

钻井技术手册(二)

钻井液



石油工业出版社

· 071120

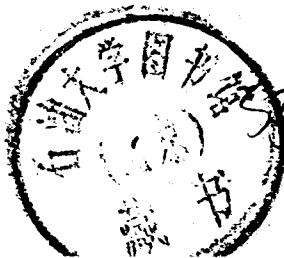
TE2-62/073.2

钻井技术手册

(二)

钻井液

张克勤 陈乐亮 主编



200778024

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为《钻井技术手册》的第二分册，是有关钻井液工程方面的内容较为全面的一本工具书。

书中既有理论性的论述，又有实际应用所需要的数据和资料。本书详细地介绍了钻井液的组成以及各组分所起的作用，分别讨论了水基和油基钻井液两大体系，并着重介绍了钻井液性能的评定、测试和维护方法，论述了钻井液性能对钻井速度和成本以及油井产量的影响。

本书可供现场钻井液和钻井工程技术人员使用，并可供有关院校师生与研究人员参考。

钻 井 技 术 手 册

(二)

钻 井 液

张克勤 陈乐亮 主编

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京通县向阳印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 23印张 1插页 506千字 印1—4,000

1988年5月北京第1版 1988年5月北京第1次印刷

书号：15037·2871 定价：5.40元

ISBN 7-5021-0027-X/TE·28

出 版 前 言

六十年代我社先后出版了玉门石油管理局编写的《钻井技术手册》中的钻头分册、泥浆分册、钻井设备分册、安装分册、固井分册和钻井打捞技术工艺分册等。随着石油工业的发展，钻井技术的不断提高，原书已不适当当前的生产需要。

根据广大读者的要求，我社准备组织有关人员修订、重新编写一套《钻井技术手册》，其中包括钻头、钻井液、固井、打捞、安装、设备、钻具、定向井等分册，将陆续出版，供现场钻井工程技术人员、石油院校师生阅读参考。

编 者 的 话

根据石油工业部和石油工业出版社的安排，我们负责组织编写了《钻井技术手册》的第二分册——“钻井液”。

参加本书编写工作的有：陈廷蕤、邹永言、郝俊芳、罗知翊、陈家琅、樊世忠、贾铎、孙维林、罗平亚、张春光、李建鹰、吴学诗、朱开顺、谈伯生、沈勤长、项涛等同志，最后由贾铎同志做了统一的审阅、校正和修改。

由于我们组织工作不力，疏漏甚多，敬请诸位作者和读者批评指正。

主编：张克勤 陈乐亮

1986年10月

四、K ⁺ 含量的测定(方法I)(浓度大于5000ppm)	(42)
五、K ⁺ 含量的测定(方法II)(浓度小于5000ppm)	(44)
六、硫化物含量的测定	(46)
第十三节 CST试验方法	(48)
一、CST试验方法的基本原理	(48)
二、毛细管吸吮仪及其操作	(48)
三、其它仪器及材料	(49)
四、试验内容及操作程序	(49)
五、CST法试验举例(Roy Wilcox等人)	(52)
六、试验报告格式	(57)
第十四节 SSI值测定方法	(59)
一、美国NL Baroid公司页岩稳定性试验方法	(59)
二、日本Telnite公司页岩稳定性试验方法	(60)
第三章 钻井液材料	(61)
第一节 钻井液材料的分类	(61)
一、按化学性质的分类法	(61)
二、按用途的分类法	(62)
第二节 钻井液原材料	(63)
一、钻井液原材料的主要作用	(63)
二、一般原材料简介	(63)
第三节 钻井液无机处理剂	(67)
一、无机处理剂的作用机理	(67)
二、一般无机处理剂简介	(73)
第四节 钻井液有机处理剂	(92)
一、有机处理剂的作用机理	(93)
二、一般有机处理剂简介	(96)
第五节 表面活性剂	(139)
一、表面活性剂的基本性质	(139)
二、活性剂类型的鉴别方法	(142)
三、一般活性剂简介	(143)

