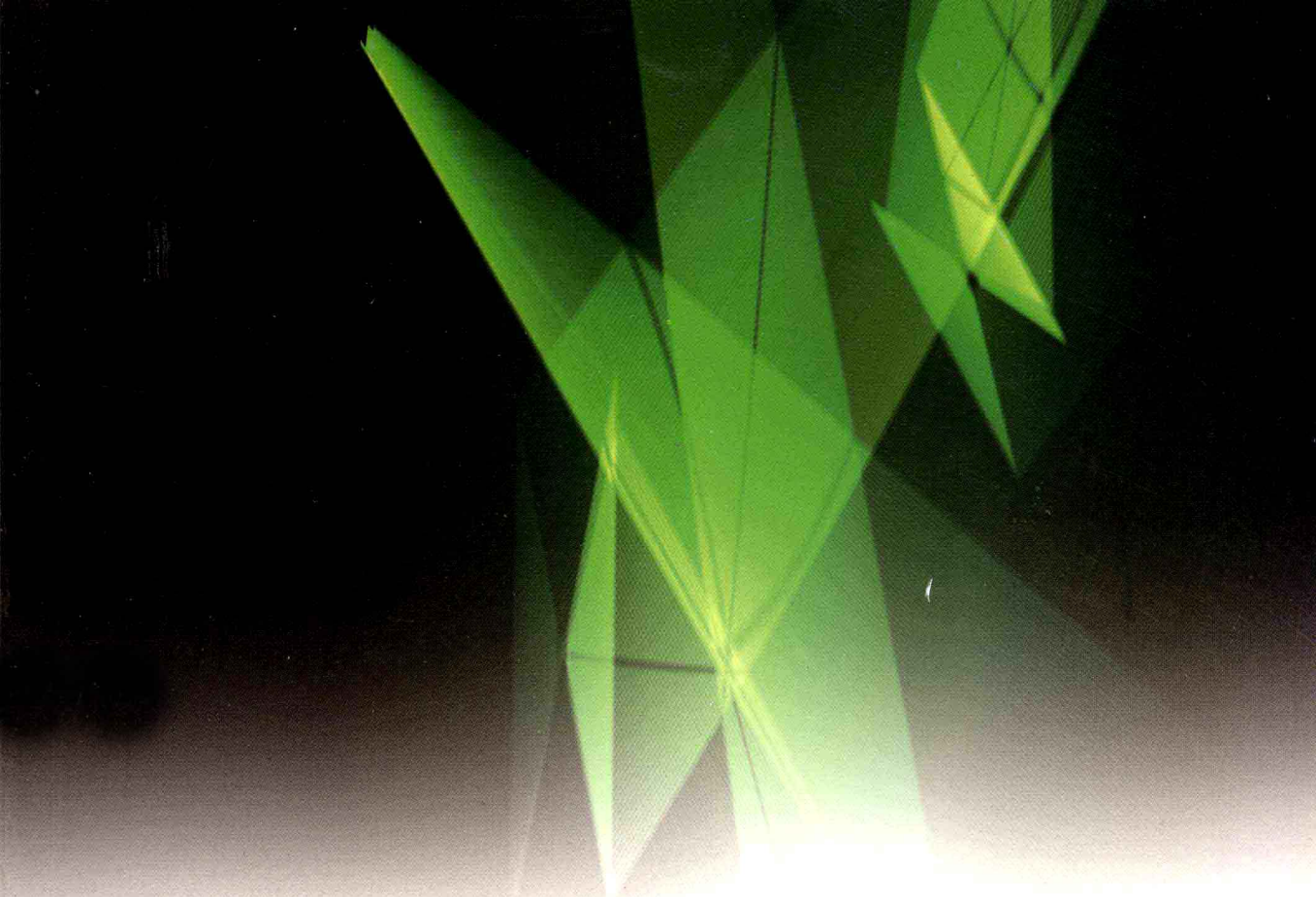




□ 高等学校教材 □

油田应用化学实验教程

YOUTIAN YINGYONG HUAXUE SHIYAN JIAOCHENG

◎ 严思明 陈馥 韩利娟 编



化学工业出版社

□ 高等学校教材 □

油田应用化学实验教程

YOUTIAN YINGYONG HUAXUE SHIYAN JIAOCHENG

◎ 严思明 陈馥 韩利娟 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为油田应用化学实验教材,共有十章,包括钻井液、固井与完井液、压裂液、酸化及酸液添加剂、化学堵水调剖技术、化学驱油、原油破乳脱水、油田污水处理、原油集输技术、油田腐蚀与防护等方面的实验内容。通过44个实验,介绍了油田应用化学有关实验的实验原理、实验方法、实验基本步骤等内容。实验分为基础型实验、综合型实验、设计和研究型实验三种类型以供不同层次的实验教学选用。

