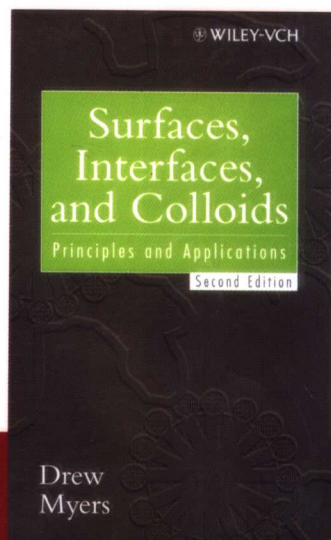


表面、界面和胶体 ——原理及应用

[阿根廷] 德鲁·迈尔斯(Drew Myers) 著
吴大诚 朱谱新 王罗新 高绪珊 等译



Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

表面、界面和胶体——原理及应用 (第二版)/[阿根廷] 德鲁·迈尔斯 (Myers, D.) 著; 吴大诚等译. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8

书名原文: Surfaces, Interface and Colloids: Principles and Applications, 2nd edition.

ISBN 7-5025-6116-1

I. 表… II. ①迈…②吴… III. ①表面活性剂-表面化学②胶体化学
IV. 064

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 090891 号

Surfaces, Interface, and Colloids: Principles and Applications (Second Edition)/by Drew Myers

ISBN 0-471-33060-4

Copyright©1999 by John Wiley & Sons. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons 出版公司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。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-6458

表面、界面和胶体——原理及应用

(原著第二版)

[阿根廷] 德鲁·迈尔斯 (Drew Myers) 著

吴大诚 朱谱新 王罗新 高绪珊 等译

责任编辑: 宋向雁

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 26 字数 484 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6116-1/TQ·2081

定 价: 50.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

本书译者

英文版序	吴大诚	
第1章	吴大诚	
第2章	李瑞霞	吴大诚
第3章	朱谱新	蔡兵
第4章	蔡兵	朱谱新
第5章	姚永毅	朱谱新
第6章	姚永毅	朱谱新
第7章	王罗新	朱谱新
第8章	郑庆康	朱谱新
第9章	朱谱新	吴大诚
第10章	朱谱新	吴大诚
第11章	杜宗良	迟蕾
第12章	杜宗良	陈以会
第13章	李瑞霞	朱谱新
第14章	陈枫	王罗新
第15章	王罗新	吴大诚
第16章	高绪珊	
第17章	孟朝辉	王罗新
第18章	付吉全	王罗新
第19章	廖青	王罗新
各章附图	姚永毅	
英汉名词对照	朱谱新	吴大诚

中文版前言

在一本关于物质科学的情报源^[1]中，对表面的一节罗列出几十本表面科学的著作，分为若干种类型。首先，评论列出 5 本引导性的优秀教材。这 5 本教材^[2~6]中，有两本应当是中文读者熟悉的，因为它们早已有中译本。其中，1919 年出生于上海的美国化学家 Adamson 撰写的《表面物理化学》是这个领域最重要的经典著作，至 1990 年已有第 5 版，他并与 Gast 合作于 1997 年完成同名新作^[7]。此书整整教育了几代化学家，并且继续会在 21 世纪中使用。另一本是后来出版的《表面化学物理》，它总结了许多较新的成果，尤其偏重于物理方面。在其余 3 本中，最新的就是本书。

与普通书名相比，本书的书名似乎有点冗长，即《表面、界面和胶体——原理及应用》。然而，书名与内容是完全一致的。假定读者只学过大一的普通化学，因此这里不妨对书名加以详细解释^[8]。

所谓“表面”，一般指气体与凝聚相之间的两种交界区域：气体-液体；气体-固体。而“界面”则是凝聚相与凝聚相之间的三种交界区域：液体-液体；液体 1-液体 2；固体 1-固体 2。在实用上，尤其是近年，界面是一个更普通的术语，液体-气体和固体-气体的表面也可统一称为它们之间的界面。“胶体”一般指由尺寸在 1~1000nm 范围内的微粒^[9]分散在某种介质中所形成的体系，微粒称为分散相，而连续相称为分散介质。实际存在的胶体体系有 8 类，决定于分散相和连续相的相态，可列为下表：

