



高等教育“十一五”规划教材  
高职高专应用化工类专业教材系列

# 表面活性剂 性能及应用

Biaomian Huoxingji  
Xingneng Ji Yingyong

李奠础 吕亮 主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

高等教育“十一五”规划教材

高职高专应用化工类专业教材系列

# 表面活性剂性能及应用

李奠础 吕 亮 主编

高瑞英 副主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书主要介绍了表面活性剂类型、结构、性质以及其在工业、农业领域中的应用,并配有相应的实验内容。其特点是重视基本概念及原理,并将其与应用实例紧密结合起来,使读者加深对基本概念及原理的理解和掌握,每章附有思考题便于读者进一步巩固学到的理论知识。

本书具有很强的实用性和“工学结合”特色,适合高职高专设有表面活性剂课程的各类专业作为教材使用,也可供科技人员自学之用。

### 图书在版编目(CIP)数据

表面活性剂性能及应用/李奠础,吕亮主编. —北京:科学出版社, 2008

(高等教育“十一五”规划教材·高职高专应用化工类专业教材系列)  
ISBN 978-7-03-022676-1

I. 表… II. ①李…②吕… III. 表面活性剂-高等学校:技术学校-教材 IV. TQ423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 117257 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

**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>

**铭浩彩色印装有限公司印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 9 月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—4 000 字数:296 000

**定价:20.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

**版权所有,侵权必究**

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 前 言

表面活性剂是一类功能性精细化学品，因其分子的两亲结构而具有特殊的性能，它能在界面上富集和在溶液内部自聚，可形成多种形式的分子有序组合体如胶团、反胶团、囊泡、液晶等。表面活性剂分子的有序组合体表现出多种多样的实用功能，如乳化、增溶、润湿、吸附、渗透、分散、消泡、增稠、润滑等，广泛应用于各个工业领域，被喻为“工业味精”。因此学习和掌握表面活性剂的基础理论、性能及应用是很有必要的。为此，作者在多年教学实践和对表面活性剂的应用性能进行研究的基础上，在企业技术人员的支持和帮助下，参考了国内外大量文献资料，编写了《表面活性剂的性能及应用》一书。

本书注重理论联系实际，坚持“够用”为度的原则，主要介绍了表面活性剂类型及结构，表面活性剂在溶液中的状态，表面活性剂的性质，表面活性剂的作用（润湿、乳化、起泡与消泡、分散，洗涤、增溶等），表面活性剂结构与性能的关系，表面活性剂在工业、农业领域中的应用，表面活性剂的绿色化学，以及相关实验原理与方法等。本书的特点是重视基本概念及原理，并将其与应用实例紧密结合起来，使读者加深对基本概念和基本原理的理解和掌握，每章附有思考题便于读者进一步巩固所学到的理论知识。书中部分试验配方和试验方法由企业提供，具有较强的实用性和“工学结合”特色，非常适合作为高职高专设有日用化工、油墨、涂料、纺织染整、造纸、食品、建筑、材料等方向的开设表面活性剂课程的各类专业教材。编写过程中也注意到可供科技人员自学之用，希望对他们也有所裨益。

全书共分为11章，第1、3、7章分别由山西综合职业技术学院轻工分院的张红梅和阎佳编写；第4、5章由贵州轻工职业技术学院赵丽玲编写；第2、6章由郑州工程学院化学工业职业学院杨秀琴编写；第8章由太原科技大学化学与生物工程学院石宝萍编写；第9、10、11章由浙江工业大学浙西分校吕亮编写。全书由山西综合职业技术学院轻工分院李奠础，浙江工业大学浙西分校吕亮担任主编，广东食品药品职业技术学院高瑞英担任副主编，由吕亮负责统稿，深圳职业技术学院化学化工系林峰、开封大学姬学亮、广东轻工职业技术学院龚盛昭教授对本书进行了审阅，提出了许多有益的意见，同时得到全国高职高专轻化工类专业教学指导委员会、全国轻工高职高专精细化工专业教学指导委员会的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

限于编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

# 目 录

## 前言

第一章 绪论	1
第一节 界面和表面	1
第二节 表面张力	2
第三节 表面活性和表面活性剂	3
第四节 表面活性的表征	5
思考题	5
第二章 表面活性剂类型及结构	6
第一节 阴离子表面活性剂	6
第二节 阳离子表面活性剂	10
第三节 两性表面活性剂	12
第四节 非离子表面活性剂	15
思考题	17
第三章 特种表面活性剂	18
第一节 含氟表面活性剂	18
第二节 含硅表面活性剂	24
第三节 冠醚型表面活性剂	27
第四节 高分子表面活性剂	28
第五节 生物表面活性剂	29
第六节 含其他元素的表面活性剂	33
思考题	33
第四章 表面活性剂在溶液中的状态	35
第一节 表面活性剂分子的有序组合体与有序溶液	35
第二节 表面活性剂胶束与临界胶束浓度	36
第三节 胶束的形状、大小及在水溶液中的影响因素	43
第四节 表面活性剂化学结构与临界胶束浓度	44
第五节 表面活性剂非水溶液与反胶束	46
思考题	48
第五章 表面活性剂的性质	49
第一节 表面活性剂的溶解度、化学稳定性	49
第二节 吉布斯吸附定律	51
第三节 表面活性剂在界面上的吸附	51
第四节 表面张力的最低值现象	56
思考题	57