第四章 粘土矿物与粘土化学	(153)
第一节 粘土矿物的分类和组成	(153)
一、粘土矿物的分类.....	(153)
二、粘土矿物的化学组成.....	(154)
第二节 几种主要粘土矿物的晶体构造和性质	(154)
一、粘土矿物的两种基本构造单位.....	(154)
二、高岭石.....	(157)
三、蒙皂石族.....	(159)
四、伊利石(或水云母).....	(163)
五、海泡石族.....	(165)
六、绿泥石.....	(168)
七、混合层粘土矿物.....	(169)
第三节 粘土矿物的鉴定	(169)
一、X-射线分析.....	(169)
二、差热分析.....	(171)
三、电子显微镜鉴定.....	(172)
四、染色法.....	(172)
第四节 粘土的吸附作用与水化作用	(172)
一、粘土电荷的种类和产生的原因.....	(172)
二、粘土的吸附性能.....	(174)
三、粘土的水化作用.....	(187)
四、粘土颗粒的连接方式.....	(190)
第五节 膨润土与其它粘土在钻井液中的应用	(191)
第五章 油基钻井液	(194)
第一节 普通油基钻井液	(195)
第二节 油包水乳化钻井液的组成	(198)
一、油相.....	(198)
二、水相.....	(199)
三、乳化剂.....	(199)
四、亲油胶体.....	(204)

五、其它处理剂.....	(209)
第三节 油包水乳化钻井液的性能和温度以及压力对其性能的影响.....	(211)
一、基本性能.....	(211)
二、温度与压力对油包水乳化钻井液粘度的影响.....	(220)
第四节 油包水乳化钻井液的活度控制.....	(223)
一、平衡活度的概念及测定方法.....	(224)
二、平衡活度的理论在现场的应用.....	(229)
第六章 水基钻井液	(245)
第一节 水基钻井液分类.....	(246)
一、按钻井液含盐量、盐的种类及所加主要处理剂的种类进行分类.....	(246)
二、按钻井液所含固体粒度分类.....	(247)
三、按钻井液对地层与钻屑的分散和抑制特性分类.....	(248)
第二节 水基钻井液稳定理论.....	(249)
一、水基钻井液的稳定原理.....	(249)
二、影响钻井液稳定性的因素.....	(252)
三、电解质使钻井液聚结的规律.....	(254)
第三节 分散型水基钻井液.....	(256)
一、含盐钻井液.....	(256)
二、钙基钻井液.....	(264)
第四节 对抗高温处理剂的要求.....	(280)
一、超深井段钻井液配方简介.....	(283)
二、抗高温分散型水基钻井液应用实例.....	(291)
第五节 不分散型水基钻井液.....	(302)
一、不分散型钻井液的发展.....	(302)
二、不分散型钻井液的性能标准.....	(303)
三、不分散钻井液体系处理剂的选用.....	(305)
四、不分散钻井液配方的组配.....	(333)
第六节 阳离子聚合物钻井液.....	(334)

第七章 钻井液流变学和水力学	(339)
第一节 牛顿液体和非牛顿液体	(340)
一、牛顿液体.....	(340)
二、流变曲线.....	(342)
三、非牛顿液体.....	(343)
四、塑性液体.....	(343)
五、触变性.....	(347)
六、视粘度.....	(350)
七、拟塑性液体.....	(351)
八、膨胀性液体.....	(352)
第二节 钻井液的流变模式	(353)
一、宾汉模式.....	(353)
二、幂律模式.....	(358)
三、卡森模式.....	(363)
四、带动切力的幂律模式.....	(364)
五、罗伯逊-斯蒂夫模式.....	(365)
第三节 温度和压力对钻井液流变性的影响	(365)
第四节 钻井液的流动规律	(374)
一、牛顿液体在圆管中的管流公式.....	(375)
二、牛顿液体在环形空间中的管流公式.....	(377)
三、宾汉液体在圆管中的管流公式.....	(379)
四、宾汉液体在环形空间中的管流公式.....	(381)
五、幂律液体在圆管中的管流公式.....	(383)
六、幂律液体在环形空间中的管流公式.....	(385)
七、卡森液体在圆管中的管流公式.....	(387)
八、卡森液体在环形空间中的管流公式.....	(388)
九、带动切力的幂律液体在圆管中的管流公式.....	(389)
十、带动切力的幂律液体在环形空间中的管流公式.....	(390)
十一、罗伯逊-斯蒂夫液体在圆管中的管流公式.....	(391)
十二、罗伯逊-斯蒂夫液体在环形空间中的管流公式.....	(392)