分散相	连续相	分散相	连续相	分散相	连续相
液体	气体	气体	液体	气体	固体
固体	气体	液体	液体	液体	固体
		固体	液体	固体	固体

以固体为连续相的三类胶体，可以举出的实例分别是泡沫塑料、纳滤体系和高分子合金，显然都很有实际意义，但传统上都没有列入经典胶体化学的讨论。考虑到这一点之外，本书就是关于表面、界面和胶体写得最完整的一本入门教材。

本书形式上的特点是：全面、精炼、生动。它对上述定义的表面、界面和胶体的几乎所有内容均在不同程度上有所阐述，对于重要问题都从所涉及的基本物理化学原理开始，从热力学和动力学两个方面来说明，采纳许多生动的形象化的

比喻解释许多深奥的现象以及彼此间的各种关联。当然,要完全加以展开,势必成为百科全书,本书作为教材,可以说恰到好处。从内容上看,本书较好地实现了原理和应用的协调。虽然完全回避了高深的数学,但还是正确阐述了许多基本概念和原理,并对许多自然和人为的表面和胶体现象加以正确解释。

由于以上原因,我们真诚地向读者推荐本书。近年来,由于 de Gennes^[10]等杰出科学家的努力,学术界将胶体列为“软物质”的主要范畴之一,在基础理论上取得了突破性的重大进展。然而,在高等教育层次上看来,表面和胶体化学这个专题仍然是被忘却的,除专攻物理化学专业的学生之外,其他学习化学和化工的学生并没有这个专门的课程,他们甚至在化学、化工方面取得学位之后对表面和胶体化学也可能一无所知或知之甚少。而相关专业(如物理学,材料学,生物学,医药学,除化学工程外的工程科学如轻工、纺织、食品、环保、气象、石油和采矿等)的学生就更不用说了。

从本书中,学生和教师可以发现,从一种比较轻松的阅读中也能获得极其严肃的知识。更为重要的是,对于一些实际工作者,他们工作在诸如纺织印染、造纸印刷、食品加工、糖的精制、乳液聚合、多相催化、离子交换、洗涤去污、污水处理、土壤改良、石油钻探、矿物浮选、道路铺面、防水防湿、农药散布、油墨制造、润湿处理、黏合黏附、润滑磨损、研磨分散、沉淀作用、泡沫生成与消除、化妆品制备和应用等领域,可能每天都会面临表面、界面和胶体的实用方面的问题。为了改进工作,要跳出盲目尝试方法的怪圈,必须要有系统的理论指导,他们没有精力和时间学习“学院式”的理论。这样一来,本书可能就是他们最好的选择。对于继续教育十分重要的今天,这种体例书籍的重要性是不言而喻的。

著名物理学家 Pauli 曾戏称:“表面是过去由魔鬼发明的。”但愿在读完本书之后,读者可以在相关的绝大多数领域中将“魔鬼”驱逐出去。

吴大诚

2004 年 5 月于四川大学

参 考 文 献

- 1 Shaw F. Information Sources in Physics. London: Bowker Saur, 1994
- 2 Somorjai G. Principles of Colloids Chemistry. New York: Prentice-Hall, 1972
- 3 MacRitchie F. Chemistry of Interfaces. San Diego: Academic Press, 1990
- 4 Myers D. Surfaces, Interfaces and Colloids; Principles and Applications. New York: Wiley-VCH, First Edition 1991, Second Edition 1999 (中译本即为本书)
- 5 Adamson A W. Physical Chemistry of Surfaces. Wiley-Interscience. New York: J. Wiley, 5th Edition 1990 中译本: A W 亚当森(顾锡人译). 表面的物理化学(由英文第 3 版译出).

北京：科学出版社，1984

- 6 Morrison S R. The Chemical Physics of Surfaces. New York: Plenum Press, 1997 中译本：S Roy Morrison (赵壁英、刘英骏、卜乃瑜等译) . 表面化学物理 (由 1977 年英文版译出) . 北京：北京大学出版社，1984
- 7 Adamson A W, Gast A P. Physical Chemistry of Surfaces. New York: Wiley, 1997
- 8 Birdi K S. Handbook of Surface and Colloid Chemistry. New York: CRC Press, 1997
- 9 Shaw D J. Introduction to Colloid and Surface Chemistry. 4th Edition. London: Butterworth, 1999 中译本：D 肖 (张中路、张仁佑译) . 胶体和表面化学导论 (由英文第 3 版译出) . 北京：化学工业出版社，1989
- 10 de Gennes P G. , Soft Matter (软物质), 1991 年诺贝尔物理讲演稿, The Nobel Foundation, 1992; Reviews of Modern Physics, Vol. 64, 645~648, July 1993