<b>第六章 表面活性剂的作用</b> .....	58
第一节 润湿作用 .....	58
第二节 乳化作用 .....	59
第三节 分散作用 .....	62
第四节 起泡与消泡 .....	62
第五节 增溶作用 .....	64
第六节 洗涤作用 .....	65
思考题 .....	67
<b>第七章 表面活性剂结构与性能的关系</b> .....	68
第一节 表面活性剂亲水-亲油平衡值 (HLB 值) .....	68
第二节 表面活性剂临界溶解温度和浊点 .....	71
第三节 亲水基的结构与性能的关系 .....	74
第四节 疏水基的结构与性能的关系 .....	77
第五节 联结基的结构与性能的关系 .....	78
第六节 分子大小与性能的关系 .....	79
第七节 反离子与性能的关系 .....	79
第八节 烷基苯磺酸盐结构与性能的关系 .....	80
第九节 结构与生物降解性的关系 .....	81
第十节 表面活性剂化学稳定性的影响因素 .....	83
第十一节 表面活性剂和水溶性聚和物的相互作用 .....	83
思考题 .....	86
<b>第八章 表面活性剂在工业中的应用</b> .....	88
第一节 表面活性剂在日用化学工业中的应用 .....	88
第二节 表面活性剂在能源和选矿工业中的应用 .....	98
第三节 表面活性剂在皮革加工和造纸工业中的应用 .....	103
第四节 表面活性剂在纺织和染整工业中的应用 .....	107
第五节 表面活性剂在食品和生物工业中的应用 .....	116
第六节 表面活性剂在涂料工业中的应用 .....	119
第七节 表面活性剂在水泥和沥青混凝土中的应用 .....	131
思考题 .....	134
<b>第九章 表面活性剂在农业中的应用</b> .....	135
第一节 表面活性剂在农药中的应用 .....	135
第二节 表面活性剂在植物生长调节剂中的应用 .....	144
第三节 表面活性剂在甘蔗和甜菜增产增糖剂中的应用 .....	146
第四节 表面活性剂在肥料中的应用 .....	149
第五节 表面活性剂在饲料中的应用 .....	152
第六节 表面活性剂在果蔬保鲜被膜剂中的应用 .....	154
第七节 表面活性剂在农用薄膜中的应用 .....	155
第八节 表面活性剂在其他方面的应用 .....	157

---

思考题.....	159
<b>第十章 表面活性剂与绿色化学</b> .....	160
第一节 表面活性剂的生物降解.....	160
第二节 表面活性剂的安全性及毒性.....	169
第三节 表面活性剂的温和性.....	172
第四节 绿色表面活性剂.....	174
思考题.....	182
<b>第十一章 实验举例</b> .....	183
实验一 表面张力法测定临界胶束浓度.....	183
实验二 表面活性剂起泡力的测定.....	184
实验三 表面活性剂接触角的测定.....	185
实验四 表面活性剂乳状液的制备及其类型鉴别 .....	186
<b>主要参考文献</b> .....	189

# 第一章 绪 论

表面活性剂在许多工业领域中是不可缺少的助剂，它具有润湿、乳化、分散、增溶、起泡、消泡、渗透、洗涤、抗静电、润滑、杀菌等一系列优异性能，是精细化工行业的重要产品，素有“工业味精”之称。表面活性剂的品种，至少已有1万种以上，其作用几乎渗透到一切生产领域，尤其在工业、农业、医药等领域中，可以起到改进生产工艺、降低能耗、节约能源、降低劳动量、增加产量、提高品质和增加附加值等作用。当今，全世界表面活性剂（不包括肥皂）的年产量已在900万吨左右，而且每年以4%~5%的速度增长。近年来，随着社会的进步和科技的发展，以及一大批高新技术产业的涌现，表面活性剂的应用领域也在不断地扩展。

## 第一节 界面和表面

表面活性剂是分子中带有性质不同的亲水基和疏水基（亲油基）的两亲结构化合物（图1-1），是与乳化、增溶、分散、润湿、起泡等界面现象有关的重要化学物质。所谓界面是指物质相与相的分界面。例如河面上的空气与河水之间的界面；盛水的水杯中水与杯子之间的界面等。

