



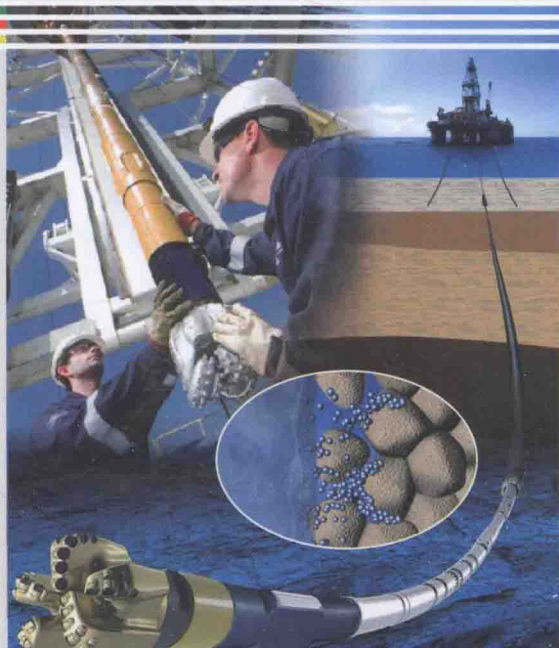
应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程类

主编 龙安厚

钻井液技术基础与应用

Basis and Application of Drilling Fluids Technology

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社

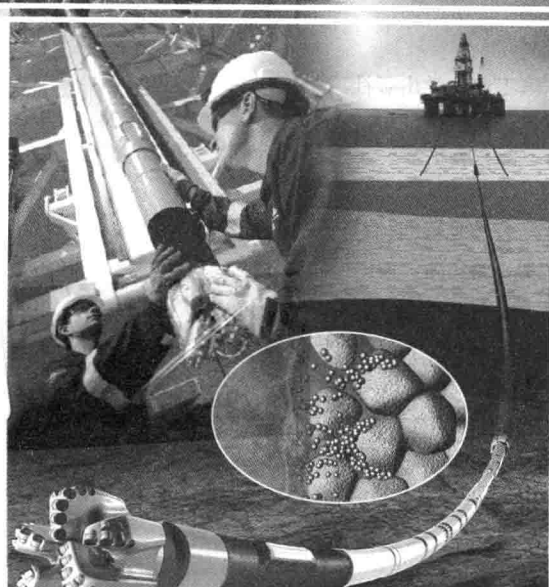


应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程

主 编 龙安厚
副主编 赵景原 李 萌

钻井液技术基础与应用

Basis and Application of Drilling Fluids Technology



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书主要讲述钻井液工艺理论与技术措施;钻井液基本胶体化学原理;钻井液性能与钻井的关系;各种处理剂的原理;与钻井液相关的井下事故和复杂情况的预防和处理。全书共 10 章,主要包括:黏土胶体化学基础、钻井液的流变性、钻井液的滤失和润滑性、钻井液的性能及测量、钻井液处理剂、水基钻井液、油基钻井液、钻井液固相控制、钻井液相关典型事故和处理。

本书体系完整,层次清楚,深度、广度适宜,可作为应用型本科院校石油工程专业的教学用书,也可供钻井技术员、司钻等钻井工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钻井液技术基础与应用/龙安厚主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014. 1

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-4439-2

I. 钻… II. ①龙… III. ①钻井液-技术-高等学校-教材 IV. ①TE254

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 283264 号

策划编辑 杜 燕 赵文斌

责任编辑 刘 瑶

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省委党校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 273 千字

版 次 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4439-2

定 价 24.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十二五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

庾 莉 韩毓洁 臧玉英

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学

习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的 PPT 多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长



前 言

《钻井液技术基础与应用》是哈尔滨石油学院石油工程系针对石油工程专业学生设置的一门必修专业课程。当前,无论从国家政策层面还是应用型高校层面,培养应用型人才已经获得普遍的认可。教材是知识的载体,是人才培养过程中传授知识、训练技能和发展智力的重要工具之一。应用型本科院校在人才培养上有着本科教育的共性,应该区别于高职高专的教育,又有别于研究型本科院校。本书在内容方面强调基础理论和基本的实验方法,避免复杂的理论分析和公式推导,重视钻井液知识在现场钻井工程实际中的应用。只有扎实掌握基础理论和基本方法,毕业后学生才能更顺利地进入工作角色,进而有所创新和突破。