第二版前言

继续第一版的基本哲学，即在化学、物理学、生物学、医学及其他学科的包罗万象的境况中“概括出”表面和胶体科学，本书第二版计划更像教科书的风格。由评论家和读者指出的许多错误、疏漏和希望已经校正。在第一版中曾忽略的几个重大题目已经增补；为了控制本书的篇幅仍维持在可控制的水平上，删去了看来不必要繁冗的或不太重要的材料。或许，新（或还有老）读者仍将发现错误，对所述材料还有疑问。阿伯拉罕·林肯有一句名言的意思是：你不可能使所有时代的所有人都满意。

由于组成表面和胶体科学的各种题目之间有复杂的相互关系，将这些题目分割为“干净利索”的单元是十分困难的，尤其是想避免写成百科全书似的一大本，就更加如此。结果，将第二版与第一版相比，可能有更多的题目看来有点反常，或与上下文不太相符。在写作的时候，似乎最好的方针是追随，而“世风”不允许太多退缩。在消化吸收有疑问的材料中，但愿重复是有帮助。

应几位读者（及出版者）的要求，在每章末加进了一定数量的习题。所含的数量不太大，其难度范围由极其简单至相当艰难。在某些情况下，为了发现解题所需的线索，学生们只好（带有反感）去仔细通读。在另一种情况下，答案像一条蛇会去“咬疼”他们。希望所拟习题有助于澄清所述概念，不至于带来过度的“疼痛”。习题暗示该章叙述材料所注意的现状，可以用来激励将那些原理进一步应用于科学技术广泛的领域。

可能已经注意，本书不列专门的参考文献。按照作者的意见，为了将注意力集中于所提出的概念，这种类型的普通教材或专著应尽可能减少复杂因素。对于希望继续更有深度题目或想发现专门参考文献的读者，所列总的和各章的书目已有提供。书末列举书目中所引的一些书可能并非该书的最新版本。此外，书目中一般读物列举著作的版本与各章书目中给出的版本可能也不相同。出现这种情况只反映一个事实，即作者并没有利用最新版本去确证该书任何组织上的差异。按本书的技术水平，它们在内容上的任何差异都是没有意义的。

作者愿表示对 Jose Martina、Hugo Martina 以及对阿根廷（卡多巴）里约热内卢 ALPHA C. I. S. A. 组织的感谢，他们允许作者自由支配时间以完成本书。

第一版前言

表面和界面科学这个边缘科学领域，多年以来只是作为物理化学和物理学的“同母异父姊妹”而大受冷落，但现在已经得到普遍承认，对于许多最重要的和复杂的技术和生物过程而言，这个边缘领域即使不是惟一的、也是至关重要的一种组成部分。千百年来人们早已意识到，包括胶体体系的各种表面现象，在人类生活的许多领域均有很大的应用潜力。

从历史上看，包含界面和胶体现象的各种体系的改进，一些新应用的发展，都是“尝试法”这种反反复复过程的结果，是长期发展的经验规律的应用。换言之，这个领域更多是一门技艺，而非科学。但是，当前的经济和社会条件将这类古老的技艺方法用于发明、开发和生产远非称心如意，仅尚可而已。在当今的技术氛围中，一点点小的优劣在激烈的经济竞争中就可能带来存亡之差。

正是这种历史上形成的格局，我们的教育机构通常继续敷衍设置或完全无视表面和胶体科学这门学科。在化学、物理学、工程学、材料学和其他学科毕业生中，或许95%以上的人在进入职业生涯时完全没有关于表面、界面和胶体的甚至最初步的概念——尽管事实是直接或间接涉及这个科学领域的经济活动以数百亿美元而计。结果，科学家和技师（及其雇主）损失了大量的时间和材料（即金钱！）去寻求解决方法。而在某些情况下，只要应用表面和胶体科学的基本原理，这些解决方法可能是显而易见的，或者至少更容易被发现。

虽然在表面和胶体科学中有大量优秀的标准参考书籍，但对于为了寻求初步概念而临时抱佛脚的读者，他们不愿涉足于理论的杂乱丛林，因而惧怕这些书籍。这些标准书籍主要作为表面和胶体专家的教材，而对于不太熟悉热力学、量子力学、溶液理论、电现象等细节的人，其壁垒通常过于艰深。

