

油田应用化学

付美龙 唐善法 黄俊英 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

油田应用化学

付美龙 唐善法 黄俊英 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

油田应用化学/付美龙,唐善法,黄俊英编著. —武汉:武汉大学出版社,2005.12

ISBN 7-307-04671-7

I. 油… II. ①付… ②唐… ③黄… III. 油田—应用化学
IV. TE39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 110758 号

责任编辑:谢文涛

责任校对:王 建

版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:荆州市天园印刷公司

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:430 千字

版次:2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-04671-7/TE·1 定价:25.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

近年来,随着石油工业的迅速发展,种类繁多的化学剂和化学方法在石油工业中的应用日益广泛,油田化学已逐渐发展为一门新学科。油田化学的研究和开发需要多种学科的交叉和配合,例如,要研制适用于某种原油的降凝剂,就必须对原油组成(如含水量、含硫量、含蜡量、胶质和杂质等)和物理性质(如相对密度、黏度、凝点、闪点和酸值等)进行测试。由于油田化学以石油工程(如石油地质学、油藏物理、钻井工程和采油工程等)、化学(如有机合成、表面与胶体化学和高分子化学与物理学等)、化工(如流体输送、传热和传质过程、反应工程等)为基础,并涉及腐蚀工程、环境保护工程及微生物学等学科,因此,油田化学是一门需要多种学科知识的新兴应用学科。为了适应石油工程专业教学和学科建设的需要,作者在原《采油应用化学》讲义的基础上增加了酸化及酸液添加剂、化学防砂技术、油田水处理技术、钻井液及添加剂、固井水泥浆外加剂、完井液及添加剂等六部分内容,并对原讲义中的压裂液、油水井化学堵水两部分内容做了较大修改,且尽可能反映该领域的新技术。

全书主要由付美龙、唐善法、黄俊英编著。第四章、第五章、第七章、第八章、第九章由付美龙完成,第十章、第十一章、第十二章由唐善法完成,第一章、第二章、第三章、第六章由黄俊英完成,最后由付美龙统稿。同时在成书过程中,硕士生郝明耀做了一些文字处理工作。本教材是在长江大学教务处、武汉大学出版社的大力支持下才得以顺利出版,史新奎、谢文涛等同志都为此付出了辛勤的劳动,另外,长江大学石油工程学院油化所的同仁们对该教材也提出了宝贵的意见和建议,在此一并致以衷心感谢。

本书在取材上力图做到理论联系实际,增强其实用性,可供石油工程专业和油田化学专业的本科生和研究生作教材,亦可供从事钻井、采油、油田化学等工作的工程技术人员、研究人员参考。由于油田化学涉及相关学科较多,在理论和应用方面尚存在许多问题需进一步探讨,加之作者学识水平有限,欠妥或错误之处在所难免,敬请读者不吝指正,使之不断完善。

编著者

2005年6月于湖北荆州

目 录

绪 论	1
第一章 表面活性剂	6
第一节 表面活性剂的定义及分子结构特点	6
第二节 表面活性剂的分类	7
一、按离子类型分类	7
二、按亲水基种类分类	7
三、按相对分子质量分类	12
四、按溶解性分类	13
五、其他类型活性剂	13
第三节 表面活性剂的命名	14
一、阴离子活性剂的命名	14
二、阳离子活性剂的命名	14
三、两性活性剂的命名	14
四、非离子活性剂的命名	15
五、高分子活性剂的命名	15
六、活性剂的商品名及代号	16
第四节 表面活性剂的性质和作用	16
一、表面(界面)吸附	16
二、胶束及临界胶束浓度	17
三、加溶作用(增溶作用)	19
四、润湿反转作用	20
五、乳化(破乳)作用	21
六、起泡作用	22
七、洗净作用	22
第五节 表面活性剂化学结构和性质的关系	22
一、表面活性剂的亲水性	23
二、亲水基种类对表面活性剂性质的影响	27
三、亲水基位置对表面活性剂性质的影响	27
四、亲油基种类对表面活性剂性质的影响	28

