

全国“星火计划”丛书

精细化学品系列丛书

# 油田化学品

刘继德 牛亚斌 主编

中国物资出版社

精细化学品系列丛书

# 油田化学品

主编 刘继德 牛亚斌

中国物资出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

油田化学品/刘继德,牛亚斌主编.-北京:中国物资出版社,  
2001.4  
ISBN 7-5047-1538-7

I. 油… II. ①刘…②牛… III. 油气钻井-化学处理-处理  
剂 IV. TE254

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 78498 号

中国物资出版社出版发行  
(北京市西城区月坛北街 25 号 100834)  
全国新华书店经销  
北京市梨园彩印厂印刷

开本:850×1168mm 1/32 印张:8.5 字数:270千字  
2001年4月第1版 2001年4月第1次印刷  
ISBN 7-5047-1538-7/TQ·0058  
印数:0001—3000册  
定价:16.00元

## 《全国“星火计划”丛书》编委员

顾    问： 杨  浚  
主    任： 韩德乾  
第一副主任： 谢绍明  
副    主  任： 王恒璧  周  谊  
常务副主任： 罗见龙  
委    员： （以姓氏笔划为序）：  
          向华明  米景九  达  杰（执行）  
          刘新明  应日珪（执行）  陈春福  
          张志强（执行）  张崇高  金  涛  
          金耀明（执行）  赵汝霖  俞福良  
          柴淑敏  徐  骏  高承增  蔡盛林

## 《精细化学品系列丛书》编辑委员会

主任编委:	姚锡福	张立中	俞志明	
副主任编委:	汪幼芝	任渝眉	居滋善	钮竹安
编委:	王法曾	王润涛	王曾辉	王凤岐
	王德中	王家勤	尤新	牛亚斌
	方锺声	叶青萱	江东亮	江建安
	石碧	刘继德	刘霁馨	任渝眉
	朱光伟	孙丕基	李祖德	吴季洪
	汪幼芝	汪曾祁	纪锡平	张一宾
	张立中	张友松	居滋善	武兆圆
	杨文琪	杨新玮	杨国华	陈宗蓟
	陆仁杰	罗钰言	周国光	周华龙
	竺玉书	赵士刚	赵世忠	赵骧
	胡云光	郑其庚	钮竹安	姚锡福
	姚锡禄	姚焕章	施召新	俞志明
	俞鸿安	袁亦丞	高晋生	凌关庭
	徐玉佩	郑振	夏铮南	夏鹏
	黄洪周	曹伟	章基凯	郭保忠
	曾人泉	温铁民	童琍琍	萧安民
	虞兆年	谭寿洪		

## 序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委员

1987年4月28日

## 《精细化学品系列丛书》序言

精细化学品的开发是当今世界化学工业激烈竞争的焦点,也是 21 世纪国家综合实力的重要标志之一。我国已把发展精细化工列为第九个五年计划的战略重点之一,通过优先发展精细化工实现中国化学工业精细化工率从现在的 35% 增长到 50%。为了配合精细化学品的市场开拓,从做好宣传介绍、推广应用和技术服务出发,我们邀请国内百余名专家学者编写一套含 40 分册的《精细化学品系列丛书》,计划在“九五”中期陆续出齐。

《精细化学品系列丛书》是一套具有普及和提高并重,集国内和国外以技术经济为主、技术工艺为辅的信息性知识读物,提供给精细化学品的生产者、经营者、应用者的各级成员以及学校师生阅读,其目的是有助于引导精细化学品的生产、应用和市场开拓;反映国内外精细化学品开发的历史演变,了解过去、反映当前、展望未来、便于借鉴;从技术经济的角度介绍、对比和分析近期重点发展的品类品种,为适应市场供需和应用要求提供依据。

《精细化学品系列丛书》的每本分册均为精细化学品的一个门类,包括传统的精细化学品门类、新领域精细化学品门类和今后将进一步开发的精细化学品门类。每本分册的篇幅为 30~50 万字。每本分册的内容为概述历史发展沿革、门类的形成、分类的原则和变迁、在国民经济中的地位 and 作用、生产和应用现状;按品类品种阐述生产