第五节 钻井液的流动状态和速度分布图	(395)
一、牛顿液体	(395)
二、宾汉液体	(396)
三、幂律液体	(396)
第六节 循环系统的压力损失	(398)
一、钻井液在钻杆内的压力损失	(398)
二、钻井液在环形空间内的压力损失	(399)
三、钻井液在接头内的压力损失	(401)
四、钻井液在钻头内的压力损失	(402)
五、钻井液在地面管汇内的压力损失	(404)
六、钻井液在循环系统内的压力损失	(404)
第七节 毛细管粘度计的水力原理	(406)
一、宾汉液体	(406)
二、幂律液体	(407)
三、卡森液体	(408)
第八节 旋转粘度计的水力原理	(408)
一、宾汉液体	(408)
二、幂律液体	(409)
三、卡森液体	(410)
第九节 钻井液携带岩屑问题	(411)
一、钻井液携带岩屑的机理	(411)
二、岩屑在环形空间内的上升速度	(415)
三、钻井液的最低上返速度和最低排量	(419)
四、岩屑和加重物质的悬浮	(420)
第八章 井眼稳定	(421)
第一节 井壁垮塌的形式及原因	(421)
第二节 井眼稳定的力学因素	(423)
一、上覆岩层压力和上覆岩层压力梯度	(423)
二、孔隙压力梯度	(424)
三、地下应力场	(425)

第三节 异常地层压力	(449)
一、流体压力面.....	(451)
二、储油层构造.....	(451)
三、储油岩重新加压.....	(451)
四、沉积速度和沉积环境.....	(452)
五、古压力高.....	(452)
六、构造活动.....	(452)
七、渗滤现象.....	(454)
八、成岩作用.....	(454)
九、块状的区域性岩盐沉积.....	(455)
十、其它作用.....	(455)
第四节 钻井流体与页岩相互作用对井壁稳定性的作用	(455)
一、粘土矿物及含粘土页岩的水化膨胀.....	(455)
二、粘土矿物及含粘土页岩吸水膨胀所引起的地层物理性 质的变化.....	(459)
三、易垮塌页岩的分类.....	(462)
四、页岩水化及垮塌的控制.....	(463)
五、防塌钻井液类型的选择.....	(468)
第五节 钻井液的滤失性能	(471)
一、静滤失.....	(471)
二、动滤失.....	(480)
第九章 完井液及修井液	(485)
第一节 油层损害对油井产能的影响	(485)
一、油层损害影响产能的严重性.....	(485)
二、评价油层受损程度的方法.....	(486)
第二节 油层损害的原因	(488)
一、油层的特征.....	(488)
二、油层物理性质.....	(489)
三、油层损害的原因.....	(492)
第三节 防止或减轻油层损害的方法	(500)

