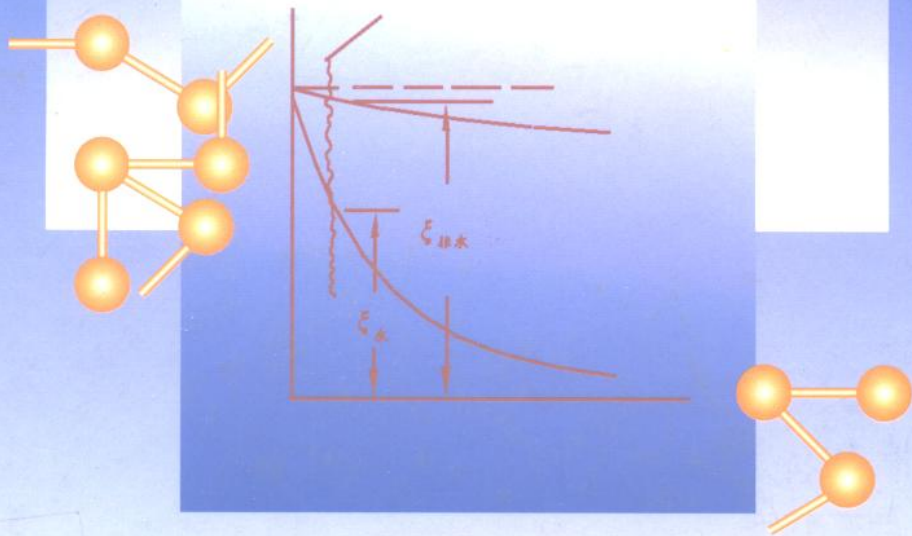


# 应用胶体化学

侯万国 孙德军 张春光 编著



科学出版社

# 应用胶体化学

侯万国 孙德军 张春光 编著

科学出版社

1998

## 内 容 简 介

胶体化学是应用极为广泛的化学分支学科。本书详细地阐述了胶体化学的一些研究方法和应用技术。

本书分为两大部分：第一部分详细介绍胶体化学的基本原理；第二部分重点介绍胶体化学在一些技术领域(如石油开发、催化、涂料、建材、橡胶、塑料、医药、食品、化妆品等)中的应用，并阐述用胶体化学原理解决实际问题的思路。

本书注重理论联系实际，讨论中采用了大量的最新研究成果，其中包括作者及其合作者的部分研究工作。本书可供各行各业中与化学化工专业有关的科研人员和工程技术人员参考，也可作为高等院校有关专业的教材或参考书。

### 应用胶体化学

侯万国 孙德军 陈光 编著

责任编辑：陈光

化学工业出版社

北京北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

新华书店印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1998年11月第一版 开本：850×1168 1/32

1998年11月第一次印刷 印张：12 3/8

印数：1—2 000 字数：320 000

ISBN 7-03-006479-8/O·993

定价：30.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈科印〉)

# 前 言

胶体与界面化学是应用非常广泛的化学分支学科，涉及石油开发、陶瓷、催化、涂料、建材、造纸、塑料、皮革、农药、环保、纺织、医药、食品、化妆品、染料等众多领域。但目前我国很多科技工作者和生产管理人员对这门学科并不熟悉，在解决胶体与界面化学问题时因缺乏必要的理论知识而束手无策。然而，在我国高等学校的课程设置中，胶体与界面化学列为物理化学的一部分，因学时限制讲授内容很少，所以即使是化学本科毕业的学生对这门学科也知之甚少。正如美国著名胶体化学家 Hiemenz 所说：“学生在取得了化学学位之后，很可能还不知道什么是胶体与界面化学”，至于胶体化学的应用知识就更无从谈起了。为了改变这种状况，促进我国胶体与界面化学的研究和应用，满足广大科技工作者和有关高等院校师生的需要，我们编著了这本以应用技术知识为主要内容的《应用胶体化学》。

本书分为两部分：第一部分简单介绍胶体化学的基础理论；第二部分重点介绍胶体化学在一些具体领域中的应用，特别注意理论联系实际，重点阐述胶体化学应用技术、研究方法和解决问题的思路。本书采用了大量的最新研究成果，其中包括作者及其合作者的部分研究工作。由于胶体化学内容十分丰富，涉及面很广，限于篇幅，本书介绍的只是其中的部分应用内容，供读者参考。另外，本书是入门性的，读者从中可了解到胶体化学的基础知识和应用技术，为相关工作奠定基础。准备开展胶体化学课题研究的读者，可进一步查阅有关专著和本书所附的参考文献。

