

国外优秀化学著作译丛

国外优秀科技著作出版专项基金资助



# 胶体科学

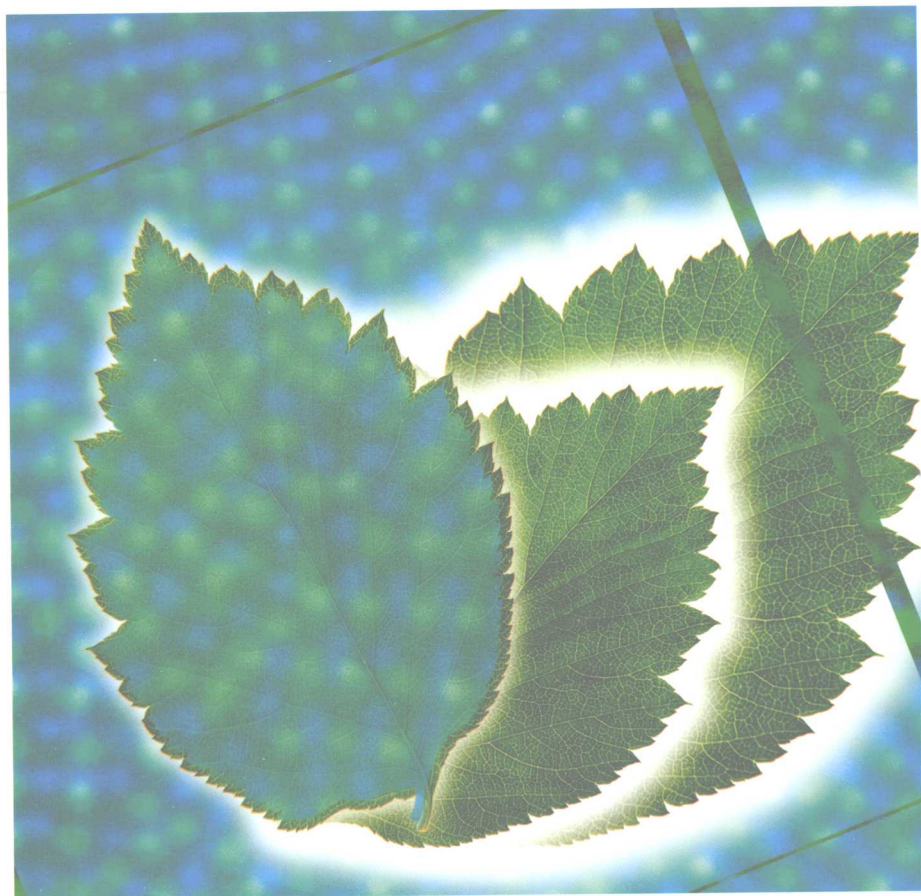
## 原理、方法与应用

[英] 特伦斯·科斯格雷夫 主编

Terence Cosgrove

李牛 李姝 等译

周永治 申泮文 校



Colloid Science  
Principles, Methods and Applications



化学工业出版社

国外优秀化学著作译丛

# 胶体科学

## 原理、方法与应用

Colloid Science

Principles, Methods and Applications

[英] 特伦斯·科斯格雷夫 主编

Terence Cosgrove

李 牛 李 姝 等译

周永洽 申泮文 校



化学工业出版社

· 北京 ·

本书注重理论与实践的结合,在阐明基本原理基础之上,重点论述了胶体在各领域的应用。内容分为三部分:首先介绍胶体分散体系基本原理、性质,胶体与界面的稳定性、表面活性剂的吸附与聚结等相互作用;其次,讨论了微乳液、高分子体系、表面浸润、气溶胶等领域的应用,特别对高分子体系有重点论述;最后,还详细介绍了胶体科学领域常用的测量技术与手段,如流变学、光散射与光反射、光操控、电子显微镜等。

本书适合物理化学、高分子化学专业的研究生,胶体化学专业的本科生,材料、食品、制药、生物等领域的研究人员和实验操作师阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

胶体科学:原理、方法与应用/[英]科斯特格雷夫(Cosgrove, T.)主编;李牛等译. —北京:化学工业出版社,2008.9

书名原文: Colloid Science Principles, Methods and Applications

ISBN 978-7-122-03500-4

I. 胶… II. ①科…②李… III. 胶体化学 IV. 0648

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第119611号

Colloid Science Principles, Methods and Applications/by Terence Cosgrove

ISBN 978-14051-2673-1

Copyright © 2005 by Bristol Colloid Centre. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Blackwell Publishing Ltd.