五、亲油基结构中支链的影响	28
六、分子大小对表面活性剂性质的影响	29
第六节 油田常用的几种表面活性剂	31
一、烷基磺酸钠(AS)	31
二、烷基苯磺酸钠(ABS)	32
三、Span 和 Tween 型活性剂	33
四、聚醚型活性剂——高分子活性剂	35
五、多乙烯多胺型活性剂——AE、AP 型活性剂	36
第七节 油田用活性剂的发展动向	37
一、大力开展活性剂复配的研究	37
二、发展高分子、超高分子油溶性活性剂	37
三、开展油田新型廉价、一剂多效的活性剂合成研究	37
四、加速研制耐温抗盐活性剂	38
练习题	38

第二章 油田用高分子..... 41

第一节 高分子的定义及特点	41
一、什么是高分子	41
二、常用术语	42
第二节 平均相对分子质量和相对分子质量的分布	42
一、数均相对分子质量 $\overline{M}_n$	42
二、重均相对分子质量 $\overline{M}_w$	43
三、Z 均相对分子质量 $\overline{M}_z$	43
四、黏均相对分子质量	43
第三节 高分子的结构和形态	44
第四节 合成高分子的基本反应	45
一、加聚反应	45
二、缩聚反应	48
第五节 高分子的分类和命名	50
第六节 高分子溶液	52
一、高分子的溶解	52
二、高分子溶液的流变性	52
三、减阻作用	57
四、交联和络合——聚合度变大的化学变化	59
五、降解——聚合度变小的化学变化	59
六、水解——聚合度相似的化学变化	60
第七节 油田常用的几种高分子	61

一、聚乙烯	61
二、聚丙烯酰胺	62
三、酚醛树脂	64
四、环氧树脂	65
五、聚多糖类天然高分子	67
六、生物高分子——生物聚多糖	71
练习题	72
 第三章 化学驱油	75
第一节 概述	75
第二节 聚合物驱油	76
一、聚合物驱油机理	76
二、聚合物在多孔介质中的流动特性	76
三、选择驱油用聚合物的要求	79
四、聚合物驱筛选标准	81
五、聚合物驱现状及发展动向	81
第三节 活性剂驱油	82
一、活性水驱	82
二、微乳液驱油	84
三、泡沫驱油	91
第四节 碱性水驱	94
一、碱性水驱提高采收率的机理	94
二、影响碱性水驱油的因素	95
三、碱性水驱筛选标准	96
四、改型碱驱	96
练习题	97
 第四章 酸化及酸液添加剂	98
第一节 酸化原理	98
一、碳酸盐岩油气层基质酸化原理	98
二、碳酸盐岩油气层酸化压裂原理	101
三、砂岩油气层酸化原理	101
第二节 酸化用酸	103
一、盐酸	103
二、土酸	104
三、一些特殊的无机酸	105
四、低分子有机酸	106
五、化学缓速酸	108

六、潜在酸	109
七、泡沫酸	110
八、稠化酸	111
九、乳化酸与微乳酸	111
第三节 酸液添加剂	111
一、缓蚀剂	111
二、铁稳定剂	112
三、表面活性剂	114
四、稠化剂	115
五、其他添加剂	117
练习题	118

第五章 压裂液	119
第一节 压裂液的组成与性能	119
第二节 压裂液的种类	120
一、水基压裂液	120
二、油基压裂液	124
三、乳化压裂液	125
四、泡沫压裂液	126
五、其他类型压裂液	127
第三节 压裂液添加剂	127
一、稠化剂	128
二、交联剂	132
三、破胶剂	133
四、pH 值控制剂	134
五、冻胶黏度稳定剂	135
六、黏土稳定剂	135
七、降阻剂	135
八、杀菌剂	136
九、降滤失剂	137
十、表面活性剂	137
练习题	139

第六章 化学防蜡及清蜡	140
第一节 油井和输油管道中蜡的沉积	141
第二节 化学防蜡机理及流动性改进剂	142
一、防蜡机理	142
二、化学防蜡降凝剂的类型	143
第三节 化学清蜡剂	146

练习题	147
第七章 油田化学堵水	148
第一节 概述	148
一、出水原因	148
二、产水的危害	148
三、堵水措施	149
四、堵水施工方法	150
第二节 水泥浆封堵	151
一、水基水泥	151
二、油基水泥	152
第三节 油井非选择性堵剂	154
一、树脂型堵剂	154
二、沉淀型堵剂	156
三、凝胶型堵剂	159
四、冻胶型堵剂	161
第四节 油井选择性堵剂	162
一、水基堵剂	162
二、油基堵剂	169
三、醇基堵剂	171
第五节 水井、气井堵剂	172
一、注水井堵剂	172
二、气井堵水剂	175
练习题	176
第八章 化学防砂技术	177
第一节 化学防砂方法	177
一、化学防砂工艺原理	177
二、化学防砂配方及优缺点	183
第二节 防砂的化学预处理	184
一、化学剂解堵处理	184
二、黏土的化学稳定处理	185
练习题	186
第九章 油田水处理技术	187
第一节 水质标准和油田水的性质	187
一、水质标准	187
二、油田水的主要杂质组分和性质	189
第二节 混凝剂种类和助凝剂	191