本书纲目由张春光拟定，第一章也由张春光编著，第二、三、四、六、七、八章由侯万国编著，第五、九、十章由孙德军编著，最

后由侯万国统稿整理。山东大学王果庭教授对本书的编写给予了热情鼓励和支持,并审阅了全文,提出许多宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

本书涉及众多学科、专业和工业技术,由于编者水平有限,疏漏和错误在所难免,尚祈广大读者批评指正。

# 目 录

## 第一部分 基本原理

<b>第一章 分散体系</b> .....	1
§ 1.1 胶体与胶体化学 .....	1
一、分散体系与胶体 .....	1
二、胶体化学与界面化学 .....	2
三、胶体化学的广泛应用 .....	4
§ 1.2 胶体的运动性质 .....	6
一、分散相在重力场中的沉降与上浮 .....	6
二、分散相的扩散 .....	8
三、在超离心力场中的沉降 .....	13
§ 1.3 胶体的光学性质 .....	15
一、光散射现象 .....	15
二、溶胶的光散射 .....	17
三、高分子溶液的光散射 .....	19
§ 1.4 胶体的电学性质 .....	20
一、电动现象 .....	20
二、胶粒表面电荷的来源 .....	21
三、双电层理论 .....	23
四、电动电势及其测定 .....	27
§ 1.5 胶体的稳定性 .....	29
一、聚沉作用 .....	30
二、DLVO 理论 .....	34
三、高分子的稳定和絮凝作用 .....	38
四、非水分散体系的稳定性 .....	43
§ 1.6 分散体系的流变性 .....	45
一、基本概念 .....	45

二、稀分散体系的粘度 .....	47
三、浓分散体系的流变性 .....	50
四、流变参数的测定 .....	53
<b>第二章 界面现象 .....</b>	<b>57</b>
§ 2.1 表面能与表面张力 .....	57
一、表面分子的受力状态 .....	57
二、表面能与表面张力 .....	58
三、影响表面张力的因素 .....	59
四、液体表面张力的测定方法 .....	61
§ 2.2 弯曲界面的一些现象 .....	63
一、弯曲液面的附加压力 .....	63
二、弯曲液面上的饱和蒸气压 .....	65
三、液体和固体的溶解度与界面曲率的关系 .....	65
§ 2.3 固体表面上的气体吸附 .....	66
一、吸附现象与吸附量 .....	66
二、吸附等温线 .....	69
三、吸附等温式 .....	71
四、影响固气吸附的因素 .....	73
§ 2.4 液体表面的吸附 .....	73
一、表面相与表面过剩量 .....	73
二、Gibbs 吸附公式 .....	75
§ 2.5 固体在溶液中的吸附 .....	75
一、吸附量的测定 .....	75
二、在稀溶液中的吸附 .....	76
三、在浓溶液中的吸附 .....	78
四、吸附规律性 .....	79
<b>第三章 表面活性剂 .....</b>	<b>82</b>
§ 3.1 表面活性剂的结构与分类 .....	82
一、表面活性剂的定义 .....	82
二、表面活性剂的结构特征 .....	83
三、表面活性剂分类 .....	84
§ 3.2 表面活性剂的 HLB 值 .....	88
一、HLB 值定义 .....	88
二、HLB 值的计算 .....	90
三、HLB 值的测定 .....	92

§ 3.3	表面活性剂溶液的性质 .....	93
	一、表面活性剂的溶度 .....	93
	二、表面活性剂在界面上的吸附 .....	94
	三、胶束与 CMC .....	95
	四、单分子表面膜 .....	99
§ 3.4	表面活性剂的几种重要作用 .....	101
	一、增溶作用 .....	101
	二、润湿和渗透 .....	102
	三、分散和絮凝 .....	104
	四、乳化和破乳 .....	104
	五、发泡和消泡 .....	105
<b>第四章</b>	<b>高分子溶液</b> .....	<b>106</b>
§ 4.1	高分子溶液的形成 .....	106
	一、高聚物的溶解规律 .....	106
	二、混合焓和混合热 .....	107
§ 4.2	高分子的分子量与分子尺寸 .....	108
	一、平均分子量和分子量分布 .....	108
	二、粘度与分子尺寸 .....	109
	三、分子量的测定方法 .....	111
§ 4.3	高分子在固体表面的吸附 .....	116
	一、吸附速率 .....	116
	二、吸附等温线 .....	117
	三、吸附形态与吸附层的厚度 .....	120
	四、影响吸附的因素 .....	121
<b>第五章</b>	<b>凝胶</b> .....	<b>124</b>
§ 5.1	凝胶的基本特征 .....	124
	一、凝胶的定义 .....	124
	二、凝胶结构 .....	125
§ 5.2	凝胶的形成 .....	126
	一、凝胶形成的条件 .....	127
	二、凝胶形成的方法 .....	127
§ 5.3	凝胶的性质 .....	128
	一、膨胀作用 .....	128
	二、离浆作用 .....	131
	三、触变作用 .....	131



