

BIAOMIAN HUOXINGJI
HECHENG JISHU

表面活性剂 合成技术

吕彤 编著



化学工业出版社

表面活性剂 合成技术

BIAOMIAN HUOXINGJI
HECHENG JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在介绍各类表面活性剂的性质、作用、分类和应用原理的基础上,详述了各类表面活性剂的合成技术,具体包括合成原理、合成方法、工艺过程等。另外对表面活性剂混合物的分离、定性和定量分析的方法及各种类型表面活性剂的红外光谱特征也作了较详细的介绍,力求阐明各类表面活性剂的化学结构与性质的关系,从结构上理解其合成工艺,实现理论与实践的统一。

本书可供化学、化工、材料及相关学科的研发、应用和生产技术人员使用,也可供高等院校相关专业师生参考或作为教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

表面活性剂合成技术/吕彤编著. —北京:化学工业出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-122-26982-9

I. ①表… II. ①吕… III. ①表面活性剂-合成
IV. ①TQ423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 094426 号

责任编辑:韩霄翠 仇志刚

责任校对:宋 玮

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25 1/4 字数 624 千字 2016 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:98.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着世界经济的发展以及科学技术领域的开拓,国内外对表面活性剂的研制和生产发展更为迅猛,其产量和品种增长迅速。应用领域已从家用洗涤用品、个人清洁保护用品、工业与公共设施清洗用品拓展到国民经济的一些重要部门,如石油、纺织、食品、农业、环境以及新材料领域、能源领域、农药、医药与生命科学等高新技术领域。国内高等院校的相关专业均开设了此课程。国内外关于表面活性剂类的专业书籍有几十种,其中涉及应用和物理化学性能较多,但全面介绍表面活性剂合成技术的较少。为此,本书系统地介绍了表面活性剂的合成技术,主要内容包括:表面活性剂主要品种及其原料的生产技术进展,如高级烯烃、烷基苯、脂肪醇、脂肪胺及脂肪酸的生产以及磺化工艺和乙氧基化技术;新型表面活性剂的研究与开发,主要品种有烷基多苷、醇醚羧酸盐、脂肪酸甲酯乙氧基化物、葡糖酰胺、脂肪酸甲酯磺酸盐及 Gemini 表面活性剂等;高分子表面活性剂的结构、改性方法、合成技术及工艺,主要内容包括:天然高分子表面活性剂、半合成高分子表面活性剂和合成高分子表面活性剂三类。本书注重基础理论和实际应用的结合,介绍了一些新型表面活性剂的研发成果,希望对从事表面活性剂合成工作的读者能有所借鉴,为教学和科研提供参考。

本书共分 12 章。第 1 章概述中简要介绍了表面活性剂的物理化学基础。第 2 章至第 10 章分别介绍了表面活性剂原料的生产技术,以及阴、阳、非及两性表面活性剂,特殊表面活性剂的合成路线和技术;简要介绍了生物表面活性剂及 Gemini 型表面活性剂的合成路线和基本方法,并根据行业发展,以独立章节介绍了高分子表面活性剂的结构特点,改性方法,合成技术路线及工艺。第 11 章介绍了目前属于绿色化学要求的表面活性剂和国内外限制和禁用的表面活性剂品种。第 12 章系统介绍了对表面活性剂混合物的分离、定性和定量分析的基本方法,并对各种类型表面活性剂的红外光谱的特征进行了较为完整介绍,力求满足对读者在实际工作中需要。本书可用作高等院校教材和专业科研人员的参考书。

本书在编写过程中参阅了 M. J. Rosen 编著的《Surfactants and Interfacial Phenomena》、D. Attwood and A. T. Florence 编著的《Surfactant Systems, Chapman and Hall》、M. J. Schick 主编的《Surfactant Science Series》、赵国玺编著的《表面活性剂物理化学》、李宗石与刘平芹、徐明新编的《表面活性剂合成与工艺》以及附于每章后面的大量参考

文献。

本书得到张玉亭教授、吴赞敏教授和解如阜教授的热情帮助，他们提供了许多具体内容，为本书增色添光，在这里表示衷心感谢。借此机会还要感谢硕士研究生韩薇、孙华叶和杜开封的热情帮助，本书能够顺利出版得益于他们的热情支持和具体帮助。

