



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

软物质前沿科学丛书

# 无处不在的巨分子

(原书第2版)

GIANT MOLECULES:  
Here, There, and Everywhere

(2nd Edition)

[美] 亚历山大·Y. 格罗斯贝格 / 著  
[俄] 阿列克谢·R. 霍赫洛夫 / 著  
李安邦 / 译



科学出版社



龍門書局



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLISHING FOUNDATION

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

软物质前沿科学丛书

# 无处不在的巨分子

(原书第2版)

GIANT MOLECULES: Here, There, and Everywhere

(2nd Edition)

[美] 亚历山大·Y. 格罗斯贝格 著  
[俄] 阿列克谢·R. 霍赫洛夫

李安邦 译

科 学 出 版 社  
龍 門 書 局  
北 京

图字：01-2017-8284

## 内 容 简 介

本书是 A.Y. 格罗斯贝格和 A.R. 霍赫洛夫这两位杰出的俄罗斯科学家合写的一本关于高分子聚合物物理学的科普性著作。它以清晰、简洁和幽默的语言回顾了高分子聚合物物理学的基本概念，并讨论了该学科的一些前沿知识，特别是在生物学领域的应用，甚至讨论了生物进化，充分地体现了此领域中的苏联/俄罗斯学派思想和研究风格。书中还娴熟地介绍了相关的科学史，从而使得本书更具有丰富的信息，而且可读性强、易于理解。

本书不仅适合于从事高分子聚合物和生物大分子研究的专业人员和相关专业学生，作为对这个学科的一个奇妙的叙述和有趣的历史，也适合于对科学感兴趣的一般读者阅读。

Copyright © 2011 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. All rights reserved. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or any information storage and retrieval system now known or to be invented, without written permission from the Publisher.

Chinese translation arranged with World Scientific Publishing Co. Pte Ltd., Singapore.

### 图书在版编目(CIP)数据

无处不在的巨分子：原书第2版（美）/亚历山大·Y. 格罗斯贝格等著；李安邦译。—北京：龙门书局，2020.1

书名原文：Giant Molecules: Here, There, and Everywhere (2nd Edition)

软物质前沿科学丛书“十三五”国家重点出版物出版规划项目 国家出版基金项目

ISBN 978-7-5088-5690-2

I. ①无… II. ①亚… ②李… III. ①高聚物物理学 IV. ①O631.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019) 第 286320 号

责任编辑：钱 俊 陈艳峰 / 责任校对：彭珍珍

责任印制：吴兆东 / 封面设计：无极书装

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>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2020年1月第一版 开本：720×1000 1/16

2020年1月第一次印刷 印张：19 1/2 插页：4

字数：398 000

定价：158.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

## 软物质前沿科学丛书编委会

顾问委员:

Stephen Z. D. Cheng (程正迪) Masao Doi (土井正男)

江 雷 欧阳颀 张平文

主 编: 欧阳钟灿

执行主编: 刘向阳

副 主 编: 王 炜 李 明

编 委(按姓氏音序排列):

敖 平 曹 毅 陈 东 陈 科 陈 唯 陈尔强  
方海平 冯西桥 厚美瑛 胡 钧 黎 明 李安邦  
李宝会 刘 锋 柳 飞 马红孺 马余强 舒咬根  
帅建伟 苏晓东 童彭尔 涂展春 王 晟 王 威  
王延嫄 韦广红 温维佳 吴晨旭 邢向军 严 洁  
严大东 颜 悦 叶方富 张何朋 张守著 张天辉  
赵亚溥 赵蕴杰 郑志刚 周 昕

## 从 书 序

社会文明的进步、历史的断代，通常以人类掌握的技术工具材料来刻画，如远古的石器时代、商周的青铜器时代、在冶炼青铜的基础上逐渐掌握了冶炼铁的技术之后的铁器时代，这些时代的名称反映了人类最初学会使用的主要是硬物质。同样，20世纪的物理学家一开始也是致力于研究硬物质，像金属、半导体以及陶瓷，掌握这些材料使大规模集成电路技术成为可能，并开创了信息时代。进入21世纪，人们自然要问，什么材料代表当今时代的特征？什么是物理学最有发展前途的新研究领域？