本书中文简体字版由 Blackwell Publishing Ltd 授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2007-3955

---

责任编辑:李晓红 梁虹

文字编辑:杨欣欣

责任校对:顾淑云

装帧设计:郑小红

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张17 $\frac{3}{4}$  字数326千字 2009年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:46.00元

版权所有 违者必究

# 国外优秀科技著作出版专项基金

FUND FOR FOREIGN BOOKS OF  
EXCELLENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY  
(FFBEST)

## 管理委员会名单

名誉主任：成思危 全国人大常委会副委员长  
主任委员：谭竹洲 中国石油和化学工业协会名誉会长  
副主任委员：李学勇 王心芳 阎三忠 曹湘洪  
潘德润 朱静华 王印海 龚七一  
俸培宗 魏 然

### 委 员 (按姓氏笔画顺序排列)：

王子镐	王心芳	王印海	王光建	王行愚
申长雨	冯 霄	冯孝庭	朱家骅	朱静华
刘振武	杨晋庆	李 彬	李伯耿	李学勇
李静海	吴剑华	辛华基	汪世宏	欧阳平凯
赵学明	洪定一	俸培宗	徐 宇	徐静安
黄少烈	曹 光	曹湘洪	龚七一	盛连喜
阎三忠	葛 雄	焦 奎	曾宝强	谭竹洲
潘德润	戴猷元	魏 然		

秘 书 长：魏 然

副 秘 书 长：徐 宇

# 译者序

本书系引入 Bristol 大学胶体科学春季讲习班的教材，主要介绍了胶体与界面科学方面的知识，共包含 14 章内容。本书由南开大学化学学院物理化学及材料化学专业的部分老师翻译，其中序和引言由申泮文完成，第 1 章“胶态分散体导论”由叶世海完成，第 2 章“胶态体系中的电荷”由许秀芳完成，第 3 章“胶体稳定性”由焦丽芳完成，第 4 章“表面活性剂在界面处的聚集与吸附”由楼兰兰完成，第 5 章“微乳液”由阎晓琦完成，第 6 章“聚合物和聚合物溶液”由李姝完成，第 7 章“界面上的聚合物”由马延风完成，第 8 章“聚合物对胶体稳定性的影响”和第 12 章“散射与反射技术”由李牛完成，第 9 章“表面的湿润”由张翠完成，第 10 章“气溶胶”由李瑞芳完成，第 11 章“实用流变学”由朱建君和陈铁红完成，第 13 章“光学操控”由唐祥海完成，第 14 章“电子显微法”由李国然完成。全书的校核统稿由申泮文和周永洽负责。由于译校者的水平局限，不当之处在所难免，恳请读者给予批评指正。

译者

校者

2008 年 5 月

# 序

Bristol 大学化学学院自 1972 年以来，每年在复活节假日期间开办为期一周的胶体科学的春季讲习班 (Spring School)，本书就是由此产生出来的。确实，这部书就是该课程的教科书，因为它的内容形成了该课程的基本讲授材料。与此课程一样，本书的主要目的是为主修化学或物理学、或与之接近专业（例如药学、生物化学）的人们提供胶体与界面科学方面的知识介绍，这些人在工业研究与发展实验室工作，或确实在政府或大学实验室里工作，他们为自己的研究工作而需要学习该专题的基本知识。他们感到忧虑的是，尽管本专题与很广范围的化学工业包括医药、农业化工产品与食物、个人保健品和家用产品、油料与矿物的回收与加工、表面涂层等有重要的关联，但在许多大学课程中讲授本专题的内容往往都很不完善。在这些较传统的工业之外，胶体和界面科学也是许多新的，即所谓的纳米科技如传感器、IT 芯片、显示器、光子器件和微反应器等的基础。