本书可作为石油高校应用化学、石油工程、油气储运、环境工程等相关专业的本科实验教材,也可作为油田现场技术人员及油田化学研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油田应用化学实验教程/严思明,陈馥,韩利娟编. —北京:
化学工业出版社,2011.1

高等学校教材

ISBN 978-7-122-10285-0

I. 油… II. ①严…②陈…③韩… III. 油田-应用化学-
化学实验-高等学校-教材 IV. TE39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第262871号

责任编辑:杨菁 彭喜英 金杰

文字编辑:李锦侠

责任校对:王素芹

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张8¼ 字数198千字 2011年2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:19.00元

版权所有 违者必究

前言

油田应用化学是化学在石油勘探开发中应用所产生的化学学科的一个新的分支学科；主要研究石油勘探开发中所涉及的各种问题的化学本质、解决这些问题的化学方法和油田化学剂、化学工作液的功能以及作用原理和规律、油田化学理论等内容；其目的是研究如何利用化学的方法和手段、油田化学剂以及特殊的材料来提高石油勘探开发的速度、产量、采收率、经济效益。它是建立在化学（无机化学、有机化学、物理化学、高分子化学、表面化学等）、钻井工程、完井工程、采油工程、油气集输、腐蚀与防护和油田污水处理等基础学科上的一门应用型交叉学科。

油田化学剂、油田化学材料、油田化学工作液在石油勘探开发中已经起着工程和工具等手段不可替代的作用。油田应用化学不论是研究问题的化学本质，还是研究油田化学剂、油田化学剂和化学工作液的功能以及作用原理和规律、油田化学剂的实际应用、油田化学理论都是以实验为基础的，因此，是一门实验性较强的学科。油田化学实验是油田化学研究的基本手段，是油田化学教学内容的重要组成部分。随着石油工业的发展，一大批相关的标准和实验方法被确定下来，这些标准主要是为了满足生产的需要，但作为油田化学教学、研究和应用重要组成部分的油田化学实验，不但要满足生产实践的需要，还肩负着油田化学理论研究、油田化学新材料的研究、油田化学剂作用机理的研究等内容，油田化学实验有其内在的规律和联系，显然，是需要全面反映油田化学学科实验要求的实验教材。本教程的编者长期从事油田化学的理论教学、实验教学、科研和生产工作，根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材《油气田应用化学》教材的内容和相关标准，结合工作经验和相关研究的最新成果，编写了本教程，旨在提供一本能较为全面反映油田化学学科发展、油田化学教学、油田化学理论研究和现场生产实际需求的实验教材。本教程在注重现场生产需求的基础上，尽量反映油田化学研究中的最新实验材料、实验方法、实验技术，不但可以用作石油院校应用化学、石油工程、油气储运等学科的专业教材，也可作为油田化学研究者和油田现场技术人员的参考书。本教程编写中，实验的基本方法和程序尽可能地参考了相关的标准，特别是国家标准和石油行业标准，这些标准随时都有可能被修改，使用者应探讨使用这些标准的最新版本的可能性。

为了尽可能全面地反映本学科的内容和本学科的发展趋势，实验分为基础型实验、综合型实验、设计和研究型实验，使用者可根据实际情况选择，设计和研究型实验已可用作课外开放性实验。本书共分为十章，共44个实验，第一章由张文、严思明编写，第二章由严思明编写，第三、四章由陈馥编写，第五章由严思明、韩丽娟编写，第六章由韩丽娟、严思明编写，第七章由严思明编写，第八章由卿大咏编写，第九章由刘莹、严思明，第十章由柯强编写；全书由严思明教授进行统稿和修改。

本教程由陈大钧教授、叶仲斌教授审定；本教程的出版得到西南石油大学化学化工实验教学中心（国家级实验教学示范中心）的资助，在此表示感谢！

油田化学是化学和其他多门学科的交叉学科，其涉及的学科多，知识面广，由于编者水平有限，欠妥之处在所难免，敬请读者斧正。

编者

2010年9月

目 录

第一章 钻井液	1
实验一 基本水基钻井液的配制	1
实验二 水基钻井液的常规性能测试——密度、黏度、切力、失水的测定	3
实验三 现场钻井液主要性能测定——含砂量、黏土含量测定	8
实验四 水基钻井液降黏剂性能评价	11
实验五 页岩分散性及页岩抑制剂评价	13
实验六 水基钻井液降滤失剂性能评价	14
实验七 钻井液包被剂抑制膨润土分散性能测定	17
实验八 钻井液润滑剂制备及性能测定	19
实验九 钻井液用聚丙烯酰胺钾盐制备及性能评价	20
实验十 钻井液配方设计与优选	21
第二章 固井与完井液	23
实验一 水泥浆的配制及流动度、密度的测定	23
实验二 水泥浆流变性和游离液的测定	26
实验三 水泥浆凝结时间、稠化时间和抗压强度的测定	32
实验四 油井水泥降失水剂的合成及性能评价	35
实验五 固井水泥浆配方设计与优化	39
实验六 抗温抗盐油井水泥降失水剂的合成与性能评价	41
第三章 压裂液	43
实验一 水基压裂液的交联与破胶	43
实验二 压裂液剪切稳定性和耐温性的测定	45
实验三 压裂液残渣含量、高温高压静态滤失和破胶性能测定	47
实验四 有机硼和无机硼交联技术对压裂液的影响	50
实验五 水基压裂液配方设计	52
实验六 无聚合物清洁压裂液配方研究	54
第四章 酸化及酸液添加剂	56
实验一 酸液的配制及缓蚀剂性能评价	56
实验二 酸化用铁离子稳定性及铁稳定剂性能评价	61
实验三 砂岩缓速酸的性能评价	65
实验四 变黏酸配方研究	67