限于编者的水平和时间的仓促，本书中缺欠在所难免，诚心祈盼读者和专家不吝指正，我们将感激不尽。

编著者

2016年6月

目 录

第 1 章 表面活性剂概论 1

1.1 表面活性剂的分子结构与分类	1
1.1.1 表面活性剂的分子结构	1
1.1.2 表面活性剂的分类	2
1.2 表面活性剂在溶液中的状态和性质	6
1.2.1 表面活性剂在界面上的吸附	6
1.2.2 表面活性剂溶液的性质与胶团的形成及结构	13
1.3 表面活性剂的结构与性能的关系	18
1.3.1 表面活性剂的亲水-亲油平衡	18
1.3.2 表面活性剂亲水基和亲油基对性能的影响	22
参考文献	25

第 2 章 表面活性剂疏水基原料的制备 27

2.1 长碳链正构烷烃	27
2.1.1 分子筛吸脱法	27
2.1.2 尿素络合法	30
2.2 高碳烯烃	31
2.2.1 直链 α -烯烃	31
2.2.2 直链内烯烃	36
2.3 脂肪醇	39
2.3.1 羰基合成醇	39
2.3.2 齐格勒合成醇	42
2.3.3 正构烷烃氧化制取直链伯醇	43
2.3.4 脂肪酸、脂肪酸酯还原生产高碳醇	44
2.3.5 脂肪醇合成路线的比较	47
2.3.6 合成高碳醇的其他方法	47
2.4 长碳链烷基苯的合成	48
2.4.1 催化剂	49
2.4.2 烯烃烷基化的反应历程	49
2.4.3 烷基化反应的影响因素	50

2.4.4 长链烷基苯的生产	51
2.5 长碳链烷基酚的合成	55
2.5.1 以长链烯烃作为烷基化剂用三氟化硼催化合成烷基酚	56
2.5.2 以脂肪醇作为烷基化剂用 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-AlCl}_3$ 催化合成长链烷基酚	56
2.5.3 其他催化剂在烷基酚合成中的应用	56
2.6 脂肪酸	57
2.6.1 油脂中脂肪酸的组成	57
2.6.2 其他天然羧酸的组成	58
2.6.3 油脂水解	58
2.6.4 合成脂肪酸	60
参考文献	61

第3章 阴离子型表面活性剂

62

3.1 概述	62
3.2 烷基苯磺酸钠	62
3.2.1 烷基苯磺酸钠的结构和性能的关系	63
3.2.2 芳烃磺化的机理	63
3.2.3 芳烃磺化的影响因素	64
3.2.4 硫酸磺化工艺	66
3.2.5 三氧化硫磺化工艺	68
3.2.6 烷基苯磺酸的中和	74
3.2.7 其他烷基苯磺酸的合成	76
3.3 α -烯烃磺酸盐	78
3.3.1 α -烯烃磺酸盐的性能	78
3.3.2 α -烯烃磺酸盐的合成原理	78
3.3.3 α -烯烃磺酸盐合成工艺条件的选择	79
3.4 烷基磺酸盐	81
3.4.1 烷基磺酸盐的性能	81
3.4.2 烷基磺酸盐的制备	81
3.4.3 制取烷基磺酸盐的其他方法	85
3.5 琥珀酸酯磺酸盐	86
3.5.1 结构与性能的关系	86
3.5.2 合成工艺	87
3.6 高级脂肪酰胺磺酸盐	90
3.6.1 结构与性能的关系	90
3.6.2 合成工艺	91
3.6.3 <i>N</i> -油酰基- <i>N</i> -甲基牛磺酸钠的合成实例	91