一、混凝剂种类	191
二、助凝剂种类	193
第三节 油田水的防腐蚀技术	193
一、油田水的腐蚀原理	194
二、影响油田水腐蚀的主要因素	195
三、金属腐蚀的防护	197
四、化学药剂缓蚀法	199
第四节 油田水的防垢与除垢	202
一、油田水常见的水垢类型和影响因素	202
二、控制油田水结垢的方法	208
三、化学防垢和除垢方法	209
第五节 油田水的杀菌技术	211
一、细菌的种类和杀菌方法	211
二、化学杀菌剂	214
练习题	218

第十章 钻井液及添加剂	219
第一节 钻井液的基本组成与类别	220
一、水基钻井液	220
二、油基(烃基)钻井液	221
三、气体钻井液	221
第二节 钻井液及其理论发展	221
一、钻井液的发展过程	221
二、钻井液理论的发展	224
第三节 钻井液添加剂	224
一、钻井液添加剂的分类、代码及功能	224
二、钻井液添加剂及作用机理	226
三、絮凝剂	238
四、页岩抑制剂	242
五、其他处理剂	243
练习题	246

第十一章 固井水泥浆外加剂	247
第一节 油井水泥	247
一、油井水泥的主要成分	247
二、水化反应	248
三、特种油井水泥	248
第二节 水泥浆外加剂	249
一、促凝剂	249

二、速凝剂	250
三、缓凝剂	250
四、减阻剂	251
五、降滤失剂	254
六、堵漏剂	257
七、防气窜剂	257
八、其他外加剂	258
练习题	259
第十二章 完井液及添加剂	260
第一节 油气层损害机理及保护油气层对钻井液的要求	260
一、油气层损害机理	260
二、保护油气层对钻井液的要求	264
第二节 完井液的基本类型及作用特点	265
一、水基钻井完井液体系	265
二、油基钻井完井液体系	268
三、气体型钻井完井流体	268
四、合成基钻井完井液	269
第三节 完井液添加剂	270
一、增黏剂	270
二、加重剂	270
三、暂堵剂	270
第四节 国外新型完井液简介	271
练习题	273
参考文献	274

绪 论

一、油田化学的范畴

在石油工业中通常将油气田钻探、开采和集输过程中应用化学剂和化学方法的科学技术称为油田化学。它包括：①钻井液、完井液的处理剂及其应用技术；②酸化液和压裂液的添加剂及其应用技术；③注入水和油田污水处理剂及水处理技术；④化学堵水剂和调剖剂及其应用技术；⑤化学固砂剂及其应用技术；⑥三次采油化学剂及技术；⑦油气集输过程中的化学处理剂及技术；⑧钻、采、输过程中的化学防腐蚀技术；⑨油气层损害的化学防治技术；⑩油田化学剂的研制及合成方法、分析、检验与评定等。同时还涉及油田化学所需开展的基础理论及机理研究工作，其内容是十分广泛的。

二、油田化学的特点

1. 油田化学是一门新兴的边缘学科

随着石油工业的发展和科学技术的进步，化学剂和化学方法在石油工业中的应用日益广泛，油田化学剂新品种的研制和应用技术的研究，在国际上愈来愈受到重视，我国是从 20 世纪 70 年代开始油田化学研究工作的，现已形成科研、生产和应用的完整体系。

油田化学的研究和开发需要多种学科的交叉和配合，如要研制适用于某种原油的降凝剂，就必须对原油组成（如含水量、含硫量、含蜡量、胶质和杂质等）和物理性质（如相对密度、黏度、凝点、闪点和酸值等）进行测试。由于油田化学是以石油工程（如石油地质学、油藏物理、钻井工程和采油工程等）、化学（如有机合成、表面与胶体化学和高分子化学与物理学等）、化工（如流体输送、传热和传质过程、反应工程等）为基础，并涉及腐蚀工程、环境保护工程及微生物学等学科，因此油田化学是一门需要多种学科知识的新兴应用学科。