1991年，诺贝尔物理学奖得主德热纳最先给出回答：这个领域就是其得奖演讲的题目——“软物质”。按《欧洲物理杂志》B分册的划分，它也被称为软凝聚态物质，所辖学科依次为液晶、聚合物、双亲分子、生物膜、胶体、黏胶及颗粒等。

2004年，以1977年诺贝尔物理学奖得主、固体物理学家P.W.安德森为首的80余位著名物理学家曾以“关联物质新领域”为题召开研讨会，将凝聚态物理分为硬物质物理与软物质物理，认为软物质(包括生物体系)面临新的问题和挑战，需要发展新的物理学。

2005年，*Science*提出了125个世界性科学前沿问题，其中13个直接与软物质交叉学科有关。“自组织的发展程度”更是被列入前25个最重要的世界性课题中的第18位，“玻璃化转变和玻璃的本质”也被认为是最具有挑战性的基础物理问题以及当今凝聚态物理的一个重大研究前沿。

进入新世纪，软物质在国外受到高度重视，如2015年，爱丁堡大学软物质领域学者Michael Cates教授被选为剑桥大学卢卡斯讲座教授。大家知道，这个讲座是时代研究热门领域的方向标，牛顿、霍金都任过这个最著名的卢卡斯讲座教授。发达国家多数大学的物理系和研究机构已纷纷建立软物质物理的研究方向。

虽然在软物质研究的早期历史上，享誉世界的大科学家如爱因斯坦、朗缪尔、弗洛里等都做出过开创性贡献，荣获诺贝尔物理学奖或化学奖。但软物质物理学发展更为迅猛还是自德热纳1991年正式命名“软物质”以来，软物质物理不仅大大拓展了物理学的研究对象，还对物理学基础研究尤其是与非平衡现象(如生命现象)密切相关的物理学提出了重大挑战。软物质泛指处于固体和理想流体之间的复杂的凝聚态物质，主要共同点是其基本单元之间的相互作用比较弱(约为室温热能量级)，因而易受温度影响，熵效应显著，且易形成有序结构。因此具有显著热波动、多个亚稳状态、介观尺度自组装结构、熵驱动的顺序无序相变、宏观的灵活性等特征。简单地说，这些体系都体现了“小刺激，大反应”和强非

线性的特性。这些特性并非仅仅由纳观组织或原子、分子水平的结构决定，更多是由介观多级自组装结构决定。处于这种状态的常见物质体系包括胶体、液晶、高分子及超分子、泡沫、乳液、凝胶、颗粒物质、玻璃、生物体系等。软物质不仅广泛存在于自然界，而且由于其丰富、奇特的物理学性质，在人类的生产和生活活动中也得到广泛应用，常见的有液晶、柔性电子、塑料、橡胶、颜料、墨水、牙膏、清洁剂、护肤品、食品添加剂等。由于其巨大的实用性以及迷人的物理性质，软物质自19世纪中后期进入科学家视野以来，就不断吸引着来自物理、化学、力学、生物学、材料科学、医学、数学等不同学科领域的大批研究者。近二十年来更是快速发展成为一个高度交叉的庞大的研究方向，在基础科学和实际应用方面都有重大意义。

为推动我国软物质研究，为国民经济作出应有贡献，在国家自然科学基金委员会和中国科学院学科发展战略研究合作项目“软凝聚态物理学的若干前沿问题”(2013.7~2015.6)资助下，本丛书主编组织了我国高校与科研院所上百位分布在数学、物理、化学、生命科学、力学等领域的长期从事软物质研究的科技工作者，参与本项目的研究工作。在充分调研的基础上，通过多次召开软物质科研论坛与研讨会，完成了一份80万字研究报告，全面系统地展现了软凝聚态物理学的发展历史、国内外研究现状，凝练出该交叉学科的重要研究方向，为我国科技管理部门部署软物质物理研究提供了一份既翔实又前瞻的路线图。

