

油田驱油用 化学剂分析

曹绪龙 王红艳 蒋生祥 编著



 中国科学技术出版社

油田驱油用化学剂分析

曹绪龙 王红艳 蒋生祥 编著

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

油田驱油用化学剂分析 / 曹绪龙, 王红艳, 蒋生祥编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2007.5

ISBN 978-7-5046-4653-8

I.油… II.①曹… ②王… ③蒋… III.化学驱油 IV.TE357.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 054393 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

<http://www.kjbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 16.875 字数: 400 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1-1000 册 定价: 40.00 元

ISBN 978-7-5046-4653-8/TE·19

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

内 容 提 要

随着复合驱油技术在胜利油田的工业化推广应用，油田化学剂的品种与数量日益增加，本书以高效液相色谱的基本知识、仪器、检测器、分离模式等为基础，以驱油用化学剂的分析技术为核心，以胜利油田化学驱用表面活性剂、聚合物以及其他三次采油用化学剂为重点，对其分析方法、分析条件、干扰因素进行了详尽的论述，对方法在化学剂的吸附损耗及矿场跟踪等方面的应用进行了比较详细的分析讨论。

本书可供从事高效液相色谱相关分析工作人员及从事油田化学品分析工作人员参考，也可供油田科技人员及石油院校师生参考。

序

20世纪80年代中期出现的化学复合驱技术,一直受到国内外研究工作者的广泛重视,被认为是继聚合物驱后一种更有潜力的三次采油新技术。在石油开采技术不断发展的今天,化学驱作为重要的采油技术在油田增储、上产中越来越重要,到目前,胜利油区实施的化学驱块累积增油已达到1200万吨,随着高分子材料及驱油用表面活性剂的发展,化学驱还会有更广阔的推广前景。

本书以胜利油田化学驱实践为基础,从聚合物、表面活性剂驱油机理出发,研究了复合驱油体系中聚丙烯酰胺的分析、复合驱油体系中常用活性剂的分析、原油族组分的制备与分析、化学驱中其他用剂的分析(聚合物溶液中微量溶解氧的流动注射分析、化学驱中交联剂的分析)、驱油用化学剂分析在油田中的应用(化学剂的吸附与色谱分离、复合驱矿场化学剂浓度跟踪检测)。全书共分为六章,在编写过程中力求做到系统性、科学性和实用性的统一。在叙述上力求深入浅出,其主要成果来源于我们实验室的三次采油和色谱分析研究成果,同时又吸收了国内外同行近年来研究的最新成就。

本书由曹绪龙、王红艳、蒋生祥统编定稿,在编著过程中得到了胜利油田及地科院领导的大力支持,胜利油田化学驱的分析人员在建立分析方法方面给予了帮助和指导,兰州化学物理研究所的工作人员提供了大量技术资料,在此表示衷心的感谢!

我们还要特别感谢中国科学技术出版社对本书的关心和支持。

由于化学驱是一门应用面广又在不断发展中的学科,同时由于近代仪器分析方法涉及范围广,发展又很快,而作者水平有限,错误及不当之处在所难免,希望得到大家的批评指正。

编者

2006年11月

前 言

石油作为战略资源，其有效开采和利用举足轻重。由于石油是非再生资源，而且勘探难度和成本的增加，提高采收率对世界石油工业来讲，显得更为重要。20世纪80年代中期出现的化学复合驱技术，一直受到国内外研究工作者的广泛重视，被认为是继聚合物驱后一种更有潜力的三次采油新技术。化学复合驱中的主要用剂为聚丙烯酰胺类聚合物、交联聚合物和驱油用表面活性剂。化学复合驱体系就是通过表面活性剂及聚合物之间的协同作用，一方面通过聚合物提高体系的黏度，降低驱替体系与原油的流度比，提高驱替体系的波及系数；另一方面通过就地生成活性剂和合成活性剂的超加合作用使油水界面张力大幅度降低，从而使原油采收率得到大幅度提高。理论研究和实践均表明，化学复合驱是最有发展前景的三次采油技术之一。

随着三元复合驱油技术、二元复合驱油技术、表面活性剂驱油技术和聚合物驱油技术在我国几个主要油田的不断发展，对部分水解聚丙烯酰胺及各种表面活性剂浓度进行准确、可靠的分析测定，成为从事化学驱油室内和矿场实验的技术工作者不可缺少的分析手段。传统的物理化学测试方法干扰大，操作复杂，检测速度慢，无法适应于矿场的产品质量跟踪，注入液、采出液的跟踪检测，尤其在复合驱油体系中对聚合物和表面活性剂的动吸附、静吸附、不可及孔隙体积等基本参数的评价工作中，均需要通过对其浓度的准确测定来确定。因此，在实验室或矿场建立一套灵敏、可靠的分析部分水解聚丙烯酰胺和多种表面活性剂浓度的测定方法，具有十分重要的意义。