第五章 化学堵水调剖技术	70
实验一 堵水剂的制备与性质	70
实验二 聚丙烯酰胺高温堵水剂的制备与延缓交联技术	72
实验三 堵水剂效果评价——岩心流动实验	76
实验四 体膨型堵水剂的合成与性能评价	79
第六章 化学驱油	82
实验一 聚丙烯酰胺溶液浓度测定	82
实验二 岩石渗透率的测定实验	84
实验三 驱替液筛网系数的测定	88
实验四 驱替液阻力系数的测定	91
实验五 油水界面张力的测定	93
实验六 聚合物驱油体系驱油效果评价	95
第七章 原油的破乳脱水	98
实验一 原油破乳剂性能评价	98
第八章 油田水处理	100
实验一 分光光度法测定油田污水中含油量	100
实验二 阻垢剂性能评价实验	103
实验三 含磷共聚物阻垢剂的制备及阻垢性能评价	105
第九章 原油集输技术	108
实验一 原油运动黏度的测定	109
实验二 原油凝点的测定	112
实验三 原油防蜡、降凝实验	114
第十章 油田腐蚀与防护	118
实验一 油田用缓蚀剂的电化学评价	119
参考文献	124

第一章 钻井液

实验一 基本水基钻井液的配制

(基础型实验 3学时)

一、实验目的

掌握实验室各类水基钻井液的配制方法。
掌握泥浆高速搅拌器的使用方法。
了解钻井液的性能及影响因素。

二、实验原理

钻井液的配置是在机械搅拌下,使分散相(通常为黏土)分散于分散介质(通常为水或油)中,并发生一系列物理化学作用后形成具有稳定性能的钻井液的过程。

1. 水基钻井液

水基钻井液(水基泥浆)是以水为分散介质、黏土(膨润土)为分散相的钻井液体系。水基钻井液根据黏土水化分散的程度分为细分散钻井液、粗分散钻井液和不分散钻井液;根据所加的处理剂类型不同通常又分为磺化钻井液、聚磺钻井液、聚合物钻井液、正电胶钻井液、聚合醇钻井液等。

2. 油基钻井液

油基钻井液是以油为分散介质、黏土(膨润土)为分散相的钻井液体系。一般分为普通油基钻井液、油包水型(W/O)、水包油型(O/W)。

三、实验用仪器及药品

1. 仪器

泥浆高速搅拌机、低速电动搅拌机、搪瓷量杯、量筒等。

2. 药品

钙膨润土粉、 Na_2CO_3 、Na-CMC、SMK、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、NaOH、SMT、PHP、XY-27、pH试纸。

四、实验内容及步骤

1. 淡水原浆的配制

按每升蒸馏水中加入 40.0g 钙膨润土及 2.40g 无水碳酸钠的比例称取膨润土和无水碳酸钠；称取 1000.0g 水于搪瓷量杯中，在低速搅拌下，依次加入膨润土和无水碳酸钠，搅拌 30min，配制 1000mL 基浆；11000r/min 高速搅拌 20min（见图 1-1-1），其间至少停两次，以刮下黏附在容器壁上的膨润土；室温下密闭养护 24h，即为淡水基浆。

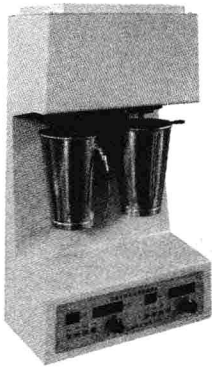


图 1-1-1 钻井液用高速搅拌机

2. 配制细分散钻井液

取原浆一份（400mL），将占钻井液体积（mL）的 0.3%Na-CMC（g）加入到基浆中。在低速搅拌机上充分搅拌后，再将占钻井液体积 0.5%的 SMK 或 SMT（g）加入，搅拌 15min，即配制成细分散钻井液。

3. 粗分散钻井液

取原浆一份，按步骤 2. 先配制成细分散钻井液。然后再按钻井液体积（mL）的 0.3%加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ （g），在低速搅拌机上搅拌 15min，即配制成粗分散钻井液。