一、尽可能减少外来物的侵入·····	(501)
二、选用与油层相匹配的作业液·····	(502)
第四节 完井液及修井液的类型及组成·····	(504)
一、完井液及修井液的分类·····	(504)
二、各种完井液及修井液的特性、功用及配方·····	(506)
三、各种添加剂·····	(515)
第五节 完井液及修井液配方实例·····	(521)
一、改进的钻进液·····	(521)
二、盐水-聚合物Ⅰ型·····	(522)
三、盐水-聚合物Ⅱ型·····	(523)
四、盐水-聚合物Ⅲ型·····	(524)
五、隔离液——油水乳化流体·····	(525)
六、压裂流体·····	(526)
七、酸化流体·····	(526)
第十章 与钻井液有关的各种钻井问题·····	(528)
第一节 钻井中各种压力的意义和压力预测·····	(528)
一、地下和井筒内的各种压力·····	(528)
二、井内压力平衡及井下复杂情况·····	(537)
三、地层压力预测·····	(541)
四、地层破裂压力·····	(551)
第二节 钻井压力控制和钻进高压层中的钻井液工作·····	(557)
一、油井压力平衡和井喷发生的原因·····	(557)
二、进入高压油气层的显示和高压油气层的判断·····	(559)
三、钻井压力控制·····	(560)
第三节 钻井液性能对钻井速度的影响·····	(588)
一、钻井液压力和地层压力间压差对钻井速度的影响·····	(590)
二、钻井液固相含量对钻井速度的影响·····	(596)
三、钻井液流变参数和流态对钻井速度的影响·····	(601)
四、钻井液滤失性能和滤失量对钻井速度的影响·····	(603)
五、钻井液液相类型对钻井速度的影响·····	(603)

第四节	井漏	.....	(603)
一、	井漏发生的原因和机理	.....	(603)
二、	预防井漏的措施	.....	(608)
三、	固体堵漏材料的选择和应用	.....	(608)
四、	发生漏失后应采取的处理措施	.....	(611)
五、	乳状胶凝堵漏剂堵漏	.....	(612)
六、	漏层位置的判断	.....	(613)
七、	剪切稠化流体堵漏	.....	(614)
第五节	卡钻	.....	(615)
一、	压差卡钻	.....	(615)
二、	沉砂卡钻	.....	(621)
三、	砂桥卡钻和井塌卡钻	.....	(622)
四、	岩盐层塑性流动缩径卡钻	.....	(622)
第六节	钻具的腐蚀	.....	(623)
一、	钻具腐蚀的类型和机理	.....	(624)
二、	溶解盐、温度和PH值对腐蚀的影响	.....	(636)
三、	预防和控制钻具腐蚀的途径和措施	.....	(642)
第十一章	钻井液的固相控制	.....	(645)
第一节	钻井液的固相控制概论	.....	(645)
一、	固相对钻井的影响	.....	(645)
二、	固体颗粒的粒度和分类	.....	(645)
三、	固相颗粒的破碎和比表面积	.....	(646)
四、	固相对钻速的影响	.....	(647)
第二节	固控系统	.....	(649)
一、	泥浆振动筛	.....	(649)
二、	沉砂罐	.....	(658)
三、	除砂器和除泥器	.....	(658)
四、	离心机	.....	(662)
五、	清洁器	.....	(666)
六、	封闭式钻井液固控系统	.....	(666)

七、除气器	(687)
八、固控设备的选用、布置和维护	(672)
第三节 固控工艺	(683)
一、重力沉降和分离	(683)
二、重力净化设备的分离因数	(684)
三、非加重钻井液的固控	(685)
四、加重钻井液的固控	(692)
五、油包水乳化钻井液的固控	(698)
六、各种机械固控方法对钻井液性能的影响	(700)
第四节 对固控效果的检查	(702)
一、固相粒度分析	(702)
二、固控设备净化效率的计算	(706)
附录	(712)
一、配制水基钻井液(或泥浆)所需材料的计算	(712)
二、调整钻井液密度所需材料	(713)
三、钻井液的循环容积	(714)
四、起钻时井内钻井液液面下降高度	(716)
五、钻井液循环一周所需时间	(717)
六、钻井液在井内环形空间上返速度	(718)
七、含盐溶液的含盐量及密度	(718)
八、有机化合物官能团名称表	(719)
九、若干种材料的酸碱值表	(719)
十、单位系数换算表	(720)