3.7 高级脂肪酸酯 α -磺酸钠	92
3.7.1 结构与性能的关系	93
3.7.2 α -磺基脂肪酸甲酯的合成	93
3.7.3 影响反应的因素	96
3.7.4 MES 的优点与不足	97
3.8 其他磺酸盐类表面活性剂	98
3.8.1 石油磺酸盐	98
3.8.2 木质素磺酸盐	101
3.8.3 萘系磺酸甲醛缩合物	103
3.8.4 烷基萘磺酸钠	104
3.9 硫酸酯盐类表面活性剂	105
3.9.1 硫酸酯盐表面活性剂的特性及用途	105
3.9.2 硫酸化试剂	105
3.9.3 脂肪醇硫酸酯盐及脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸 酯盐	108
3.9.4 硫酸化油、硫酸化脂肪酸低碳醇酯及硫酸化脂 肪酸	111
3.9.5 仲烷基硫酸钠的生产	112
3.10 羧酸盐类表面活性剂	113
3.10.1 制皂工业对油脂选择要求	113
3.10.2 皂类表面活性剂	115
3.10.3 疏水基通过中间键与羧基连接的表面活性剂	117
3.11 磷酸酯(盐)类阴离子型表面活性剂	119
3.11.1 磷酸酯盐类阴离子型表面活性剂的特性	120
3.11.2 磷酸酯的合成	122
参考文献	125

第4章 阳离子型表面活性剂

126

4.1 概述	126
4.2 阳离子型表面活性剂的原料	126
4.2.1 脂肪伯胺的制备	127
4.2.2 脂肪仲胺的制备	128
4.2.3 脂肪叔胺的制备	128
4.3 脂肪铵盐和季铵盐	130
4.3.1 脂肪铵盐的合成及性能	130
4.3.2 季铵盐的结构与性质	131
4.3.3 季铵盐的合成	132
4.4 直接连接型阳离子型表面活性剂	133
4.4.1 季铵盐类	133

4.4.2 其他直接连接型阳离子型表面活性剂	136
4.5 间接连接型阳离子型表面活性剂	137
4.5.1 酰氨基铵盐的合成	137
4.5.2 含醚基铵盐的合成	141
4.5.3 含酯基铵盐的合成	143
4.6 杂环类阳离子型表面活性剂	144
4.6.1 咪唑啉季铵盐的合成	144
4.6.2 吡啶季铵盐的合成	147
参考文献	153

第5章 非离子型表面活性剂

154

5.1 概述	154
5.2 非离子型表面活性剂的性质	155
5.2.1 水溶性	155
5.2.2 浊点	156
5.2.3 表面张力及临界胶束浓度	157
5.2.4 起泡性	157
5.2.5 润湿性	157
5.2.6 洗涤性	157
5.2.7 生物作用	158
5.3 环氧乙烷加成聚合反应的机理	158
5.3.1 碱催化环氧乙烷的开环反应	158
5.3.2 酸催化环氧乙烷的开环反应	160
5.3.3 环氧乙烷加成物的聚合度	161
5.3.4 影响乙烯基化反应的因素	162
5.4 脂肪醇聚氧乙烯醚	163
5.4.1 脂肪醇聚氧乙烯醚的物理形态	163
5.4.2 脂肪醇聚氧乙烯醚的生产	164
5.4.3 匀质醇醚的合成	165
5.5 烷基酚聚氧乙烯醚	165
5.5.1 合成原理	165
5.5.2 合成工艺	166
5.5.3 其他取代酚醚表面活性剂	167
5.6 脂肪酸聚氧乙烯酯	167
5.6.1 合成原理	168
5.6.2 合成工艺	168
5.6.3 其他制备脂肪酸聚氧乙烯酯的方法	169
5.7 脂肪酸多元醇酯	169
5.7.1 脂肪酸甘油酯的合成	169

5.7.2	失水山梨醇脂肪酸酯的合成	171
5.7.3	糖脂及烷基多糖苷的合成	173
5.7.4	多元醇酯聚氧乙烯醚的合成	178
5.8	聚氧乙烯烷基胺	180
5.8.1	聚氧乙烯烷基胺的结构与特征	180
5.8.2	合成反应	180
5.9	烷醇酰胺及聚氧乙烯脂肪酰胺	181
5.9.1	烷醇酰胺	181
5.9.2	聚氧乙烯脂肪酰胺	183
5.10	聚醚	184
5.10.1	聚醚的分类	184
5.10.2	起始剂	184
5.10.3	催化剂	185
5.10.4	整嵌型聚醚	185
5.10.5	杂嵌型聚醚	188
5.10.6	全杂型嵌段聚醚	190
	参考文献	192