4. 不分散低固相钻井液

取原浆一份，按钻井液体积的 0.015%（150mg/kg）计算 PHP（水解度 30%，相对分子质量 300 万以上）的固体质量（g），再换算成含量为 0.5%的 PHP 溶液的所需量（mL），加入到基浆中，充分搅拌后，再加入 0.01%的 XY-27，在低速搅拌机上搅拌 15min，即配制成不分散低固相钻井液。

五、实验数据记录及处理

① 按表 1-1-1 记录实验配方数据。

表 1-1-1 泥浆配置配方记录表

泥浆类型	配方组成

② 按表 1-1-2 记录实验过程中的表观现象。

表 1-1-2 泥浆配置配方记录表

泥浆类型	表观现象

- ③ 分析试验现象，讨论影响泥浆表观性能的因素。

六、安全提示及注意事项

- ① 本实验涉及高速搅拌器，防止机械伤。
② 实验中的废弃泥浆倒入指定回收容器，不得倒入水槽或下水道。

七、思考题

- ① 泥浆分为哪几种类型？各种类型的泥浆有何特点？
② 实验室配置泥浆为什么要在高速下搅拌 20min？
③ 钙离子对泥浆性能有何影响？

实验二 水基钻井液的常规性能测试 ——密度、黏度、切力、失水的测定

（基础型实验 4学时）

一、实验目的

- 掌握实验室水基钻井液的配制方法。
掌握水基钻井液主要性能测定方法。
掌握几种常用钻井液性能测定仪器的使用方法。
了解钻井液的性能及影响因素。

二、实验原理

钻井液的密度、黏度、切力、失水等是钻井现场和钻井液处理剂研究、评价实验常常测定的基本参数。

1. 钻井液密度测定原理

钻井液的密度是指单位体积钻井液的质量。单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。通常用专业的钻井液密度计（见图 1-2-1）来测定，它已被设计成臂梁一端钻井液杯和另一端的固定平衡锤及一个可沿刻度臂自由移动的游码来平衡。为使平衡准确，臂梁上装有水准泡。

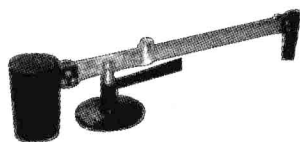


图 1-2-1 常用的密度计



图 1-2-2 马氏漏斗黏度计

2. 钻井液黏度和切力测定原理

黏度和切力是与钻井液流动性（流变学）有关的量。测定钻井液黏度的方法常用的有两种，一种是漏斗黏度，另一种是直读式黏度计黏度。漏斗黏度是用马氏漏斗黏度计（见图 1-2-2）进行测量，即测定一定体积钻井液流过一定直径和长度的管道的时间来确定钻井液黏度的大小。直读式黏度计黏度是用设计好的专业仪器进行测量，常用的黏度计是旋转黏度计（见图 1-2-3）。

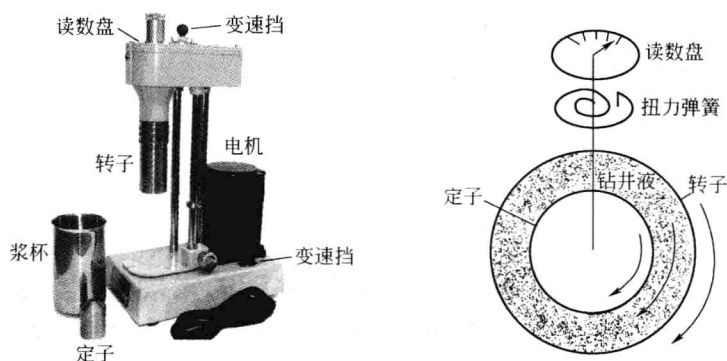


图 1-2-3 旋转黏度计及其工作原理

3. 钻井液滤失量测定原理

钻井液滤失是指钻井液的液相在一定压差下向地层滤失的现象。钻井液滤失量则是反应钻井液向地层滤失能力的参数，也是对钻井液的控制和处理的重要参数。测定钻井液滤失性能受钻井液中固相类型和含量以及它们之间的物理和化学作用的影响，而这些物理和化学作用又要受到温度和压力的影响。因此，应在低温低压和高温高压两种条件下进行试验，而各自需要不同的仪器和技术。本实验只进行低温低压滤失量的测定，高温高压滤失量的测定参照 GB/T 16783.1 标准。滤失量的测定原理是测定在一定的温度下钻井液液相在一定的压差和时间内通过一定面积的特定介质的体积。这些条件已被设计为专业的仪器——滤失仪（见图 1-2-4、图 1-2-5、图 1-2-6）。