§ 5.4 凝胶中的扩散和化学反应	132
一、扩散作用	132
二、化学反应	133

## 第二部分 应 用

<b>第六章 吸附剂</b>	<b>135</b>
§ 6.1 吸附剂的结构特点和性能参数	135
一、吸附剂的结构特点	135
二、吸附剂的性能参数及其测定	135
§ 6.2 活性炭	144
一、活性炭的种类	144
二、活性炭的制备方法	145
三、活性炭的孔结构	145
四、活性炭的表面化学结构	146
五、活性炭的吸附行为	147
§ 6.3 硅胶	148
一、硅胶的制备方法	148
二、硅胶的扩孔处理	152
三、硅胶的孔结构和表面结构	153
§ 6.4 活性氧化铝	155
一、氢氧化铝	155
二、氧化铝的孔结构	156
三、氧化铝的表面性质	158
§ 6.5 粘土	158
一、高岭土	159
二、膨润土	160
三、海泡石	161
四、天然白土	162
五、酸化白土	162
§ 6.6 吸附树脂	163
一、吸附树脂的化学和物理结构	163
二、影响树脂吸附的因素	164
§ 6.7 硅藻土	165
一、硅藻土的种类和化学组成	165

	二、硅藻土的孔结构 .....	166
	三、硅藻土的热稳定性 .....	167
§ 6.8	分子筛 .....	167
	一、分子筛的化学组成 .....	168
	二、分子筛的结构单元及孔结构 .....	169
	三、分子筛的合成 .....	171
	四、分子筛的吸附性能 .....	172
<b>第七章</b>	<b>固体颗粒和固液分散体系 .....</b>	<b>174</b>
§ 7.1	胶体的制备 .....	174
	一、分散法与凝聚法 .....	174
	二、单分散胶体 .....	177
	三、超微颗粒 .....	184
§ 7.2	颗粒的平均粒径与粒度分布 .....	185
	一、颗粒的大小 .....	185
	二、粒度分布及其测定 .....	186
§ 7.3	钻井液 .....	189
	一、稳定性和流变性 .....	189
	二、降滤失剂及作用机理 .....	193
	三、降粘剂及作用机理 .....	194
	四、絮凝剂及其作用机理 .....	194
§ 7.4	水泥浆 .....	195
	一、水泥的水化作用 .....	196
	二、水泥浆的流变性和稳定性 .....	197
	三、外加剂 .....	197
§ 7.5	陶瓷 .....	198
	一、高纯超细陶瓷粉末原料 .....	199
	二、泥料的可塑性 .....	200
	三、料浆的流动性和稳定性 .....	201
§ 7.6	颜料、涂料和油墨 .....	206
	一、颜料颗粒的大小、形状与性能的关系 .....	207
	二、颜料的分散性 .....	209
	三、涂料、油墨的稳定性及其分散剂 .....	210
	四、流变性 & 流变剂 .....	214
§ 7.7	牙膏磨料 .....	216
§ 7.8	塑料和橡胶中的填料 .....	220

一、填料的分类及主要品种 .....	220
二、填料与高分子的相互作用 .....	221
三、填充复合高分子材料的性能 .....	222
§ 7.9 水和污水的处理 .....	226
一、化学混凝原理 .....	226
二、常用混凝剂 .....	227
§ 7.10 浮选 .....	231
一、接触角在浮选中的作用 .....	232
二、浮选药剂 .....	233
§ 7.11 造纸 .....	235
一、造纸原料和造纸过程 .....	236
二、制浆 .....	237
三、施胶 .....	238
四、助留技术 .....	240
<b>第八章 乳状液、微乳液和表面活性剂 .....</b>	<b>246</b>
§ 8.1 乳化与破乳技术 .....	246
一、乳状液的制备方法 .....	246
二、破乳技术 .....	250
§ 8.2 乳状液性质测定 .....	252
一、乳状液类型测定 .....	252
二、乳状液稳定性测定 .....	253
§ 8.3 化妆品 .....	253
一、化妆品乳剂 .....	255
二、增溶作用在化妆水中的应用 .....	260
三、透明表面活性剂凝胶和液晶在化妆品中的应用 .....	261
§ 8.4 食品 .....	262
一、食品乳状液 .....	262
二、食品用表面活性剂的种类及其作用 .....	263
§ 8.5 纺织与染整 .....	264
一、纺织助剂 .....	264
二、印染助剂 .....	266
三、织物整理剂 .....	270
§ 8.6 制革 .....	272
§ 8.7 农药 .....	276
一、乳油 .....	276

