

正电胶钻井液体系及其应用

刘贵传, 郭才轩

(中国新星石油公司钻井研究所, 德州 253005)

[摘 要] 阐述了正电胶(MMH) 钻井液体系的特性, 并对其机理进行了探讨, 最后对它的应用情况作了详细介绍。

[关键词] 正电胶(MMH) 钻井液 应用

[中图分类号] TE254 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)02-0076-04

1 前言

正电胶(MMH) 钻井液体系是近年来发展起来的一种新型的带正电的钻井液体系, 较好地解决了钻井液稳定与井壁稳定的矛盾。长期以来, 钻井作业中大都使用水基钻井液, 将粘土分散在水中形成带负电的分散体系, 粘土颗粒的分散及其体系的稳定依靠本身及其添加剂所带的负电荷, 负电愈多钻井液体系就愈稳定。目前, 我们所使用的分散剂和稳定剂(如 CMC、SPNH 等), 其主要作用机理就是增强粘土颗粒的负电动电位。因此, 这些处理剂本身大都有很强的负电基团, 用这类处理剂配制出的钻井液就其本身而论无疑是非常稳定的, 但对于该体系接触和要对付的地层与井壁而言是一种不稳定因素。因为凡是能使钻井液中粘土分散的因素也必然导致井壁和地层中粘土矿物的水化膨胀和分散。因此, 长期以来人们为解决井壁和地层的稳定问题, 采用了带正电荷的材料对钻井液进行局部处理, 例如高价的金属离子 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 等, 它们能中和粘土表面的负电荷, 降低粘土颗粒表面的 δ 电位, 从而削弱它们的水化能力。然而, 采取这些井壁稳定措施都会使钻井液产生不稳定的负作用, 造成钻井液滤失量上升, 为提高钻井液胶体的稳定性, 不得不添加大量的降失水剂和分散剂, 而这些处理剂又会将负电荷带入钻井液和地层中, 所以钻井液的稳定性与地层的稳定性始终在相互矛盾着。80 年代相继出现了一些带正电荷的聚合物, 但因其正电荷有限, 成本较高, 并且在坂土钻井液中会使坂土絮凝, 钻井液滤失量增加, 影响了其推广应用。近年来, 带正电荷的混合层状金属氢氧化物超细晶体(即 MMH) 研制成功并应用于钻井液体系后, 取得了突破性进展, 具体表现为:

钻井液体系由负电胶体转变为正电胶体;

钻井液胶体中粘土颗粒带正电降低了粘土表面的 δ 电位, 较好解决了井壁和地层的稳定问题;

这种正电胶粒与粘土颗粒形成了稳定的复合体, 通过空间稳定作用, 解决了正电胶钻井液体系的不稳定问题。

2 正电胶钻井液特性及其机理探讨

2.1 MMH—粘土复合体的形成

MMH 胶粒与钠膨润土胶粒大小和形状都相似, 带的电荷的数量也相似, 只是符号相反, 一个带正电, 一个带负电, 它们在水中都有强烈的水化作用, 当两个颗粒相互接近时, 首先接触的是它们的水化膜, 由于它们的水化膜的方向是一致的, 因此 MMH 正电胶粒能将负电胶粒周围的阳离子挤走, 却不能将其中的水分子挤走。这样一来就形成了粘土—水—MMH 复合体而占据整个空间。在占据整个空间的复合体中, 其电荷密度比单纯粘土钻井液的电荷密度要高 6~7 倍, 这就是加入 MMH 不会使钻井液完全絮凝的原因。

2.2 MMH 钻井液独特流变性

由于 MMH 与粘土组成的钻井液体系, 有极强的剪切稀释特性, 即动塑比很高。其高切力, 并不影响开泵, 不会发生压力激动, 原因是其独特流变性所致, 主要特点: 当体系静止时, 复合体—网状结构瞬间形成, 并达到最大值, 呈“固态”性质; 当体系被扰动时, 即使剪切应力很小, 体系即可在瞬间转化为流体(复合体被拆散), 这就是它所具有的“固/液”相间的特性。这种独特的流变性对钻井工程是十分有利的, 表现为携岩能力强, 机械钻速高。室内典型的 MMH 钻井液性能如表 1。表 2 列举了某构造上分别使用 MMH 钻井液和聚合物钻井液的两口井性能比较。