作为战略报告的推广成果，参加本项目的部分专家在《物理学报》出版了软凝聚态物理学术专辑，共计30篇综述。同时，本项目还受到科学出版社关注，双方达成了“软物质前沿科学丛书”的出版计划。这将是国内第一套系统总结该领域理论、实验和方法的专业丛书，对从事相关领域的研究人员将起到重要参考作用。因此，我们与科学出版社商讨了合作事项，成立了丛书编委会，并对丛书做了初步规划。编委会邀请了30多位不同背景的软物质领域的国内外专家共同完成这一系列专著。这套丛书将为读者提供软物质研究从基础到前沿的各个领域的最新进展，涵盖软物质研究的主要方面，包括理论建模、先进的探测和加工技术等。

由于我们对于软物质这一发展中的交叉科学的了解不很全面，不可能做到计划的“一劳永逸”，而且缺乏组织出版一个进行时学科的丛书的实践经验，为此，我们要特别感谢科学出版社钱俊编辑，他跟踪了我们咨询项目启动到完成的全过程，并参与本丛书的策划。

我们欢迎更多相关同行撰写著作加入本丛书，为推动软物质科学在国内的发展做出贡献。

主 编 欧阳钟灿  
执行主编 刘向阳

2017年8月

## 序

原子的概念可以追溯到古希腊，但对古希腊人来说，它真的只是一个公式化的假说，用以避免无限小对象的复杂性。2000多年之后这一概念才转变为实体。为此，需要证明我们周围通常形态的物质是由原子或称之为分子的原子团构成的。第一次测定分子大小的实验可能得归功于本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)：他知道(也是从古希腊人那里)，少量的油能抑制海面上的浪花。然后他选择了一个有微风的日子，走到一个池塘边，池塘的水面上有片片涟漪；然后他往水里倒了一匙油，测量了涟漪消失的区域：结果表明这个区域是很大的。按照我们现代的说法，他构造了很薄的一个单分子油层。用面积除以体积(一匙)，他可以测量出分子的大小(在这种情况下，大约等于2nm)。

很遗憾的是，富兰克林没有亲自做这个计算——它是在100年后由瑞利爵士(Lord Rayleigh)做的(正如坦福德(C. Tanford)的一本美丽的书<sup>①</sup>所说明的)。但这个实验是一个历史性里程碑：历史上第一次，分子不再是哲学家在想像中虚构的东西。它们成了一个物理实物，通过测量它们的大小，可以得到明确的数目！

第二步涉及构成本书主题的是巨大分子(giant molecules, 中文简称“巨分子”)。我们周围的许多东西(木头、布料、食物、我们自己的身体……)都是由大分子(macromolecules)或高聚物(polymers<sup>②</sup>)——我们现在这样称呼它们——构成的。但是大分子的概念却出现得非常缓慢。在19世纪，许多化学家合成了新的高聚物并把它们扔到污水槽里！在那些日子里，化学法则是制造新的物质，尽可能纯化它，并通过测量诸如熔点的性质来检验纯度：如果熔点是尖锐的，则产物被认为是“好的”。但大分子，不幸的是，没有尖锐的熔点(在一定程度上，本书对其原因进行了解释)。它们因此被认为是“垃圾”，并被丢弃掉。最终，在1920年，施陶丁格(H. Staudinger)确切地向化学家同行们证明了长链分子的存在。物理学家随后也参与到研究中来：库恩(R. Kuhn)第一个理解了许多高聚物的柔性、熵在这些系统中的作用，以及由此产生的橡胶弹性。在这里，我们有一

---

<sup>①</sup>C. Tanford. *Ben Franklin stilled the waves*. Duke University Press, 1980.

