



油气田开发进修丛书

油田化学基础

惠晓霞 编著



石油工业出版社

油气田开发进修丛书

油田化学基础

惠晓霞 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是油田化学方面的培训教材，主要介绍油田化学剂在提高采收率、油气集输、水质处理过程中的应用。概括地阐述了油田化学剂的种类、制备、性能评定、筛选、配方组合、施工设计及现场试验。

本书分为五章，分别论述了表面活性剂在油田上的应用；水溶性聚合物在油田上的应用；增产用的化学剂；集输用的化学剂及化学驱油剂。

本书曾是石油工业部油田开发技术培训中心的教材，作者在从事多年油田化学研究的基础上，又搜集了国内外有关资料，经过重新修改编写，并得到有关科研单位和许多专家的帮助。

本书可作为油田采油工程师、储运工程师以及从事油田化学研究的人员及石油高等院校有关专业师生参考。

油气田开发进修丛书

油 田 化 学 基 础

惠 晓 霞 编 著

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 10¹/₂印张 239千字 印1—2,000

1988年1月北京第1版 1988年1月北京第1次印刷

书号：15037·2849 定价：2.10元

ISBN7—5021—0154—3/TE·152

丛书出版前言

当前世界科学技术发展日新月异，每年发表的科技论文在二千万篇以上，而文献的数量几乎是以每十年翻一番的速度递增；涉及多学科的油气管开发的技术进展及文献积累也不例外。因而从七十年代开始，各主要石油国家都越来越重视知识更新；重视在职继续教育，注意改善和提高技术素质；重视信息资源的开发，以促进油气管开发的现代化。例如国际著名的石油工程师协会(SPE)特继出版了评述型的石油技术专论丛书；美国石油地质家协会(AAPG)发行了该会讲师团在世界各地巡回进行继续教育的专题讲座系列；法国石油研究院(IFP)出版了一系列的提高型油田开发技术专著；荷兰及英国壳牌国际石油公司(Shell)也将历年培训教材以石油科学进展丛书的名义陆续出版，西德也出版了一套便携式入门型石油地质及工程基础丛书。这些具有不同特色、水平、范围的丛书竞芳争艳，反映了国际石油界对智力投资和人才开发的重视。

我国因十年动乱造成石油教育的青黄不接，专业图书供应缺乏，脱产进修、技术讯息交流都存在不少困难；党的十一届三中全会以后，在北京和各油田都曾举办了各种型式的培训机构，但还远不能适应生产发展和技术进展的需要以及技术人员的自修要求。

中国石油学会石油工程学会根据上述情况，并根据北京油气管开发技术培训中心数年来的教学实践，决定邀请有关人员成立“油气管开发进修丛书”编委会，聘请学有专长和实践经验丰富的专家教授，撰写若干专题性著作，并将陆续出版为广大油气管开发技术队伍服务。第一批的选题包括：砂岩油藏的沉积学基础，气藏开发工程基础，油气管开发测井基础，油藏物理基础，渗流力学基础，试井分析理论基础，油藏工程分析方法，油藏数值模拟基础，自喷采油基础，机械采油基础，酸化压裂原理，分层注采工艺，油田化学基础以及提高油藏采收率方法等。今后还将按技术进展和生产及培训需要，继续增加选题，邀请更多人士参与丛书的编撰和审查。

丛书的读者对象是大专毕业和从事油气管开发实践的工程技术人员。它着眼于巩固专题基础，加强知识反馈，促进技术更新。它不同于高等学校教材，也不同于一般专著。丛书的各个专题将分系统、科学地介绍基本概念、基本理论与基本方法。力求理论联系生产实际，反映技术进展动向，阐明技术问题，同时将综合反映出油气管开发技术的多个侧面及其内在联系。

考虑到有关专业术语、符号、量制尚待统一制定，因此丛书的专业符号尽量采用国际比较通用的石油工程师协会(SPE)、测井分析家协会(SPWLA)的标准符号；量制则按国家颁布的标准以求一致；关于专业术语将尽量协调一致，避免一义数名、一名多义。

由于我们的工作经验不足，在编辑过程中可能会出现一些缺点和问题，请广大读者看后提出宝贵意见。

中国石油学会石油工程学会

一九八三年七月

“油气田开发进修丛书”编委会

谭文彬 秦同洛 韩大匡 张朝琛 刘翔鄂
王乃举 万仁甫 赵 芬 郑育琪 赵 钧

前 言

油田化学剂指在石油、天然气的钻探、采油、集输、水质处理及提高采收率过程中用的化学药品。它的品种繁多，其中大部分属于水溶性聚合物（如植物胶、聚丙烯酰胺、生物聚合物）和表面活性剂（石油磺酸盐、烷基或烷基酚基乙氧基醚）。油田化学的研究内容主要包括剂的制备、性能评定、剂的筛选、配方组合、施工设计及现场试验。由于油藏条件不同，原油、水质、岩石的性质各异，所用化学剂（配方）的针对性很强。为了研制与合理地使用油田化学剂，需要各种学科知识（如有机化学、无机化学、物理化学、化学工程、分析化学、流体力学、油藏工程及计算数学等）。1979年美国油田化学剂销售量接近1亿吨，值10亿美元。1984年销售1.4亿吨，值16亿美元。推测一直到1988年，每年将按5.9%增长。油田化学已逐渐形成为一门新兴的边缘科学，愈来愈受到重视。