技术、应用开发和技术经济概况；展望行业在生产、市场和应用技术等方面的开发前景。

精细化学品不同于通用的基本化工原料，也不同于高分子聚合物材料。品种多、批量小、知识密集度高，更新换代快、专用性和商品性强，而各国对精细化学品的释义和分类也不统一，因此，我们对精细化学品系列丛书的分册选题及其内容恐不能完全适应当前国内市场开拓的要求，而搜集的有关资料，特别是有关技术经济方面的数据资料，残缺不全的情况也是存在的。更由于我们初次尝试编纂出版这样一套分册较多的丛书缺乏经验，如出现缺点和错误，竭诚欢迎读者批评指正。

本系列丛书被选入“星火计划”是值得高兴的事情，愿它能为“星火计划”做出贡献。但是，丛书中的有的分册在农村开发会受到条件的限制，不能一视同仁。

《精细化学品系列丛书》编委会

# 前 言

伴随石油工业的发展,油田化学品已成为油田钻井、完井、采油、注水、提高采收率及集输过程中不可或缺的药剂,油田化学已成为石油科学中的一门新兴学科。国内外石油工业的发展,促进和带动了油田化学品的发展;反过来,油田化学品的发展,品种的增多,质量的提高,又推动了石油工业的发展、油田勘探开发技术水平的提高和经济效益的增长。目前,油田化学品的研制开发和生产应用已成为国内外石油界和化工界共同关注的课题。

为了适应新的形势,更好地为我国的石油勘探开发服务,我们根据从事多年油田化学科研工作的经验及所汇集的国内外有关文献资料,本着普及与提高并重,以技术经济为主、技术工艺为辅的原则编写了这本书,供从事油田化学品的科研、生产、经营和应用人员参考,以求共同努力,研究开发出更多更好的油田化学品,更好地为石油工业服务。

本书由刘继德、牛亚斌主笔,初稿完成后,由于连成、张达明及谢慧专等同志进行了审校,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

本书内容涉及石油地质、油藏工程及油田化学等多种学科,限于编著者的学识水平,疏漏之处在所难免,敬请读者批评、指正,以便再版时改正。

编著者

# 目 录

## I. 油田化学品概论

一 油田化学品的发展沿革及分类 .....	(1)
1. 油田化学品的历史发展变革 .....	(1)
2. 油田化学品的分类 .....	(4)
二 油田化学品在国民经济中的地位和作用 .....	(14)
1. 油田化学品在国民经济中的地位 .....	(14)
2. 油田化学品在国民经济中的作用 .....	(14)
三 生产及应用现状 .....	(19)
1. 国内外油田化学品生产及应用概况 .....	(19)
2. 问题与差距 .....	(20)

## II. 各品类油田化学品的发展现状及应用开发

四 钻井和固井用化学品 .....	(23)
1. 钻井液处理剂 .....	(23)
2. 水泥外加剂 .....	(70)
五 采油用化学品 .....	(90)
1. 酸化用化学品 .....	(91)
2. 压裂用化学品 .....	(110)
3. 采油用其它化学品 .....	(130)

六	油气集输用化学品 .....	(147)
1.	油气集输用化学品的类型 .....	(147)
2.	油气集输用化学品的发展现状 .....	(150)
3.	应用 .....	(162)
七	油田水处理用化学品 .....	(174)
1.	油田水处理用化学品的类型 .....	(174)
2.	油田水处理用化学品的发展现状 .....	(180)
3.	应用 .....	(199)
八	三次采油(EOR)用化学品 .....	(208)
1.	三次采油用化学品的类型 .....	(208)
2.	三次采油用化学品的发展现状 .....	(211)
3.	应用 .....	(227)

### Ⅲ. 油田化学品的发展前景

九	在油田勘探开发的全过程中油田化学品 需求的动态趋势 .....	(233)
十	油田化学品今后发展趋势和需求 .....	(236)
1.	钻井用化学品 .....	(236)
2.	采油用化学品 .....	(243)
3.	油气集输用化学品 .....	(250)
4.	三次采油用化学品 .....	(252)
5.	水处理用化学品 .....	(253)

# I. 油田化学品概论

## 一 油田化学品的发展沿革及分类

油田化学是研究油田钻井、完井、采油、注水、提高采收率及集输等过程中化学问题的科学,1992年2月在北京召开的石油科学名词审定会上,“油田化学”被审定为石油科学中的十大学科之一。

