bob Meyer, Chris Miller, Ken Miller, Tim Mitchison, Alex Mogilner, Cathy Morris, Dyche Mullins, Richard Murray, Kees Murre, David Nelson, Phil Nelson, Keir Neuman, Dianne Newman, Lene Oddershede, Garry Odell. George Oster, Adrian Parsegian, Iva Peroyic, Eduardo Perozo, Eric Peterson, Suzanne Pfeffer, Tom Pollard, Dan Portnoy, Tom Powers, Ashok Prasad, Mark Ptashne, Prashant Purohit, Steve Quake, Samuel Rauhala, MiChael Reddy, Dong Rees, Dan Reeves, Joy Rimchala, Michael Roukes, Dave Rutledge, Peter Sarnow, Klaus Schulten, Bob Schleif, Darren Segall, Udo Seifert, Paul Selvin, Lucy Shapiro, Steve Small, Doug Smith, Steve Smith, Andy Spakowitz, Jim Spudich, Alasdair Steven, Sergei Sukharev, Christian Sulloay, Joel Swanson, Boo Shan Tseng, Tristan Ursell, Ron Vale, David Van Valen, Elizabeth Villa, Zhen-Gang Wang, Annemarie Weber, Ion Widom, Eric Wieschaus, Paul Wiggins, Ned Wingreen, Zeba Wunderlich, Ahmed Zewail和Kai Zinn.

最后我们深深地感激在过去的八年里,对于本书不同阶段的草稿提出批评反馈意见的友人,包括许多布兰迪斯大学,加州理工学院和斯坦福大学选修我们课程的学生们。他们尽己所能帮助我们改正了许多错误,本书如果还有错误的地方则完全是我们的责任。我们感激他们慷慨的用他们宝贵的时间和专业知识来帮助我们。一些勤奋的朋友甚至坚持读完了整本书:Laila Ashagian, Andre Brown, Genya Frenkel, Hernan Garcia, Steve Privitera, Alvaro Sanchez以及Sylvain Zorman。我们感谢他们为本书带来了独到的见解和非凡的活力。

更多的人则对于特殊的章节给与专业的评论,提供详细的数据,为章末的习题提供建议,或者提供独特的见解:

第一章

Bill Gelbart (加州大学洛杉矶分校), Shura Grosberg (明尼苏达大学), Michael Rubinstein (北卡罗莱那大学教堂山分校), Randy Hampton(加州大学圣地亚哥分校)。

第二章

Jon Widom (西北大学), Michael Rubinstein (北卡罗莱那大学教堂山分校), Yitzhak Rabin (以色列巴兰大学), C. T. Lim (新加坡国立大学), Manfred Radmacher (不来梅大学), James Brody (加州大学尔湾分校), John A. G. Briggs (维康基金会人类遗传学中心), Ian Ching-Sang (加拿大女王大学), Dave Tirrell (加州理工学院), Steve Small (纽约大学), Avigdor Eldar (加州理工学院), Scott Fraser (加州理工学院), Titus Brown(密歇根州立大学)。

第三章

Jon Widom (西北大学), Michael Rubinstein (北卡罗莱那大学教堂山分校), Nitzan Rosenfeld (罗塞塔基因组), Michael Reddy (威斯康星大学米尔沃基分校), Yitzhak Rabin (以色

列巴兰大学), Antoine van Oijen (哈佛大学医学院).

第四章

Michael Rubinstein (北卡罗莱那大学教堂山分校), Paul Jardine (明尼苏达大学双城分校), Michael Reddy (威斯康星大学米尔沃基分校), Elaine Bearer (布朗大学).

第五章

Bill Klug (加州大学洛杉矶分校), Elio Schaechter (圣地亚戈州立大学), Steve Quake (斯坦福大学), Randy Hampton (加州大学圣地亚哥分校), Rick James (明尼苏达大学), Ken Dill (加州大学旧金山分校).

第六章

Dan Herschlag (斯坦福大学), Ken Dill (加州大学旧金山分校), Arbel Tadmor (加州理工学院), Terry Hwa (加州大学圣地亚哥分校).

第七章

Ken Dill (加州大学旧金山分校) Gary Ackers (华盛顿大学圣路易斯分校) Olaf Andersen (康奈尔大学).

第八章

Shura Grosberg (明尼苏达大学双城分校), Michael Rubinstein (北卡罗莱那大学教堂山分校), Andy Spakowitz (斯坦福大学), Ken Dill (加州大学旧金山分校), Jeremy Schmit (加州大学旧金山分校), Paul Wiggins (怀特海德生物医药研究所).