我国近年来在油田化学剂的研究和应用上已取得一定的成效，如水基压裂液、原油破乳剂、堵水剂等。剂的生产 and 品种发展得较快，在油田的应用上取得了良好的开端。

作者试图在多年从事油田化学研究的基础上，搜集了国内外有关资料，编写成这本油田化学基础。由于学科很多，作者学识水平有限，有谬误之处，敬请读者批评指正。

作者在编写过程中，曾得到石油化工科学研究院、石油勘探开发科学研究院及华东石油学院北京研究生部许多专家和同志们的帮助，在此表示衷心的感谢。

1985年11月

目 录

第一章 表面活性剂及其在油田上的应用	(1)
第一节 表面活性剂的一般特性及类型.....	(1)
一、概述.....	(1)
二、分类.....	(2)
第二节 表面活性剂的结构及其稀溶液特性.....	(6)
一、概述.....	(6)
二、性能.....	(6)
三、协合作用对表活剂溶液性能的影响.....	(10)
第三节 表面活性剂浓溶液的性质.....	(11)
一、胶束的形成.....	(11)
二、微乳液.....	(12)
三、形成超低界面张力.....	(13)
第四节 表面(界面)活性的测定方法.....	(13)
一、HLB 法	(13)
二、CMC 法.....	(15)
第五节 表面活性剂在固液界面上的吸附.....	(17)
一、吸附机理.....	(17)
二、表面活性剂分子结构的影响.....	(18)
三、水相的影响.....	(19)
四、表面活性剂对油层岩石润湿性的影响.....	(20)
第六节 表面活性剂在油田上的应用.....	(20)
一、油田常用的表面活性剂.....	(24)
二、石油磺酸盐在油田上的应用.....	(24)
参考文献.....	(25)
第二章 水溶性聚合物在油田上的应用	(26)
第一节 水溶性聚合物的类型.....	(26)
一、植物胶及其衍生物.....	(26)
二、纤维素及其衍生物.....	(29)
三、合成高分子聚合物.....	(31)
四、生物聚合物.....	(34)
五、其他.....	(35)
第二节 水溶性聚合物的性能.....	(35)
一、聚合物的分子量与分子量分布.....	(35)
二、聚合物溶解性.....	(36)

三、聚合物交联与络合.....	(36)
四、聚合物溶液的剪切特性.....	(37)
五、聚合物溶液的降阻作用.....	(42)
六、聚合物溶液的降解.....	(43)
七、聚合物溶液在通过多孔介质时的滞留作用.....	(43)
八、聚合物溶液的絮凝和降失水.....	(45)
第三节 油田应用的水溶性聚合物.....	(45)
一、聚合物性能的比较.....	(45)
二、油田常用的水溶性聚合物.....	(46)
第四节 水溶性聚合物的发展.....	(46)
一、新颖的水溶性聚合物.....	(46)
二、改善水溶性聚合物的性能.....	(47)
参考文献.....	(51)
第三章 油井增产用的化学剂.....	(52)
第一节 压裂液.....	(52)
一、压裂液的性质.....	(52)
二、油基压裂液.....	(53)
三、水基压裂液.....	(56)
四、乳化压裂液.....	(60)
五、泡沫压裂液.....	(63)
六、其他类型的压裂液.....	(64)
第二节 酸化用液.....	(66)
一、酸液类型.....	(66)
二、酸化用的化学剂.....	(67)
三、酸液与酸化技术.....	(70)
第三节 堵水剂、堵塞剂和转向剂.....	(75)
一、选择性堵水剂.....	(75)
二、热采时用的堵塞剂.....	(81)
三、增产措施需用的转向剂.....	(82)
第四节 防止地层损害的化学剂和固砂液.....	(84)
一、开发过程中可能引起的地层损害.....	(84)
二、粘土稳定剂.....	(85)
三、解堵剂.....	(91)
四、固结疏松地层用的固砂液.....	(94)
参考文献.....	(95)
第四章 矿场集输及注水系统用的化学剂.....	(99)
第一节 防垢剂、缓蚀剂和杀菌剂.....	(99)
一、结垢和防垢剂.....	(99)
二、腐蚀与缓蚀剂.....	(104)

三、杀菌剂	(109)
四、化学剂在矿场集输系统中的加药点	(111)
五、注入水用的化学剂	(112)
第二节 原油破乳剂	(114)
一、乳化油的成因	(114)
二、破乳机理	(116)
三、破乳剂	(117)
第三节 原油流动点改进剂	(120)
一、原油流动性及其影响因素	(121)
二、流动点的评定指标及方法	(122)
三、原油流动点改进剂的工作原理	(123)
四、几种市售的流动点改进剂	(123)
五、清蜡剂、防蜡剂和分散剂	(124)
六、改进原油流动点的其他方法	(126)
参考文献	(130)
第五章 化学驱油剂	(132)
第一节 胶束段塞用的表面活性剂	(132)
一、胶束和微乳液的配方	(132)
二、石油磺酸盐的制备和市售产品	(134)
三、影响石油磺酸盐驱油效果的因素	(138)
四、筛选活性剂的标准和评定方法	(145)
第二节 缓冲液段塞用化学剂	(147)
一、基本概念	(147)
二、缓冲液段塞用的化学剂类型	(148)
三、缓冲液段塞的性能要求	(149)
四、筛选标准及评定方法	(150)
第三节 胶束/聚合物驱油经济效果分析	(154)
一、配方和价格	(154)
二、化学剂需要量的预测	(154)
三、有待研究的几个方面	(155)
参考文献	(156)
附 录 惯用单位和SI单位的关系及换算	(157)