一直以来,钻井液被称为“钻井的血液”,钻井液性能的优劣在钻井工程施工中有着举足轻重的作用,甚至直接关系钻井施工的成败。随着石油钻井工艺技术的不断发展,出现了大位移井钻井、欠平衡钻井、多分支井钻井、连续管钻井和膨胀管钻井等一系列钻井新技术,这些钻井技术的问世也极大地推动了钻井液技术的快速发展。掌握好钻井液技术对于安全、优、快钻井至关重要。

本书的主要内容包括钻井液的组成和分类,钻井液技术的发展历程;黏土矿物的晶体构造与性质,黏土-水分散体系的电学性质,黏土的水化和分散;流体流动的基本流型,钻井液流变性与钻井作业的关系;钻井液的滤失和润滑性;钻井液的性能及测量;钻井液处理剂的作用原理;常用水、油基钻井液体系;钻井液固相控制设备和方法;与钻井液相关典型事故的处理。

本书由龙安厚担任主编,赵景原、李萌担任副主编。其中:第1、2章由龙安厚编写;第3、4章由李萌编写;第5章由龙安厚、赵景原编写;第6、7、8章由赵景原、李萌编写;第9章由李萌编写;第10章由赵景原编写。

哈尔滨石油学院院长王玉文对本书的出版给予了极大的关心和帮助,在此深表谢意。

由于编者水平有限,难免存在错误、疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2013年8月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 钻井液的循环过程和基本功用	1
1.2 钻井液的组成和分类	2
1.3 钻井液技术的发展	5
复习思考题	8
第2章 黏土胶体化学基础	9
2.1 黏土矿物的晶体构造与性质	9
2.2 吸附作用	15
2.3 黏土-水分散体系的电学性质	16
2.4 黏土的水化和分散	19
复习思考题	26
第3章 钻井液的流变性	27
3.1 流体流动的基本流型	27
3.2 钻井液流变性与钻井作业的关系	34
复习思考题	38
第4章 钻井液的滤失和润滑性	39
4.1 钻井液的滤失与造壁性	39
4.2 钻井液的润滑性能	46
复习思考题	50
第5章 钻井液的性能及测量	51
5.1 钻井液流变参数的测量与计算	51
5.2 钻井液的滤失与造壁性测量	58
5.3 钻井液的 pH 值和碱度	60
5.4 钻井液密度和含砂量	63
5.5 钻井液固相含量及测量	65
5.6 钻井液润滑性能评价方法	70
复习思考题	71
第6章 钻井液处理剂	72
6.1 无机处理剂	72
6.2 有机处理剂	79
复习思考题	99

第7章 水基钻井液	100
7.1 细分散钻井液	100
7.2 钙处理钻井液	104
7.3 盐水钻井液	109
7.4 聚合物钻井液	112
7.5 MMH 正电胶钻井液	120
7.6 抗高温深井水基钻井液	124
7.7 水包油乳化钻井液	132
7.8 新水基钻井液体系简介	134
复习思考题	139
第8章 油基钻井液	140
8.1 油包水乳化钻井液的组成与性能	140
8.2 活度平衡的油包水乳化钻井液	146
8.3 低毒油包水乳化钻井液及合成基钻井液	146
复习思考题	149
第9章 钻井液固相控制	150
9.1 常用固控设备	150
9.2 钻井液固控工艺	157
复习思考题	161
第10章 钻井液相关典型事故的处理	162
10.1 防漏与堵漏钻井液	162
10.2 防卡与解卡钻井液	165
10.3 防塌钻井液	168
10.4 防喷钻井液	169
复习思考题	172
附录 钻井液相关计算	173
参考文献	180

钻井液是指在油气钻井过程中,以其多种功能满足钻井工作需要的各种循环流体的总称。钻井液俗称钻井泥浆或泥浆。钻井液工艺技术是油气钻井工程的重要组成部分,是实现健康、安全、快速、高效钻井及保护油气层、提高油气产量的重要保证。