油田化学品是解决油田钻井、完井、采油、注水、提高采收率及集输等过程中化学问题时所使用的药剂。国内外石油工业的发展,促进和带动了油田化学品的发展,反过来,油田化学品的发展,品种的增多,质量的提高,又推动了石油工业的发展,油田勘探开发技术水平和经济效益的提高,目前,油田化学品的研制、开发和应用已成为国内外石油界和化工界所共同关注的课题。

### 1. 油田化学品的历史发展变革

石油工业在国内外都是一个古老而又生机勃勃的工业部门,它在推动社会发展和人类文明进步中发挥了巨大作用。美国和前苏联的石油工业已有150多年的历史,中东波斯湾地区从1932年10月16日巴林的第一口油井出油到今天已有66年的历史。我国玉门老君庙油田1938年发现并投入开发,揭开我国石油工业的历史,经过50年代中期的克拉玛依会战,60年代初的大庆会战,胜利会战,直到90年代重上大西北,相继发现了克拉玛依

油田、大庆油田、胜利油田及吐哈油田、塔里木油田等一大批大油田,使我国石油工业迈上了历史新阶段,成为世界产油量排行第五的产油大国。油田化学品在世界石油工业的发展过程中随之产生、发展壮大起来,已成为当代石油工业发展和经济效益提高必不可少的一个学科(或产业),可以说“哪里有石油,那里就有(用)油田化学品”。

国外油田使用化学品开始较早,20~30年代钻井泥浆中开始使用纯碱、烧碱、丹宁酸钠或煤碱剂及淀粉等化学品来控制泥浆的粘度和滤失量,用脂肪酸盐、环烷酸盐、芳香烃和烷基芳基磺酸盐、土耳其红油、蓖麻硫酸盐、石油磺酸盐、氧化蓖麻油、磺化丁二酸酯等进行油田油水乳化液的破乳脱水,使用浓度较大(约1000ppm),用HCl加缓蚀剂用于油井酸化作业来提高油井产量。进入40年代,化学品在油田上的应用更加普遍,纤维素钠盐、Ca—木质素磺酸盐以至50年代的铬木质素磺酸盐广泛用于钻井泥浆,由于这几种化学品综合处理的结果,形成了适度絮凝而又相对稳定的所谓“粗分散泥浆体系”。这期间,脂肪酸、脂肪醇、烷基酚的乙烷基化合物, Po/Eo嵌段共聚物等用作原油破乳剂的应用,大大提高了破乳效率,使用浓度降至500~100ppm。1940年Do Well公司首次用HF+HCl和缓蚀剂用于砂岩地层的酸化处理,1947年美国堪萨斯州大县Hugoton气田Kelpper 1号井首次进行气井压裂增产处理,所用的是由二战后剩余的“napalm”—胶化汽油配成的油基压裂液。60~70年代更是油田化学品的大发展时期,除一般的化学品外,大量精细化工产品得到广泛应用,大大促进了石油工业的发展和技术水平及经济效益的提高。以水解聚丙烯酰胺、水解聚丙烯腈、乙烯基多元共聚物为代表的人工合成高分子聚合物广泛用于钻井泥浆,形成新的所谓“低固相不分散”泥浆体系,此间氧烷基胺、氧烷基化物、烷基苯酚甲醛树脂及其改性物等用于油田破乳脱水工艺,脱水效率又提高一步,使用浓度降至50~10ppm。60年代中期交联技术进入石油工业,冻胶压裂液、冻胶酸化液、冻胶堵水调剖剂的应用,把压裂酸化和堵水调剖技术提高到一个新阶段。石油工业中老油田提高采收率技术又一次促进、带动了油田化学品的发展,不同类型的高分子水溶性聚合物,如部分水解聚丙烯酰胺、聚多糖、生物聚合物等以及不同类型的表面活性剂,如石油磺酸盐、石油羧酸盐、木质素磺酸盐、烷基芳基磺酸盐、 $\alpha$ -烯烃磺酸盐、烷基苯磺酸盐等不同规模地投入油田试验或应用,大大促进了石油工业工艺技术和经济效益的提高。80年代以来,油田化学品在油田上的应用广度和深度又有新