第九章

Pete von Hippel (俄勒冈大学), Thomas Record (威斯康星大学麦迪逊分校), Bob Schleif (约翰霍普金斯大学), Mike Hagan (布兰迪斯大学).

第十章

Hans-Gunther Dobereiner (不莱梅大学), Megan Valentine (加州大学圣芭芭拉分校), Bill Klug (加州大学洛杉矶分校), Jon Widom (西北大学), Carlos Bustamante (加州大学伯克利分校), Doug Smith (加州大学圣地亚哥分校), Paul Grayson (加州理工学院), Mandar Inamdar (孟买印度理工学院), Bill Gelbart (加州大学洛杉矶分校), Joy Rimchala (麻省理工学院), Paul Forscher (耶鲁大学), Zev Bryant (斯坦福大学), Paul Wiggins (怀特海德生物医药研究所), Ben Freund (布朗大学).

第十一章

Hans-Gunther Dubereiner (不莱梅大学), Bill Klug (加州大学洛杉矶分校), Tristan Ursell (加州理工学院), K. C. Huang (普林斯顿大学), Pierre Sens (居里研究所), Evan Evans(加

拿大英属哥伦比亚大学), Carmen Mannella (纽约州立大学奥尔巴尼本部), Terry Frey (圣地亚哥州立大学), Paul Wiggins (哥伦比亚大学), Sergei Sukharev (马里兰大学帕克分校), Sarah Keller (华盛顿大学西雅图校区).

第十二章

Todd Squires (加州大学圣芭芭拉分校), Howard Stone (哈佛大学), Howard Berg (哈佛大学), Jean-Francois Joanny (居里研究所). Tom Powers (布朗大学), Zev Bryant (斯坦福大学).

第十三章

Jennifer Lippincott-Schwartz (国际卫生部), Howard Berg (哈佛大学), Jean-Francois Joanny (居里研究所), Ralf Metzler (慕尼黑工业大学), Dave Wu (加州理工学院), Frosso Seitaridou (加州理工学院), Dan Gillespie.

第十四章

Arbel Tadmor (加州理工学院), Ralf Metzler (慕尼黑工业大学), Jean-Francois Joanny (居里研究所).

第十五章

Dan Fletcher (加州大学伯克利分校), Marileen Dogterom (原子与分子物理研究所), Dan Herschlag (斯坦福大学), Dimitrios Vavylonis (利哈伊大学), Jean-Francois Joanny (居里研究所), Anders Carlsson (华盛顿大学圣路易斯分校).

第十六章

Megan Valentine (加州大学圣芭芭拉分校), Jean-Francois Joanny (居里研究所), Jens Michaelis (路德维格马克西米利安大学), Tolya Kolomeisky (莱斯大学). Bill Gelbart (加州大学洛杉矶分校), George Oster (加州大学伯克利分校), Jianhua Xing (弗吉尼亚理工大学).

第十七章

Olaf Andersen (康乃尔大学). Paul Miller (布兰迪斯大学), Jean-Francois Joanny (居里研究所), Stephanie Johnson (加州理工学院), Chris Miller (布兰迪斯大学). Chris Gandhi (加州理工学院). Rod MacKinnon (洛克菲勒大学). Phil Nelson (宾夕法尼亚大学).

第十八章

Chris Myers (康乃尔大学), Chris Wiggins (哥伦比亚大学), Ralf Bundschuh (俄亥俄州立大学), Peter Swain (麦吉尔大学), Eric Peterson (加州理工学院). Tony Redondo (洛斯阿拉莫斯国家实验室). Jody Puglisi (斯坦福大学).

第十九章

Chris Myers (康乃尔大学). Terry Hwa (加州大学圣地亚哥分校), Nick Buchler (洛克菲勒大学). Uli Gerland (路德维格马克西米利安大学), Tom Kuhlman (加州大学圣地亚哥分校). Bob Schleif (约翰霍普金斯大学), Vivek Shenoy (布朗大学), Robert Endres (伦敦帝国理工学院), Ned Wingreen (普林斯顿大学), Wendell Lim (加州大学旧金山分校), Peter Swain (麦吉尔大学). Michael Elowitz (加州理工学院). Eric Davidson (加州理工学院), David Van Valen (加州理工学院), Mikko Haataja (普林斯顿大学), Avigdor Eldar (加州理工学院). Scott Fraser (加州理工学院). Titus Brown (密歇根州立大学). Steve Small(纽约大学).