2. 油田化学产品种类繁多

若按油田化学剂的用途来分类，主要有钻井液处理剂、油井水泥外加剂、压裂液添加剂、破乳剂、防蜡剂、原油降黏剂、堵水剂、固砂剂、缓蚀剂、污水处理剂、化学驱油剂、黏土防膨剂和堵漏剂等。据不完全统计，仅世界各国的钻井液处理剂就有 18 类，2 606 个品种。虽然在油井水泥中，其外加剂的加入量仅小于或等于 5%，但其产品也有 13 类，216 个品种。

近些年来，我国油田化学已有了迅速发展，其生产厂已达 300 家，产品品种约有 500 个，如在我国油田目前已采用的 25 种堵水剂和 18 种调剖剂的配制液中，就需要 106 种化工产品，在酸化过程中所需的添加剂也达 40 多种。由于油田化学剂的品种繁多，产量也不够大，故在化学工业中一般将它归入精细化工产品。

3. 研制和使用油田化学剂要有针对性

由于各油田地层条件的不同和原油组成的差异，给油田化学剂的使用带来了一系列值

得重视的问题。因此在研制和使用油田化学剂时,首先应该注意了解各油田的具体条件,否则将会造成很大的失误。当用化学剂胶结防砂时,如果所用液体树脂不能很好地润湿岩石(如酚醛树脂和环氧树脂就不能润湿亲水岩石),凝固的树脂就会在孔道中形成不与砂粒接触的网络状物质,使地层的有效孔隙度减少,由此而容易拦截运移的微粒,造成堵塞使地层损害,从而降低油井的产油能力。由于影响原油破乳脱水的因素较多(如 pH 值、含盐量、温度、石油的组成和性质等),故在选用破乳剂时必须注意其针对性,否则将会造成技术的失败和经济损失。在油气田生产系统中,为了防止对金属设备和管道的腐蚀,一般采用注入缓蚀剂保护的方法,但由于造成腐蚀的原因不同,在选用缓蚀剂时应特别注意其针对性,对用于注水的缓蚀剂,其在水中的溶解性是极为重要的。如果溶解性很差,就会在过滤过程中被除掉,使其不能起到缓蚀作用,甚至会引起地层的堵塞;若溶解性太好,又会使其在金属表面上的分散太快,降低了防护膜的稳定性,其缓蚀效果并不好。由此可见,在研制和使用石油化学剂时要密切注意针对性。

4. 油田化学技术的风险性

石油开发投资多、风险大,这是它区别于其他工业部门的重要特点之一,由此对油田化学技术的应用和发展也有直接影响。油田化学技术是一个系统工程,不仅要考虑油田化学剂对地层岩石和黏土矿物的配伍性及针对性,同时地层条件(如温度、压力和地层水的矿化度等)和施工方法也是影响油田化学技术成败的重要因素。如在吐哈油田使用油基压裂液对 2 000~3 000m 的井进行压裂作业,其总费用为 68 万元/井,由此可见其技术的成败在经济上具有较大的风险性。目前在三次采油中,虽然化学驱油具有显著的优点,可使原油采收率由二次采油的 35%~50% 提高到 90% 以上,但由于当前化学驱油剂(如表面活性剂和高分子聚合物等)的价格较高,致使化学驱油未能在油田现场得到广泛应用。据美国预算,当油价为 30 美元/桶时,用化学驱油法增产的原油仅占三次采油方法增产油量的 17%;当油价为 50 美元/桶时,可使其提高到 40%。因此,在研制和使用油田化学剂时,应以提高原油采收率和降低其成本为前提,只有这样才能不断促进油田化学的发展。