第一章 表面活性剂及其在油田上的应用

表面活性剂以其特殊的物化性质在油田上得到广泛的应用，在开发、钻采、集输方面都显示出优异的作用。人们不仅在继续寻找新的表面活性剂，而且还继续研究其作用机理，以期收到更好地应用效果。

第一节 表面活性剂的一般特性及类型^[1,2]

一、概 述

表面活性剂有一个共同的基本结构，是由具有易溶于油的亲油基和易溶于水的亲水基组成的。它不仅有防止油水两相排斥，而且有能把两相连结的功能。在溶液中分别称为亲水基团和憎水基团。一个分子上具有亲水基团又有憎水基团的化合物很多，它们或多或少具有降低表面张力的能力，但是，只将能显著地降低表面张力的物质称为表面活性剂，为方便起见，简称表活剂。表活剂的一般特性如下：

- 在某一浓度下，它以分子分散状态存在于溶液中。
- 因为分子在界面上吸附呈定向排列，所以在稀的溶液中能显著地降低表面张力或界面张力。

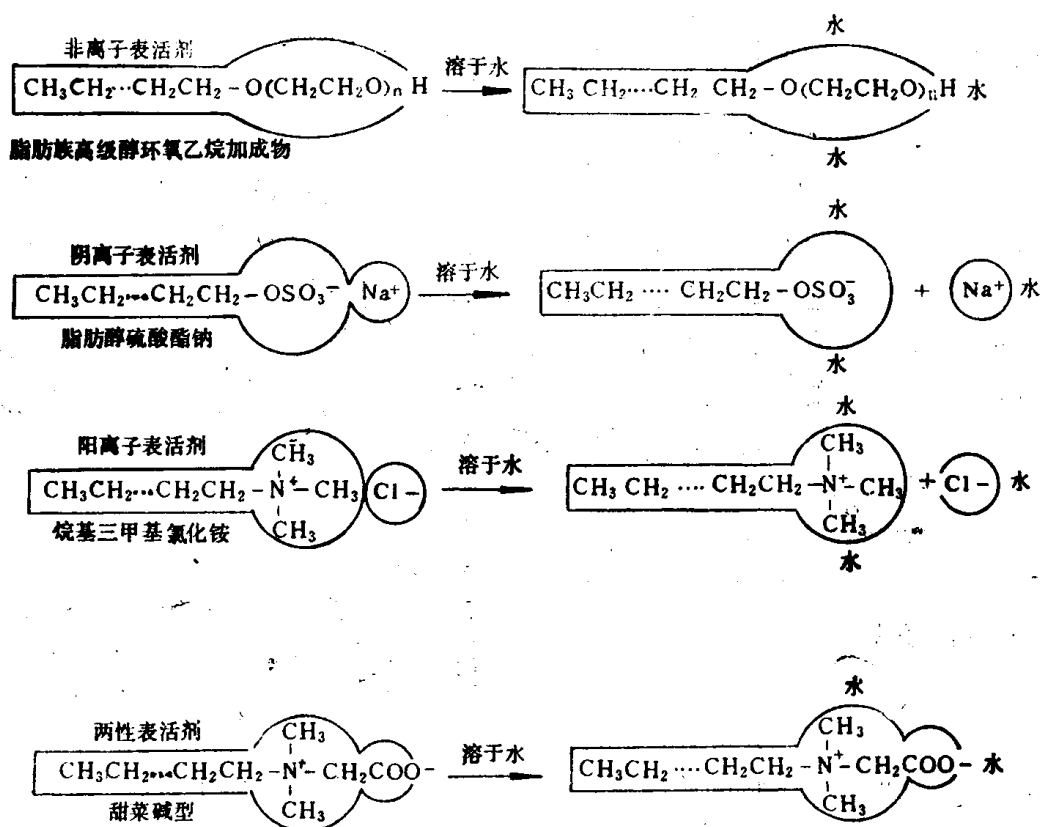


图 1.1 各种表活剂溶于水后的离子化表现

c. 在某一浓度以上形成胶束, 此浓度称为胶束形成浓度。

d. 胶束对于不溶于水的物质具有增溶作用。

表面活性剂最基本的特性是能在界面上吸附、定向及在一定浓度以上形成胶束。表面活性剂的其他性质都是由此派生出来的。

根据表面活性剂溶于水后电离的表现, 可以大致分类如图1.1。凡能电离生成离子的叫离子型表面活性剂, 凡不能电离不生成离子的叫非离子表面活性剂。阴离子表面活性剂溶于水时, 与其憎水基相联的亲水基是阴离子; 阳离子表面活性剂溶于水时, 与其憎水基相联的亲水基是阳离子。