本书从聚合物驱油机理出发，研究了聚合物浓度、水解度、分子量等影响聚合物黏度的主要因素的测定方法。复合驱中驱油用表面活性剂的品种繁多，无论是天然表面活性剂还是合成表面活性剂，明确其结构和组成对于开发利用是十分重要的。本书从表面活性剂驱油机理出发，研究了石油磺酸盐、BES、PS等常用活性剂的高效液相色谱测定方法，研究了交联聚合物中微量溶解氧与交联剂的流动注射分析方法，就分析方法的基本原理、干扰的消除、谱图所能提供的信息和基本的解析方法作了阐述。

目前，综合性的分析技术在驱油用聚合物及活性剂分析中的应用方面的书籍还没有。为此，我们从油田科技工作者需要角度出发，围绕复合驱领域中所涉及的常用的近代分析仪器在油田化学领域等方面作了主要阐述。

高效液相色谱技术是20世纪70年代以来发展最为迅速和应用最为广泛的分离分析技术之一。本书采用基础与实际应用并重的方式，对高效液相色谱的基本知识、仪器、检测器、固定相、分离模式等方面作了系统的论述，特别是对其在油田化学品的应用进行了比较详细的分析讨论。本书突出了分析方法的实用性。对于所列举的表面活性剂分析实例作了详细的操作条件及谱图的解析说明。各种表面活性剂分析实例具有代表性、全面性、现代性。

本书是作者在多年从事化学驱中分析研究工作的成果总结，具有很强的实际应用价值，反应了当前复合驱用化学剂分析的最新成果和水平。对从事油田化学剂研制、开发、应用及测试的工作者具有重要的参考价值，同时对化学驱在油田的进一步完善和发展也具有重要意义。

绪 论

20 世纪 80 年代中期出现的化学复合驱技术，一直受到国内外研究工作者的广泛重视，被认为是继聚合物驱后一种更有潜力的三次采油新技术。化学复合驱中的主要用剂为聚丙烯酰胺类聚合物、交联聚合物和驱油用表面活性剂。化学复合驱体系就是通过表面活性剂及聚合物之间的协同作用，一方面通过聚合物提高体系的黏度，降低驱替体系与原油的流度比，提高驱替体系的波及系数；另一方面通过就地生成活性剂和合成活性剂的超加合作用使油水界面张力大幅度降低，从而使原油采收率得到大幅度提高。理论研究和实践均表明，化学复合驱是最有发展前景的三次采油技术之一。

随着二元复合驱油技术、三元复合驱油技术、表面活性剂驱油技术和聚合物驱油技术在我国几个主要油田的不断发展，对部分水解聚丙烯酰胺及各种表面活性剂浓度进行准确、可靠的分析测定，成为从事化学驱油室内和矿场实验的技术工作者不可缺少的分析手段。传统的物理化学测试方法干扰大，操作复杂，检测速度慢，无法适应于矿场的产品质量跟踪，注入液、采出液的跟踪检测，尤其在复合驱油体系中对聚合物和表面活性剂的动吸附、静吸附、不可及孔隙体积等基本参数的评价工作中，均需要通过对其浓度的准确测定来确定。因此，在实验室或矿场建立一套灵敏、可靠的分析部分水解聚丙烯酰胺和多种表面活性剂浓度的测定方法，具有十分重要的意义。

本书从聚合物驱油机理出发，研究了聚合物浓度、水解度、分子量等影响聚合物黏度的主要因素的测定方法。复合驱中驱油用表面活性剂的品种繁多，无论是天然表面活性剂还是合成表面活性剂，明确其结构和组成对于开发利用是十分重要的。本书从表面活性剂驱油机理出发，研究了石油磺酸盐、BES、PS 等常用活性剂的高效液相色谱测定方法，研究了交联聚合物中微量溶解氧与交联剂的流动注射分析方法，就分析方法的基本原理、干扰的消除、谱图所能提供的信息和基本的解析方法作了阐述。

目前，综合性的分析技术在驱油用聚合物及活性剂分析中的应用方面的书籍还没有。为此，我们从油田科技工作者需要角度出发，围绕复合驱领域中所涉及的常用的近代分析仪器在油田化学领域等方面作了主要阐述。