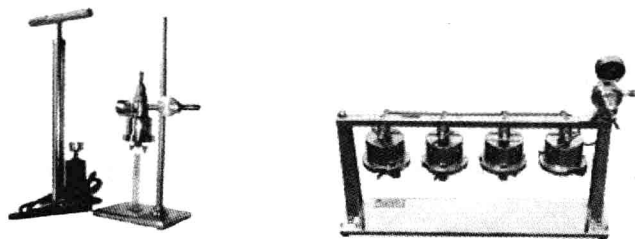


图 1-2-4 低温低压滤失仪

三、实验仪器和材料

1. 仪器

密度计、马氏漏斗黏度计、六速旋转黏度计、低温低压滤失仪。

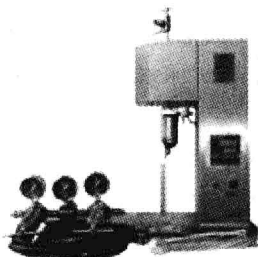


图 1-2-5 高温高压静态失水仪

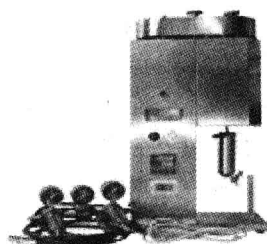


图 1-2-6 高温高压动态失水仪

2. 材料

现场钻井液。

- ① 无水氯化钙，化学纯。
- ② 氯化钠，化学纯。
- ③ 无水碳酸钠，化学纯。
- ④ 膨润土，钻井液试验用基准钠膨润土（以下简称基准钠膨润土或钠膨润土）。
- ⑤ 精密 pH 试纸，色阶 0.2 个 pH 值。
- ⑥ 钻井液专用滤纸（ $\phi 9\text{cm}$ ）。

四、实验内容及步骤

1. 室内用水基钻井液的配置

(1) 淡水原浆的配制及测试 按每升蒸馏水中加入 40.0g（称准至 0.1g）基准钠膨润土基浆；称取 1000g 水于搪瓷量杯中，在低速搅拌下，加入钠膨润土，搅拌 30min，配制 1000mL 基浆；高速搅拌 20min（见图 1-2-1），其间至少停两次，以刮下黏附在容器壁上的膨润土；室温下密闭养护 24h，即为淡水原浆。

取上述淡水原浆 400mL，测其密度、表观黏度、塑性黏度和 API 滤失量，具体见测试程序 2~5。

(2) 配制细分散钻井液及性能测试 取（1）原浆一份（400mL），按钻井液体积的 0.3% 计算 Na-CMC 的固体质量（g），再换算成含量为 3% 的 Na-CMC 溶液所需量（mL），加入到基浆中。在低速搅拌机上充分搅拌后，再按钻井液体积的 0.5% 加入 SMK 或 SMT（g），搅拌 15min，即配制成配制细分散钻井液。

将上述浆高速搅拌 5min，测其密度、表观黏度、塑性黏度和 API 滤失量，具体见测试程序 2~5。

(3) 复合盐水浆配制性能试验 取（1）原浆一份（400mL），按（2）先配制成细分散钻井液。然后再按钻井液体积的 0.3% 计算加入 CaCl_2 （g），按钻井液体积的 4% 计算加入 NaCl（g），在低速搅拌机上搅拌 15min，即配制成复合盐水浆。

将上述浆高速搅拌 5min，规定测其密度、表观黏度、塑性黏度和 API 滤失量，具体见测试程序 2~5。

2. 钻井液密度测定程序

- ① 将仪器底座放在一个水平的平面上。

② 测定钻井液的温度并记录在记录表上。

③ 将待测钻井液倒入洁净的密度计浆杯中，倒出，再注入新的待测钻井液，把杯盖放在注满钻井液的浆杯上，旋转杯盖至盖紧，要保证一些钻井液从杯盖上小孔溢出，以便排出多余的钻井液、钻井液中的空气或天然气。

④ 将杯盖压紧在钻井液浆杯上，用拇指盖住小孔，冲洗并擦干净浆杯盖和外部。

⑤ 将臂梁放在底座的刀垫上，移动游码使之平衡，在水准泡位于中心线下时即达到平衡。

⑥ 在靠近钻井液杯一侧的游码边缘读取钻井液密度值。

⑦ 含有空气或天然气的钻井液，应用加压钻井液密度计进行精确测量，实验仪器及方法见 GB/T 16783.1《钻井液现场测试（第一部分：水基钻井液）》。

3. 漏斗黏度测定程序

① 用手指堵住漏斗流出口，通过筛网将新取的钻井液样品注入干净且自立的漏斗中，直到钻井液到筛网底部为止。

② 移开手指的同时启动秒表，将钻井液放入测量专用浆杯中，测量钻井液注满杯内 946mL 刻度线所需的时间。

③ 同时测量钻井液温度。

④ 以秒（s）为单位记录②的时间，作为钻井液漏斗黏度，并以℃为单位记录③测得的钻井液温度。

4. 直读旋转黏度测定程序

① 将刚搅拌好的钻井液倒入旋转黏度计专用样品杯刻度线处（350mL），立即放置于托盘上，上升托盘使液面至外筒刻度线处。拧紧手轮，固定托盘。

② 迅速从高速到低速测量不同转速下的黏度，待刻度盘读数稳定后，分别记录各转速下的读数。

③ 测静切力 G （初切力 G_{10s} 和终切力 G_{10min} ）时，先将钻井液在旋转黏度计上用 600r/min 搅拌 10s，静置 10s，测定 3r/min 转速开始旋转后的最大读数。计算初切力 G_{10s} ，单位 Pa。