二、分 类

按Schwartz和Perry推荐的方法, 可将表面活性剂按分子中亲水功能团进行分类。

1. 阴离子型

按官能团与联结方式分为羧酸类, 硫酸盐类, 烷基磺酸类, 烷基芳香磺酸类, 及其他。

2. 阳离子型

按官能团与联结方式分为胺盐类 (伯、仲、叔), 季铵化合物, 含N碱类, 不含N的碱类。

3. 非离子型

分为醚与加溶基团相联, 酯与加溶基团相联, 酰胺与加溶基团相联, 其他基团与加溶基团相联, 数种基团与加溶基团相联。加溶基团即指环氧乙烷链节。

4. 两性型

分为 (四元和非四元的) 氨基和羧基、氨基硫酸酯, 氨基烷基磺酸, 氨基芳香磺酸, 其他含酸、碱基团的化合物。

5. 高分子型及其他

我们还应知道与它们相应的憎水基团的来源, 这不仅利于制造, 而且也利于选用, 憎水基来源大致如下:

(1) 从天然脂肪酸得来的含 8 ~ 18 个碳原子的直链烷烃。

(2) 含 3 ~ 8 个碳原子的烷基常和芳香核 (如苯、萘等) 联在一起成为一个憎水基团。

(3) 丙烯、异丁烯及戊烯等的某些同分异构体很容易轻度聚合成带支链的含 8 ~ 20 个碳的单烯烃。这些化合物能与苯反应生成烷基芳香憎水基团。

(4) 8 ~ 20 或更多碳原子的石油烯烃。

(5) 石油馏份中的环烷酸。

(6) 水煤气合成或其他方法所得的高级醇及烃类。

(7) 天然脂肪酸及松脂酸。

(8) 萜类和萜醇类与芳香核联合。

下面具体介绍各种类型的表面活性剂。

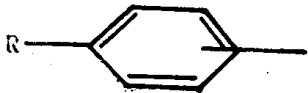
(一) 阴离子型

阴离子型表面活性剂的典型物质列于表1.1。

1. 肥皂

它是使用得最早的长链脂肪酸盐。不饱和酸皂比饱和酸皂的水溶性大, 去污力差。月桂酸 ($C_{12}H_{24}O_2$) 和豆蔻酸 ($C_{14}H_{28}O_2$) 皂比脂肪酸 ($C_{16}H_{32}O_2$ 、 $C_{18}H_{36}O_2$) 皂的起泡性好。皂的盐有Na、K, 也有伯胺、仲胺、三乙醇胺、丙醇胺等。

表 1.1 阴 离 子 表 活 剂

表 活 剂	亲 水 基	憎 水 基
肥 皂	$-\text{COO}^-\text{Na}^+$	$\text{C}_{12}\text{H}_{25}^-$, $\text{C}_{18}\text{H}_{37}^-$
渗 透 剂	$-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COO}-\text{R} \\ \\ \text{CH COO}-\text{R} \end{array}$
烷 基 苯 磺 酸 钠	$-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$	
烷 基 硫 酸 钠	$-\text{OSO}_3^-\text{Na}^+$	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{R} > \text{CH}- \end{array}$

2. 磺酸盐

由于烷基支化程度不同，烷基苯磺酸盐在废水中被微生物分解的难易程度不同。氧化从附在苯核上烷基末端的甲基开始。支链多，分解难。所以，后来改用正烷基侧链。磺酸盐的制法及性质见驱油剂部分。

3. 硫酸酯盐

将植物油与浓硫酸反应，再中和即得硫酸酯盐，就是最早的“土耳其红油”。用高级醇与硫酸（或氯磺酸）可以制成硫酸酯盐。十二烷基硫酸盐是优秀的发泡剂。具有支链的烷基硫酸酯盐是重要的润湿剂。

(二) 阳离子型

主要的阳离子型表活剂列于表1.2。

表 1.2 阳 离 子 表 活 剂

表 活 剂	阴 离 子	憎 水 基 阳 离 子
叔 胺 盐	Cl^-	$\left[\text{R}_1 - \begin{array}{c} \text{R}_2 \\ \\ \text{N} : \text{H} \\ \\ \text{R}_3 \end{array} \right]^+$
季 铵 盐	Cl^-	$\left[\text{R}_1 - \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{N} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+$
十八烷基三甲铵氯化物 (Aguad 18-50)	Cl^-	$[\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+$
吡 啶 盐 (Zelan)	Cl^-	$\left[\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}(\text{NH})\text{CH}_2 - \text{N} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \right]^+$

1. 长链的伯、仲、叔胺

这类表活剂仅在酸性水溶液中溶解而离子化，离解成长链的憎水基阳离子和简单的阴离子，分子中乙氧基比例增加时，其阳离子性减小。

2. 季铵盐

这类表活剂能在广泛的pH范围内离解为离子，其长链的憎水基为阳离子。

阳离子表面活性剂和阴离子表面活性剂不能同时配入一种，溶液中两者如果混合便发生沉淀。这两种长链离子的沉淀物均能在任一过剩溶液中被增溶化。离子表面活性剂与非离子表面活性剂可以同时使用。阳离子表面活性剂能强烈的吸附在负电荷的固体表面。因此，可以用做酸性矿物的浮选剂、防锈剂。季铵盐可以作为消毒杀菌剂。