我们周围的各种物质，在一定条件下都可以形成气、液、固3种聚集状态。界面类型取决于相互接触的两相物质的聚集状态，一般有液-气界面、液-液界面、液-固界面、固-气界面、固-固界面等5种类型。由于人的眼睛通常看不见气相，所以习惯上把包含气相的界面（即液-气界面和固-气界面）称为表面。例如通常所说的水的表面即是指水-空气界面。严格地讲，表面应该是：

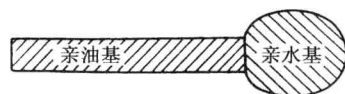


图1-1 表面活性剂分子示意图

(1) 物体与真空所形成的面。

(2) 物体与它的蒸汽接触所形成的面。由于没有绝对纯的物质和绝对的真空，这种表面实际上也是理论上的。

表面和界面严格地讲是两个概念，但是一般来说，表面和界面都指相界面，而且表面是界面的特殊情形，界面包含表面。界面是普遍存在的，对界面性质的研究，不论是科学研究，还是生产实践，都是十分重要的。

由两相组成的系统有一个界面（或表面）；由两相以上组成的系统可以有多个界面（或表面）。界面不是一个简单的几何面，而是从一个相到另一个相的过渡层，具有一定的厚度，约几个分子厚。界面的性质与相邻的两个体相的性质不同，是由两个相邻体相所含物质的性质决定的。



## 第二节 表面张力

表面张力是描述表面状态的主要物理量。要了解表面活性剂，首先应从表面张力谈起，因为表面张力是表面活性剂科学中最基本的物理量之一。

如图 1-2 所示，滴下一滴水，很快就会呈球形。其原因是由于水的表面有一种表面张力，它使水能保持最小表面积。另外，当把金属方框沾上水膜时，框上可以自由活动的金属棒立即被拉向水膜一边。这种现象足以说明液体表面有表面张力。

界面上的分子所处的状态与各相内部的分子所处的状态不同，如图 1-3 所示。液相内部分子受到周围分子的作用力，从平均统计来说是对称的。界面层上的分子，由于两相性质的差异，所受到的作用力是不对称的。液相内部分子受到其周围分子的作用力是对称的，它在液相内移动不需要做功。液-气两相界面，即液体表面的分子所受的液相分子对它的引力要比气相分子对它的引力强，它所受的力是不对称的，结果产生了表面分子受到指向液体内部并垂直于界面的引力。由于这种引力的存在，表面分子相对地比液相内部的分子不稳定，它有向液相内部迁移的趋势，所以液体表面总有自动缩小的趋势。从能量上看，要将液相分子移到表面需要对它做功。这说明要使体系的表面积增加，就必须对体系做功，亦即增加了体系的能量，体系因此变得不稳定。为了使体系处于稳定状态，其表面积就要取可能的最小值。所以，水滴、汞滴等液滴在不受外力的影响下，它的形态总是以球形为最稳定。

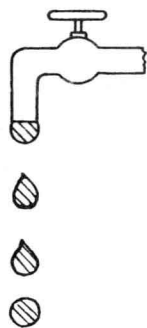


图 1-2 水滴变成球形的过程

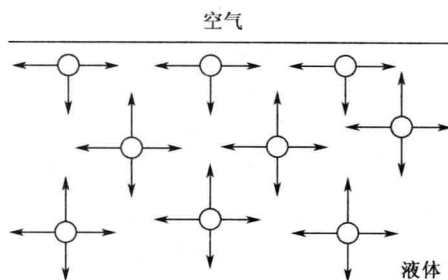


图 1-3 分子在液体内部和表面所受吸引力场的不同

液体表面上的这种收缩倾向，犹如液体表面有一张绷紧的薄膜，这个膜的表面存在着使膜收缩的张力。由于表面有缩小的趋势，所以，在膜的边缘两边沿着表面的切线方向存在着垂直于边缘的收缩力，它们各自指向使表面收缩的方向，这种收缩张力的大小与边缘长度成正比。因此，一般把物体相界面（如液-液、液-固、液-气）之间的张力统称为界面张力，其中液-气相界面之间的张力叫做表面张力，力的方向平行于液膜而垂直于液面边缘。

液体的表面张力是液体的基本性质之一。一定成分的液体，在一定的温度、压力下有一定的表面张力值。通常表面张力的单位用  $\text{mN/m}$  来表示。各种液体的表面张力如表 1-1 所示。

表 1-1 液体的表面张力

液体	与液体接触的气体	温度/°C	表面张力/(mN/m)
水银	空气	20	475
水	空气	20	72.75
水	空气	25	71.96
乙醇	空气	0	24.3
乙醇	氨气	20	22.55
辛烷	辛烷气	20	21.7
苯	空气	20	28.9
橄榄油	空气	18	33.1