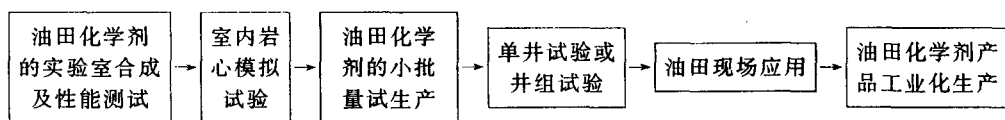
5. 应防止对地层的损害和对环境的污染

虽然目前已有种类繁多的油田化学剂在石油工业中得到广泛的应用,并在提高原油采收率和降低成本等方面发挥了显著作用。但如果对其使用不当,却会给地层带来损害,甚至给环境造成污染。油田化学剂对地层造成损害的原因是多方面的,也是极其复杂的。例如,在钻井过程中,由于油气层本身黏土含量高,在水基钻井液的作用下会引起油气层内膨胀性的黏土矿物(如蒙脱石、伊-蒙混层矿物)水化膨胀、分散、运移,堵塞孔喉,降低油气层的渗透率,使石油不易采出;在酸化作业中,地层中的酸敏性矿物(如含铁绿泥石)与配伍性差的酸溶液作用后会产生化学沉淀,使其渗透率显著下降,造成酸化产油量降低的不良后果。

由于不少油田化学剂属于有毒物质,若对其使用不当,也会给环境造成危害。例如,我国油田使用的木质素磺酸钠-聚丙烯酰胺堵水剂,其交联剂重铬酸钠是一种有毒化学品,在使用时应特别注意操作人员的劳动防护和防止对环境造成的污染。

6. 研制油田化学剂的周期时间较长

由于油田化学的多学科性,给油田化学剂的研制和使用带来了复杂性,通常研制一种新型油田化学剂,其一般过程为:



由于影响室内岩心模拟试验和单井试验的因素较多(如油田化学剂的性能和施工方法及工艺条件等),所需费用较大,故对每一个步骤都需作周密的考虑,尽量减少工作中的失误,虽然在工作中是精心的,但要达到预期目的,其所用时间与研制一般化工产品相比较还是较长的。

三、油田化学剂的分类

油田化学剂种类繁多,难以精细分类。美国通常按化学剂结构特点的不同,将其粗略地划分为聚合物(包括人工合成聚合物、天然存在的聚合物如植物胶、纤维素、淀粉、木质素及它们的化学改性产品,以及生物聚合物等)、表面活性剂、其他精细化工产品等三大类。俄罗斯将其分为无机化合物、有机化合物、高分子化合物和表面活性剂四大类。美国石油学会出版的油田化学文摘(API Abstracts Oilfield Chemicals)将其分为钻井液类(加重剂、增黏剂、专用化学品、分散剂、泥浆降滤失剂、缓蚀剂、其他特种化学品)、完井和增产液类(注水泥材料、酸化液、压裂液、完井和修井液、地层控制剂)、采油用化学品类(破乳剂、腐蚀控制剂、防垢剂、抗生物剂)和提高采收率用化学品类(表面活性剂、增稠剂、助表面活性剂、氢氧化钠、其他化学品)等四大类。

为了使油田化学剂的分类方法具有科学性、合理性和实用性,我国能源部制定了石油行业“油田化学剂类型代号”标准,按此标准作了如下分类:

1. 通用化学剂

是指同一种化学剂能广泛用于油田不同生产工艺,包括以下七个类型:生物聚合物、羧甲基纤维素钠盐、黏土稳定剂、天然聚合物、聚丙烯酰胺、表面活性剂、示踪剂。

2. 钻井用化学剂

它分为钻井液处理剂 and 水泥外加剂两个亚类。

(1)钻井液处理剂。是指在钻井液配制和处理过程中所用的化学剂,包括以下 18 种类型:杀菌剂、缓蚀剂、除钙剂、消泡剂、乳化剂、絮凝剂、起泡剂、降滤失剂、堵漏材料、润滑剂、解卡剂、pH 值控制剂、表面活性剂、页岩抑制剂、降黏剂、温度稳定剂、增黏剂、加重材料。

(2)水泥外加剂。是指在固井作业中,为保证施工顺利进行和固井质量,在水泥中所添加的化学剂,共有以下 10 种类型:促凝剂、缓凝剂、消泡剂、减阻剂(分散剂)、降滤失剂、防气窜剂、减轻外掺料(减轻剂)、防漏外掺料(防漏剂)、增强剂、加重外掺料(加重剂)。

3. 油气开采用化学剂

它分为酸化用化学剂、压裂用化学剂及采油用其他化学剂三个亚类:

(1)酸化用化学剂。是指酸化作业过程中,为满足工艺要求,提高酸化效果所用的化学剂,共有以下 11 个类型:缓蚀剂、助排剂、乳化剂、防乳化剂、起泡剂、降滤失剂、铁稳定剂、缓速剂、暂堵剂、稠化剂、防淤渣剂。