(三)两性型

这类表面活性剂的分子中含有阴离子基团和阳离子基团。在酸性溶液中，长链胺基酸呈阳离子性，在碱性溶液中呈阴离子性。

两性表面活性剂的界面活性性质因pH而异。其溶解度、起泡性、润湿性、表面张力的减少在等电点左右的pH值时为最小值。

在中性或弱碱性时，它显阴离子特性，呈高起泡作用。阴离子表面活性剂在稀水溶液中对金属有腐蚀性，而两性表面活性剂则相对不显示腐蚀性。

(四)非离子型

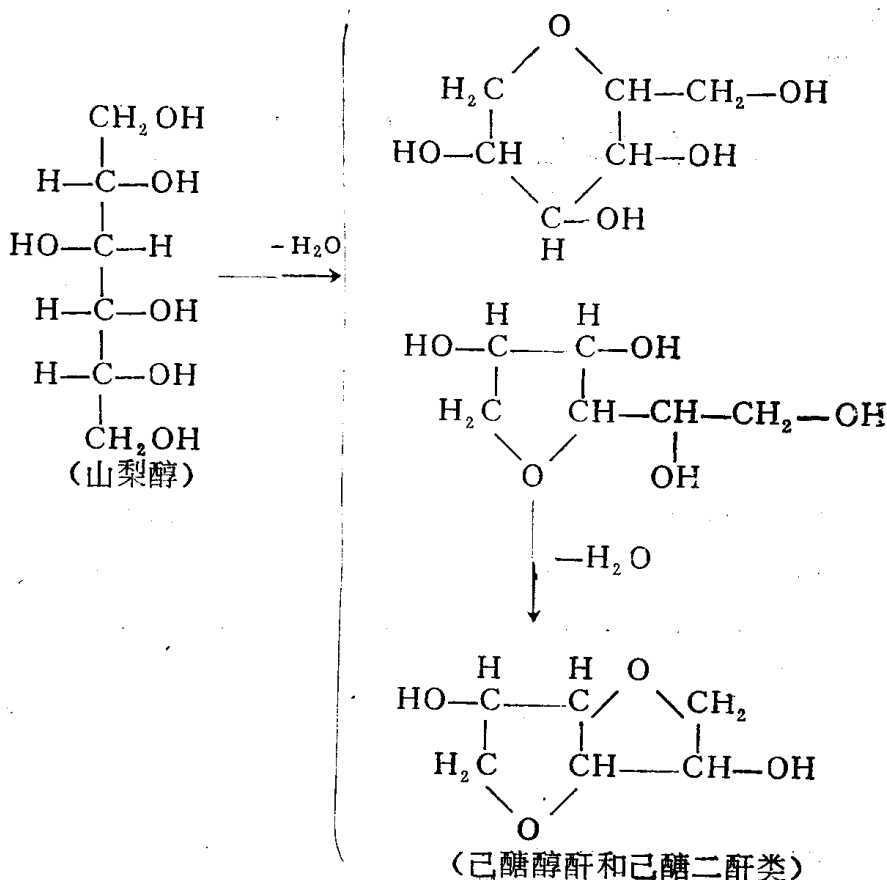
这类表面活性剂因无离子性，故不怕硬水，也不受pH的影响。

1.醚键型

此类化合物是由含OH基的憎水化合物（如醇或酚）与环氧乙烷或环氧丙烷加成而得。产品的性质不仅受憎水基团的影响，而且受加入的环氧乙烷和环氧丙烷数目的影响。

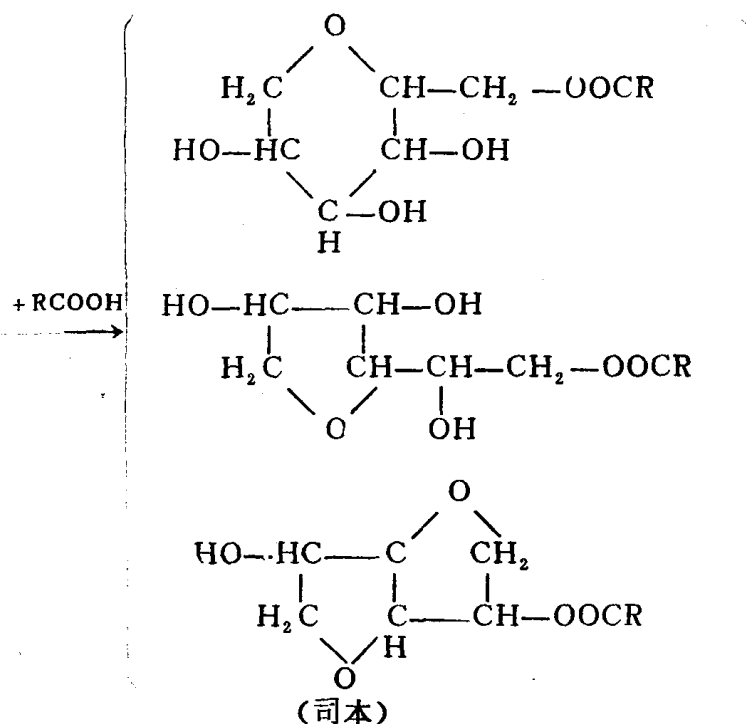
因它属于聚合物，故此一种名义上是n个环氧乙烷对一个憎水基团的化合物，实际上可以有一系列的环氧乙烷克分子数，不过其分配的高峰是在n而已，此分配的形式为制备的方式所控制。