本书想为科学家、技师和学生搭建一座便桥，他们在工作中可能或需要应用表面和胶体科学某些方面，或在其训练过程中想对这个领域有一定熟悉。本书计划提供概念的一般导引，而不是坚实的理论背景。为清晰起见，必须包括某些理论，而细微之处则留待有兴趣（或需要）的读者继续阅读所列举的参考文献。在大多数情况下，讨论的重心主要集中在阐述概念，使用半定量或定性的例子来突出所涉及的原理。

虽然只有极少的篇幅用于阐述理论，而这门学科定量化的本质需要引入一定的数学公式，但是公式基本上只是工具，需要时可以备用，不需要时则束之高

阁。由于这种原因，可以发现本书大部分都避免数学。

与此类似，广泛参阅原始文献偶尔可能有用，但大多数读者或许并不热衷于追求那样的细节。为此，本书仅列出极少的参考文献，代之在每章所附参考书目中列出各种专著，它们则包含有原始文献。

我想感谢 G. H. Pearson、B. W. Rossiter 和 D. A. Smith 三位博士多年来在专业上强有力的支持，感谢 H. D. Bier 和 W. P. Reeves 两位博士最早的重要推动。此外，我还要感谢英国 Bristol 大学化学学院表面和胶体小组的同仁，他们与全世界少数几个小组一道，对于维持这个领域的极高标准而努力奋斗。

Drew Myers

于阿根廷里约热内卢（卡多巴）

目 录

第1章 表面和胶体：边缘科学的领域	1
1.1 引言：被忽视尺寸的世界	1
1.2 历史简述	4
1.3 将来远景	5
习题	5
第2章 表面与界面：一般概念	6
2.1 界面的性质	6
2.2 表面自由能	8
2.2.1 内聚功和黏附功	10
2.2.2 标准参考状态	13
2.2.3 界面区的分子特性	13
习题	14
第3章 表面活性和表面活性剂的结构	16
3.1 表面活性的基本结构要求	16
3.2 表面活性剂结构和来源	18
3.2.1 表面活性剂的分类	18
3.2.2 表面活性剂分子的结构单元	19
3.2.3 表面活性剂的增溶基团	21
3.2.4 常见表面活性剂的疏水基团	22
3.3 表面活性剂的经济重要性	25
3.4 环境中的表面活性剂	27
3.4.1 表面活性剂的生物降解	27
3.4.2 生物降解的规律	28
习题	28
第4章 吸引力	30
4.1 化学作用和物理作用	30

4.2	长程物理力的重要性	31
4.3	物理力的分类	32
4.3.1	库仑相互作用或静电相互作用	32
4.3.2	与离子有关的其他相互作用	34
4.4	范德瓦尔斯力	41
4.4.1	偶极-偶极相互作用	41
4.4.2	角平均的偶极相互作用	43
4.4.3	偶极-诱导偶极相互作用	43
4.4.4	London-范德瓦尔斯(色散)力	44
4.4.5	极性分子间总的范德瓦尔斯相互作用	46
4.4.6	非真空介质的影响	48
4.5	表面和粒子间的相互作用	49
4.5.1	在非真空介质中的表面相互作用	50
4.5.2	偶极、诱导偶极和氢键(酸-碱)相互作用	51
4.6	Lifshitz 理论: 一种连续方法	51
4.6.1	Hamaker 和 Lifshitz 理论的某些不足	53
4.6.2	硬球直径效应	55
4.7	界面相互作用的流体动力学流动效应	56
	习题	58

第5章	静电力和双电层	60
5.1	界面电荷的来源	60
5.1.1	离子的不等量溶解	60
5.1.2	表面基团的直接电离	62
5.1.3	表面离子的取代	62
5.1.4	特殊离子的吸附	62
5.1.5	各向异性晶体	63
5.2	静电理论: Coulomb 定律	63
5.2.1	Boltzmann 分布和双电层	63
5.2.2	双电层的厚度: Debye 长度	64
5.2.3	特殊离子吸附和 Stern 层	67
5.3	动电现象	69
5.3.1	粒子电泳	70
5.3.2	动界电泳	71
5.3.3	凝胶(或区域)电泳	71