④ 将钻井液样品在 600r/min 下重新搅拌 10s，静置 10min，测定 3r/min 转速开始旋转后的最大读数。计算终切力 G_{10min} ，单位 Pa。

⑤ 试验结束后，关闭电源，松开托盘，移开量杯。轻轻卸下内、外筒，清洗内、外筒并且擦干，再将内、外筒装好。

5. 滤失量测定程序

① 确保钻井液杯各部件清洁干燥，密封垫圈未变形或损坏。用手指堵住钻井液杯输气接头小口处，将钻井液注入液杯中，使其液面距杯顶部 1.0~1.5cm，先放好 $\phi 80 \times 3.1$ “O”形密封圈，再取一张专用滤纸，放在密封圈上，将钻井液杯压盖旋紧，使其压紧，然后钻井液杯输气接头对正装于阀体“T”形槽内，待测。

② 将干燥量筒放在排出管下面以接收滤液，关闭减压阀并调节压力调节器，以便在 30s 内使压力达到 (0.69 ± 0.035) MPa。在加压的同时开始计时。

③ 到 30min 后，测量滤液的体积。将调压手柄按逆时针方向关闭，切断气源，并小心打开减压阀。如果测定时间不是 30min 应注明。

- ④ 以毫升为单位记录滤液体积（精确到 0.1mL），按顺时针旋转放气手柄，将钻井液杯中余气释放后，方可取下钻井液杯。
- ⑤ 将压盖松开，打开滤网座，取出滤纸，用缓慢水流冲洗滤纸上的滤饼，测量滤饼的厚度，精确至 1mm。
- ⑥ 尽管对滤饼的描述带有主观性，但诸如硬、柔、韧、致密、坚硬等注释，对于了解滤饼的质量仍是重要的信息。
- ⑦ 冲洗仪器干净后放回原处，将仪器减压阀及气源余气一起放出。

6. 钻井液流变参数计算

按式(1-2-1)～式(1-2-4) 分别计算表观黏度、塑性黏度、动切力和静切力。

表观黏度

$$\eta_A = \frac{1}{2} \Phi_{600}$$

(1-2-1)

塑性黏度

$$\eta_P = \Phi_{600} - \Phi_{300}$$

(1-2-2)

动切力

$$YP = 0.48(\Phi_{300} - \eta_P)$$

(1-2-3)

静切力

$$G_{10s}(G_{10min}) = \Phi_3 / 2$$

(1-2-4)

式中， Φ 为在给定转速下所测得仪器内筒转角，即仪器刻度盘上读到的格数； Φ_{600} ， Φ_{300} 为外筒转速为 600r/min、300r/min 时仪器刻度盘上的稳定读数； Φ_3 为 3r/min 时仪器刻度盘上的最大读数； η_A 为表观黏度，mPa·s； η_P 为塑性黏度，mPa·s；YP 为动切力，Pa； G_{10s} ， G_{10min} 为 10s 或 10min 静切力，Pa。

五、实验数据记录与处理

1. 黏度实验数据记录入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 泥浆黏度测量数据记录表						
泥浆类型	不同转速下读数/(°)					
	600r/min	300r/min	200r/min	100r/min	3r/min	
					10s	10min

2. 根据公式(1-2-1)～公式(1-2-4) 处理实验数据，记录入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 泥浆性能参数									
泥浆类型	密度 /(g/cm ³)	漏斗 黏度 /s	表观 黏度 /mPa·s	塑性 黏度 /mPa·s	动切力 /Pa	失水量 /mL	滤饼 /mm	静切力/Pa	
								G _{10s}	G _{10min}

六、安全提示及注意事项

- ① 本实验设计高温高压实验，严禁违章操作，防止烫伤和炸伤。

- ② 实验用泥浆等废弃物倒入指定回收容器，不得倒入水槽或下水道。

七、思考题

- ① 钻井工程对钻井液性能有哪些基本要求？
- ② 测定初切、终切有何意义？
- ③ 无机盐对钻井液性能有何影响？
- ④ 简述六速旋转黏度计的结构及工作原理。
- ⑤ 简述失水仪的工作过程。

实验三 现场钻井液主要性能测定 ——含砂量、黏土含量测定

(基础型实验 4学时)