本书各章的作者都是 Bristol 大学胶体小组的现任成员，他们都被认为是本专业各自领域的专家。本书开始的第 1 章论述了什么是胶体和胶体是如何制成的。在第 2 章里这个主题被扩大，详细论述了表面电荷的来源，表面电荷是许多水溶胶分散体稳定性的关键性因素。在第 3 章中，通过静电相互作用和分散作用两个方面讲述了胶体的稳定性。在第 4、5 章中列举了胶体系统的两种重要实例，在一定深度上讨论了表面活性剂和微乳液。聚合物也是胶体科学中的一个重要方向，它们可以自身形成聚集体，但在分散体中能广泛地应用于促进或破坏稳定性，在第 6~8 章中对它们的作用做了详细的讨论。第 9 章讨论了胶体科学的另一个方面，即界面的润湿，并在第 10 章中将一些这类概念推广于气溶胶，这也是胶体系统中的另一个实例。最后四章把论述集中在实验技术上，包括第 11 章的流变学，这或许是胶体科学家最基本的工具，和第 12 章的光散射和成像方法学以及第 13、14 章胶态分散体的表征。

虽然本书是以在 Bristol 大学的课程为依据的，但它对于那些在胶体和界面

科学重要工作领域中需要得到导引的任何人提供了均衡的理论与实际相联系观点的论述。

我们向为本书的出版提供了帮助的下列人们表示诚挚的感谢：Yan Zhang 绘制了本书中的许多插图，Pam Byrt 在起草书稿方面提供了帮助，Edward Elsey 在通读书稿方面给予了帮助，Bristol 胶体中心的所有员工们对本编著计划起到了支持作用。作者要特别对撰稿人的夫人们表示感谢，没有她们的帮助和支持，本书将永远不会完成。

# 引言

回顾 Bristol 大学胶体科学的丰富历史，可以追溯到 20 世纪的初期。那时在 1907 年 J. W. McBain 被任命为化学教席。嗣后在 1919 年，主要由于他在肥皂溶液中分子缔合（后来被 Hartley 命名为胶束）的创造性工作，他被任命为物理化学的 Leverhulme 讲座教授，因为 Leverhulme 爵士很显然对这个领域的工作有强烈的兴趣。在 1926 年 McBain 去了美国（到斯坦福大学工作），此时专长多相催化的 W. F. Garner 继任 Leverhulme 讲座教授。后来他依次的继任人是 D. H. Everett (1954, 专业为界面和胶体热力学), R. H. Ottewill (1982, 对胶体科学的很多方面有广博的兴趣), 和 B. Vincent (1992 年)。

第一期春季讲习班是由 Ron Ottewill 设计的，他在 1964 年从剑桥大学来到 Bristol，在 Douglas Everett 的鼓励下，第一次开设胶体和界面科学的高级讲授和研究的硕士学位课程。这个高度成功的课程，在单数年举办了大概 30 届，直到英国科学教育中引入了 4 年制大学硕士学位后，使一年的研究生课程不再适宜时，才终止举办。在胶体和界面科学领域中的许多领衔工业科学家和学者，都曾以春季讲习班的博士生、硕士课程的成员或课程的参加者（迄今约 1000 人）从 Bristol 毕业。除了 Ron Ottewill 之外，1972 年第一期课程的教师还有 Aitken Couper、Jim Goodwin、Dudley Thompson 和 Brian Vincent。这个课程最早是由 Bristol 大学的校外研究系（当时的名称）主管的，在早期该系的许多人为这门课程提供了帮助和支持，在这方面必须特别提到 David Wilde 和 Sue Pringle。从 20 世纪 90 年代中期起，Bristol 胶体中心（BCC）取得了该课程的管理权，使之成为 BCC 每年开设的课程之一，举例来说，除了春季讲习班之外，BCC 还给没有主修科学专业的人们开设技术员水平的比较基础的课程。BCC 是 Brian Vincent 和 Jim Goodwin 在 1994 年建立的。在 1996 年 Jim 退休，Terry Cosgrove 继任 Jim 为代理主管，Cheryl Flynn 是第一个正式被任命的领导成员，随后是 Paul Reynolds（作为经理）。现在的工作成员有 11 人，主管人是 Roy Hughes，Paul 负责新事业的开发工作。