(2)压裂用化学剂。是指压裂作业过程中,为满足工艺的要求,提高压裂效果所用的化

学剂,共有以下 14 种类型:破胶剂、缓蚀剂、助排剂、交联剂、黏土稳定剂、减阻剂、防乳化剂、起泡剂、降滤失剂、pH 值控制剂、暂堵剂、增黏剂、杀菌剂、支撑剂。

(3)采油用其他化学剂。是指除酸化、压裂作业外、用于油、气、水井增产增注的采油化学剂,包括以下 8 种类型:解堵剂、黏土稳定剂、防蜡剂、清蜡剂、调剖剂、降凝剂、固砂剂、堵水剂。

4. 提高采收率用化学剂

是指在提高石油采收率(EOR)过程中所用的化学剂,包括如下 10 种类型:碱剂、助表面活性剂、高温起泡剂、混溶剂、流度控制剂、牺牲剂、表面活性剂、增溶剂、薄膜扩展剂、稠化剂。

5. 油气集输用化学剂

是指在油气集输过程中,为保证油气质量,保证生产过程安全可靠和降低能耗所用的化学剂,包括以下 14 种类型:缓蚀剂、破乳剂、减阻剂、乳化剂、流动性改进剂、天然气净化剂、水合物抑制剂、海水浮油清净剂、防蜡剂、清蜡剂、管道清洗剂、降凝剂、降黏剂、抑泡剂。

6. 水处理用化学剂

是指在油田注水(水源水、加注污水)水处理过程中,为保证水质,提高注水开发效果所用的化学剂,包括以下 10 种类型:杀菌剂、缓蚀剂、黏土稳定剂、助滤剂、浮选剂、絮凝剂、除油剂、除氧剂、防垢剂、除垢剂。

四、油田化学技术的发展和应

随着石油勘探开发技术的发展,油田化学在石油工业中的作用也日益重要。1988 年以前,美国油田化学剂消费量的年增长率为 5.9%,1993 年增产用化学剂消费量年增长率为 10%,钻井和完井用化学剂的增长率为 5%,采油用化学剂增长得比较少。美国 1983 年油田化学剂的总用量为 $9.4 \times 10^5 \text{ t}$,1993 年达到 $1.43 \times 10^7 \text{ t}$,其中生物聚多糖胶、硫化氢脱除剂、中强支撑剂、二氧化碳及氨基泡沫压裂液、油基钻井液、完井液和压裂液的用量增长速度最为突出,在化工产品中仅次于农药,位居第二位。

我国的石油工业生产中,已于 20 世纪 50~60 年代,在玉门、新疆、大庆等油田开展了一些油田化学工作,随着石油工业的发展,油田化学的重要性日益突出,1972 年成立了我国第一个专门研究机构,部分石油院校设立了油气田应用化学专业,加强了专业人才的培养,1978 年在胜利油田召开了第一次全国油田化学会议,1984 年创办了对国内外公开发行的《油田化学》期刊,1985 年在抚顺召开了第二次全国油田化学会议。在“七五”和“八五”国家科技攻关有关油田化学的项目中,不少高等院校和中科院有关研究所均投入了很强的研究力量。

中国石油天然气总公司(CNPC)于 1988 年成立了油田化学总公司,专管油田化学剂的产品和技术开发。此外,CNPC 下属的中国石油物资总公司及昆山公司于 1990 年主持建立了“全国油田化学剂供应网络”,在“加强网络建设,提高产品质量,搞好油田化学剂的产需衔接”方面,发挥了很好的功能。

目前我国每年油田化学品的用量已达到 $9 \times 10^5 \text{ t}$,其销售额为 10 亿多元,对降低石油开发成本提高采收率起到了重要作用,钻井液原材料及处理剂现已发展为 13 类 212 个品种,尤其是近年来聚合物钻井液体系的不断发展和完善,使我国的钻深井、超深井、定向井和

丛式井技术上上了一个新台阶,不仅显著地提高了钻井液的抑制性,有效地防止了井塌,同时达到提高钻速的效果,使钻井深度达到 6 000m 以上。我国油井水泥外加剂现已发展到 10 类 100 种,能基本满足各种地层条件的固井需要,使固井质量和成功率都有显著提高。用于原油脱水的破乳剂,至今已工业化生产的产品有 100 种,用于酸化技术的添加剂达 40 种之多,目前国外油田广泛应用的四大聚合物:植物胶及其衍生物、纤维素及其衍生物、生物聚合物和合成聚合物,我国均已工业化生产,所有这些都为我国油田化学技术的进一步发展奠定了良好的基础。