一、实验目的

掌握钻井液含砂量的测定方法。
掌握钻井液固相的总阳离子交换容量的测定方法。
了解钻井液固相的性质。

二、实验原理

1. 钻井液含砂量的测定原理

钻井液含砂量是指大于 $74\mu\text{m}$ 的颗粒在钻井液中的体积分数。其方法是测定通过筛分一定体积的钻井液中大于 $74\mu\text{m}$ 的颗粒的体积来确定。测定仪见图 1-3-1。

2. 钻井液固相的总阳离子交换容量的测定原理

黏土或岩屑的晶层之间和表面吸附有补偿阳离子，部分补偿离子可以被液相中的其他阳离子交换下来。有机阳离子亚甲基蓝 ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$) 在水中呈蓝色，它与黏土晶片有很强的亲和能力，能将黏土颗粒表面所有补偿阳离子交换下来，不断向钻井液中滴加亚甲基蓝溶液，在交换吸附达到饱和之前，补偿离子未被完全交换出来，此时溶液中不存在游离的染色离子，在滤纸上渗透液为无色；只有黏土交换吸附亚甲基蓝达到饱和后，此时滴在滤纸上的渗透液呈蓝色。根据交换吸附达到饱和时所消耗的亚甲基蓝的量可以计算出钻井液固相的总阳离子交换容量。亚甲基蓝容量和实际的阳离子交换容量并非一定相等，通常前者略小于实际的阳离子交换容量。在滴定时，使用的亚甲基蓝溶液浓度为 3.748g/L (即 1mL 溶液含亚甲基蓝 0.01mmol)，由此可知，滴定 $V_{\text{浆}}\text{mL}$ 所需亚甲基蓝为 $0.01 \times V_{\text{mmol}}$ (V 为 $V_{\text{浆}}\text{mL}$ 钻井液所耗的亚甲基蓝溶液的体积)，一般

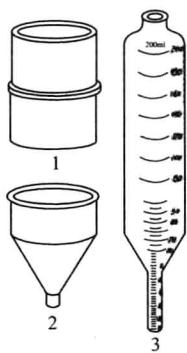


图 1-3-1 钻井液含砂量测定仪

钙搬土的阳离子交换容量为 70mmol (亚甲基蓝)/100g (干土), 设 $V_{\text{浆}}$ mL 钻井液中含有搬土 $W(\text{g})$ 。

由比例关系, 则有:

$$70 : 100 = 0.01V : W \quad (1-3-1)$$

$$W = \frac{V}{70} (\text{g})$$

故钻井液中的搬土含量

$$Q = \frac{W}{V_{\text{浆}}} = \frac{V}{70 \times V_{\text{浆}}} (\text{g/mL}) \quad (1-3-2)$$

实验中, 如取 $V_{\text{浆}} = 1\text{mL}$, 则得

故钻井液中的搬土含量

$$Q = \frac{1000}{70} \times \frac{V}{1} = 14.3 \times V (\text{g/L}) \quad (1-3-3)$$

三、仪器与材料

1. 仪器

钻井液含砂量测定仪、250mL 锥形瓶、5mL 和 50mL 不带针头注射器、25mL 碱式滴定管、50mL 量筒、滤纸、聚丙烯酸钾 K-PAM [水解度为 30%, 相对分子质量为 (300~500) 万, 含量为 0.25% 的溶液]。

2. 材料

- ① 现场井浆。
- ② 亚甲基蓝溶液 (3.748g/L)。
- ③ 水解度为 30%, 相对分子质量为 (300~500) 万, 含量为 0.25% 的 K-PAM 溶液。
- ④ H_2O_2 (3%)。
- ⑤ 2.5mol/L H_2SO_4 。
- ⑥ 钻井液试验用钠膨润土。
- ⑦ 钻井液用评价土。

四、实验步骤

1. 实验用钻井液配制

① 淡水原浆的配制

实验方法及步骤见本章实验一。

② 实验用不分散低固相钻井液配制

取 1. 中预先配好的钻井液 1000mL, 在电动搅拌器搅拌下, 加入钻井液量 (mL) 的 5% 的评价土 (g), 并用不带针头的 50mL 注射器加入预先水解好含量为 0.25% 的 K-PAM 的溶液 2.5% (mL), 然后, 再搅拌 10min, 使之均匀, 完全作用, 即得所需配制的不分散低固相钻井液。

2. 含砂量测定

- ① 在专用玻璃量筒内加入钻井液 (20mL 或 40mL), 再加入适量水不超过 160mL, 用

手指盖住筒口，摇匀，倒入过滤筒内，边倒边用水冲洗，直到钻井液冲洗干净，网上仅有砂子为止。

② 将漏斗放在专用玻璃量筒上，过滤筒倒置在漏斗上，用水把砂子冲入玻璃量筒内，等砂子沉淀到底部细管后，读出含砂量体积，计算出砂子体积的百分含量。

3. 亚甲基蓝黏土含量测定

① 在 250mL 锥形瓶中放 10mL 水，用 5mL 的注射器准确加 1mL 上面配制的试验用不分散低固相钻井液样品（2~10mL 亚甲基蓝溶液所需适当的钻井液体积），加入 3% H_2O_2 15.0mL，和 0.5mL 的 2.5mol/L H_2SO_4 溶液，转动锥形瓶混合好，在电炉上煮沸 10min，稍冷，加水稀释至约 50mL。