5.3.4 有关动电特性的几种实用性评述	72
习题	73
第6章 毛细作用	74
6.1 流体性质和动力学	75
6.2 毛细模型	76
6.3 液体-流体体系中毛细驱动力	77
6.3.1 固体-液体-流体体系: 接触角效应	78
6.3.2 毛细流动和铺展过程	79
6.3.3 毛细流动中几何学方面的讨论	81
6.3.4 毛细驱动力的测定	82
6.3.5 毛细流动分析的复杂性	84
6.3.6 毛细流动的流速和流型	87
6.4 某些实际的毛细体系	89
6.4.1 纺织品和纸张的润湿	89
6.4.2 防水或排斥控制	91
6.4.3 去污过程中的毛细作用	92
习题	93
第7章 固体表面	95
7.1 固体的表面迁移率	96
7.2 “历史”及固体表面的特性	98
7.3 固体表面自由能与表面张力的关系	99
7.4 固体表面的形成	100
7.4.1 结晶表面	101
7.4.2 成核过程	101
7.4.3 无定型固体表面	103
习题	105
第8章 液体-流体界面	107
8.1 液体表面的性质: 表面张力	107
8.1.1 表面迁移率	108
8.1.2 温度对表面张力的影响	109
8.1.3 表面曲率的影响	109
8.1.4 动态表面张力	110

8.2	溶液的表面张力	112
8.2.1	表面活性剂和表面张力的降低	114
8.2.2	相密度的影响	115
8.3	表面活性剂的吸附和 Gibbs 单分子膜	115
8.3.1	效率、效力和表面活性剂的结构	116
8.3.2	吸附效力	117
8.4	不溶性单分子膜	120
8.4.1	表面压	122
8.4.2	表面电势	122
8.4.3	表面流变学	123
8.5	单分子膜的物理状态	123
8.5.1	气态膜	124
8.5.2	液态膜	125
8.5.3	凝聚膜	126
8.5.4	影响生成膜类型的一些因素	127
8.5.5	混合膜的形成	129
8.5.6	高分子和蛋白质的表面膜	130
8.5.7	液-液界面和非水液体界面的单分子膜	131
8.5.8	沉积单分子膜和多层膜	131
8.6	结语	132
	习题	133
第 9 章	吸附	136
9.1	引言	136
9.1.1	Gibbs 表面过剩	137
9.1.2	Gibbs 吸附公式	139
9.2	在固-气界面上的吸附	141
9.2.1	能量的思考: 物理吸附与化学吸附	142
9.2.2	化学吸附和多相催化	144
9.2.3	催化促进剂和催化毒物	146
9.3	固-气吸附等温线	147
9.3.1	吸附等温线的分类	148
9.3.2	Langmuir 等温线	149
9.3.3	Freundlich 吸附等温线	150
9.3.4	Brunauer-Emmett-Teller (BET) 等温线	150

9.3.5 由 BET 等温线求表面面积	151
9.4 在固-液界面的吸附	152
9.5 吸附模型	152
9.6 溶质吸附的定量化	153
9.6.1 固-液体系中的吸附等温线	154
9.6.2 固-液界面的吸附和改性	155
9.6.3 吸附和吸附剂表面的性质	155
9.6.4 环境因素对吸附的影响	158
9.6.5 吸附对固体表面性质的影响	160
习题	161
第 10 章 胶体和胶体稳定性	163
10.1 胶体和胶体现象的重要性	163
10.2 胶体：一种实用的定义	164
10.2.1 胶体结构	164
10.2.2 胶体尺寸	166
10.2.3 术语的一些要点	166
10.3 胶体形成的机理	167
10.3.1 粉碎或者分散的方法	167
10.3.2 凝聚方法	168
10.4 胶体行为的“根源”	169
10.5 胶体稳定性的基本规则	170
10.5.1 语义学的问题	171
10.5.2 稳定的机理	172
10.5.3 分子间基本作用力的回顾	172
10.5.4 粒子间的基本力	173
10.5.5 在非真空介质中的吸引相互作用	175
10.6 胶体稳定性的来源	176
10.6.1 带电表面和双电层	176
10.6.2 某些复杂因素	177
10.7 空间稳定作用或熵稳定作用	178
10.7.1 空间稳定作用的机理	178
10.7.2 在空间稳定作用中的溶剂效应	179
10.7.3 高分子分子量的影响	180
10.7.4 耗尽絮凝	181