由表 1-1 可以看出, 水银的表面张力最大, 当它落到地上, 即呈球状。除水银外, 水的表面张力也较大, 而辛烷和苯等表面张力则较小。水和有机化合物间的界面张力如表 1-2。

表 1-2 水与有机化合物间界面张力

有机液体	温度/°C	界面张力/(mN/m)
辛烷	20	50.81
苯	20	34.96
橄榄油	20	18.2

### 第三节 表面活性和表面活性剂

在日常生活中, 经常会看到这样的实例: 当把油和水一起注入烧杯中时, 稍静置就会看到如图 1-4(a) 那样的情形, 分成上下两层。上层是油, 下层是水, 在分界线处形成一层明显的接触膜, 即使加以搅拌, 一旦静置, 还会分成两层。如果往烧杯中加入少量某种物质, 如肥皂或合成洗涤剂, 经搅拌混合, 则会看到如图 1-4(b) 那样的情形, 油变成微小粒子分散于水中形成乳状液, 这种现象叫乳化。如图 1-5 所示, 这种乳状液即使静置后也很难分层。如果增大该物质的用量, 并把油减少到最低限度, 则油溶解在水中, 呈现透明的溶液, 这种现象叫增溶。

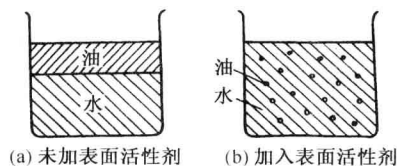


图 1-4 油水关系图

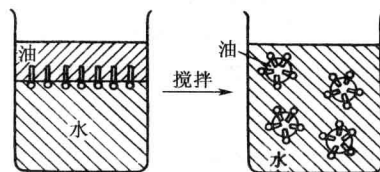


图 1-5 表面活性剂乳化作用示意图

众所周知, 水和绝大多数液体有机物质相比有较大的表面张力。由以上实例可以看出, 当在油水混合物中加入某种物质时, 油和水的分层现象消失, 水溶液的表面张力发

生了变化, 该种少量物质就是表面活性剂。根据大量实验结果可知, 在水中加入不同物质, 水溶液的表面张力会随其浓度而发生改变, 这种变化关系可归结为 3 种类型, 如图 1-6 所示。

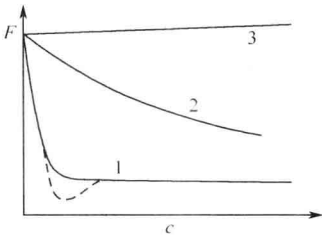


图 1-6 水溶液的表面张力与溶液浓度的几种典型关系

1. 脂肪酸钠水溶液; 2. 乙醇水溶液;  
3. 食盐水溶液

在图 1-6 中, 以溶液浓度为横坐标, 以表面张力为纵坐标, 得到了 3 种类型的曲线。曲线 1 (第一类) 的特点是: 在溶液浓度很低时, 表面张力随溶液浓度的增加而急剧下降; 达到一定浓度后, 表面张力几乎不再随溶液浓度的增加而变化; 当溶液中含有某些杂质时, 表面张力可能出现最低值。日常使用的洗衣粉、肥皂的水溶液属于这一类。属于这类的溶质还有八碳以上的有机酸盐、有机胺盐、磺酸盐和苯磺酸盐等。曲线 2 (第二类) 的特点是: 表面张力随溶液浓度的增加而减小, 但减小的速度缓慢。通常开始时降低得快些, 后来降低得慢些。属于这类的溶质有醇类、酸类等大部分极性有机物。曲线 3 (第三类) 的特点是: 表面张力随溶液浓度的增加略有上升, 且大致接近于直线。属于这类的溶质有盐酸、氢氧化钠、氯化钠、硫酸钾等无机电解质。

就上述降低表面张力这一特性而言, 我们把能使溶剂的表面张力降低的性质称为表面活性。具有表面活性的物质则称为表面活性物质。因此, 上述第一类、第二类物质都具有表面活性, 故称为表面活性物质; 而第三类物质则属于非表面活性物质。

对于具有表面活性的第一类、第二类物质来说, 它们又具有明显的不同, 其主要区别有三。其一是第一类物质在溶液结构上与第二类不同, 第一类物质在水溶液中, 其分子能自发地缔合生成“胶团”, 而第二类物质则不能; 其二是第一类物质具有很高的表面活性, 加入很少量就能显著降低其水溶液的表面张力, 而第二类物质则不能; 其三是第一类物质具有润湿、起泡、乳化、增溶、去污等一些基本的特性, 而第二类物质则不具备这样的性能。因此, 我们把第一类物质称作表面活性剂。