的提高,大量新型精细化工品以它们的复配物投入油田应用,如聚酯胺及其复配物、两性离子型破乳剂用于油田脱水工艺,使用浓度降至 20~5ppm,合成基泥浆、硅基泥浆、阳离子或两性离子聚合物泥浆体系及相应的处理剂在钻井工程中逐步应用,尤其是随着钻井深度的增加,和三次采油技术投入应用,一些耐高温的化学剂,如马来酸酐-苯乙烯磺酸盐共聚物、马来酸酐~磺化乙烯基甲苯共聚物、AMPS-n-甲基-n-乙基基乙酰胺-丙烯酰胺三元共聚物、AMPS-n-乙基基-2-吡咯烷酮共聚物、疏水缔合聚合物、两性离子聚合物等的研究开发工作非常活跃,其中的部分产品已投入现场试验或应用。适应油田压裂酸化和堵水调剖工艺的需要,多种新型的交联剂,如有机钛、有机锆、有机硼、有机铬等及新型的乳化剂、破胶剂相继发展起来,使油田化学品呈现一派繁荣的景象。

与国外相比,我国石油工业古老而又年轻,相应地油田化学品的开发应用在 40~50 年代仅在少数油田部分作业,如钻井等使用化学品。60 年代初大庆会战及其后的胜利会战等大批油田的发现和投入开发中所遇到的现实生产问题需要用化学的办法来解决,从而促进了油田化学品的开发和应用。近代油田化学品的研究、开发和应用起步于 70 年代初,这期间最有代表性的交联技术首先在压裂施工中应用,如 70 年代初的羧甲基槐豆粉冻胶压裂液、皂角粉、田菁粉冻胶压裂液、甲撑基聚丙烯酰胺冻胶压裂液、CMC 冻胶压裂液等相继在大港、胜利、长庆、中原等油田大面积推广应用,此后交联技术又在酸化、堵水调剖工艺中推广应用,形成了具有我国特点的各种凝胶酸体系和冻胶型堵水调剖剂系列产品(或)配方。PO/EO 嵌段聚合的非、阴离子型原油破乳剂也在许多油田广泛应用,聚丙烯酰胺、水解聚丙烯腈、聚丙烯酸 Ca 盐、K 盐以及乙烯基单体的二元、三元和多元共聚物、接枝共聚物及“三磺”泥浆处理剂等较短的时间内广泛应用钻井作业,从而大大促进了我国钻井工程的技术水平和经济效益的提高。80 年代以来,以大庆等油田为代表的三次采油技术又一次促进了油田化学品的发展,此间的高分子量聚丙烯酰胺的研制、开发及部分油田的成功的前导性试验以及多种表面活性剂驱油剂、发泡剂等也开始走出实验室。进入 90 年代,两性离子聚合物、阳离子聚合物、正电胶(MMH)、复合金属两性离子聚合物等多种新型有机和无机化学品在油田钻井中广泛应用,两性离子聚合物凝胶堵水调剖剂、固体凝胶悬浮液堵水调剖剂、生物聚合物凝胶堵水调剖剂、羟丙基瓜胶冻胶压裂液等在压裂等采油作业中大面积应用,以特种表面活性剂和高

分子聚合物的复配物为主的油井清防蜡剂、降凝降粘剂、水包油型乳化降粘剂在各油田迅速推广。1995年大庆从国外引进建设的年产5万吨高分子量聚丙烯酰胺生产线,把我国高分子水溶性聚合物的生产、应用水平提高到一个新阶段,并带动了我国高分子水溶性聚合物的发展,此后国内超高分子量聚丙烯酰胺(>2000万)及耐温耐盐的疏水缔合聚合物、两性离子高分子量(>1500万)聚合物的开发和应用都取得了重大进展。目前,国内开发、生产的各类油田化学品基本上可以满足我国油田生产的要求,并有部分产品出口国外。

从上述国内外油田化学品的发展沿革的简要过程中,可以看出有以下几个特点:

(1)石油工业的发展,油田勘探、开发技术水平的提高,促进和带动了油田化学品发展,反过来,油田化学品的发展,品种增加,质量提高,又进一步影响、推动石油工业的发展。

(2)油田化学品在油田上的应用经历了由较简单的化学品到较复杂的化学品,由单一的化学品到复配的化学品的发展过程,到今天,从化学组成的结构来看,精细化工产品中的各种表面活性剂及其复配物和各种高分子聚合物构成了油田化学品的主体。

(3)随着国内外石油工业的发展,油田勘探和开发广度和深度的延伸,油田化学品应用的广度和深度也将随之增加,油田勘探开发中将愈来愈多复杂的问题需要用化学的办法来解决,需要品种更多、性能更好、数量更大的油田化学品,这给油田化学品的研制、开发和生产提供了广阔的活动空间。