② 用滴定管往锥形瓶中加亚甲基蓝溶液。一次连续加入 1mL，每加 1mL 连续快速转动锥形瓶 30s（用秒表计时，要求准确，以下提到的时间也要求准确）。当固体还在悬浮的时候，用细玻璃棒移动一滴到滤纸上，观察已染色固体斑点周围是否出现淡绿-蓝色圈。若无此种色圈。继续加入 1mL 亚甲基蓝溶液，重复上面的操作，当发现淡绿-蓝色圈时，再继续转动锥形瓶 2min，再取一滴在滤纸上观察，若淡绿-蓝色圈仍然出现，表明已达到滴定终点，记下亚甲基蓝溶液用量 $V(\text{mL})$ ，若转动 2min 后，未出现淡绿-蓝色圈，则应连续滴入 0.5mL 亚甲基蓝溶液，转动锥形瓶 2min 后，取一滴在滤纸上观察，若淡绿-蓝色圈出现，即达终点，否则再连续滴入 0.5mL 亚甲基蓝溶液重复上述操作。直达终点，记录耗用的亚甲基蓝溶液的用量 $V(\text{mL})$ 。由于阳离子交换过程较慢，一次只能加入 1mL 亚甲基蓝溶液，不能多加。

③ 按式(1-3-4) 计算钻井液中亚甲基蓝黏土含量 (Q)

$$Q = 14.3 \times V \quad (\text{g/L}) \quad (1-3-4)$$

式中， V 为每毫升钻井液所消耗的亚甲基蓝溶液的体积，mL。

注意：由于非膨润土类黏土也能吸附亚甲基蓝，膨润土的分散度越高，吸附的亚甲基蓝也越高，因此用亚甲基蓝试验，测出的黏土含量有相对性，故有“亚甲基蓝黏土含量”之称。

五、实验数据记录与处理

① 黏度实验数据记录入表。

② 根据式 1-3-3 处理实验数据，记录入表。

六、安全提示及注意事项

实验用泥浆等废弃物倒入指定回收容器，不得倒入水槽或下水道。

七、思考题

① K-PAM 在泥浆中的抑制黏土水化膨胀作用机理是什么？

② 为什么在用亚甲基蓝滴定前要加入 H_2O_2 、 H_2SO_4 并加热处理？

③ 在测量亚甲基蓝黏土含量时，为什么淡绿-蓝色圈出现后，再搅拌 2min，色圈可能消失？

④ 测定钻井液含砂量有何意义？

⑤ 每次加入亚甲基蓝后，若搅拌时间过短可能产生什么后果？若搅拌时间过长有什么不好？为什么？

实验四 水基钻井液降黏剂性能评价

(综合型实验 4学时)

一、实验目的

- 掌握钻井液降黏剂性能评价方法。
- 掌握反应降黏剂性能的有关参数。
- 了解钻井液降黏剂的作用原理。

二、实验原理

钻井液降黏剂的研究和现场应用性能的评价实验中,一般都以标准的基浆作为其性能评价的基础体系。基浆的配置是用标准的膨润土,加入适当的化学剂,按标准程序混拌,老化后制得。由于基浆是各种钻井液处理剂评价的基础,因此对其性能有严格要求,如其性能不能满足要求,必须对其调整,直至符合要求,才能作为评价的基础体系。

钻井液降黏剂加入钻井液体系经搅拌混合均匀后,与水化的黏土颗粒及其他处理剂发生一系列物理化学反应,拆散黏土颗粒的片架结构或空间网状结构而达到降低钻井液黏度的目的。其原理是比较基浆和加有降黏剂后的泥浆的黏度来确定降黏剂的降黏性能优劣。其测定仪器、工作原理及操作方法见本章实验二。

三、实验仪器和材料

1. 实验仪器

- ① 直读式黏度计: Fan35s 型或同类产品。
- ② 天平: 感量 0.01g。
- ③ 计时器: 灵敏度 0.1s。
- ④ 滚子加热炉及养护罐。
- ⑤ 密度秤: 感量为 0.01g/cm³。
- ⑥ 温度计: 0~100℃。

2. 试剂和材料

- ① 膨润土: 符合 SY 5060 标准中一级膨润土。
- ② 评价土: OCMA 评价土或同类产品。
- ③ 氢氧化钠: 化学纯。
- ④ 消泡剂: 正辛醇。
- ⑤ 降黏剂 SMK 或 XY-27 (配为 20% 水溶液)。

四、实验步骤

1. 基浆的配制

- ① 在盛有 350mL 蒸馏水的样品杯中分别加入 7% 的膨润土和 18% 的评价土 (土的加量