综上所述, 我们把以很低的浓度就能使溶剂的表面张力或液-液界面张力显著降低的物质叫表面活性剂。

生产实践中, 使用的溶剂多为水, 所以若不加说明, 所谓降低表面张力, 就是指降低水的表面张力。因此, 表面活性剂表面活性通常是针对水而言的。

上述表面活性剂的定义是 Freundlich 在 1930 年提出来的, 这个定义可以很好地解释以肥皂为代表的表面活性剂有关的乳化、增溶、润湿等表面现象, 该定义是从降低表面张力的角度来考虑, 并被普遍接受一直沿用至今。随着表面活性剂科学的不断发展, 人们发现 Freundlich 的定义存在着局限性, 如聚皂、聚乙二醇、聚乙烯醇等具有两亲结构的高分子物质, 它们几乎不具有降低水的表面张力的作用, 但却显示出优良的乳化作用; 而一些存在于动植物体内对维持生物体呼吸、视觉、听觉、消化、神经传导等起重要作用的生理活性物质, 虽然也不具有降低水的表面张力的特性, 但却具有亲水基和疏水基的两亲结构, 实际上是一类新的功能性表面活性剂。

因此, 表面活性剂是这样一种物质, 它能吸附在表(界)面上, 在加入量很少时即

可显著改变表（界）面的物理化学性质，从而产生一系列的应用功能。

## 第四节 表面活性的表征

表面活性剂的表面活性通常用两个性质来表征：

- (1) 表面活性剂形成胶团的能力，即胶团化能力。
- (2) 加入表面活性剂后降低溶剂的表面张力的能力。

表面活性剂的胶团化能力用其临界胶团浓度（CMC）来表示，临界胶团浓度越小，说明表面活性剂越容易在溶液中自聚形成胶团。

表面活性剂降低溶剂表面张力的能力可用以下两个值来量度：

(1) 表面活性剂表（界）面张力降低的效率。即降低溶剂表面张力到一定值时，所需表面活性剂的浓度。可用 CMC 的倒数代表降低表面张力的效率，通常也以降低  $20\text{mN/cm}$  表（界）面张力所需表面活性剂在溶液内的浓度  $c_{20}$  或效率因子  $\rho c_{20}$  ( $\rho c_{20} = -\lg c_{20}$ ) 作为表（界）面张力降低的效率的量度。

(2) 表面活性剂表（界）面张力降低的能力，即表面张力降低所能达到的最大程度，也就是不管表面活性剂的浓度如何，溶液表面张力所能达到的最低值。一般以在临界胶团浓度时的表面张力  $\gamma_{\text{CMC}}$  或表面张力的降低值（表面压  $\pi$ ）来作为表面活性剂表（界）面张力降低的能力的量度。



### 思考题

1. 什么是界面？什么是表面？界面和表面有何联系？
2. 什么是表面张力？水滴、汞滴在不受外力的影响下，为什么总是以球形状态存在？
3. 什么是表面活性？
4. 什么是表面活性物质？
5. 什么是表面活性剂？
6. 表面活性剂就是表面活性物质吗？两者有何区别与联系？
7. 表面活性剂的表面活性如何表征？

## 第二章 表面活性剂类型及结构

表面活性剂分子一般由非极性、亲油（疏水）的碳氢原子团和极性亲水（疏油）的基团共同构成。因此，其分子是一种具有不对称结构的两亲分子，具有又亲油、又亲水的两亲性质。

表面活性剂一般按离子的类型分类，即表面活性剂在水溶液中，凡能离解成离子的叫离子型表面活性剂，凡不能离解成离子的叫非离子型表面活性剂。而离子型表面活性剂按其在水中生成的表面活性离子种类，又可分为阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂和两性离子表面活性剂 3 大类。每大类按其亲水基结构不同又分为若干小类。此外，还有一些特殊类型的表面活性剂，如含氟表面活性剂、含硅表面活性剂、高分子表面活性剂以及冠醚型、Gemin 型表面活性剂等。

### 第一节 阴离子表面活性剂

阴离子表面活性剂是溶于水后生成离子，其亲水基团为带负电的原子团。在表面活性剂工业中，阴离子表面活性剂是历史最久、产量最大、品种最多、工业化最成熟的一类。在洗涤用品中仍以其为主。目前，阴离子表面活性剂的产量居第一位。

阴离子表面活性剂的溶解度随温度的变化存在明显的转折点，即在较低的一段温度范围内随温度上升非常缓慢，当温度上升到某一定值时其溶解度随温度上升而迅速增大，该温度称为表面活性剂的克拉夫特点（Krafft），一般离子型表面活性剂都有 Krafft 点。阴离子表面活性剂一般具有良好的渗透、润湿、乳化、抗静电、润滑等性能，作洗涤剂具有良好的去污力。