<sup>②</sup>“polymer”一词在国内通常也译为“高分子”，然而在本书中容易与巨分子(giant molecule)和大分子(macromolecule)产生混淆。因此本书把“polymer”译为“高聚物”或“高分子聚合物”。——译注

本描述这个故事的很棒的书<sup>①</sup>。然后是弗洛里(P. Flory)，他通过非常简单、但很深刻的思想，精通了高聚物的大部分物理性质。下一步得益于爱德华兹(S.F. Edwards)，他指出在链的构象与量子力学性粒子的轨迹之间深刻的相似性。这使得在量子物理中积累多达50年的理论秘诀被转运到了高分子科学！

本书描述了这一演化过程的最终状态。这两位俄罗斯作者具有使用简单风格来写作的天赋，他们在书中避免了那些在偏好数学的国家(例如俄罗斯和法国)中所偏爱的那种沉重的公式化写作风格。

这份最终成果既适合大学生，也适合研究工程师们。我相信它将在这个领域发挥非常有益的作用。巨分子在我们的日常生活中非常重要。但是，正如作者所指出的，它们也与一种文化联系在一起。库恩和弗洛里对高聚物所做过的，正如巴赫对羽管键琴所做的<sup>②</sup>一样。我们非常感谢那些现在让我们可以接触到这种音乐的人们。

皮埃尔·吉勒·德热纳(P. G. de Gennes)

1996年3月

---

<sup>①</sup>H. Morawetz. *Polymers: the Origins and Growth of a Science*. John Wiley & Sons (USA), 1985.

<sup>②</sup>在巴赫时代(17世纪前后)，现代钢琴还没有诞生，那时最为流行的“键盘乐器”就是羽管键琴(harpsichord)。巴赫是一位管风琴和键盘演奏大师，为羽管键琴这件乐器写了很多不朽名作，包括《平均律》、《英国组曲》、《法国组曲》等，这些都是他首创的，因为在此之前没有人为羽管键琴写过协奏曲。这些协奏曲当时是一架或几架羽管键琴加一支弦乐队演奏的(现代通常是用钢琴来演奏)。——译注

## 读者对本书第1版的评论

“《无处不在的巨分子》(以下简称《巨分子》)是一本关于高聚物科学的美妙的书,由本领域的两位领军人物编写,他们也非常熟练地将科学纳入科学史的背景。本书实际上是对高聚物物理学的一个奇妙的介绍……它既具有科学准确性,又可以被看作是对这个学科的一个奇妙的叙述和有趣的历史而阅读。这本书必须摆到所有高聚物科学家的书架上,并且将为对广泛的公众科普这一学术领域做出很大的贡献。”

Philip Pincus

加利福尼亚大学圣芭芭拉分校

(来自对本书手稿的评论,1996)

“巨分子是当今科学中最热门的课题之一。本书由两位才华出众的物理学家撰写,将引导读者穿越高聚物科学的前沿领域……作者使这个话题平等地适合于任何好奇的读者。作者是技巧高超的故事叙述者,这使得这本科学相关的书籍既有娱乐性又有丰富的信息。《巨分子》一书将对各种水平的科学爱好者都有用,只要他们对高聚物科学的最新进展感到好奇。这本书是不容错过的!”

田中丰一(1946—2000)

麻省理工大学

(来自对本书手稿的评论,1996)

“谁会想到两个理论学家会写出一本可读性强、易于理解的高聚物物理学专著?然而,这正是A.Y. 格罗斯保格和A.R.寇克霍夫在这本极具吸引力的书中所做的……解释……大概是我在任何地方读到的最清晰的。”

Edwin L. Thomas

麻省理工大学 材料科学与工程系

(*Nature*, 388卷, 第842页, 1997)

“……几乎不用数学就大分子而写一本书似乎根本不可能。然而，作者成功地写了一本准确而精确的书……我以前从来没有在哪里见过，能让简单化达成科学性毫无问题的描述……这使它成为一本既对对科学感兴趣的读者和非专家级的学生、也对富有经验的科学家都极有价值的书。

我很高兴地注意到每章开头的经典文学的引用，它们暗示了科学家和引文作者之间的思考中有一些令人惊讶的相似之处……”

Kurt Kremer

马克斯·普朗克高聚物研究所所长

梅因茨，德国

(*Physics World*, 1997年, 第49页)