	二、胶悬剂 .....	281
	三、可湿性粉剂 .....	283
§ 8.8	原油乳化与脱水 .....	284
	一、原油的乳化降粘 .....	284
	二、原油脱水 .....	285
§ 8.9	沥青乳状液 .....	286
	一、沥青乳状液的配制 .....	286
	二、沥青乳状液的性能 .....	289
§ 8.10	微乳液与三次采油 .....	290
	一、微乳液的组成和相态 .....	291
	二、微乳液驱 .....	292
§ 8.11	乳液聚合 .....	294
	一、乳液聚合原理 .....	294
	二、乳液聚合用乳化剂 .....	296
	三、乳化剂对聚合反应的影响 .....	297
	四、聚合物乳液的稳定性 .....	298
§ 8.12	洗涤用品 .....	300
	一、洗涤机理 .....	300
	二、洗涤剂用表面活性剂 .....	303
	三、增效助剂 .....	308
§ 8.13	液膜分离 .....	309
	一、液膜的分类及其组成 .....	309
	二、乳状液膜的制备 .....	311
	三、液膜分离过程及其机理 .....	311
	四、液膜的稳定性 .....	313

## 第九章 表面改性 .....

§ 9.1	玻璃纤维的表面处理 .....	318
§ 9.2	填料表面改性 .....	324
	一、填料的种类和主要作用 .....	324
	二、填料表面化学结构 .....	325
	三、表面改性 .....	320
§ 9.3	改性硅胶 .....	332
	一、表面活性 .....	333
	二、硅胶改性 .....	333
§ 9.4	活性炭改性 .....	336

一、表面化学结构 .....	337
二、改性 .....	338
§ 9.5 粘土表面改性 .....	341
一、蒙脱石类粘土的结构特征 .....	341
二、改性 .....	342
§ 9.6 颜料表面改性 .....	344
一、无机颜料表面改性 .....	344
二、有机颜料的表面改性 .....	352
<b>第十章 微胶囊</b> .....	<b>357</b>
§ 10.1 基本概念 .....	357
一、引言 .....	357
二、微胶囊化与微胶囊 .....	358
§ 10.2 微胶囊的功能 .....	359
一、粉末化 .....	359
二、降低挥发性 .....	359
三、提高物质的稳定性 .....	359
四、控制释放 .....	361
五、掩味 .....	363
六、隔离活性成分 .....	363
§ 10.3 微囊化方法和步骤 .....	364
一、制备方法 .....	364
二、微囊化的步骤 .....	364
§ 10.4 性能测试 .....	364
一、微囊粒径测定 .....	365
二、芯材含量的测定 .....	366
三、溶出速率的测定 .....	367
§ 10.5 医药工业方面的应用 .....	367
一、药用微胶囊的主要功能 .....	368
二、方法 .....	369
§ 10.6 食品工业 .....	369
一、微胶囊技术的用途 .....	369
二、应用举例 .....	370
§ 10.7 农业上的应用 .....	372
一、微囊化农药 .....	372
二、包膜肥料 .....	374

§ 10.8 染料与颜料包封举例 .....	377
一、云母珠光颜料 .....	377
二、包核镉红颜料 .....	378
三、TiO <sub>2</sub> 的包覆处理 .....	378
四、隐色染料微胶囊 .....	379

# 第一部分 基本原理

## 第一章 分散体系

### § 1.1 胶体与胶体化学

#### 一、分散体系与胶体

自然界中没有绝对纯的物质,所谓纯都是相对的。从实际体系出发,整个自然界都是由各种分散体系组成的。所谓分散体系,是指一种或几种物质以一定分散度分散在另一种物质中形成的体系。以颗粒分散状态存在的不连续相称为分散相,而连续相则称为分散介质。如果按分散相和分散介质的聚集状态将分散体系分类,可分为九大类。如果把混合气体排除在外,我们通常所指的分散体系如表 1.1 所示。

表 1.1 按分散相和分散介质聚集状态对分散体系的分类

分散介质	分散相	体系名称或实例
气体	液体	气溶胶,如雾
气体	固体	气溶胶,如烟、尘
液体	气体	泡沫、气乳液,如灭火泡沫
液体	液体	乳状液、微乳液,如原油、牛奶
液体	固体	溶胶、悬浮液、凝胶,如油漆、泥浆
固体	气体	固体泡沫,如泡沫塑料
固体	液体	凝胶、固体乳状液
固体	固体	合金、有色玻璃