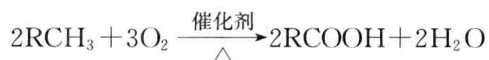
常见的阴离子表面活性剂主要有羧酸盐、硫酸酯盐、磺酸盐、磷酸盐等。

#### 一、烷基羧酸盐

烷基羧酸盐包括肥皂、多羧酸皂、松香皂、N-酰基氨基羧基盐和脂肪酸聚氧乙烯醚羧酸盐等。

##### 1. 肥皂

肥皂的化学式  $\text{RCOOM}$ ，式中 R 为烃基，碳数在 8~22 之间，M 为 Na、K、 $\text{NH}_4$  等。肥皂是最古老的表面活性剂，现仍用于日常生活中。碳数高溶解性太小，碳数低亲水性太强，均不利于应用。肥皂是以天然动植物油脂为原料与碱的水溶液经加热皂化反应后制得。制造肥皂的原料除可再生天然植物油脂外，也可采用石油为原料（石蜡）合成脂肪酸：



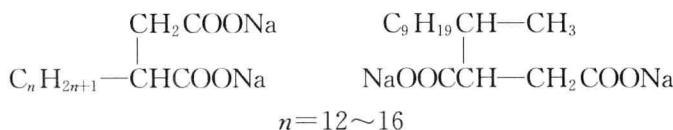
由合成脂肪酸制成的肥皂，在外观、气味和洗涤性能等方面较差。

油脂与氢氧化钠皂化制得的钠皂，与氢氧化钾皂化制得的钾皂，其性质除与金属离

子有关外，还与脂肪酸的烃基有关。碳链越长，饱和度越大，则凝固点越高，制得的肥皂越硬。常见的有：硬脂酸皂、月桂酸皂等。羧酸盐一般在  $\text{pH} < 7$  的水溶液中不稳定，易生成不溶的自由酸而失去表面活性。高价金属盐如钙皂、镁皂、铝皂等，不溶于水。碱金属皂在盐水如海水中也不易溶解。故肥皂不适宜在酸溶液、硬水及海水中使用。

### 2. 多羧酸皂

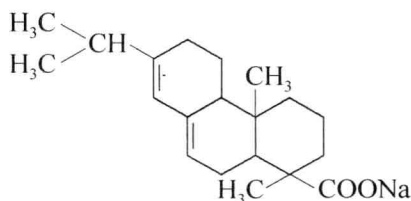
多羧酸制成的肥皂，结构通式为：



二羧酸皂具有良好的润湿性能，主要用作复配润湿剂、润滑剂、防锈剂等。

### 3. 松香皂

其结构通式为：



松香皂易溶于水，无洗涤作用，但具有良好的乳化、发泡和润湿能力，多用于配制洗涤用品。

### 4. N-酰基氨基酸盐

与脂肪盐相比 N-酰基氨基酸盐是在烷基和羧基之间插入了  $-\text{CONHCHR}'-$  ( $\text{R}'$  为氨基酸的侧链) 基，其构成如：



N-酰基氨基酸盐易溶于水，具有良好的乳化作用、起泡作用和钙皂分散能力。原料采用胶原蛋白，具有毒性低、刺激性小的特点，用于配制洗发剂、染发剂等。

## 二、磺酸盐

磺酸盐类表面活性剂是产量最大、应用最广的阴离子表面活性剂，其包括烷基苯磺酸盐、烷基磺酸盐、烯基磺酸盐、高级脂肪酸酯  $\alpha$ -磺酸盐、琥珀酸酯磺酸盐、脂肪酰胺烷基磺酸盐、木质素磺酸盐等。其中烷基苯磺酸钠是表面活性剂中产量最大的阴离子表面活性剂。

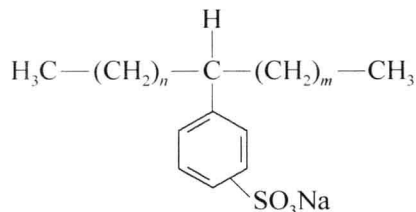
磺酸盐化学通式  $\text{R}-\text{SO}_3\text{Na}$ ，R 中碳数在 8~20 之间，易溶于水，在酸性溶液中也发生水解，具有良好的发泡能力，用于生产洗涤剂，其去污能力好。

### 1. 烷基苯磺酸盐

烷基苯磺酸盐是最具代表性的阴离子表面活性剂。按烷基的结构可将其分为支链和直链烷基苯磺酸盐，支链的为硬性型，直链的为软性型。一般将硬性型的称为硬性

ABS, 简称 ABS; 软性型的简称 LAS, 由于 LAS 具有高效的洗涤性、优良的泡沫性和生物降解性, 20 世纪 60 年代起逐渐替代了 ABS。

其分子式为  $C_nH_{2n-1}C_6H_4SO_3Na$ , 其结构式为:



$$n+m=7\sim 10$$

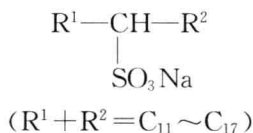
从结构式可看出, 它是由亲油基烷基苯和亲水基磺酸钠组成了两亲分子。通常烷基苯磺酸钠不是单一的化合物, 是多种异构体的混合物, 如果烷基碳原子数、烷基链化度、苯环在烷基链上的位置和磺酸基在苯环上的位置等的不同, 还会使得产物比较复杂, 不同结构的烷基苯磺酸钠其性能不同。