1.1 钻井液的循环过程和基本功用

1.1.1 钻井液的循环过程

钻井液的循环是通过钻井泵(俗称泥浆泵)来维持的。从钻井泵排出的高压钻井液经过地面高压管汇、立管、水龙带、水龙头、方钻杆、钻杆、钻铤到钻头,从钻头喷嘴喷出,然后再沿钻柱与井壁(或套管)形成的环形空间向上流动,返回地面后经排出管线、震动筛流入泥浆池,再经各种固控设备进行处理后返回上水池,进入再次循环,这就是钻井液的循环过程和循环系统。

1.1.2 钻井液的功用

1. 携带和悬浮岩屑

钻井液最基本的功用就是通过循环,将井底被钻头破碎的岩屑携带到地面,保持井眼清洁,保证钻头在井底始终接触和破碎新地层,不造成重复切削,保持安全、快速钻进。在接单根、起下钻或因故停止循环时,钻井液又能将留存在井内的钻屑悬浮在环空中,使钻屑不会很快下沉,防止沉砂卡钻等情况的发生。

2. 稳定井壁

井壁稳定、井眼规则是实现安全、优质、快速钻井的基本条件。性能良好的钻井液应能借助于液相的滤失作用,在井壁上形成一层薄而韧的泥饼,稳固已钻开的地层,并阻止液相侵入地层,减弱泥页岩水化膨胀和分散的程度。

3. 平衡地层压力和岩石侧压力

在钻井工程设计和钻进过程中需要通过不断调节钻井液密度,使液柱压力能够平衡地层压力和地层侧压力,从而防止井喷和井塌等井下复杂情况的发生。

4. 冷却和润滑作用

钻进时,钻头一直在高温下旋转破碎岩层,产生大量热量;钻具也不断与井壁摩擦而产生热量。通过钻井液的循环,将这些热量及时带走,从而起到冷却钻头、钻具,延长其使用寿命的作用。由于钻井液的存在,使钻头和钻具均在液体内旋转,因此在很大程度上降低了摩擦阻力,起到了很好的润滑作用。

5. 传递水动力

钻井液在钻头喷嘴处以极高的流速喷出,所形成的高速射流对井底产生强大的冲击力,从而提高了钻井速度和破岩效率。高压喷射钻井就是利用这个原理,显著地提高了机械钻速。在使用涡轮钻具钻进时,钻井液由钻杆内以较高流速流经涡轮叶片,使涡轮旋转并带动钻头破碎岩石。

6. 获取地下信息

通过岩屑和钻井液性能的变化获得井下各种信息,为钻井施工提供制定技术措施的依据。

7. 保护油气层

钻井液是最先接触油气层的工作液,为了防止和尽可能减少对油气层的损害,现代钻井技术还要求钻井液必须与所钻遇的油气层相配伍,满足保护油气层的要求;为了满足地质上的要求,所使用的钻井液必须有利于地层测试,不影响对地层的评价。

此外,钻井液还应对钻井人员及环境不发生伤害和污染,对井下工具及地面装备不腐蚀或尽可能减轻腐蚀。

一般情况下,钻井液的成本只占钻井总成本的7%~10%,然而先进的钻井液技术往往可以成倍地节约钻时,从而大幅度地降低钻井成本,带来十分可观的经济效益。

1.2 钻井液的组成和分类

1.2.1 钻井液的组成

钻井液是由分散介质(连续相)、分散相和化学处理剂组成的分散体。例如,以水为连续相的水基钻井液是由水(淡水或盐水)、膨润土、各种处理剂、加重材料以及钻屑所组成的多相分散体系。以油为连续相的油包水钻井液是由油(柴油或矿物油)、水滴(淡水或盐水)、乳化剂、润湿剂、亲油固体等处理剂所形成的乳状液分散体系。

1.2.2 分散体系的分类

分散体系是指一种或多种物质分散在另一种物质中所形成的体系。被分散的物质称为分散相(不连续相),另一种物质称为分散介质(连续相)。热力学上把体系中物理性质和化学性质完全相同的均匀部分称为相。相与相之间有明显的相界面。例如,膨润土颗粒分散在水中,膨润土颗粒为分散相,水为分散介质,黏土颗粒和水之间有明显的分界面;水滴分散在油中,水是分散相,油是分散介质,水滴和油之间有明显的分界面。

分散体系按分散相颗粒的大小分为以下几类:

(1) 分子分散体系。

分子分散体系是指溶质以小分子、原子或离子状态分散在溶剂中形成的体系,没有界面,是均匀的单相,其粒子直径在 1 nm 以下。通常把这种体系称为真溶液。

(2) 胶体分散体系。

胶体分散体系是指分散相颗粒的直径小于 100 nm 的分散体系。其目测是均匀的,但实际是相不均匀体系(也有将分散相颗粒的直径为 1 ~ 1 000 nm 的颗粒归入胶体范畴),如 AgI 溶胶等。

(3) 粗分散体系。

粗分散体系是指当分散相颗粒的直径大于 100 nm 时,目测是混浊不均匀体系,放置后会沉淀或分层,如浑浊的河水等。

钻井液中的分散相颗粒一般介于胶体分散体系与粗分散体系之间,其稳定性规律可以通过研究胶体体系稳定性规律来获得。

1.2.3 钻井液的分类

钻井液按密度可分为非加重钻井液和加重钻井液;按其黏土水化作用可分为非抑制性钻井液和抑制性钻井液;按其固相含量来分,将固相含量较低的称为低固相钻井液,基本不含固相的称为无固相钻井液;根据分散(流体)介质不同,分为水基钻井液、油基钻井液、气体型钻井流体和合成基钻井液 4 种类型。更具体一些可分为如图 1.1 所示的 7 种类型。水基钻井液是应用最广泛的钻井液,合成基钻井液是近期出现的一类新型环保钻井液。

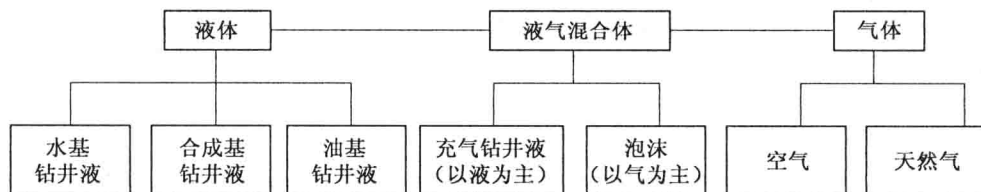


图 1.1 钻井液的分类

随着钻井液工艺技术的不断发展,钻井液的种类也越来越多,参考国外钻井液分类标准,在国内得到认可的主要有以下几种钻井液类型。

1. 分散钻井液

分散钻井液是指用淡水、膨润土和各种对黏土与钻屑起分散作用的处理剂(简称分散剂)配制而成的水基钻井液。分散钻井液是出现最早、使用时间最长的一类钻井液。以其配制方法较简单、配制成本较低的优点沿用至今。

分散钻井液的主要特点:①可容纳较多的固相,较适用于配制高密度钻井液。②容易在井壁上形成较致密的泥饼,故其滤失量一般较低。③某些分散钻井液,如以磺化栲胶、磺化褐煤和磺化酚醛树脂作为主处理剂的三磺钻井液具有较强的抗温能力,适用于在深井和超深井中使用。但与后出现的钻井液类型相比,因其固相含量高,抑制性、抗污染能力较差,对提高钻速和保护油气层不利。

2. 钙处理钻井液

钙处理钻井液的组成特点是体系中同时含有一定浓度的 Ca^{2+} 和分散剂。 Ca^{2+} 通过与水化作用很强的钠膨润土发生离子交换,使一部分钠膨润土转变为钙膨润土,从而减弱水化的程度。分散剂的作用是防止 Ca^{2+} 引起体系中的黏土颗粒絮凝过度,使其保持在适度絮凝的状态,以保证钻井液具有良好、稳定的性能。这类钻井液的特点是:抗盐、钙污染的能力较强,并且对所钻地层中的黏土有抑制其水化分散的作用,因此可在一定程度上控制页岩坍塌和井径扩大,同时能减轻对油气层的损害。

3. 盐水钻井液和饱和盐水钻井液

盐水钻井液是用盐水(或海水)配制而成的。盐的质量分数从 1% (Cl^- 的质量浓度为 6 000 mg/L) 直至饱和(Cl^- 的质量浓度为 189 000 mg/L) 之间均属于此种类型。盐水钻井液也是一类对黏土水化有较强抑制作用的钻井液。