“该书回顾了高聚物物理学的基本概念，并讨论了该学科的一些现代前沿，特别是在生物学领域。总体水平适用于物理、化学或化学工程方面的高级本科生……专业人员也会发现这本书是很具刺激性的……”

Thomas Halsey

埃克森美孚研究与工程公司

Annandale, 新泽西州

(*Physics Today*, 1998年2月, 第73页)

“……这是一本容易阅读的书，渴望对高聚物的生物学和物理学了解更多的读者将会发现《巨分子》非常友好和很受欢迎。”

Bernd Eggen

萨塞克斯大学

(*New Scientist*, 1997年8月16日, 第41页)

“作为一本科学读物，这本书毫无疑问是我遇到过的最简单的。尽管如此，它仍然是富含信息的……作者做到了在不损害科学内容的前提下，将一系列有趣的轶事以其真实背景纳入到科学中……我会向任何对高聚物科学感兴趣的人

推荐这本书，无论是专家还是完全的新手——它真是对这门学科的一个很好的起点。”

Simon Biggs

利兹大学

(*Molecules*, 第3卷142页, 1998年)

“我是半导体材料方面的物理教授。高聚物不是我的研究领域……我不敢相信这本好书还没有被评论过。是的，这是两位俄罗斯科学家写的。但是谁说俄罗斯人只能写严谨的数学书？这本书不是专著……它以清晰、简洁和幽默的语言解释了很多现象。有一点点数学，根本不难。大学新生的计算水平就足以读懂这本书了。”

Amazon.com网站上的一位读者评论

“我的建议：读这本书吧！”

Moisey I. Kaganov

俄罗斯科学院卡皮查物理问题研究所

(*Quantum Magazine*, 第2期92页, 1998)

(虚构的场景)

编辑(怀疑地): 哦, 不会又是你们吧……

作者(害羞地): 嗯, 你看, 我们已经写了一本关于巨分子的书……

编辑: 什么分子?

作者: 巨分子。(变得更加兴奋)只要您在这里听一小会儿!

编辑(不耐烦地): 哦, 不, 我没时间听。毕竟, 你们已经出版了一本关于它们的书<sup>①</sup>, 那么, 还想写什么?

作者: 哦, 那一本是给专家们读的, 而这一本……

编辑(失去耐心): 这本大概是给家庭主妇读的吧! 这样吧, 你把前言拿给我, 我看看我能做什么。

作者: 这里就是!

## 前 言

“前言”这种体裁的本质暗示着, 在前言里应该回答这样一个问题: 这本书是写给哪些人读的?

我们希望这本书能使任何对世界充满好奇的人感兴趣。这不是因为我们对自己评价过高! 相反, 真正给了我们希望的, 是这个研究领域的独特地位。它正处于当代发展和热切关注的许多道路的交叉路口。它与各种各样的东西有关, 例如现代材料(包括迷人的“智能”材料)和著名的DNA, 它们不仅仅只是以其专业而吸引人, 而且也已经成为一种工具在使用——例如, 在犯罪学中、在“DNA计算机”中。高聚物(polymer)物理学也涉及现代医学, 以及更多学科。总之, 人们每天谈论的很多事情都在我们的科学中有其根源。

这就是为什么我们认为是时候写一个关于巨分子的清晰易懂的故事了。

任何一个大学生都应该能够从头到尾地阅读我们这本书, 得到一个对该主题比较粗略但连贯一致的思路。而一个科学家, 无论是物理学家、化学家、材料工程师还是分子生物学家, 都可能有兴趣看看我们在回避科学语言的复杂性时如何触及那些熟悉的话题。

---

①A.Y. Grosberg, A.R. Khokhlov. *Statistical Physics of Macromolecules*. AIP Press, 1994.