BCC 的工作目的是对英国国内和海外大范围的工业提供研究和培训支持，主攻它们在产品和加工中的胶体和界面科学与技术问题。BCC 的员工和理论胶体小组紧密地工作在一起。2001 年 BCC 发起了 DTI/EPSRC 资金支持的 IMPACT（创新制造与加工的应用胶体技术）法拉第合作公司，并在 IMPACT 的基础上建立了 ACORN（应用胶体研究网）DTI 联合项目。BCC 与 IMPACT 紧密合作，并在近年来产生了它自己的胶体科学与技术在线课程。春季讲习班课程是对这些课程的补充。特别是，与这些课程一起，春季讲习班着重强调授给参加者很广范围的基础实验技术，它已远远超出了本教材显示出来的那些初始设想。

虽然春季讲习班课程从一开始，目标就主要对准了工业科学家，但课程内容一直是来自工业中实际应用的许多说明基础原理的案例，讲授胶体科学的基本知识。多年来这些基点并没有发生变化，但也强力地产生和发展了新思想，本课程也因能兼容并包而达到了现代化。

# 目 录

<b>第 1 章 胶态分散体导论</b>	<i>Briant Vincent</i>	1
1.1 引言		1
1.2 一些基本定义		3
1.2.1 多分散性		3
1.2.2 粒子浓度		4
1.2.3 粒子的平均距离		4
1.2.4 界面面积		4
1.3 界面结构		5
1.4 胶态分散体的制备		6
1.4.1 粉碎		6
1.4.2 成核与生长		7
1.5 稀分散体系的性质		9
1.6 浓分散体的性质		10
1.7 胶体稳定性的控制		11
参考文献		12
胶体与表面科学相关教材		12
<b>第 2 章 胶态体系中的电荷</b>	<i>Jason Riley</i>	13
2.1 引言		13
2.2 表面电荷的来源		13
2.2.1 表面基团的电离		14
2.2.2 离子吸附		14
2.2.3 离子型固体的溶解		14
2.2.4 同型取代		15
2.2.5 电势决定离子		15
2.3 带电界面上惰性离子的分布		15

2.3.1	汞/电解质界面 .....	16
2.3.2	Helmholtz 模型 .....	20
2.3.3	Gouy-Chapman 理论 .....	20
2.3.4	Stern 修正 .....	23
2.3.5	专一吸附 .....	25
2.3.6	粒子间力 .....	26
2.4	电动性质 .....	27
2.4.1	电解质流动 .....	27
2.4.2	流动电势测量 .....	28
2.4.3	电渗析 .....	28
2.4.4	电泳 .....	29
2.4.5	电声技术 .....	31
	参考文献 .....	32
<b>第 3 章</b>	<b>胶体稳定性</b> <i>John Eastman</i> .....	33
3.1	引言 .....	33
3.2	胶体对势能 .....	33
3.2.1	引力 .....	34
3.2.2	静电斥力 .....	35
3.2.3	粒子浓度的影响 .....	36
3.2.4	总势能 .....	37
3.3	稳定性的标准 .....	38
3.3.1	盐的浓度 .....	39
3.3.2	抗衡离子化合价 .....	40
3.3.3	$\zeta$ 电势 .....	41
3.3.4	粒子的大小 .....	42
3.4	聚沉的动力学 .....	42
3.4.1	扩散控制的快速聚沉作用 .....	42
3.4.2	相互作用力控制的聚沉作用 .....	44
3.4.3	ccc 的实验测定 .....	44
3.5	结论 .....	45
	参考文献 .....	45
<b>第 4 章</b>	<b>表面活性剂在界面处的聚集与吸附</b> <i>Julian Eastoe</i> .....	46
4.1	表面活性剂的特性 .....	46
4.2	表面活性剂的分类和应用 .....	47