第一章 概述

钻井流体是在旋转钻井中使用的循环流体。由于绝大多数使用的是液体，少量使用气体或泡沫，因此又称“钻井液”。

钻井液在钻井工程中的主要功用是：(1)清洗井底，携带岩屑；(2)冷却和润滑钻头及钻柱；(3)形成泥饼，保护井壁；(4)控制与平衡地层压力；(5)悬浮岩屑和加重剂；(6)在地面沉除岩屑；(7)提供所钻地层的有关资料；(8)将水功率传给钻头等。

钻井液的主要成分有：(1)水(淡水、盐水、咸水或饱和盐水等)；(2)膨润土、(钠膨润土、钙膨润土、有机土或抗盐土等)；(3)化学处理剂(无机类、有机类、表面活性剂类、高聚合物类或生物聚合物类等)；(4)油(轻质油或原油等)；(5)气体(空气或天然气等)。由于这些成分在各类钻井流体中所形成的分散体系不同，因此所起的作用也不同。从物理化学观点看，钻井液是一种多相不稳定体系，包括悬浮体(如重晶石粉、钻屑、粘土粉的悬浮液等)、胶体(如高聚合物、膨润土粉的水溶液等)和真溶液(如氯化钠、碳酸钠的水溶液等)。其中起主要作用的是胶体成分。

钻井液有以下分类方法：按密度可分为低密度(未加加重剂)和高密度(加有加重剂)两种；按对粘土的作用可分为“抑制性”和“非抑制性”两种(前者加有为抑制粘土水化分散的抑制剂)；按分散体系中的连续相可分为水基(以水为连续相)、油基(以油为连续相)和气体；目前，根据适用的地层

的特点分成：高碱性淡水钻井液、高碱性石灰钻井液、低碱性淡水钻井液、低碱性盐水钻井液、低碱性石膏钻井液、低碱性饱和盐水钻井液、低固相钻井液、油基钻井液、反乳化钻井液、气体等。

为了满足钻井工程的要求，改善钻井流体的性能，需要在各种钻井流体中加入处理剂(或称添加剂)。目前，根据处理剂在钻井流体中所起的作用将其分为：碱度调节剂、除钙剂、除泡剂、起泡剂、减稠剂、增稠剂、絮凝剂、润滑剂、杀菌剂、乳化剂、堵漏剂、加重剂、腐蚀抑制剂、表面活性剂、页岩水化抑制剂、滤失量降低剂、解卡剂、高温稳定剂等 18 类，总数约 100~150 种。而经常使用的约 20 种左右。研究和发展处理剂，是提高钻井流体技术水平的重要内容。

水基钻井液是目前应用最广泛、研究最深入的一类钻井液，其发展过程大概经历了五个阶段：(1)自然造浆阶段。1901 年开始使用旋转钻井方法，用清水作循环液体。1914 年后认识到混入的粘土对钻造有利；(2)细分散钻井液阶段。在浑水浆中加入如烧碱、纯碱、丹宁、褐煤等具有分散作用的处理剂，使粘土颗粒变小，进入胶体颗粒范围，从而提高了浑水浆的稳定性；(3)粗分散钻井液阶段。在加入分散剂的基础上再加入适量的无机絮凝剂，如石灰、石膏等，保持粘土颗粒在“适度絮凝”状态，可获得更高的抗钙、抗污染能力；(4)不分散钻井液阶段。六十年代出现了喷射钻井工艺，人们研究了钻井液水力学及其它有机处理剂，分析了钻井液中固相颗粒的状态与钻井的关系。加入适量的有机絮凝剂(如聚丙烯酰胺等)来絮凝钻屑。水基钻井液从分散体系发展到不分散体系，是一项重大的技术突破。前者是把粘土颗粒变小、变细，以利于胶态体系的稳定；而后者是使粘土和岩屑