饱和盐水钻井液是指钻井液中 NaCl 含量达到饱和时的盐水钻井液体系。它可以用饱和盐水配成,也可先配成钻井液再加盐至饱和。饱和盐水钻井液主要用于钻其他水基钻井液难以对付的大段岩盐层和复杂的盐膏层,也可以作为完井液和修井液使用。

4. 聚合物钻井液

聚合物钻井液是以某些具有絮凝和包被作用的高分子聚合物作为主处理剂的水基钻井液。由于这些聚合物的存在,体系所包含的各种固相颗粒可保持在较粗的粒度范围内,同时,所钻出的岩屑也因及时受到包被保护而不易分散成微细颗粒。

5. 钾基聚合物钻井液

钾基聚合物钻井液是一类以各种聚合物的钾盐和 KCl 为主处理剂的防塌钻井液。在各种常见无机盐中,KCl 抑制黏土水化分散的效果最好;由于使用了聚合物处理剂,这类钻井液又具有聚合物钻井液的各种优良特性。因此,在钻遇泥页岩地层时,用这种钻井液可以取得比较理想的防塌效果。

6. 油基钻井液

油基钻井液是以油(柴油或矿物油)作为连续相,水或亲油的固体(如有机土、氧化沥青等)作为分散相,并添加适量处理剂、石灰和加重材料等所形成的分散体系。水的体积分数在 5% 以下的普通油基钻井液已较少使用,主要使用的是油水体积比在 (50 ~ 80) : (50 ~ 20) 范围内的油包水乳化钻井液。与水基钻井液相比,油基钻井液的主要特点是能抗高温,有很强的抑制性和抗盐、钙污染的能力,润滑性好,并可有效地减轻对油气层的损害等。因此,这类钻井液已成为钻深井、超深井、大位移井、水平井和各种复杂地层的重要手段之一。但是,由于其配制成本较高,以及使用时会对环境造成一定污染,使其应用受到一定的限制。

7. 气体型钻井流体

气体型钻井流体是以空气或天然气为流动介质或分散有气体的钻井流体。气体型钻井流体主要适用于钻低压油气层、易漏失地层以及某些稠油油层。其特点是密度低,钻速快,可有效保护油气层,并能有效防止井漏等复杂情况的发生。通常又将气体型钻井流体分为以下 4 种类型:

(1) 空气或天然气钻井流体。

空气或天然气钻井流体即钻井中使用干燥的空气或天然气作为循环流体。其技术关键在于必须有足够大的注入压力,以保证有能将全部钻屑从井底携至地面的环空流速。

(2) 雾状钻井流体。

雾状钻井流体即少量液体分散在空气介质中所形成的雾状流体,是空气与泡沫钻井流体之间的一种过渡形式。

(3) 泡沫钻井流体。

钻井中使用的泡沫是一种将气体介质(一般为空气)分散在液体中,并添加适量发泡剂和稳定剂而形成的分散体系。

(4) 充气钻井液。

有时为了降低钻井液的密度,将气体(一般为空气)均匀地分散在钻井液中,便形成充气钻井液。混入的气体越多,钻井液的密度越低。

8. 合成基钻井液

合成基钻井液是以人工合成的有机化合物作为连续相,盐水作为分散相,并含有乳化剂、降滤失剂、流型改进剂的一类新型钻井液。由于使用无毒并且能够生物降解的非水溶性有机物取代了油基钻井液中通常使用的柴油,因此这类钻井液既保持了油基钻井液的各种优良特性,同时又能大大减轻钻井液排放时对环境造成的不良影响,尤其适用于海上钻井。

9. 保护油气层的钻井液(完井液)

保护油气层的钻井液是在储层中钻进时使用的一类钻井液。当一口井钻达目的层时,所设计的钻井液不仅要满足钻井工程和地质的要求,而且还应满足保护油气层的需要。例如,钻井液的密度和流变参数应调控至合理范围,滤失量尽可能低,所选用的处理剂应与油气层相配伍,以及选用适合的暂堵剂等。

10. 不侵入地层钻井液

不侵入地层钻井液是20世纪90年代发展起来的一种新型钻井液,也可作为完井液或修井液使用。其特点是通过使用加入到水基或油基钻井液中的专用聚合物型添加剂,使聚合物胶束在井筒周围一定深度的地层形成一个具有一定强度的封堵层。