典型产品是直链十二烷基苯磺酸钠, 它是白色粉末, 易溶于水, 有良好的去污能力和发泡性能, 大量用于洗衣粉等家用洗涤剂中。

## 2. 烷基磺酸盐

烷基磺酸盐, 简称 SAS, 化学通式:  $\text{RSO}_3\text{M}$ 。

其结构通式为:

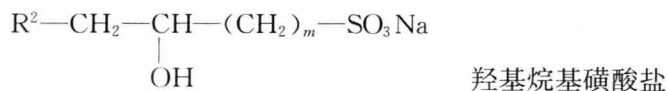


式中 R 为烷基, 平均碳原子数以 15~16 为宜。M 为碱金属或碱土金属, 作为合成洗涤剂的金属离子均为  $\text{Na}^+$ 。

从洗涤性能角度来讲, 烷基磺酸盐 SAS 最类似于 LAS 的发泡性和洗涤效能, 且水溶性好, 大多数情况下它可以代替 LAS。与烷基硫酸盐不同, 它即使在高碱性下对水解仍然不敏感, 这是由于分子中碳-硫键稳定之故。

其缺点是, 用它作为主要组分的洗衣粉易发黏、不松散。所以大多用于液体洗涤剂的配方中。

## 3. $\alpha$ -烯基磺酸盐 (AOS)



$$\text{R}^1 = \text{C}_8 \sim \text{C}_{12} \quad n = 1, 2, 3; \quad \text{R}^2 = \text{C}_7 \sim \text{C}_{13} \quad m = 1, 2, 3$$

$\alpha$ -烯基磺酸盐是  $\alpha$ -烯烃与  $\text{SO}_3$  经磺化反应, 然后与  $\text{NaOH}$  经中和反应制得, 产物是约 60% 的烯基磺酸盐和约 40% 的羟基磺酸盐的混合物。碳链中碳数为 15~18 时, 具有优异的去污力、起泡力和渗透力, 其中  $\text{C}_{16}$  在硬水中去污力最好, 起泡力最高。

总体来说, AOS 与 LAS 的性能类似, 对皮肤的刺激性较弱, 生物降解的速度也较

快，在硬水中稳定，主要用来配制液体洗涤剂和化妆品。

#### 4. 其它磺酸盐

常见的磺酸盐还有以下几种，如：

(1)  $\alpha$ -磺基脂肪酸甲酯（单）钠盐（简称 MES）。

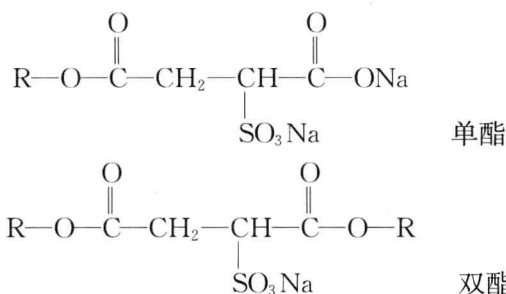
化学通式为： $RCH(SO_3Na)COOCH_3$

式中  $R=C_{10}\sim C_{19}$ ； $R'=C_1\sim C_4$  烷基，通常为甲基或乙基。MES 具有优良的钙皂分散性能和洗涤性能，生物降解性好，毒性低，对酶的活性影响非常小。

可作为钙皂分散剂用于块状皂、肥皂粉等，也可用于液体洗涤剂配方，还可作为乳化剂、矿石浮选剂、染料、涂料及润滑剂的添加剂等。

(2) 琥珀酸酯磺酸盐类。

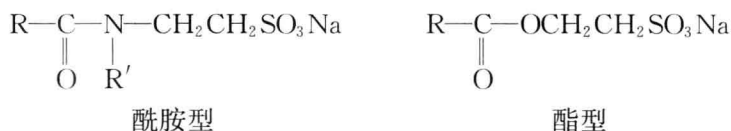
根据顺丁烯二酸酐（琥珀酸酐）上 2 个羧基的酯化程度可分为单酯和双酯两大类：



单酯的分子结构中同时具有羧酸盐和磺酸盐两个阴离子基团，具有很好的去污性，且复配性好，双酯具有很好的溶解性和界面活性。

(3) 脂肪酰氧乙基磺酸盐类和脂肪酰胺烷基磺酸盐类。

其结构通式为：



式中 R 和 R' 的不同，可得到一系列产品，商品名 Igepon（依捷帮）。其中典型的是 N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠（酯型）和脂肪酰氧乙基磺酸钠（酰胺型）。它们具有优良的表面活性。性能优于酯型，具有较好的泡沫、优良的钙皂分散力、较好的钙稳定性和去污力，广泛用于纺织、洗发剂、金属清洗等行业。