表 1 不同坂土加量时 MMH 钻井液流变性

配方	PV (MPa·s)	YP (Pa)	GEL (Pa/Pa)	η_{∞} (MPa·s)	Im
3 %坂土	2	2	0/0	0.98	1062
3 %坂土 + 0.5 %MMH	7	26.5	7.5/7.6	2.01	9301
4 %坂土 + 0.5 %MMH	6	29	16/17	1.12	20487
5 %坂土 + 0.5 %MMH	1	56	50/50	1.08	47192

表 2 MMH 钻井液与聚合物钻井液性能比较

钻井液类型	D(g/cm ³)	FV(s)	PV(MPa·s)	YP(Pa)	η (MPa·s)	Im
MMH	1.18 ~ 1.27	19 ~ 32	7 ~ 10	8 ~ 10	1.7 ~ 6.5	1946 ~ 977
聚合物	1.12 ~ 1.24	20 ~ 24	9 ~ 13	2 ~ 7	7.2 ~ 10.6	70 ~ 159

表 3 安集海岩芯(4 目 ~ 10 目)120 滚动回收率

液体	水	5 %KCL	10 %KCL	0.5 %MMH	0.7 %MMH
回收率 %	36	80	81	81	89

2) CST 分散性实验结果

如表 4,采用清水加坂土分别加入不同加量的 MMH,测定其 CST 值。

表 4 MMH 加量对 CST 值的影响

MMH %	0	0.3	0.5	0.7
CST 值(S)	196.1	62.4	45.1	32.1

综上所述,MMH 对粘土矿物有较强的抑制性。其作用机理主要为:

在低剪切速度下的近井壁形成“静止膜”。使钻井液对井壁的冲刷近于零,从而有效保护井壁;

“与地层争水”。在 MMH 钻井液中,水分子是形成钻井液体系复合体结构的重要组成部分,MMH 对水的亲合能力极强,这种亲合能力远远超过地层,水就会由地层向钻井液中流动,从而使地层和井壁稳定;

“稳定地层活度”。MMH 与粘土矿物形成复合体后,能把大量的可交换离子排挤出去,这样一来可使粘土矿物表面离子活度降低,降低渗透水化作用,而且在 MMH—粘土复合体形成后,在负电粘土颗粒周围形成一层正电荷的势垒,阻碍了可交替阳离子的相互交换,稳定了井壁。

3 正电胶钻井液的应用情况

MMH 钻井液的应用,在国内外均有较多的应用介绍。所应用的井,既有直井、也有定向井、大斜井和水平井。仅我国胜利油田临盘地区自 1991 年首次 MMH 试验应用以来,就已推广应用了 270 多口井,达到了全面应用,该地区已不再使用其它类型钻井液。从国内外的成功应用看,MMH 钻井液的主要特点为:井眼净化好,井壁稳定,其综合效果就是事故率少,提高机械钻速,缩短建井周期,并有利于保护油气层,提高储层的产能。除临盘地区外,新疆克

2.3 抑制性及其机理探讨

1) 页岩滚动回收率实验结果如表 3。

表 3 是不同浓度的 MMH 钻井液的页岩滚动回收率,可以看出页岩回收率随 MMH 加量的增加而提高。

拉玛依油田、胜利油田、华北油田、冀东油田、塔里木以及地矿部吉林松南地区、江苏等均已不同程度地推广使用 MMH 正电胶钻井液体系,并收到了较好效果。下面简要介绍一些油田 MMH 钻井液的使用情况。

3.1 胜利油田临盘地区 MMH 钻井液的应用情况

自 1991 年至 1996 年底,临盘地区用 MMH 钻井液钻井近 300 口。其中定向井约 100 口,长裸眼井 76 口,最大井深 4300 m,最大井斜 67°,最大水平位移 980 m,进尺 65 万多米,见到明显效果。

该地区应用 MMH 钻井液体系的过程可分 3 个阶段: MMH - SD16 - LV - CMC - FCLS; MMH - DFD — - LV - CMC - NPAN - KHm; MMH - LP₁ - LP₂。