1107783

如果按分散相粒径的大小来分类,分散体系可分为粗分散体系:颗粒某一线度大于 $1000\text{nm}(10^{-6}\text{m})$ ;胶体:颗粒某一线度为 $1\sim 1000\text{nm}(10^{-9}\sim 10^{-6}\text{m})$ ;真溶液:分散相呈分子状态,一般粒径都小于 $1\text{nm}$ 。这种分类是由国际纯粹化学和应用化学联合会(IUPAC)规定的。在实际应用体系中并不一定按照上述规定。例如在世界范围内广泛采用的API(美国石油学会)标准的推荐术语中,把 $\leq 2\mu\text{m}$ 的粘土颗粒称作“胶粒”。采用这一术语的原因是:在实际情况中,如此大小的颗粒,其体系的应用性质发生了较大的变化。

## 二、胶体化学与界面化学

胶体化学是研究胶体分散体系和粗分散体系性质的一门科学,主要包括三个领域:

### 1. 分子胶体

分子胶体是指高聚物的溶液,也叫亲液胶体。聚合物在溶液中呈分子无规线团状态存在。这些线团的尺寸绝大部分符合上述胶体颗粒的尺寸。但是它们同溶剂之间没有清晰的界面,在溶解分散的过程中,由于熵增加而使体系总自由能降低,因此,整个体系是热力学的稳定体系。尽管该体系目前已属于高聚物科学的研究领域,但由于它的许多性质同胶体化学相关,所以它仍作为胶体化学的一个方面来进行研究,并非完全由于它在历史上曾属于胶体科学领域之故。

### 2. 缔合胶体

表面活性剂在溶液中的浓度高于某一数值后,多个表面活性剂分子形成胶束,在胶束中还可以溶进一些特定性质的物质,形成所谓的微乳液或液晶。这种体系叫做缔合胶体。缔合胶体在形成过程中由于使整个体系界面能降低而成为热力学稳定体系。这个体系目前具有重要的实用意义。



### 3. 粗分散体系和溶胶

在此我们是指分散相同分散介质有明显界面的体系,习惯上也叫憎液胶体。因为在形成这种体系时,界面能大量增加,从而使体系总能量增加,因而它是热力学的不稳定体系。这种体系在我们日常生活和各个工业领域中到处都能见到,是胶体化学最重要的研究对象。

胶体化学在应用领域主要研究三种手段:制备分散体系、稳定分散体系和破坏分散体系,还要研究利用分散体系的各种性质:电性质、力学性质、光学性质和流变学性质等。说到此,我们始终不能离开“分散”二字,而物体的分散态与分散前究竟有什么差别呢?分散的直接结果是增加了物体的表面积。将一块  $1\text{ cm}^3$  的立方体拦腰切割,在三维方向上各切一次,小立方体就变成了8块,总表面积从  $6\text{ cm}^2$  增加到  $12\text{ cm}^2$ ,如果分割的是水,根据第二章的介绍,水每增加  $1\text{ m}^2$  表面积需做功为  $72.8\text{ mJ}$ ,那么这一次切割将使体系增加表面能为  $0.044\text{ mJ}$ ,如果我们将其边长不断切割下去,表面积和表面能的增加就如表 1.2 所示。当然,真正的水在分散过

表 1.2  $1\text{ cm}^3$  立方体形的水颗粒分裂过程中表面性质的变化

边长(cm)	立方体个数	总表面积 ( $\text{cm}^2$ )	比表面 ( $\text{m}^{-1}$ )	总表面能(J)
1	1	6	$6 \times 10^2$	$0.44 \times 10^{-4}$
$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$6 \times 10^1$	$6 \times 10^3$	$0.44 \times 10^{-3}$
$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^6$	$6 \times 10^2$	$6 \times 10^4$	$0.44 \times 10^{-2}$
$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^9$	$6 \times 10^3$	$6 \times 10^5$	$0.44 \times 10^{-1}$
$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{12}$	$6 \times 10^4$	$6 \times 10^6$	0.44
$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{15}$	$6 \times 10^5$	$6 \times 10^7$	$0.44 \times 10^1$
$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{18}$	$6 \times 10^6$	$6 \times 10^8$	$0.44 \times 10^2$
$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{21}$	$6 \times 10^7$	$6 \times 10^9$	$0.44 \times 10^3$
$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{24}$	$6 \times 10^8$	$6 \times 10^{10}$	$0.44 \times 10^4$