2.酯键型



脂肪酸与多羟基醇所成的酯是很有用的表活剂，常用作乳化剂。根据醇的性质，所得的表活剂可以是溶水的。也可以是油溶的，故制备油包水或水包油乳状液时均可以用。油溶水类型的例子如甘油硬脂酸酯，猪油的甘油单酯。

另一类极其有用的脂肪酸酯是山梨醇的脱水产品，商品名为司本。司本为部分酯化的化合物，未酯化的羟基能与环氧乙烷反应，产品的商品名为吐温。



3. 酰胺键型

是从醇胺得到的酰胺，接聚环氧乙烷可以方便地调整亲油亲水平衡值。

(五) 高分子型

功能高分子市场有：光电活性剂、催化活性剂、药理活性剂及表面活性剂。目前尚未确切规定分子量多高、表面活性到什么程度才算高分子表活剂。所谓高分子表活剂就是分子量较大的表活剂的总称。高分子表活剂中分子量在几千以下的叫做齐聚物型表活剂，认为兼有高分子和低分子表活剂两者的特性。

1. 聚醚型表活剂

分子量在几千以上，属于高分子表活剂。通常用各种醇作为起始剂，加成环氧乙烷、环氧丙烷而成。聚合方式分为嵌段聚醚（包括纯嵌段及杂嵌段）及无规聚醚两大类。根据起始剂的不同、产品分子中羟基位置不同、分子量大小、有无侧链的存在以及醚键的数目等，产品的性质便不同，但均具有优良的表面活性。

2. 聚酰胺型表活剂

分子量比较大者也属于高分子表活剂，通常是用丙烯酰胺类单体制得。由于分子中单体的种类、数量、分子量大小的不同，产品的性质便不同，虽然不能降低表面张力，但能对水中细小的固体粒子表面起分散作用和絮凝作用。

3. 其他

还有聚皂、羧甲基纤维素、聚乙烯醇等都属于高分子表活剂。

各种高分子表面活性剂可以做乳化剂、分散剂，具有优良的特性。

(六)含氟、硅型

氟表面活性剂是氟取代了分子中亲油部分碳氢键中所有的或大部分的氢。它的特点是降低界面张力的能力大大超过一般亲油基的表活剂。这类表活剂分阴离子、阳离子、非离子和两性化合物，价格昂贵，但使用浓度小。

含硅的表活剂中以 $\text{Si}-\text{O}-\text{C}$ 键结合的对水不稳定，以 $\text{Si}-\text{C}-\text{O}$ 键结合的较为合适。二甲基硅聚烯基氧化物的0.1%水溶液，其表面张力为23达因/厘米。此类表活剂可以做为硅油的乳化剂用。

第二节 表面活性剂的结构及其稀溶液特性^[3、4]

一、概 述^[5~10]

表面活性剂的化学结构与其性能的关系解释方法很多，只有对各种方法一一理解并加以综合，才能初步的比较全面地理解其关系，至今并未完全弄清结构与性质的关系，粗浅地概括如图1.2。