(4)油田勘探、开发市场的需要是油田化学品发展的永恒动力,油田钻井、完井、采油、注水,提高采收率及集输等生产过程及油田地质、油水性质的多样性,决定了油田化学品的多样性,油田化学界的朋友们只有到油田勘探、开发的现场上去,了解他们的需要,与他们合作,才能研制、开发出更多更好的油田化学品。

## 2. 油田化学品的分类

油田化学品的品种甚多,在油田应用广泛,目前国内外尚无公认通用的

分类方法。据调查,国内外对油田化学品的分类有以下几种<sup>[1]</sup>:有的按油田化学品的组成和制造过程分类,分成矿物产品、无机产品、通用化学品、天然产品和专用(精细化工)产品等类;有的按应用分类,分成钻井液类、完井液和激产液类、采油类和提高采收率类等;有的把化学品的组成和应用结合起来分类,分为无机产品、有机产品、高分子化学品、表面活性剂、溶剂和防蜡用化学品、近井地带处理用化学品、防垢用化学品、堵水及杀菌剂、石油预处理(脱水)用化学品、高粘油输送用化学品、有机和无机沉积抑制剂、提高输油效率用化学品。

1991年中国石油天然气总公司油田化学专业标准化委员会委托石油勘探开发科学研究院油田化学所负责起草《油田化学剂类型代号》的行业标准。

参考国内外资料,结合我国油田生产组织管理和油田化学品的生产、流通、应用实际,并与油田化学专业标准体系相协调,该标准以油田主要生产工艺(作业)过程作为油田化学品分类的依据,依据油田主要生产工艺(作业)过程,分为通用化学品、钻井用化学品(其下又细分成钻井液用化学品和固井水泥用化学品)、采油用化学品(其下又细分成酸化用化学品、压裂用化学品和其它采油用化学品)、提高采收率用化学品、油气集输用化学品和水处理用化学品。

定取代号的基本原则是科学、实用、方便。油田化学品的类型代号以两段式表示,第一段表示化学品在油田应用的生产工艺(作业)过程,第二段表示化学品的功能,中间为一短划线;化学剂应用的工艺(作业)过程和化学剂的功能,分别以英文的第一个或加上第二、三个字母为其代号,并照顾到国内外的习惯用法。

现将中华人民共和国能源部1991年发布、实施《油田化学剂类型代号》的石油行业标准<sup>[2]</sup>中关于油田化学品的分类及代号分述如下。

## 2.1. 通用油田化学品

通用油田化学品是指同一种化学剂能广泛用于油田多个生产工艺过程的化学品,其代号为CO(英文为common use)。

通用油田化学品及代号见表1-1。

表 1-1 通用化学品及代号

编号	代号	中文名称	英文名称
3.1.1	CO-BP	生物聚合物	bio-polymer
3.1.2	CO-CMC	羧甲基纤维素钠盐	sodium carboxymethyl cellulose
3.1.3	CO-CS	粘土稳定剂	clay stabilizer
3.1.4	CO-NP	天然聚合物	natural polymer
3.1.5	CO-PAM	聚丙烯酰胺	polyacrylamide
3.1.6	CO-SAA	表面活性剂	surface active agent (surfactant)
3.1.7	CO-TR	示踪剂	tracer

## 2.2. 钻井用化学品

钻井用化学品可分为钻井液处理剂和水泥外加剂两个亚类。

### 2.2.1. 钻井液处理剂

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品,其代号为 DF(英文为 drilling fluid)。

钻井液处理剂及代号见表 1-2。

表 1-2 钻井液处理剂及代号

编号	代号	中文名称	英文名称
3.2.1.1	DF-BA	杀菌剂	bactericide
3.2.1.2	DF-CO	缓蚀剂	corrosion inhibitor
3.2.1.3	DF-CR	除钙剂	calcium remover
3.2.1.4	DF-DFO	消泡剂	defoamer
3.2.1.5	DF-EM	乳化剂	emulsifier
3.2.1.6	DF-FI	降滤失剂	filtrate reducer
3.2.1.7	DF-FL	絮凝剂	flocculant
3.2.1.8	DF-FO	起泡剂	foaming agent
3.2.1.9	DF-LO	堵漏材料(堵漏剂)	lost circulation material
3.2.1.10	DF-LU	润滑剂	lubricant
3.2.1.11	DF-PF	解卡剂	pipe-freeing agent