此外，还有含芳烃磺酸盐类，如木质素磺酸盐、石油磺酸盐和萘系磺酸盐。

### 三、硫酸酯盐

硫酸酯盐通式为  $ROSO_3M$ ，与磺酸盐的区别是：硫酸酯盐亲水基是通过氧原子即  $C-O-S$  键与亲油基联结，而磺酸盐则是通过  $C-S$  键直接联结，氧的存在使溶解性增大， $C-O-S$  键比  $C-S$  键更易水解，尤其是在酸性介质中，水解反应式为  $2ROSO_3M + H_2O \rightarrow 2ROH + M_2SO_4$ 。硫酸酯盐具有良好的发泡力和去污力，耐水性能好，水溶液为中性或微碱性，主要用于洗涤剂中。

#### 1. 脂肪醇硫酸盐

脂肪醇硫酸盐也称烷基硫酸盐，简称 AS，是目前应用最广泛的硫酸酯盐，其通式



中 R 为  $C_{12} \sim C_{18}$  的烷基,  $C_{12} \sim C_{14}$  的醇最理想; M 为 Na、K 或有机铵盐如二乙醇胺或三乙醇胺。早在 20 世纪 30 年代就开始商品生产, 目前约 40% 的椰油醇用于生产脂肪醇硫酸盐。

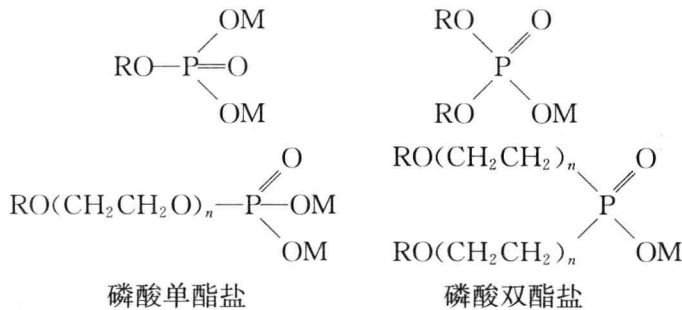
AS 的应用性能主要由脂肪醇中碳链的长度以及阴离子的性质来决定。天然脂肪醇都是直链的, 与仲醇或支链醇的硫酸盐相比, AS 的洗涤和发泡性能比后者强, 但润湿性较低。AS 具有良好的生物降解性能, 对硬水不敏感, 具有优良的去污、润湿、乳化等性能。

#### 2. 脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠

脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠简称 AES, 与脂肪醇硫酸盐 AS 相似, 起泡力好, 但润湿力差。化学式为  $RO-(CH_2CH_2O)_nSO_3Na$ , 分子中有聚乙二醇链, 溶解性和起泡力均有提高, 对水的硬度不灵敏, 性能也较温和, 低温下较稳定, 用于化妆品和洗涤剂中。

### 四、磷酸酯盐类

脂肪醇或脂肪酸及烷基酚的乙氧基化物与磷酸反应, 可生成磷酸单酯和磷酸双酯, 再用碱中和即得磷酸酯盐表面活性剂。其结构通式为:



式中 R 为  $C_8 \sim C_{18}$  烷基; M 为 K、Na、二乙醇胺、三乙醇胺;  $n$  一般为 1~10, 其中  $n=3$  者用量较多。

磷酸酯的性质随脂肪醇的种类、单酯、双酯所占的比率及盐的种类不同而变化。具有良好的抗静电性、乳化性、防锈和分散等性能。在纤维生产、金属加工、造纸、化妆品工业中都有广泛的应用。

## 第二节 阳离子表面活性剂

阳离子表面活性剂溶于水后生成的亲水基团为带正电荷的原子团。就其化学结构而言, 至少含一个长链疏水基和一个带正电荷的亲水基。长链疏水基通常是由脂肪酸或石油化学品衍生而来, 其正电荷可由氮、硫、磷原子携带, 目前应用较多的是氮原子携带。按氮原子在分子结构中的位置又可分为胺盐、季铵盐、杂环类阳离子表面活性剂。

阳离子表面活性剂与其他类型的表面活性剂一样, 可在界面或表面上吸附, 降低溶液的表面张力, 具有表面活性, 因此具有乳化、增溶、润湿、分散等作用, 同时具有许多特性, 除可作纤维柔软剂、抗静电剂、防水剂、染色剂和染色助剂外, 还可用作矿物浮选剂以及杀菌剂、防锈剂和特殊乳化剂等。