第6章 两性表面活性剂

193

6.1	概述	193
6.1.1	两性表面活性剂的定义	193
6.1.2	两性表面活性剂的分类	193
6.2	两性表面活性剂的一般性质	195
6.2.1	两性表面活性剂的酸碱性和等电点	195
6.2.2	两性表面活性剂的有关性质	195
6.3	甜菜碱型两性表面活性剂	196
6.3.1	N-烷基取代的羧酸型甜菜碱系两性表面活性剂的合成	196
6.3.2	N-酰胺基取代的羧酸型甜菜碱系两性表面活性剂的合成	198
6.3.3	N-长碳链烷氧基取代的羧酸型甜菜碱系两性表面活性剂的合成	198
6.3.4	磺酸甜菜碱的合成	199
6.3.5	硫酸酯型甜菜碱的合成	200
6.3.6	磷酸酯甜菜碱的合成	201
6.4	氨基酸型两性表面活性剂	203
6.4.1	羧酸型 α -亚氨基乙酸系的合成	203
6.4.2	羧酸型 β -氨基丙酸系的合成	204
6.4.3	氨基磺酸系的合成	205

6.4.4 氨基硫酸酯系的合成	205
6.5 咪唑啉型两性表面活性剂	206
6.5.1 咪唑啉羧酸系的合成	206
6.5.2 咪唑啉磺酸系的合成	207
6.5.3 咪唑啉硫酸酯、磷酸酯系的合成	207
6.5.4 咪唑啉型两性表面活性剂的结构	208
参考文献	209

第7章 特种表面活性剂

210

7.1 概述	210
7.2 含氟表面活性剂	210
7.2.1 含氟表面活性剂的结构与性能	210
7.2.2 含氟表面活性剂的合成	212
7.3 含硅表面活性剂	217
7.3.1 含硅表面活性剂结构与性能	218
7.3.2 含硅表面活性剂疏水链的合成	218
7.3.3 含硅表面活性剂的合成	221
7.4 含硼表面活性剂	225
7.4.1 含硼表面活性剂的结构与性能	225
7.4.2 含硼表面活性剂的合成	226
7.5 冠醚型表面活性剂	229
7.5.1 冠醚型表面活性剂的结构与性能	229
7.5.2 冠醚型表面活性剂的合成	231
参考文献	233

第8章 Gemini 表面活性剂

235

8.1 概述	235
8.1.1 Gemini 表面活性剂的定义	235
8.1.2 Gemini 表面活性剂的分类	235
8.1.3 Gemini 表面活性剂在水溶液中的状态	236
8.1.4 Gemini 表面活性剂的物理、化学性质	238
8.2 Gemini 型表面活性剂的合成	240
8.2.1 阴离子型 Gemini 表面活性剂的合成	240
8.2.2 阳离子型 Gemini 表面活性剂的合成	242
8.2.3 非离子型 Gemini 表面活性剂的合成	243
8.2.4 两性 Gemini 表面活性剂的合成	244
8.2.5 不对称 Gemini 表面活性剂的合成	245
参考文献	246

第9章 高分子表面活性剂

248

9.1 概述	248
9.2 高分子表面活性剂的分类	248
9.3 高分子表面活性剂的特性	249
9.3.1 降低表面张力的能力	249
9.3.2 乳化分散功能	249
9.3.3 凝聚功能	249
9.3.4 其他功能	250
9.4 天然高分子表面活性剂的制备	250
9.4.1 淀粉基表面活性剂的制备	250
9.4.2 纤维素基表面活性剂的制备	256
9.4.3 壳聚糖基表面活性剂的制备	259
9.4.4 松香基表面活性剂的制备	262
9.5 合成高分子表面活性剂的制备	266
9.5.1 聚氨酯高分子表面活性剂的制备	266
9.5.2 聚乙烯醇 (PVA) 类高分子表面活性剂 制备	269
9.5.3 聚电解质类及两性聚合物类高分子表面活性剂 制备	273
9.5.4 聚醚多元醇表面活性剂的制备	277
参考文献	284

第10章 生物表面活性剂

287

10.1 概述	287
10.1.1 生物表面活性剂的定义	287
10.1.2 生物表面活性剂的分类与结构	287
10.2 脂肽类表面活性剂	290
10.2.1 表面活性素	290
10.2.2 脂肽类表面活性剂的结构	290
10.2.3 表面活性素的性质	292
10.3 脂肽类表面活性剂的生物合成	292
10.4 生物表面活性素的应用	295
10.4.1 食品工业中的应用	295
10.4.2 医疗中的应用	295
10.4.3 石油工业中的应用	295
10.4.4 环境工程中的应用	296
10.4.5 其他方面的应用	296
参考文献	296