我国油田化学的迅速发展,对提高石油采收率 and 经济效益发挥了重要作用。但与国外先进水平相比仍有相当大的差距,如美国油田化学剂的净耗量为我国的 9 倍,我国每产 1t 原油所消耗的油田化学剂和材料为美国的 34.7%,尤其是油井水泥外加剂的用量仅为美国的 1%。在产品质量方面我国还需进一步发展和提高,如国外在压裂酸化液中使用的药剂约有 25 大类共计 180 余种,而我国只有 50 多种,从美国引进的压裂液稠化剂羟丙基瓜胶,与国内同类产品相比,增稠能力高一倍,用量可减少 30%,且耐温能力(可耐 160℃)和残渣含量(1%~2%)等性能均明显优于国内产品。我国油田在聚合物驱油中所用部分水解聚丙烯酰胺,现仍依靠从日本和美国进口,尤其是耐盐、耐温的聚合物,国外已有多种产品,而我国尚处于攻关起步阶段。为了促进我国油田化学迅速发展,仍需在加强基础研究、加强油田化学与油层物理和油藏工程研究工作的结合、加强油田化学剂评价方法的研究、加强对国外技术的吸收和改进等方面进行大量深入的工作。

近几年来,随着我国国民经济的快速发展,对石油和天然气的需求量急剧增长,为了适应国民经济发展的需要,落实党中央提出的“稳定东部、发展西部”的工作方针,使我国的石油和天然气产量进一步持续稳定的增长,就必须依靠科技进步。目前我国东部各主力油田,基本上都已进入开发的中、后期,其开采难度将逐步加大。而西部新建油田,由于自然条件恶劣,地层条件复杂,其开发难度大,从而对油田化学技术提出了更高、更难、更为迫切的要求。加之我国的油田化学技术与国际先进水平相比还有较大的差距,因此大力发展我国油田化学剂及其技术是势在必行的迫切任务,对推动我国石油工业的发展具有重要的意义。

第一章 表面活性剂

第一节 表面活性剂的定义及分子结构特点

表面活性剂是少量存在就能显著降低溶剂表面张力的物质(surfactant or surface active agent, 简称为 SAA 或 SAa)。

在生产实验和科学实验中,我们可以把各种物质的水溶液(浓度不大时)的表面张力和浓度的关系归纳为三种类型(见图 1-1):

- ①表面张力 γ 随浓度 C 上升略有上升的物质,如 NaCl、HCl 等。
- ②表面张力随浓度上升而下降的物质,如 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 等。
- ③表面张力在稀浓度时急剧下降的物质,如 RSO_3Na 等。

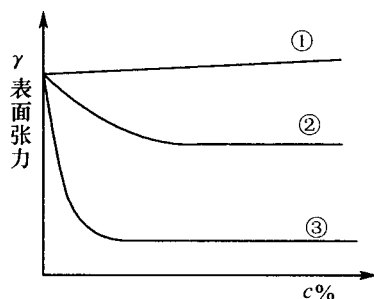


图 1-1 γ - C 关系曲线

按定义只有第三类物质才是表面活性剂。第二类物质能降低一些表面张力,但不显著,且溶液浓度比较大,这类物质只能叫表面活性物质。如聚氧乙烯壬基苯酚醚

C_9H_{19} —— $\text{O}—[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}]_5—\text{H}$ 的 γ - c 关系数据为:

活性剂浓度 $c\%$ (wt)	0	0.001	0.01
表面张力 γ mN/m	72.0	30.0	28.6

可以看出加入 0.001% 表面活性剂,可使溶剂的表面张力降低一半以上。一般 $\text{C}_8 \sim \text{C}_{20}$ 的两亲分子为表面活性剂,简称活性剂,小于 C_8 的两亲分子是表面活性物质。

表面活性剂分子的结构特点:

分子结构有两亲性(即亲水、亲油性),所以叫两亲分子,活性剂分子由两部分组成,即亲水的极性部分和亲油的非极性部分。

十二烷基硫酸钠 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_3\text{Na}$ 两亲性如下: