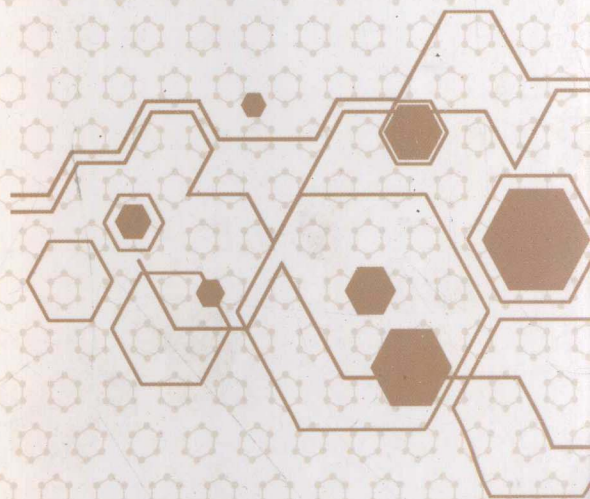




“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材



金 谷 / 编著

表面活性剂化学

Surfactant Chemistry

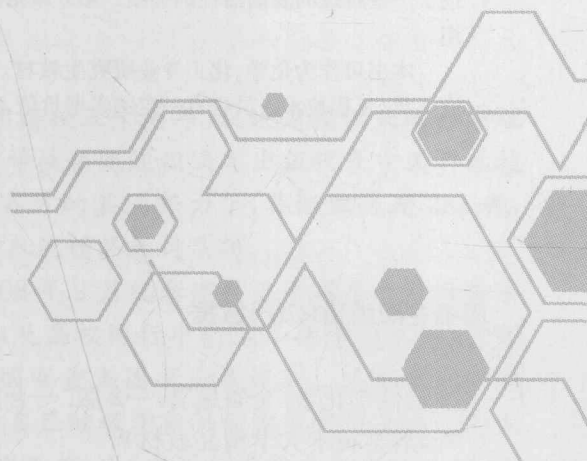
第2版

中国科学技术大学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材



金 谷 / 编著

Surfactant Chemistry

表面活性剂化学

第2版

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书第1章为表面活性剂概论,简介了与表面活性剂相关的基本概念。第2章阐述了表面活性剂的分类、结构特点和共性。第3章、第4章主要介绍了表面活性剂两个最基本的性能,即表面活性剂在界面的吸附和在溶液中的自组装。第5章至第7章简述了一些特殊的表面活性剂类型。第8章则重点介绍了表面活性剂在化学研究中的应用。

本书可作为化学、化工专业研究生教材,也可供大学高年级本科生使用,对相关人员、工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

表面活性剂化学/金谷编著. —2版. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.8
(中国科学技术大学精品教材)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-03300-1

I. 表… II. 金… III. 表面活性剂—表面化学—高等学校—教材 IV. O647.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 181213 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

安徽省瑞隆印务有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710 mm×960 mm 1/16 印张:23.25 插页:2 字数:488 千

2008 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 2 版 2013 年 8 月第 2 次印刷

定价:40.00 元



编审委员会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

方兆本	史济怀	古继宝	伍小平
刘 斌	刘万东	朱长飞	孙立广
汤书昆	向守平	李曙光	苏 淳
陆夕云	杨金龙	张淑林	陈发来
陈华平	陈初升	陈国良	陈晓非
周学海	胡化凯	胡友秋	俞书勤
侯建国	施蕴渝	郭光灿	郭庆祥
奚宏生	钱逸泰	徐善驾	盛六四
龚兴龙	程福臻	蒋 一	窦贤康
褚家如	滕脉坤	霍剑青	

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念和特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

第2版前言

《表面活性剂化学》一书出版已近六年了,经过这些年的教学实践发现了一些问题,另外表面活性剂自身也有了一些新进展,故此希望在第2版进行适当的修改和补充。

表面活性剂是一种两亲分子,且具有一定的亲水亲油平衡,因而带来了一系列的特性和应用功能,在许多工业领域被广泛使用,被称为“工业味精”。近年来,随着人们对微观世界认识的深入,表面活性剂因其定向吸附、有序聚集的独特性质而成为探索生命科学、膜科学、超分子化学、纳米材料、分子器件等科学新领域的有力工具,可以认为表面活性剂在工农业生产中发挥重要作用的同时已突破了传统观念,成为科技前沿的尖兵。由此,我们不难理解表面活性剂在科学研究中的作用,这也是本书再版的目的,希望能抛砖引玉,让更多的人使用和研究表面活性剂。