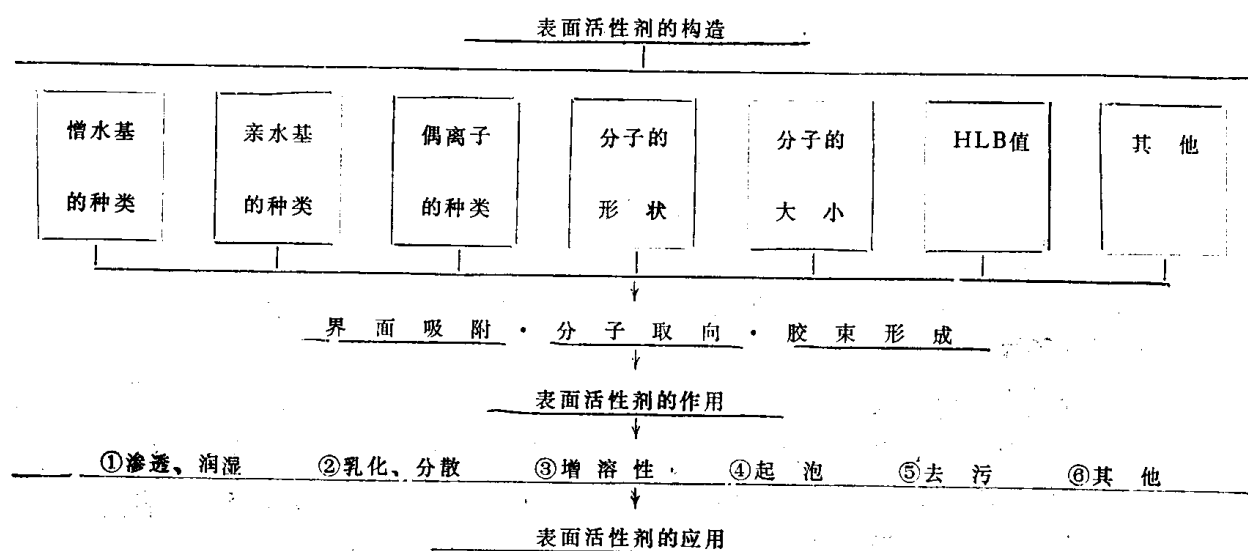


图 1.2 表面活性剂的基本构造因素及其性质与作用

表面活性剂的亲油亲水平衡值（HLB）对分子的表面活性有很明显的影响。主要几种表面活性剂的HLB值列于表1.3。HLB值与其作用的关系示于图1.3，做为选剂的初步参考。

二、性 能

(一)降低表面张力

作用在液体或固体表面而平行于表面的收缩力，称为表面张力，物体相界面之间的张力统称为界面张力，而特把液—气相之间的张力叫表面张力。

无机盐（ NaCl 、 Na_2SO_4 、 KOH 、 NH_4Cl 、 KNO_3 ）及多羟基有机物（蔗糖、甘露醇）在水溶液中的浓度大时，表面张力也大。醇、酸、醛、酰胺等有机物会降低水溶液的表面张力。8碳以上有机酸盐、高碳烷基磺酸盐或硫酸盐、或烷基苯磺酸盐能显著地降低

表 1.3 主要表面活性剂的HLB值

商 品 名	组 成	HLB 值
司 本 85	失水山梨醇三油酸酯	1.8
司 本 65	失水山梨醇三硬脂酸酯	2.1
司 本 80	失水山梨醇单油酸酯	4.3
司 本 60	失水山梨醇硬脂酸酯	4.7
司 本 40	失水山梨醇棕榈酸酯	6.7
司 本 20	失水山梨醇月桂酸酯	8.6
吐 温 60	聚氧乙烯失水山梨醇单硬脂酸酯	14.9
吐 温 80	聚氧乙烯失水山梨醇油酸单酯	15.0
吐 温 40	聚氧乙烯失水山梨醇棕榈酸单酯	15.6
吐 温 20	聚氧乙烯失水山梨醇月桂酸单酯	16.7

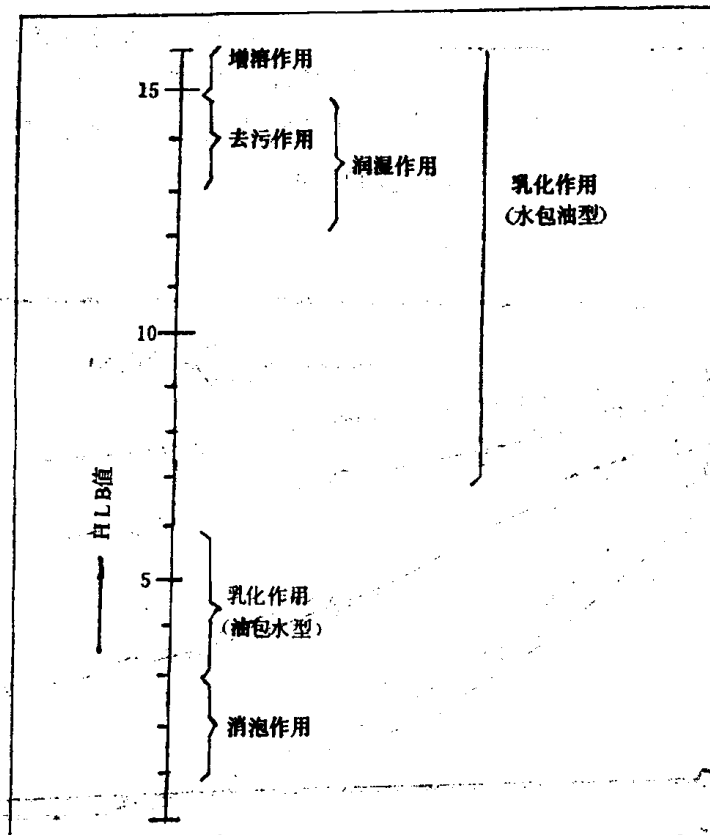


图 1.3 表面活性剂的HLB值与性质的对应关系

水溶液的表面张力，见图1.4。由于表面活性剂在溶液表面上的吸附导致溶液表面张力降低。可借 γ_{min} （最小表面张力）及CMC（临界胶束浓度）反映表面活性剂活性的高低。活性与分子构造密切相关，见图1.5、6。异烷基苯磺酸盐比正烷基苯磺酸盐不易生物降解。

（二）改变润湿性

良好的润湿剂具有侧链的分子构造，而且亲油基位于分子中部，或者是亲油基比较短，而且亲水基在端基部位，如图1.7所示。润湿取决于在动态条件下表面张力降低的能力，具有良好润湿性的表面活性剂，既要能降低表面张力又要能扩散，能很快的吸附在新的表面上。润湿剂分子中的亲水基可以是离子型的，也可以是非离子型的，如两个或多个羟基。