第一阶段应用取得初步效果,显示出钻井液携岩能力强,抑制能力好的特点,但出现了性能不稳定、波动大,导致钻井液成本较高。

第二阶段,引入 FDF — 做降失水剂,试图降低成本,但其在使用后期有发酵现象,后来仍改用 LV - CMC 为降失水剂,因而上述问题仍未得到根本解决。

第三阶段,通过室内试验重新优化配方研究,确定了以 MMH 为主体处理剂,LP₁ 为降失水剂,LP₂ 为稀释剂的定型配方,并制定了相应的现场工艺和性能指标,解决了初期试验存在的一系列问题。其工艺重点概括如下: 加强固控,保证除砂; 维护处理以 MMH、LP₁ 为主,根据流变性变化及钻屑返出情况控制 MMH 的干基含量达 0.3 % ~ 0.6 %,如粘切上升,以浓度 10 %的 NPAN 降粘; 深井阶段(3000 m 后)加入 SMP 3 t,SMC 1 t ~ 2 t,转化成 MMH 磺化钻井液体系,并加大 MMH 用量; 完钻前 100 m 停用 MMH,逐步加大 LP₂ 及 SMC 用量,降低钻井液结构力,以保证钻井作业顺利进行。

其性能指标要求(井深 < 1500 m):漏斗粘度 18 s ~ 23 s,失水 ≤ 10 ml,动塑比 > 0.4;1500 m ~ 2500 m 井段要求:漏斗粘度 23 s ~ 30 s,失水 < 8ml,动塑比

>0.5 ;2500 m 至完钻要求:漏斗粘度 $25\text{ s} \sim 35\text{ s}$,失水 $<5\text{ ml}$,动塑比 >0.5 。全井段排量控制在 $30\text{ g/l} \sim 50\text{ g/l}$,PH $8 \sim 9$ 。

该地区通过三个阶段的应用,使 MMH 钻井液技术不断完善,其使用效果显著提高。据临盘地区近 300 口井统计,处理复杂事故时效降低 48.7%(其中阻、卡钻损失时间分别降低 75%和 85.9%),平均机械钻速提高 25%,电测一次成功率达到 91.6%(提高 6.57%),固井优质率提高 40%,原油产量提高 5%~10%。

3.2 新疆克拉玛依的 MMH 钻井液应用情况

克拉玛依油田也是最早试验使用 MMH 钻井液体系的地区之一。其第一批试验井选择造浆和坍塌严重的车 002 井和漏失严重的彩南地区 C1289 井。

车 002 井配方为 0.6%MMH + 0.6%HPAN + 0.3%CMS。完钻后各项技术指标较邻井均有提高,结果如表 5

表 5 车 002 井与车 27 井经济技术指标对比

	泥浆体系	机械钻速	井径扩大率	电测成功	泥浆成本
车 002 井	MMH	9.98m/h	3%	一次成功	243.63 元/m
车 27 井	聚合物	7.64m/h	7.15%	一次成功	308.73 元/m

彩南 C1289 井的试验也取得了成功,并证明 MMH 钻井液具备一定的防漏堵漏功能。

3.3 MMH 钻井液在华北油田的应用

华北油田自 1994 年开始在该油田进行了 MMH 钻井液应用,其配方大致为:3%膨润土 + 0.5%MMH + 0.7%DF-1 + NPAN。在最初的几口井试验中,即取得了较好效益,综合分析有如下特性:

配制容易,处理简单,钻井液成本低。以文 102-7 井为例,该井使用 MMH 钻井液,钻井液成本为 20.42 元/m,而同地区的文 102-2 井使用聚合物钻井液,其成本 32.12 元/m;

独特的流变性。其典型性能: $FV = 265$, $PV = 8 \sim 11\text{ MPa s}$, $YP = 8\text{ Pa} \sim 9\text{ Pa}$, $Gel = 9 \sim 10/15 \sim 30\text{ Pa}$;

有利于提高机械钻速。以文 102-7 井为例,机械钻速 18.1 m/h,而使用聚合物钻井液的其它井平均机械钻速 14.16 m/h,提高 27.8%;

井身质量优良。文安地区 1500 m~1600 m 有大段胶结性差的砾岩,容易坍塌,井径变化大,而文 102-7 井使用 MMH 钻井液,在该井段很规则,钻井作业、起下钻和完井作业均顺利。