1.3 钻井液技术的发展

钻井液技术是油气钻井工程的重要组成部分,它在确保安全、优质、快速钻井中起着关键性的作用。国内外钻井实践表明,钻井液工艺技术的发展,促进了钻井工艺技术的发展,钻井工艺技术的发展反过来对钻井液工艺技术提出了更高的要求。

1.3.1 水基钻井液的发展概况

1. 自然造浆阶段(1914~1916年)

在打井的最初阶段,钻井是用清水作为钻(洗)井液的。钻屑里的黏土分散在水中,清水逐渐变成浑水而成为泥浆,也就是所谓的自然造浆。这种最原始的泥浆主要解决携

带岩屑、净化井底和平衡地层压力等问题。因为没有使用化学处理剂,存在着滤失量高、性能不稳定和易引起井塌、卡钻等一系列问题。

2. 细分散泥浆阶段(20 世纪 20 年代至 50 年代末)

人们发现使用人工预先配制的泥浆比使用清水具有更好的功能,此时钻井液才逐渐成为一项工艺技术。主要解决的问题是泥浆性能的稳定性和井壁稳定问题,典型技术是研制出简单的泥浆性能测定仪器,使用了专门黏土配浆和分散性化学处理剂,于是形成了以细分散泥浆为主的淡水泥浆。

3. 粗分散泥浆阶段(20 世纪 60 年代初至 60 年代末)

随着世界石油工业的迅速发展,钻井的数量、速度和深度均显著增长,所钻穿的地层也更加复杂多样,裸眼井段也越来越长,对钻井液性能提出了更高的要求。各种配制泥浆的原材料和处理剂的研究与使用,其性能与钻井工作关系的研究,研制出各种泥浆测试仪器和设备,使泥浆工艺技术也得到不断发展。

主要解决的问题是减少石膏、盐的污染,解决温度的影响等问题。典型技术包括各种盐水泥浆、钙处理泥浆以及形成了多达 16 大类的各种处理剂。其显著标志是出现了新的一类钻井液处理剂——无机絮凝剂,主要是含钙离子的电解质,如石灰、石膏、氯化钙等。同时,一些抗盐、抗钙能力强的处理剂发展起来,如铁铬木质素磺酸盐、钠羧甲基纤维素等。

4. 聚合物不分散钻井液阶段(20 世纪 70 年代至今)

随着井深的逐渐增加,更多的钻遇高温高压及各种复杂地层,配合钻井工艺技术的钻井液技术也有了更快的发展。主要解决的问题是快速钻井和保护油气层问题,包括影响钻速和井壁稳定各种因素等。典型技术是钻井液类型不断增多,包括不分散低固相钻井液、气体钻井、保护油气层的钻井液和完井液,特别是不分散低固相聚合物钻井液的出现,使高压喷射钻井等新工艺措施得以实现,是钻井液技术发展进程中所取得的重要突破。

实践证明,聚合物钻井液在提高机械钻速、稳定井壁、携带岩屑和保护油气层等方面均明显好于其他类型的水基钻井液。

1.3.2 油基钻井液的发展概况

油基钻井液由于其配制成本比水基钻井液高得多,一般只用于高温深井、海洋钻井,以及钻大段泥页岩地层、大段盐膏层和各种易塌、易卡的复杂地层。

最早在 20 世纪 20 年代就用原油作为洗井介质,但其流变性和滤失量均不易控制;到了 50 年代,形成了以柴油为连续介质的油基钻井液和油包水乳化钻井液;为了克服油基钻井液钻速较低的缺点,70 年代又发展了低胶质油包水乳化钻井液,为了进一步增强其防塌效果,还研制出了活度平衡的油包水乳化钻井液;到了 80 年代,为加强环境保护,特别是为了避免钻屑排放对海洋生态环境的影响,又出现了以矿物油作为连续相的低毒油包水乳化钻井液。

1.3.3 气体型钻井流体

气体型钻井流体是第三大类钻井流体体系,这类流体主要应用于钻低压易漏地层、强

水敏性地层和严重缺水地区。从20世纪30年代起,气体型钻井流体就开始应用于石油钻井中。由于受到诸多因素限制,应用并不十分广泛。近年来,随着欠平衡钻井技术和保护油气层技术的发展,气体型钻井流体,特别是泡沫和充气钻井流体的研究和应用受到了广泛重视。