第2版除了保持了第1版的特色外,还做了如下修改和补充:

(1) 力求进一步做到语言简练、文字流畅;对一些作用机制和研究方法的阐述尽力做到有理有据;全文的布局尽量做到系统性强,便于阅读。

(2) 新增了一些内容,包括常见和一些功能性表面活性剂的合成(第2章);表面活性剂在固-液界面吸附层的性质和结构(第3章);反胶团形成的模型,水结构形态及作用,反胶团萃取的机理及反萃(第4章);反应型表面活性剂(第5章);胶束的增溶模型,胶束的催化机理,吸附胶团的形成,脂质体的靶向性(第8章)。

(3) 补充了表面活性剂吸附量的测定方法(第3章);临界胶束浓度(cmc)的测定方法,囊泡的类型及囊泡形成的作用力和过程,液晶结构的表征,微乳液分类和性质介绍,微乳液的形成机制(第4章);相转移催化机理,药物载体和脂质体的分类,表面活性剂模板合成的类型及机理,胶束强化超滤,非离子表面活性剂的浊点及影响因素(第8章)。

(4) 对不同分子有序组合体(第4章)、低聚表面活性剂(第5章)和高分子表面活性剂的自组装及影响因素(第6章)进行了归纳和修改。

本书可供化学、化工有关专业研究生及高年级本科生作为教材使用。编写过程中也注意到可供从事化学研究的科研人员、工程技术人员参考,希望对他们有所

前 言

表面活性剂在日用化工、食品、农药、医药、合成化学、石油开采等众多领域都有它的特殊用途。近年来,表面活性剂对一些新兴学科的发展起到了重要的作用,引起了科研工作者的普遍关注。然而,有关表面活性剂在化学研究中的应用书籍还较少。编写本书就是希望能抛砖引玉,并使读者阅后初步做到正确选用和合理应用表面活性剂,以便对他们的工作有所帮助。

表面活性剂是精细化工领域的重要产品,由于它具有润湿,渗透与防水,乳化与破乳,起泡与消泡,分散与絮凝,洗涤,抗静电,润滑和加溶等一系列独特的应用性能,故素有“工业味精”之美称。近年来在若干新兴领域也呈现出强劲的发展势头,应用胶束、微乳液、溶致液晶制备尺寸可控的纳米材料已成为新材料发展的一个重要的研究方向,特别是一些新型功能性表面活性剂的开发,为这方面的研究提供了新的动力。各种以两亲分子为主体形成的膜结构体系在光化学太阳能的转换和储存,分子识别和运输,药物的胶囊化、靶向和缓释,为底物和酶提供独特的微环境以及酶固定化等方面的应用也引起了人们极大的关注。由此,我们不难理解表面活性剂在科学研究中的作用。

全书比较系统地阐述了表面活性剂的基本理论,以及如何正确选用和合理应用表面活性剂。内容包括表面活性剂在表(界)面的吸附;在溶液中的自组装;表面活性剂结构与性质的关系;一些特殊的表面活性剂,如功能性表面活性剂、高分子表面活性剂等;表面活性剂的各种性能及应用。

本书的特点是在介绍表面活性剂的基本概念和原理的基础上,以较多的篇幅介绍了表面活性剂在化学研究中的应用。

本书可作为化学、化工有关专业研究生教材,也可供大学高年级本科生使用。编写过程中也注意到可供从事化学研究的研究人员、工程技术人员参考,希望对他们有所裨益。

编写时参阅和引用了大量文献资料,包括一些近年来表面活性剂研究和应用方面的最新成果,在此对这些文献资料的原作者们表示真诚的谢意,引用不当之处请见谅、指正。由于本书涉及的学科多、专业广,限于作者的水平,疏漏及错误在所难免,