10.8	凝结动力学	181
10.8.1	粒子碰撞动力学: 快速凝结	182
10.8.2	慢速凝结	184
10.8.3	临界凝结浓度	185
10.8.4	Deryagin-Landau-Verway-Overbeek (DLVO) 理论	185
10.8.5	可逆絮凝和第二极小值	187
10.9	完全相互作用曲线	188
	习题	189
第 11 章	乳液	192
11.1	乳液科学与技术的基本概念	192
11.2	乳液的形成	193
11.3	乳液和液-液界面	194
11.3.1	乳化剂和稳定剂的分类	195
11.3.2	决定乳液类型的因素	196
11.4	液-液界面上的吸附	196
11.5	乳液形成和稳定性的一般讨论	198
11.6	稳定机理的某些细节	199
11.6.1	高分子乳化剂和稳定剂	199
11.6.2	固体粒子	200
11.6.3	表面活性剂	201
11.6.4	表面活性剂的结构和乳液行为	201
11.6.5	液晶和乳液稳定性	202
11.6.6	混合表面活性剂体系和界面的复合体	202
11.6.7	乳液的类型	203
11.6.8	亲水-亲油平衡值	205
11.6.9	内聚能和溶度参数	207
11.7	溶度参数、表面活性剂和乳液	210
11.8	HLB 和溶度参数之间的关系	213
11.9	几何方法	214
11.9.1	相反转温度	214
11.9.2	在乳液配方中 HLB 和 PIT 的应用	216
11.9.3	影响乳液稳定性的某些其他因素	217
11.10	多重乳液	219
11.10.1	多重乳液的命名	219

11.10.2	多重乳液的制备和稳定性	220
11.10.3	初始乳液的破坏	221
11.10.4	表面活性剂和相的组成	222
习题		223
第 12 章	泡沫	225
12.1	泡沫的重要性	226
12.2	泡沫的形成	226
12.3	泡沫的基本性质	227
12.4	泡沫的稳定性或持久性	228
12.4.1	稳定的热力学条件	228
12.4.2	稳定机理	230
12.5	发泡能力和稳定性的实际控制	231
12.5.1	单体表面活性剂的稳定性	232
12.5.2	高分子和泡沫稳定性	234
12.6	泡沫的形成和表面活性剂的结构	234
12.7	液晶和泡沫的稳定性	236
12.8	添加剂对表面活性剂泡沫性质的影响	237
12.9	泡沫抑制	239
习题		241
第 13 章	气溶胶	243
13.1	气溶胶的重要性	243
13.2	气溶胶的胶体性质	244
13.2.1	气溶胶运动的动力学	244
13.2.2	气溶胶中胶体的相互作用	246
13.3	液体气溶胶: 雾	248
13.3.1	喷射成雾及其有关机理	249
13.3.2	液滴形成的惯性过程	249
13.3.3	喷嘴雾化	250
13.3.4	旋转雾化	251
13.3.5	凝结形成气溶胶	252
13.4	固体气溶胶: 粉尘和烟	254
13.5	气溶胶的破坏	255
习题		258

第 14 章 界面上的高分子	260
14.1 大分子的溶解性	260
14.1.1 溶液中高分子链构象的统计学	261
14.1.2 无规行走的问题	261
14.2 高分子在界面上的吸附	262
14.3 高分子-表面活性剂的相互作用	264
14.3.1 高分子-表面活性剂复合物形成机理	265
14.3.2 高分子、表面活性剂和增溶	271
14.3.3 乳液聚合	271
习题	272
 第 15 章 缔合胶体: 胶束、囊泡和膜	274
15.1 表面活性剂溶解度、Krafft 温度和雾点	274
15.2 表面活性剂液晶	277
15.3 胶束	279
15.3.1 胶束形成的证明	280
15.3.2 胶束形成的经典热力学	281
15.3.3 胶束化自由能	283
15.4 分子几何学与缔合胶体的形成	285
15.5 表面活性剂结构、环境和胶束化过程之间的关系	288
15.5.1 聚集数	288
15.5.2 临界胶束浓度	289
15.5.3 添加剂的影响	293
15.5.4 混合表面活性剂体系中胶束的形成	295
15.5.5 非水介质中胶束的形成	296
15.6 囊泡和双层膜	297
15.6.1 囊泡	298
15.6.2 聚合囊泡和脂质双层膜	299
15.7 生物膜	299
15.7.1 膜表面活性剂或脂类	300
15.7.2 膜动力学	300
习题	301
 第 16 章 增溶、胶束催化和微乳液	302
16.1 增溶	302