尖端科学常常需要使用相当高深的数学来处理。经验表明，这一点对许多学生来说是最可怕的。然而实际上，只有当一个学生想成为专业人士并对科学进行新的探索时，数学方法才变得有必要。我们只在万不得已的时候才使用数学，而且我们的数学仅限于简单的代数，全都不超出典型的高中课程。与此同时，我们的物理学有时反倒相当复杂。

最后但并非不重要，我们希望所有的读者都可只要浏览本书，就能找出什么是“分子架构(molecular architecture)”，理解你剁碎一个花椰菜的时候会发生什么，或理解曾被称为“世界女王和她的影子”的是什么。

最后还有一件事。陀思妥耶夫斯基说过一句名言：“美将拯救世界”<sup>①</sup>。虽然人们可以用不同的方式解读这句话，但毫无疑问，知识之美是科学最惊人的特征之一。确实，为什么最有效的东西也经常是最美丽的呢？我们不知道，但这似乎是事实！在这本书中，我们试图证明高分子聚合物和生物高聚物科学的美妙之处。

在目前的版本中，我们已经修改了很多地方的文字，就高聚物的合成、蛋白质折叠、高聚物打结写了新的章，并就分子马达、半柔性和蠕虫状高聚物等写了新的节。我们还增添了新的图片。总之，这本书大约有50%的内容是崭新的。

以前的版本包括一张关于高聚物的计算机模拟的光盘。我们决定不将其包含在这个版本中，因为实践证明，这一部分已经过时。我们现在正在研究如何以更有效的形式传播相应的材料。

书中所有彩图分为三部分列出<sup>②</sup>：(1)第2~5章；(2)第9~10章；(3)第11~14章。对它们的引用以字母“C”标记，如图C2.4等。

我们已尽力使这本书既有趣又实用。至于我们是否成功，则由我们的读者来判断。

作 者

编辑(自言自语)：好吧，如果他们没说谎的话，这本书也许真的是有趣的……听起来，除了一般读者之外，这本书可能会让(数着手指头)APS, ACS, MRS, BPS……的人们感兴趣……我想我们应该出版它！

①陀思妥耶夫斯基(1821~1881)，俄国著名作家，这句话出自其作品《白痴》。——译注

②中文译本精选了部分彩图，并统一全部放在全书正文之后列出。——译注

## 致 谢

本书经历了相当大的演变。第1版作为所谓的“量子书目”——给高中学生和教授等广泛阅读的系列书籍——的一部分于1989年在苏联出版<sup>①</sup>。我们很荣幸被邀请为这一杰出的系列书籍做出贡献。

本书初稿经由M. A. Livshitz博士和S. G. Starodubtsev博士仔细阅读，我们感谢他们有用的评论。

我们感谢T. A. Yurasova博士和C. J. B. Ford博士在把我们最初以俄语写就的文本翻译成英文中的无限耐心。他们的工作成就了1997年的英文第1版<sup>②</sup>。

这本书被许多大学用作教科书或补充材料，我们感谢所有与我们分享正面评价或批评意见的人，许多读者告知我们书中多个错误或不准确之处。我们特别感谢与休斯顿大学应用高分子科学研究中心的Byron K. Christmas博士的通信。威诺纳州立大学的Nathan Moore博士给了我们一个所发现的错误和错别字的列表。

在制作当前版本时，我们得到了来自Artem A. Aerov博士的很多帮助。他编辑了全书，再一次筛查了我们的失误，并在其它许多方面帮助了我们，特别是，他写了第15章中的“QWERTY”一节。

Olga E. Philippova教授和Elena V. Chernikova 博士帮助我们编辑了书中的化学部分。Vijay Pande、Rob Phillips、Eric Vanden-Eijnden和Alexander Vologodskii 教授等阅读了手稿的各个部分并提供了有价值的反馈。

Andrey A. Askadskii、Sergei Buldyrev、Pavel G. Khalatur、Amit Meller、Vijay Pande 和Jean-Louis Sikorav等教授为本书制作了多幅精美的图片。打结表是Robert Scharein博士专门为此书制作的。Sergei B. Ryzhikov博士积极出力拍摄了几种实验装置的照片。我们感谢他们的帮助。

我们要感谢Sergei Buldyrev、Dmitry Cherny、Aleksandr K. Gladilin、Nicholas Hud、Mehran Kardar、Alexei Likhtman、Tom McLeisch、Amit Meller、Leonid Mirny、Jean-Louis Sikorav、Eugene Stanley、Peter Virnau、Alexander

---

<sup>①</sup>A.Y. Grosberg and A.R. Khokhlov. *Physics in the World of Polymers*. Moscow, Nauka, 1989.