目 录

总序	(i)
第 2 版前言	(iii)
前言	(v)
第 1 章 表面活性剂概论	(1)
1.1 表面和界面现象	(1)
1.2 表面活性和表面活性剂	(2)
1.3 表面张力和表面自由能	(4)
1.4 表面活性的产生和特劳贝规则	(9)
1.5 表面活性剂分子结构特点	(11)
1.6 表面活性剂的基本性能	(13)
第 2 章 表面活性剂的结构和性能	(15)
2.1 表面活性剂的分类	(15)
2.1.1 阴离子型表面活性剂	(16)
2.1.2 阳离子型表面活性剂	(19)
2.1.3 两性离子型表面活性剂	(21)
2.1.4 非离子型表面活性剂	(24)
2.2 表面活性剂的特性	(29)
2.2.1 不同类型表面活性剂的性质	(29)
2.2.2 影响表面活性剂特性的因素	(33)
2.3 表面活性剂结构和性能的关系	(33)
2.3.1 表面活性剂降低表面张力的效率和有效值	(33)
2.3.2 疏水基结构对性能的影响	(37)
2.3.3 亲水基结构对性能的影响	(41)
2.3.4 表面活性剂的亲水亲油平衡	(44)
2.4 添加物对表面活性剂性能的影响	(50)
2.4.1 同系物的影响	(50)

2.4.2	无机盐对表面活性剂性能的影响	(51)
2.4.3	有机物质对表面活性剂性能的影响	(53)
2.4.4	不同类型表面活性剂的混合对表面活性剂的影响	(54)

第3章 表面活性剂在界面上的吸附..... (59)

3.1 表面活性剂在气—液界面的吸附 (59)3.1.1 吸附的表征——表面过剩和吉布斯(Gibbs)吸附公式…………… (59)3.1.2 Gibbs 公式在表面活性剂溶液中的应用 (63)

3.1.3 表面活性剂在溶液表面的吸附等温线及标准吸附自由能的计算 (65)

3.1.4 表面吸附层的结构 (67)3.1.5 影响表面吸附的物理化学因素 (69)3.2 表面活性剂在液—液界面上的吸附 (70)3.2.1 液—液界面与界面张力 (70)3.2.2 Gibbs 吸附公式在液—液界面上的应用 (72)3.2.3 液—液界面特点及吸附等温线 (73)3.2.4 表面活性剂双水相和三水相体系的界面性质 (75)3.3 表面活性剂在固-液界面的吸附作用 (76)3.3.1 固体自稀溶液中吸附的特点 (77)3.3.2 稀溶液吸附等温线 (79)3.3.3 影响稀溶液吸附的一些因素 (82)3.3.4 表面活性剂在固—液界面的吸附 (87)3.3.5 表面活性剂在固-液界面吸附的吸附机制 (92)3.3.6 影响表面活性剂在固-液界面吸附的一些因素 (99)3.3.7 表面活性剂吸附对固体性质的影响 (100)3.3.8 表面活性剂界面吸附层性质和结构 (103)

第4章 表面活性剂在溶液中的自聚..... (107)

4.1 自聚和分子有序组合体概述 (107)4.1.1 分子有序组合体的分类和作用 (107)4.1.2 分子有序组合体的各种结构和共性 (108)4.1.3 自聚及分子有序组合体的形成机制 (110)4.2 胶束的形成及其性质 (112)4.2.1 胶束的形成 (112)4.2.2 胶团化作用和胶团 (113)4.2.3 胶团形成的理论处理——胶团热力学 (127)

4.3 反胶团	(131)
4.3.1 反胶团的特性	(131)
4.3.2 反胶团的组成	(133)
4.3.3 反胶团技术	(133)
4.4 囊泡	(137)
4.4.1 囊泡的类型与性质	(137)
4.4.2 形成囊泡的机制及影响因素	(142)
4.4.3 囊泡制备和稳定性	(145)
4.4.4 囊泡的聚集态结构	(148)
4.4.5 囊泡的研究进展	(151)
4.5 液晶	(153)
4.5.1 液晶的形成与分类	(153)
4.5.2 表面活性剂液晶及其结构特性	(154)
4.5.3 表面活性剂液晶的形成机制	(156)
4.5.4 液晶结构的分析方法	(159)
4.6 表面活性剂双水相及其萃取功能	(164)
4.6.1 双水相技术的发展概况和特点	(164)
4.6.2 双水相的类型	(165)
4.6.3 双水相的形成机制和结构特性	(167)
4.7 微乳状液	(171)
4.7.1 微乳液的分类	(171)
4.7.2 微乳液的形成与性质	(172)
4.7.3 微乳液的形成机理	(174)
第5章 功能性表面活性剂	(181)
5.1 低聚表面活性剂	(181)
5.1.1 季连表面活性剂分类	(182)
5.1.2 季连表面活性剂的基本性质	(183)
5.1.3 低聚表面活性剂结构与性能的关系	(190)
5.1.4 从分子结构水平上调控有序聚集体	(193)
5.1.5 低聚表面活性剂的合成	(195)
5.1.6 低聚表面活性剂的应用	(197)
5.2 双头基表面活性剂	(199)
5.2.1 表面性质与胶团	(200)
5.2.2 由 Bola-amphiphile 形成的有序分子聚集体	(202)