1.3.4 现代钻井液技术

近年来,钻井领域出现了大位移井钻井、欠平衡钻井、多分支井钻井、连续管钻井等一系列钻井新技术,推动了钻井液和完井液技术的发展。现代钻井液新技术研究主要是在符合环保要求、防止地层损害、稳定井壁、适应高温高压恶劣环境、防漏堵漏、钻井液管理等方面取得了突破性进展。例如,聚合醇类钻井液、硅酸盐钻井液、甲酸盐钻井液、合成基钻井液、正电胶钻井液、甲基葡萄糖甙钻井液、新型暂堵型钻井完井液、新型无固相钻井完井液等,满足了环保、油气层保护、稳定井壁和应付恶劣钻井环境的要求;适应各种特殊工艺井钻井液技术得到了快速发展;在保护油气层、井壁稳定的基础研究和钻井液用原材料和处理剂研制等方面都有新进展,钻井液的技术进步,也推动了钻井技术的发展。

1.3.5 我国钻井液应用技术发展回顾

我国钻井液工艺技术的发展历程与国际上该项技术的发展基本相似,也是经历了最初的自然造浆和细分散钻井液等阶段,代表性标志为钙处理钻井液阶段、三磺钻井液阶段、聚合物钻井液阶段和钻井液新技术阶段。

我国从1952年开始用石灰处理泥浆并逐渐成熟,钙处理钻井液是20世纪60年代到70年代初主要使用的钻井液类型。

三磺钻井液是20世纪70年代后期大多数井,特别是深井所使用的钻井液类型。该体系能有效地降低钻井液高温高压失水,提高井壁稳定性。我国最深的几口井都是用此类钻井液钻成的,有人称这是我国钻井液技术的第一大进步。

“聚合物钻井液”最早被称为“不分散低固相钻井液”,是在20世纪70年代后期,配合“喷射钻井技术”和“优选参数钻井技术”,利用丙烯酰胺聚合物形成的一种钻井液体系。为了使聚合物钻井液能很好地适应深井钻井条件,又在三磺水基钻井液基础上引入阴离子型丙烯酰胺类聚合物,出现了聚磺钻井液,被称为我国钻井液技术的第二大进步。80年代末,在聚合物分子结构上引入阳离子基团或两性离子基团,出现了阳离子聚合物钻井液和两性离子聚合物钻井液,很好地解决了地层抑制性问题,被称为我国钻井液技术的第三大进步。

我国钻井液新技术的研究与应用,保持与世界先进技术同步,在某些方面已经达到国际先进水平。

1.3.6 钻井液应用技术的发展方向

钻井液应用技术的发展不仅是和钻井工艺技术的发展紧密联系在一起的,而且是和钻井液化学应用技术直接相关的。当前钻井液工艺技术的关键大致包括以下几个方面:

(1)适用于深井、抗高温、抗盐、抗钙或抗镁的增黏剂、降滤失剂、降黏剂和流型改进

剂的研制,以及复杂条件下深井抗高温、高密度钻井液技术。

(2)复杂易坍塌地层的泥页岩稳定剂、井壁封固剂和堵漏剂研制及井壁失稳机理研究与防塌钻井液技术。

(3)大斜度井、大位移井、水平井、多底井和小井眼等特殊工艺井用润滑剂、井壁稳定剂、流型改进剂和低伤害处理剂的研制及钻井液技术。

(4)欠平衡钻井液技术。

(5)保护储层,尤其是保护低渗透油气层的各种处理剂研制及钻井液、完井液技术。

(6)环境友好、低成本的天然材料改性产品,满足环境保护要求的合成聚合物处理剂研制及环境可接受钻井液体系的研究及应用技术。

(7)钻井液无害化处理技术。

(8)计算机信息技术在钻井液中的应用和现场钻井液管理技术。

复习思考题

1. 简述钻井液在钻井过程中的主要作用。
2. 钻井液是如何分类的? 各有何特点?
3. 简述国内外钻井液应用技术的发展概况及关键技术发展方向。