或者是聚氧乙烯基链。

润湿过程分为沾湿、浸湿与铺展。润湿性用接触角表征。

(三) 起泡作用

某些润湿剂，由于降低了表面张力才促使生成泡沫，因为降低表面张力就降低了生成泡沫的功 ($\omega = \gamma A$ ，式中A为泡沫中泡泡的总面积， γ 为表面张力)。起始泡沫的高度与泡沫液的表面张力有很好的相关性，表面张力愈小，起始泡沫愈高。

为了实用的目的，不仅要能起泡，而且还要能抗住机械的和热的冲击，这就要求分子表面上能形成密集的有机械强度的膜，因而要求起泡剂的亲油基要直而长。这类亲油基在表面上的吸附慢，而且能增进膜的弹性。优良起泡剂具有中等链长的

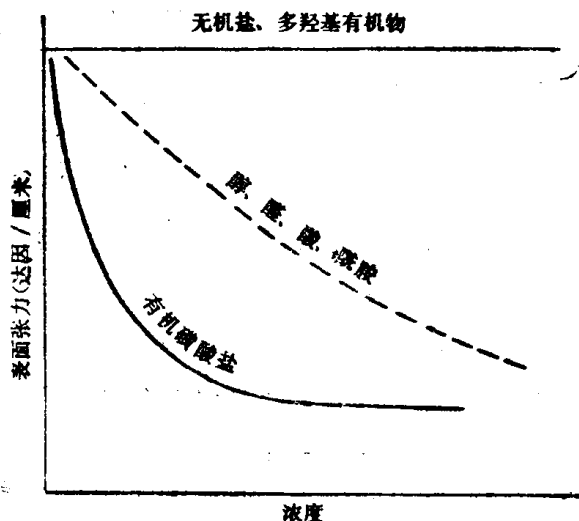


图 1.4 溶质降低表面张力的能力

结构，如图1.8中的A。HLB与起泡性有很明显的关系。

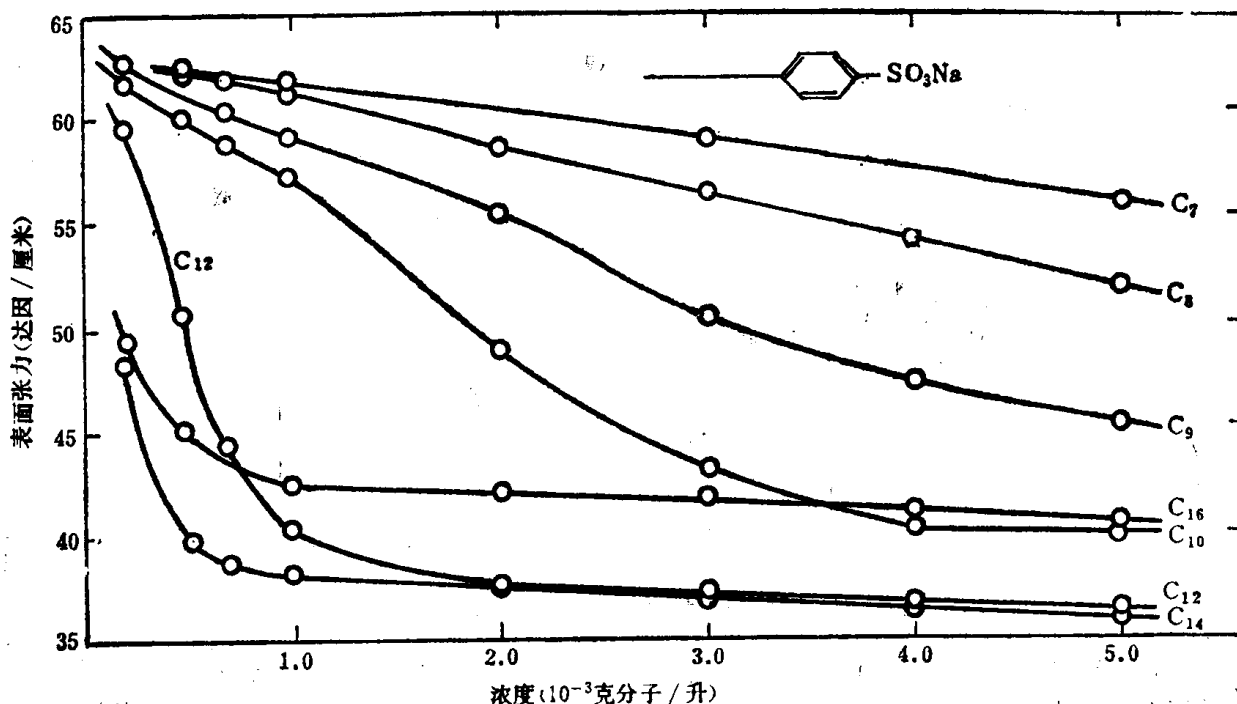


图1.5 正烷基苯磺酸钠的表面张力 (75°C)

除此而外，增加起泡力结构的因素尚有：与反离子表面活性剂联合使用；在亲油亲水链之间增加一些醚类官能团。

(四) 去污作用

去污是一种非常复杂的现象，由许多因素、机理及所用材料的性质决定的。一般来说，良好的去污剂具有一个很长的直链亲油基，亲水基在端基部位。几乎所有的研究都指