7.2.2 一些新型的硅表面活性剂	(260)
7.2.3 硅表面活性剂的化学结构与性质	(265)
7.3 磷酸酯和硼酸酯表面活性剂	(269)
7.3.1 磷酸酯表面活性剂	(269)
7.3.2 硼酸酯表面活性剂	(271)
第8章 表面活性剂在化学中的应用	(276)
8.1 表面活性剂在化学催化中的应用	(276)
8.1.1 胶束增溶	(276)
8.1.2 胶束催化	(278)
8.1.3 吸附胶团催化	(283)
8.1.4 金属胶束催化	(283)
8.1.5 相转移催化	(284)
8.2 表面活性剂在纳米材料研究中的应用	(288)
8.2.1 表面活性剂的聚集状态及其作用	(288)
8.2.2 反相微乳法	(289)
8.2.3 液晶模板法	(295)
8.2.4 囊泡模板法	(303)
8.2.5 利用低聚表面活性剂合成介孔材料	(303)
8.2.6 高分子表面活性剂在材料制备中的作用	(304)
8.3 表面活性剂在医药学研究中的应用	(306)
8.3.1 表面活性剂的应用原理	(306)
8.3.2 表面活性剂在纳米药物载体制备方面的应用	(307)
8.3.3 脂质体、类脂质体及其作用	(314)
8.4 表面活性剂在化学分离中的应用	(318)
8.4.1 膜分离	(318)
8.4.2 萃取分离	(326)
8.4.3 吸附分离	(340)
8.4.4 泡沫分离	(343)
8.4.5 胶束色谱	(346)
8.5 表面活性剂在表面改性中的应用	(350)
8.5.1 表面活性剂在纳米粒子表面改性中的应用	(350)
8.5.2 膜的表面改性	(353)
8.5.3 表面活性剂在材料表面改性中的应用实例	(355)

第 1 章 表面活性剂概论

表面活性剂对大多数人来说并不陌生,因为它就在我们的周围,已成为我们生活中的一部分。然而,表面活性剂功能之强大,应用之广泛,是常人难以想象的。虽然很多人经常会和它打交道,但实际上大多对它缺乏充分的认识,也就不了解表面活性剂到底具备什么性能,有什么作用。事实上,哪怕你在不经意间发现了表面活性剂的特性和作用,无论你是谁,我相信,都会对它产生浓厚的兴趣。道理很简单,因为它几乎无处不在,并且影响着你,改变着你周围的点点滴滴,使你的生活锦上添花。如果你是一个从事科学研究的人,你就更会感到表面活性剂的神奇,因为你会发现,许多学科的发展都和表面活性剂密切相关。

表面活性剂是一种两亲(亲水和亲油)分子,由于这种独特的结构,在许多工业领域被广泛使用,被称为“工业味精”。近年来,随着人们对微观世界认识的深入,表面活性剂因其定向吸附、有序聚集的独特性质而成为探索生命科学、膜科学、超分子化学、纳米材料、分子器件等科学新领域的有力工具,特别是一些新型功能性表面活性剂的出现,为这些方面的研究提供了新的动力。各种以两亲分子为主体形成的膜结构体系在光化学太阳能的转换和储存,分子识别和运输,表面催化,新型表面材料,药物的胶囊化、靶向和缓释,为底物和酶提供独特的微环境以及酶固定化等方面的应用也引起了人们极大的关注。由此,我们不难理解表面活性剂在科学研究中的作用。可以认为表面活性剂在工农业发挥重要作用的同时已突破了传统概念,成为科技前沿的尖兵。

对从事这方面研究的科技工作者而言,表面活性剂的特殊性能和溶液性质会极大地激励他们去深入了解和认识表面活性剂。然而,要了解表面活性剂,首先应从表面和界面谈起,表面活性剂,顾名思义,与表(界)面有关。

1.1 表面和界面现象

要想了解表面和界面现象,首先要了解表面和界面。那么什么是表(界)面呢?众所周知,我们周围的物质常见的有三态:气、液、固,也就有了气、液、固三相。除气体之间外,各相间均存在着界面,于是有了气—液、气—固、液—液、液—固和固—固