4.2.1	表面活性剂的类型	47
4.2.2	表面活性剂的应用与发展	49
4.3	表面活性剂在界面处的吸附	51
4.3.1	表面张力和表面活性	51
4.3.2	表面过剩和吸附热力学	52
4.3.3	表面活性剂吸附的效率和有效度	56
4.4	表面活性剂的溶解性	58
4.4.1	Krafft 温度	58
4.4.2	浊点	59
4.5	胶束化	59
4.5.1	胶束化热力学	59
4.5.2	影响 CMC 的因素	62
4.5.3	胶束的结构和分子填充	64
4.6	液晶中间相	66
4.6.1	定义	66
4.6.2	结构	67
4.6.3	相图	69
	参考文献	70

## 第 5 章 微乳液 *Julian Eastoe* 72

5.1	微乳液：定义与历史	72
5.2	形成与稳定性理论	73
5.2.1	微乳液中的界面张力	73
5.2.2	动力学不稳定性	74
5.3	物理化学性质	76
5.3.1	预测微乳液类型	76
5.3.2	表面活性剂膜的性质	80
5.3.3	微乳液相行为	86
	参考文献	91

## 第 6 章 聚合物和聚合物溶液 *Terence Cosgrove* 93

6.1	引言	93
6.2	聚合反应	93
6.2.1	缩聚法	94
6.2.2	自由基聚合	94

6.2.3	离子聚合法	94
6.3	共聚物	95
6.4	聚合物的物理性质	95
6.5	聚合物的用途	97
6.6	聚合物结构的理论模型	97
6.6.1	回旋半径	98
6.6.2	螺旋链	98
6.6.3	理想溶液中的回旋半径	99
6.6.4	排除体积	99
6.6.5	标度理论: 串滴模型	100
6.6.6	聚合电解质	100
6.7	聚合物分子量的测定	101
6.8	聚合物溶液	103
	参考文献	106
<b>第7章</b>	<b>界面上的聚合物</b>	<i>Terence Cosgrove</i>
7.1	引言	107
7.1.1	空间稳定性	107
7.1.2	溶液中聚合物的大小和形状	108
7.1.3	小分子的吸附	108
7.2	聚合物的吸附	110
7.2.1	构型熵	110
7.2.2	Flory 表面参数 $\chi_s$	111
7.3	端部附着链的模型及模拟	111
7.3.1	原子模型	112
7.3.2	精确计数法: 末端附着链	113
7.3.3	近似方法: 末端附着链	114
7.3.4	末端附着链的标度模型	116
7.3.5	物理吸附链: Scheitjens 和 Fleer 理论	117
7.3.6	物理吸附的标度理论	120
7.4	实验方面	121
7.4.1	体积分数剖面	121
7.4.2	吸附等温线	122
7.4.3	束缚分数	125
7.4.4	层的厚度	126

7.5	共聚物 .....	129
7.5.1	液/液界面 .....	130
7.6	聚合物刷子 .....	132
7.7	结论 .....	133
	参考文献 .....	134
<b>第 8 章</b>	<b>聚合物对胶体稳定性的影响</b> <i>Jeroen van Duijneveldt</i> .....	135
8.1	引言 .....	135
8.1.1	胶体稳定性 .....	135
8.1.2	电荷稳定作用的局限 .....	135
8.1.3	聚合物对胶体粒子相互作用的影响 .....	136
8.2	粒子相互作用势能 .....	136
8.2.1	表面力测量 .....	136
8.3	空间稳定作用 .....	137
8.3.1	理论 .....	137
8.3.2	空间稳定剂的设计 .....	140
8.3.3	边缘溶剂 .....	141
8.4	排空相互作用 .....	143
8.5	桥联相互作用 .....	146
8.6	结论 .....	148
	参考文献 .....	148
<b>第 9 章</b>	<b>表面的湿润</b> <i>Paul Reynolds</i> .....	150
9.1	引言 .....	150
9.2	表面和定义 .....	150
9.3	表面张力 .....	151
9.4	表面能 .....	152
9.5	接触角 .....	152
9.6	湿润 .....	153
9.7	液体的铺展和铺展系数 .....	155
9.8	黏着和黏附 .....	155
9.9	表面上的两种液体 .....	156
9.10	洗涤剂 .....	159
9.11	液体在液体上的铺展 .....	160
9.12	固体表面的表征 .....	162