11.1 概述	298
11.2 表面活性剂的结构与生物降解性	301
11.2.1 阴离子型表面活性剂的生物降解性	301
11.2.2 非离子型表面活性剂的生物降解性	301
11.2.3 阳离子型表面活性剂的生物降解性	303
11.2.4 两性表面活性剂的生物降解性	303
11.3 环保型表面活性剂的开发与应用	303
11.3.1 非离子型表面活性剂	304
11.3.2 阴离子型表面活性剂	304
11.3.3 阳离子型表面活性剂	305
11.3.4 精练剂	308
11.3.5 氧漂稳定剂	308
参考文献	309

12.1 概述	311
12.2 表面活性剂混合物的分离	311
12.2.1 柱色谱分离技术	311
12.2.2 离子交换色谱分离	314
12.2.3 薄层色谱分离技术	317
12.3 表面活性剂的定性分析	319
12.3.1 表面活性剂元素的定性分析	319
12.3.2 表面活性剂类型的定性分析	322
12.4 表面活性剂的定量分析	325
12.4.1 表面活性剂元素的定量分析	325
12.4.2 表面活性剂活剂组分的定量分析	330
12.5 表面活性剂水溶液的性能测试	332
12.5.1 表面活性剂表面张力的测定	332
12.5.2 表面活性剂润湿性的测定	335
12.5.3 表面活性剂起泡性与稳泡性能的测定	338
12.5.4 表面活性剂增溶性的测定	338
12.5.5 表面活性剂乳化性能的测定	338
12.5.6 表面活性剂分散能力的测定	339
12.6 表面活性剂红外光谱分析	339
12.6.1 红外光谱技术	339
12.6.2 表面活性剂的红外光谱分析	372
参考文献	390

第 1 章 表面活性剂概论

1.1 表面活性剂的分子结构与分类

表面活性剂是这样一类物质，当溶液中含有很少量这类物质时，能极大地降低溶液的表面（及界面）张力，改变体系的界面状态，从而产生润湿、乳化、起泡、加溶等一系列作用。表面活性剂具有这样的性质是与其特殊的分子结构密切相关的。

1.1.1 表面活性剂的分子结构

表面活性剂分子是两亲分子（amphipathic molecules），即分子的一端是极性的亲水基团，而另一端是非极性的亲油（憎水）基团（也称为亲油疏水基团）。如十二烷基硫酸钠，其亲水基团是一 OSO_3Na ，而憎水基团为十二烷基，如图 1-1 所示。通常，亲水基团称为亲水头（hydrophilic head），用“○”表示，而憎水基团称为憎水尾（hydrophobic tail），用“—”表示，因此表面活性剂分子可以表示为—○。至于那些含聚氧乙烯类的非离子表面活性剂如 $\text{RO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ ，由于亲水头为聚氧乙烯基这样的长链基团，故表示为—.

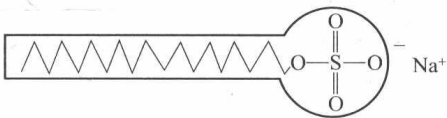


图 1-1 表面活性剂分子结构示意图

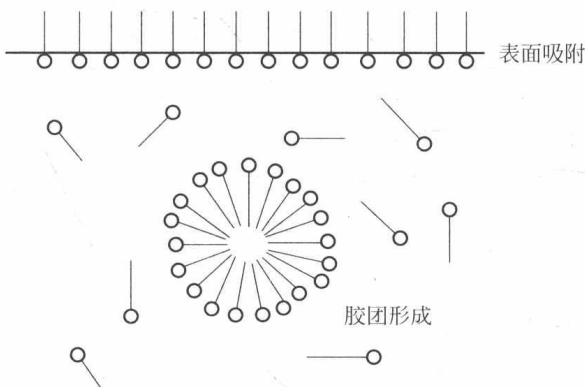


图 1-2 表面活性剂分子在溶液表面和内部的特殊定位和排列方式

由于表面活性剂分子特殊的两亲结构而使其在溶剂（通常是水）中及液体表面表现出特殊的定位和排列方式，如图 1-2 所示。当表面活性剂的浓度不太高时，它们会在表面形成定向排列，方式是亲水头在溶液内，憎水尾因其疏水作用而甩于液面之上的气相中，这种排列方式称为表面活性剂分子的表面吸附。当表面活性剂完成表面吸附后，若浓度继续增大，那么表面活性剂分子不得不进入溶液中。然而，憎水尾的疏水性在热力学上决定了其不稳定，为了能够在溶液中稳定存在，憎水尾自发地相互缔合而形成亲水头朝外、憎水尾朝内的缔合体——胶团。