高效液相色谱技术是 20 世纪 70 年代以来发展最为迅速和应用最为广泛的分离分析技术之一。本书采用基础与实际应用并重的方式，对高效液相色谱的基本知识、仪器、检测器、固定相、分离模式等方面作了系统的论述，特别是对其在油田化学品的应用进行了比较详细的分析讨论。本书突出了分析方法的实用性。对于所列举的表面活性剂分析实例作了详细的操作条件及谱图的解析说明。各种表面活性剂分析实例具有代表性、全面性、现代性。

本书是作者在多年从事化学驱中分析研究工作的成果总结，具有很强的实际应用价值，反应了当前复合驱用化学剂分析的最新成果和水平。将为从事油田化学剂研制、开发、应用及测试的工作者具有重要意义。

由于近代仪器分析方法涉及范围广，发展又很快，而作者水平有限，错误及不当之处在所难免，希望得到大家的批评指正。

目 录

前 言

第一章 高效液相色谱基本理论	(1)
1.1 高效液相色谱的发展	(1)
1.1.1 色谱法的发展	(1)
1.1.2 色谱法的分类	(1)
1.1.3 液相色谱与气相色谱	(2)
1.2 高效液相色谱仪	(3)
1.2.1 贮液罐	(3)
1.2.2 输液系统	(3)
1.2.3 进样器	(4)
1.3 检测器	(5)
1.3.1 检测器的主要技术指标	(5)
1.3.2 紫外吸收检测器	(6)
1.3.3 荧光检测器	(7)
1.3.4 示差折光检测器	(8)
1.3.5 二极管阵列检测器	(10)
1.4 基本理论	(10)
1.4.1 保留方程式	(10)
1.4.2 柱效率	(11)
1.4.3 分离度	(12)
1.5 液相色谱柱及固定相	(15)
1.5.1 液相色谱柱	(15)
1.5.2 液相色谱固定相	(16)
1.6 梯度洗脱	(19)
1.6.1 梯度洗脱的原理	(19)
1.6.2 梯度范围	(21)
1.6.3 最佳梯度方法	(22)
1.6.4 最佳峰分布	(23)
1.6.5 梯度洗脱装置	(25)
1.6.6 梯度洗脱形式及选择	(26)
1.7 化学键合相色谱	(27)

1.7.1 固定相	(28)
1.7.2 反相液相色谱	(29)
1.7.3 反相离子对色谱	(30)
1.8 离子交换色谱	(31)
1.8.1 原理	(32)
1.8.2 离子交换固定相	(32)
1.8.3 交换平衡	(33)
1.8.4 pH 值对离子交换容量的影响	(34)
1.8.5 流动相对分离的影响	(34)
1.9 排阻色谱	(35)
1.9.1 原理	(35)
1.9.2 固定相和流动相	(36)
1.9.3 保留行为	(37)
1.9.4 色谱柱的校正	(37)
1.10 流动注射分析法	(38)
1.10.1 流动注射分析的特点	(38)
1.10.2 FIA 基本原理	(39)
1.10.3 流动注射分析仪器装置及组件	(40)
1.10.4 基本流度注射分析体系	(47)
1.10.5 集成化 FIA 系统	(53)
1.10.6 流动注射分析方法的建立	(53)
1.10.7 FIA 方法中常用的单因素优化方法	(55)
参考文献	(56)
第二章 复合驱油体系中聚丙烯酰胺的分析	(59)
2.1 聚合物驱油的主要机理	(59)
2.1.1 扩大波及系数	(59)
2.1.2 提高驱油效率	(60)
2.2 驱油用聚合物及其结构特点	(61)
2.3 驱油用聚合物的性能评价	(62)
2.3.1 部分水解聚丙烯酰胺理化性能的测定	(63)
2.3.2 部分水解聚丙烯酰胺基本应用性能的测定	(129)
2.4 复合驱油体系中部分水解聚丙烯酰胺浓度的分析	(136)
2.4.1 淀粉—碘化镉法	(136)
2.4.2 高效液相色谱法	(137)
参考文献	(140)
第三章 复合驱油体系中常用活性剂的分析	(142)
3.1 表面活性剂在复合驱中的应用	(142)