<sup>②</sup> A.Y. Grosberg and A.R. Khokhlov. *Giant Molecules: Here, There, and Everywhere* ... Academic Press, 1997.

Vologodskii 和Jakob Waterborg 等人惠允并帮助复制从他们的出版物中借用的图片。Jean-Francois Joanny、Kurt Kremer和Michael Lomholt极大地帮助我们引用来自他们各自母语的资料。

后来，皮埃尔-吉勒·德热纳(1932—2007)教授为本书英文第1版写了一篇序。他也很鼓励我们努力以简单的方式提供材料，淡化技术(特别是过度的数学)，但仍然传达高分子聚合物科学的审美和文化基础。我们感谢他的帮助和支持。

最后，我们对伊尔亚·M. 栗弗席兹(Ilya M. Lifshitz, 1917—1982)教授表示深深的感激；我们俩都很幸运，有他作为老师。他善于营造一种对科学产生热烈的、鼓舞人心的特殊气氛。现在取决于你们——读者们——来决定我们是否成功地——至少部分成功地——在我们这本书中重新捕获到这样的气氛。

# 目 录

丛书序

序

读者对本书第1版的评论

前言

致谢

第1章 概述：巨分子世界中的物理学	1
第2章 高聚物分子看上去是什么样的	4
2.1 高聚物是很长的分子链	4
2.2 高聚物链的柔性	6
2.3 柔性的机理	9
2.4 一幅高聚物链的“肖像”	10
2.5 异质高聚物、支链高聚物和带电高聚物	11
2.5.1 异质高聚物	13
2.5.2 支链高聚物	13
2.5.3 带电高聚物	14
2.6 环状大分子与拓扑效应	15
第3章 高聚物是怎么制作的	18
3.1 聚合法	18
3.2 缩聚法	20
3.3 高聚物合成的催化剂	21
3.4 多分散性，活性聚合	22
3.5 支链高聚物	23
第4章 那里有什么样的高聚物物质？	24
4.1 物质和高聚物的“传统”状态	24
4.2 高聚物物质的可能状态	25
4.3 塑料	28
4.4 高聚纤维	29
4.5 高聚物液晶与超强纤维	34

4.6	高聚物溶液	36
4.7	高聚物共混物和嵌段共聚物	37
4.8	离聚物和缔合高聚物	39
4.9	导电高聚物	43
<b>第5章</b>	<b>自然界中的高聚物</b>	<b>44</b>
5.1	关于水和对它的爱与恨	44
5.2	有头有尾的分子	46
5.3	分子生物学与分子建筑	50
5.4	分子机器：蛋白质、RNA 和DNA	52
5.5	蛋白质、DNA 和RNA 的化学结构	53
5.5.1	蛋白质	53
5.5.2	核酸	54
5.6	生物大分子的一级、二级和三级结构	56
5.6.1	一级结构：序列	56
5.6.2	DNA 甲基化	59
5.6.3	二级结构	59
5.6.4	三级结构	64
5.7	球状蛋白质酶	66
5.8	分子马达	68
5.9	物理学和生物学	69
<b>第6章</b>	<b>简单高聚物线团的数学</b>	<b>71</b>
6.1	物理学中的数学	71
6.2	高聚物链与布朗运动的相似性	72
6.3	高聚物线团的尺寸	74
6.4	“平方根”定律的推导	76
6.5	持续长度与库恩片段	78
6.6	高聚物线团的密度和高聚物溶液的浓度范围	80
6.7	高斯分布	82
<b>第7章</b>	<b>高弹性的物理学</b>	<b>85</b>
7.1	哥伦布发现了……天然橡胶	85
7.2	高弹性	86
7.3	硫化的发现	87
7.4	合成橡胶	90