1.1.2 表面活性剂的分类

表面活性剂有以下几种分类方法。

(1) 按表面活性剂在水溶液中能否解离及解离后所带电荷类型可分为阴离子型、阳离子型、两性离子型、非离子型表面活性剂。这是目前常用的分类方法。

(2) 按表面活性剂在水和油中的溶解性可分为水溶性表面活性剂和油溶性表面活性剂。

(3) 按相对分子质量大小可分为高分子表面活性剂（相对分子质量大于 10^4 ）、中相对分子质量表面活性剂（相对分子质量为 $10^3 \sim 10^4$ ）和低相对分子质量表面活性剂（相对分子质量为 $10^2 \sim 10^3$ ）。

1.1.2.1 阴离子型表面活性剂

阴离子型表面活性剂按亲水基结构可分为磺酸盐型（ $-\text{SO}_3\text{Me}$ ）、硫酸酯盐型（ $-\text{OSO}_3\text{Me}$ ）、羧酸盐型（ $-\text{COOMe}$ ）和磷酸酯盐型 $[-\text{OPO}(\text{OMe})_2]$ 。典型的阴离子型表面活性剂类型见表 1-1。

表 1-1 按亲水基结构分类的阴离子型表面活性剂类型

分 类		结 构 式	分 类		结 构 式
磺 酸 盐 型	烷基磺酸盐	RSO_3Na	硫酸 酯盐 型	脂肪醇 硫酸盐	ROSO_3Na
	烯基磺酸盐	$\text{RCH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$		脂肪醇醚 硫酸盐	$\text{RO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{SO}_3\text{Na}$
	烷基苯 磺酸盐	$\text{R}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na}$	羧 酸 盐 型	雷米邦 A	$\text{RCONHR}(\text{CONHR})_n\text{COONa}$
	高脂肪酸酯 α -磺酸盐	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{CH}-\text{C}-\text{OR} \\ \\ \text{SO}_3\text{Na} \end{array}$		肥皂	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$
	琥珀酸酯 磺酸盐	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{OR} \\ \\ \text{NaO}_3\text{S}-\text{CH}-\text{C}-\text{OR} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	磷 酸 酯 盐 型	脂肪醇 磷酸酯盐	$\begin{array}{c} \text{RO} \quad \text{ONa} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{NaO} \quad \text{O} \\ \text{单酯} \end{array}$
	油酰胺甲基 牛磺酸盐	$\begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CONCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$			$\begin{array}{c} \text{RO} \quad \text{ONa} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{RO} \quad \text{O} \\ \text{双酯} \end{array}$

1.1.2.2 阳离子型表面活性剂

阳离子型表面活性剂的疏水基结构及疏水基和亲水基的连接方式与阴离子表面活性剂很相似，但溶于水时，其亲水基带正电荷。亲水基主要为碱性氮原子，也有磷、硫、碘等。阳离子型表面活性剂的主要类型见表 1-2。

表 1-2 阳离子型表面活性剂主要类型

分 类		结 构 式	分 类		结 构 式
高 级 脂 肪 胺	伯胺型	$\text{R}-\text{NH}_2$	高 级 脂 肪 胺	叔胺型	$\begin{array}{c} \text{R}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R}_1-\text{N} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{R}_3 \end{array}$
	仲胺型	$\begin{array}{c} \text{R}_1 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R}_2 \end{array}$			

续表

分类		结 构 式	分类		结 构 式
季铵盐型	烷基三甲基铵盐	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right] \text{X}^-$	季铵盐型	咪唑啉型	$\left[\begin{array}{c} \text{N} \\ \\ \text{R}-\text{C}=\text{N}^+-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right] \text{CH}_3\text{SO}_4^-$
	吡啶型	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{N}^+ \end{array} \text{吡啶环} \right] \text{Cl}^-$		苄基型	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right] \text{Cl}^-$
	胺氧化物	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$			