9.13	极化和色散成分	163
9.14	极性材料	163
9.15	可湿润性包络线	164
9.16	测量方法	166
9.17	结论	168
	参考文献	168
<b>第 10 章</b>	<b>气溶胶</b> <i>Jonathan Reid</i>	169
10.1	引言	169
10.2	气溶胶的制备和取样	173
10.2.1	气溶胶的制备	173
10.2.2	气溶胶的取样	175
10.3	测定粒子的浓度和尺寸大小	177
10.3.1	测定数量浓度	178
10.3.2	测定质量浓度	178
10.3.3	测定粒子的大小	179
10.4	测定粒子组成	183
10.4.1	取样和离线分析	184
10.4.2	实时分析	185
10.4.3	单个粒子分析	185
10.5	结束语	188
	参考文献	189
<b>第 11 章</b>	<b>实用流变学</b> <i>Roy Hughes</i>	190
11.1	引言	190
11.2	测量	190
11.2.1	定义	190
11.2.2	实验设计	192
11.2.3	夹具	195
11.2.4	黏度测量	196
11.2.5	剪切变稀和变稠行为	198
11.3	流变测量学和黏弹性	200
11.3.1	黏弹性和 Deborah 数	200
11.3.2	振荡和线性	201
11.3.3	蠕变柔量	202

11.3.4	液体和固体行为	203
11.3.5	沉降和储存稳定性	204
11.4	软材料的例子	207
11.4.1	简单粒子和聚合物	207
11.4.2	网络和官能作用	210
11.4.3	高分子添加剂	211
11.4.4	颗粒添加剂	211
11.5	总结	214
	参考文献	214

## 第 12 章 散射与反射技术 *Robert Richardson* 215

12.1	引言	215
12.2	散射实验的原理	216
12.3	用于散射实验的辐射源	217
12.4	光散射	217
12.5	光散射动力学	220
12.6	小角散射	221
12.7	辐射源	221
12.8	小角散射设备	223
12.9	原子的吸收与散射	224
12.10	散射长度密度	225
12.11	分散体的小角散射	226
12.12	球形粒子的形状系数	226
12.13	用小角 X 射线散射和小角中子散射测定粒子尺寸	227
12.14	用 Guinier 图确定回旋半径	227
12.15	粒子形状确定	228
12.16	多分散性	229
12.17	确定粒子尺度分布	229
12.18	各向异性粒子的排列	230
12.19	浓分散体	231
12.20	利用小角中子散射的衬度变化	233
12.21	高 Q 限: Porod 定律	233
12.22	X 射线和中子反射导论	235
12.23	反射实验	236
12.24	一个反射测定的简单例子	236



12.25 结论 .....	238
参考文献 .....	238
<b>第 13 章 光学操控</b> <i>Paul Bartlett</i> .....	240
13.1 引言 .....	240
13.2 以光操控物质 .....	240
13.3 光学镊子产生的力 .....	243
13.4 纳米组装 .....	244
13.5 单一粒子动力学 .....	245
13.5.1 纳米级位移的测量 .....	246
13.5.2 光学阱中的布朗涨落 .....	246
13.5.3 胶态凝胶中的动力学复杂性 .....	248
13.6 总结 .....	249
参考文献 .....	250
<b>第 14 章 电子显微法</b> <i>Sean Davis</i> .....	251
14.1 (电子) 光学成像系统的基本特征 .....	251
14.2 常规 TEM .....	253
14.2.1 背景 .....	253
14.2.2 关于操作 .....	253
14.2.3 聚合物乳胶粒子 .....	254
14.2.4 核-壳粒子 .....	255
14.2.5 内部结构 .....	256
14.3 常规扫描电子显微镜 (SEM) .....	259
14.3.1 背景 .....	259
14.3.2 信号类型 .....	259
14.3.3 关于操作 .....	259
14.4 小结 .....	265
参考文献 .....	266