目 录

《新生物学丛书》丛书序

中译本序

前言

致谢

第一篇 生物系统的基础知识

1 生物学定量模型	3
1.1 细胞的物理生物学	3
1.2 生命的要素	4
1.3 生物学建模	9
1.3.1 理想模型	9
1.3.2 卡通图和模型	14
1.4 定量模型及理想化方法	18
1.4.1 物质的类弹性性质	18
1.4.2 基本物理模型	20
1.4.3 估算的作用	20
1.4.4 关于出错	22
1.4.5 生物学中的经验数据	23
1.5 总结	24
1.6 延伸阅读	25
1.7 参考文献	26
2 细胞和生物体的空间尺度和构造方案	27
2.1 剖析大肠杆菌	27
2.1.1 细菌标尺	28
2.1.2 胞内分子普查	30
2.1.3 考察细胞内部	35
2.1.4 大肠杆菌的尺度	36
2.2 细胞及其内部结构	38
2.2.1 细胞形态和功能的多样性	38
2.2.2 细胞器	44
2.2.3 高分子组装体	47
2.2.4 病毒组装体	50
2.2.5 细胞的分子构造	53
2.3 多细胞层次的结构和功能	57
2.3.1 多细胞群体	57
2.3.2 组织和神经网络的细胞结构	61

2.3.3 多细胞生物	64
2.4 总结	68
2.5 课后习题	68
2.6 延伸阅读	69
2.7 参考文献	70
3 生命系统的时间尺度	72
3.1 时间尺度的层级性	72
3.1.1 生物过程概述	73
3.1.2 进化的时间尺度	78
3.1.3 细胞周期与标准时钟	82
3.1.4 从三个角度看生物学时间	84
3.2 程序时间	85
3.2.1 执行中心法则的机器和时间过程	85
3.2.2 生物钟和振荡器	88
3.3 相对时间	93
3.3.1 检查点与细胞周期	93
3.3.2 度量相对时间	95
3.3.3 病毒的生命周期	97
3.3.4 发育过程	100
3.4 操控时间	102
3.4.1 化学动力学和酶翻转速率	102
3.4.2 突破扩散速度限制	103
3.4.3 突破复制极限	107
3.4.4 假死	108
3.5 总结	109
3.6 课后习题	109
3.7 延伸阅读	111
3.8 参考文献	111
4 模式系统	113
4.1 模式系统的选择	113
4.2 血红蛋白	117
4.2.1 受体-配体结合	117
4.2.2 结构生物学的起源	120
4.2.3 疾病的分子模型	121
4.2.4 协同性和别构效应	121
4.3 噬菌体	122
4.3.1 分子生物学的兴起	122
4.3.2 现代生物物理学的兴起	127
4.4 大肠杆菌	128

4.4.1	细菌和分子生物学	128
4.4.2	大肠杆菌和中心法则	129
4.4.3	乳糖操纵子和基因调控	131
4.4.4	细菌的趋化性	132
4.5	酵母	134
4.5.1	生物化学的崛起	134
4.5.2	细胞周期	135
4.5.3	酵母和极性	136
4.5.4	膜被结构的穿梭	137
4.5.5	基因组学和蛋白质组学	138
4.6	果蝇	141
4.6.1	现代遗传学的兴起	141
4.6.2	果蝇与发育	142
4.7	小鼠和人	144
4.8	特型系统	145
4.8.1	特型细胞	145
4.8.2	乌贼巨型轴突和生物电	146
4.8.3	特殊试剂	148
4.9	总结	149
4.10	课后习题	149
4.11	延伸阅读	151
4.12	参考文献	152

第二篇 从平衡态角度理解生命

5	活细胞中的力学和化学平衡	157
5.1	能量和细胞生命活动	157
5.1.1	确定性力和热运动力	158
5.1.2	细胞的物质和能量预算	160
5.2	从自由能极小化角度理解生物系统	168
5.2.1	平衡态模型用于偏离平衡的系统	168
5.2.2	“平衡态”蛋白质	169
5.2.3	“平衡态”细胞	171
5.2.4	从极小化的角度看待力学平衡	172
5.3	极值数学	175
5.3.1	函数和泛函	175
5.3.2	极值计算	177
5.4	构型能	179
5.5	自由能极小状态对应的结构	184