3.1.1	表面活性剂在复合驱中的应用	(142)
3.1.2	表面活性剂驱油机理	(143)
3.2	复合驱油体系中表面活性剂木质素磺酸盐的分析	(144)
3.2.1	色谱柱填料的合成	(144)
3.2.2	色谱条件选择	(145)
3.2.3	驱油剂 PS 的色谱分离	(148)
3.2.4	共存物的干扰试验	(149)
3.2.5	线性与回收率	(149)
3.3	复合驱油体系中表面活性剂 BES 的分析	(150)
3.3.1	强阴离子交换剂色谱填料的合成	(150)
3.3.2	色谱条件选择	(151)
3.3.3	BES-3 的色谱分离	(152)
3.3.4	共存物的干扰情况	(153)
3.3.5	线性与回收率	(155)
3.4	复合驱油体系中表面活性剂石油磺酸盐的分析	(155)
3.4.1	石油磺酸盐的提纯分析	(156)
3.4.2	石油磺酸盐高效液相色谱 (HPLC) 法	(159)
3.5	油相中石油磺酸盐的分析	(165)
3.5.1	国内外研究现状	(165)
3.5.2	实验部分	(165)
3.5.3	实验方法	(167)
3.5.4	胜利原油溶解性实验	(168)
3.5.5	胜利石油磺酸盐产品标定	(170)
3.5.6	胜利石油磺酸盐测定	(174)
3.5.7	胜利油田原油中石油磺酸盐分析	(175)
	参考文献	(182)
第四章	原油族组分的制备与分析	(185)
4.1	原油族组分的制备	(185)
4.1.1	柱色谱法制备饱和烃、芳香烃、极性物和胶质、沥青	(185)
4.1.2	多维高效液相色谱法制备饱和烃、芳香烃、极性物	(187)
4.1.3	酸性组分的分离制备	(188)
4.1.4	碱性组分及含硫组分的分离制备方法	(189)
4.1.5	极性物分子量分布的测定方法	(190)
4.2	胜利代表性原油族组分测定	(191)
4.2.1	饱和烃、芳香烃、极性物和胶质、沥青的柱色谱法制备结果	(191)
4.2.2	饱和烃、芳香烃、极性物胶质及沥青的多维高效液相色谱分析结果	(195)
4.3	原油族组分的结构鉴定	(196)

4.3.1	饱和烃的结构鉴定	(196)
4.3.2	芳香烃的结构鉴定	(198)
4.3.3	极性物的结构鉴定	(199)
	参考文献	(201)
第五章	化学驱中其他用剂的分析	(203)
5.1	聚合物溶液中微量溶解氧的流动注射分析	(203)
5.1.1	方法原理	(203)
5.1.2	仪器和试剂	(204)
5.1.3	实验过程	(204)
5.1.4	影响因素分析	(205)
5.1.5	方法准确性	(207)
5.1.6	样品测试实例	(208)
5.2	化学驱中有机交联剂苯酚的浓度	(208)
5.2.1	仪器和试剂	(209)
5.2.2	色谱条件	(209)
5.2.3	标准溶液的配制	(209)
5.2.4	样品预处理	(209)
5.2.5	试验条件的选择	(210)
5.2.6	标准曲线、线性范围和灵敏度	(212)
5.2.7	精密试验	(213)
5.2.8	方法的回收率实验	(214)
5.2.9	油水混合条件下方法的应用	(214)
5.3	化学驱中有机交联剂甲醛的浓度分析	(218)
5.3.1	试验原理	(220)
5.3.2	试验条件	(221)
5.3.3	甲醛标准溶液的配制	(222)
5.3.4	试剂流及样品的制备	(222)
5.3.5	试验条件的选择	(223)
5.3.6	方法的特征	(228)
5.3.7	干扰试验	(230)
	参考文献	(231)
第六章	驱油用化学剂分析在油田中的应用	(232)
6.1	化学剂的吸附滞留与色谱分离	(232)
6.1.1	胜利石油磺酸盐的静态吸附特征研究	(232)
6.1.2	胜利石油磺酸盐动态吸附损耗研究	(238)
6.1.3	用吸附量确定表面活性剂用量	(241)
6.2	复合驱矿场化学剂浓度跟踪检测	(245)

6.2.1 试验区概况	(246)
6.2.2 试验区水驱开发状况	(247)
6.2.3 试验方案	(247)
6.2.4 注入井活性剂产品质量的跟踪监测	(248)
6.2.5 注入井井口化学剂浓度跟踪监测	(249)
6.2.6 采出液化学剂跟踪监测	(250)
6.2.7 采出液中油相中石油磺酸盐的分析	(250)
参考文献	(257)