1.1.2.3 两性表面活性剂

两性表面活性剂是在同一分子中既含有阴离子亲水基又含有阳离子亲水基的表面活性剂。两性表面活性剂有以下两种分类方法。

(1) 按阴离子亲水基分类

按其阴离子亲水基结构可分为羧酸型（—COOH）、硫酸酯型（—OSO₃Me）、磺酸型（—SO₃Me）、磷酸酯型 [—OPO(OMe)₂]。

(2) 按整体化学结构分类

按其整体化学结构可分为甜菜碱型、咪唑啉型和氨基酸型。氨基酸型又分为 β-氨基丙酸型和 α-亚氨基酸型,按整体化学结构分类的主要类型见表 1-3。

表 1-3 两性表面活性剂的主要类型

分类	结 构 式	分类	结 构 式
甜菜碱型	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_2\text{COO}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	咪唑啉型	$\begin{array}{c} \text{N}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{R}-\text{C}=\text{N}^+-\text{CH}_2 \\ \\ \text{OOCCH}_2-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
β-氨基丙酸型	$\text{RNHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	α-亚氨基酸型	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NHR}_1 \end{array}$

1.1.2.4 非离子型表面活性剂

非离子型表面活性剂在水溶液中不电离，其亲水基主要是由一定数量的含氧基团（一般为醚基和羟基）构成。非离子型表面活性剂可分为以下两大类。

(1) 聚乙二醇型非离子型表面活性剂

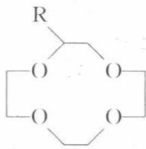
聚乙二醇型的非离子表面活性剂是由亲水基原料环氧乙烷与疏水基原料（如高级醇等）进行加成反应而制得。

此类表面活性剂的亲水基，由醚键和羟基两者组成，但羟基只有靠近分子末端的一个，因此主要靠醚键结合来发挥其亲水性。憎水基上加成的环氧乙烷分子越多，醚基数就越多，亲水性也越大，也就越易溶于水。

(2) 多元醇酯型非离子型表面活性剂

由脂肪酸与多元醇酯化得到的多元醇酯，其亲水基是剩余的羟基。典型的聚乙二醇型和多元醇酯型非离子型表面活性剂分类见表 1-4。

表 1-4 聚乙二醇型和多元醇酯型非离子型表面活性剂分类

分 类		结 构 式
聚乙二醇型	脂肪醇聚氧乙烯醚	$\text{RO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$
	烷基酚聚氧乙烯醚	$\text{R}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$
	脂肪酸聚氧乙烯酯	$\text{RCOO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$
	聚氧乙烯烷基胺	$\text{RN} \begin{matrix} \nearrow (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H} \\ \searrow (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H} \end{matrix}$
	烷醇酰胺聚氧乙烯醚	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{N} \begin{matrix} \nearrow (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H} \\ \searrow (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H} \end{matrix}$
	多元醇脂肪酸酯环氧乙烷加成物	$\begin{matrix} (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_x\text{H} \\ \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} \diagup \text{O} \diagdown \\ \quad \\ \text{CHCH}_2\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_z\text{H} \\ \\ (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_y\text{H} \end{matrix}$
	聚丙二醇的环氧乙烷加成物(聚醚)	$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{HO}(\text{CHCH}_2\text{O})_n(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_m\text{H} \end{matrix}$
	冠醚	
多元醇酯型	甘油脂肪酸酯	$\begin{matrix} \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{matrix}$
	季戊四醇脂肪酸酯	$\begin{matrix} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{HOH}_2\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2 \end{matrix}$
	山梨醇脂肪酸酯	$\begin{matrix} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{R}-\text{COCH}_2\text{CH}-\text{CH}-\text{CHCH}_2\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{OH} \end{matrix}$
	失水山梨醇脂肪酸酯	$\begin{matrix} \text{HO} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{CHCH}_2\text{OOCR} \\ \\ \text{OH} \end{matrix}$

1.1.2.5 特种表面活性剂

(1) 含氟表面活性剂

含氟表面活性剂主要是指在表面活性剂的碳氢链中，氢原子部分或全部被氟原子取代的