3.4 MMH 钻井液在水平井钻井中应用情况

到目前为止,在我国的胜利油田、塔里木、江苏等地区均选择了 MMH 钻井液用于水平井。且实践

证明,MMH 钻井液能满足水平井钻井技术要求。下面以胜利油田为例,简述 MMH 钻井液在水平井的使用效果。

胜利油田用正电胶 MMH 钻井液在该油田施工的水平井已超过 10 口井,如水平 2 井(为 1 口多目标水平深井,完钻井深 2947 m,水平位移 1164.28 m,水平段长 901.43 m,最大井斜 89.2°),樊 15-平 1 井(完钻井深 3380 m,水平位移 505.89 m,水平段长 345.79 m,最大井斜 96.5°),以及草 20-平 4、平 5、平 6、平 7、试平 2 井等。这些水平井使用 MMH 正电胶钻井液的主要目的是为了解决该油田水平施工过程中出现砾石垮塌、井眼不清洁,尤其是岩屑床等复杂问题。通过以上多口水平井的应用,证明 MMH 正电胶钻井液适用于水平井钻井,并取得了较大的技术经济效益。

4 结论与认识

从国内外的研究与现场应用的结果看,MMH 钻井液具有诸多优越性,是一种具有推广应用前景的钻井液体系。它既适用于一般地层钻井,有利于提高机械钻速,也适用于大斜度定向井、水平井钻井,有利于携带岩屑,清洁井眼。

1)MMH 钻井液具有独特流变性,剪切稀释特性好,其结构易形成和破坏,尤其是动塑比高,水眼粘度低。这种特性在工程上表现为:有利于井壁稳定(静止膜作用);有利于悬浮携带钻屑(高动塑比);有利于提高机械钻速。

2)MMH 钻井液有较强的抑制性,有利于井壁稳定,并且钻井液的粘土容量高,性能稳定,易于调控和维护,现场劳动强度低。

3)MMH 钻井液的独特流变性和强的抑制性有利于保护储层。原因是降低了钻井液使用密度,抑制储层粘土水化膨胀,与地层争水,阻止钻井液滤液进入地层,减少微粒运移对储层的损害。

4)应辩证地处理 MMH 钻井液特性与钻井工程需要,不能片面追求 MMH 钻井液流变特性的完善而忽视失水量大、假泥饼厚等负面影响。

5)合理调控钻井液性能指标,较好地解决“静止膜”引起的钻井和固井问题。

6)强化固控设备,保证三级固控设备的正常运转。

7)MMH 钻井液体系转换为其它体系极容易,而要从传统的聚合物钻井液转换到 MMH 钻井液十分困难。

8)目前 MMH 钻井液体系处理剂配伍性研究工

作需进一步加强,尤其是降失水剂,有待于研制出一种既有效降低滤失量又不削弱其电性的降失水剂。

MMH DRILLING FLUID SYSTEM AND ITS APPLICATION

LIU Gui - chuan, GUO Cai - xuan

Abstract :MMH drilling fluid system is described, its mechanism is discussed and its application is introduced in the paper.

Key words :MMH drilling fluid, application



第一作者简介:

刘贵传(1963年-),男。1985年毕业于中国地质大学探矿工程系钻探专业。现在中国新星石油公司石油钻井研究所工作,高级工程师,一直从事石油钻井泥浆工艺技术与应用。

通讯地址:山东省德州市东风东路35号 中国新星石油公司钻井研究所 邮政编码:253005

刘广志院士辑《1999年探矿(岩土钻掘)工程10大科技新闻》

(1) 中国大陆科学钻探工程正式启动

1999年9月底,正值中华人民共和国成立50周年大庆的日子里,国家发展计划委员会正式批准国家“九五”重大科学工程项目“中国大陆科学工程项目正式启动”,5000m深孔将是我国第一口科学深钻,被称为“深入地球内部的望远镜”。这一消息引起全国科学技术界的注意,认为是探索地球奥秘,聚焦地学前沿的重大举措。《科学时报》、《科技日报》、《国土资源报》、《中国矿业报》等纷纷以头版头条报道了这一重要信息。

(2) 中国人造金刚石全国产量已达5亿克拉,居世界第一。

据中国超硬材料信息网的不完全统计,我国人造金刚石产量已达5亿克拉,居世界首位,不仅可以满足国内各行各业的需要,而且有部分出口。

(3) 国土资源部探矿工程研究所研制出卡邦(Carbon or Carbonado)黑色颗粒状金刚石。

该所已能批量生产,卡邦金刚石可制作地质、石油钻头,拉丝模,刀具等,韧性、耐磨性极好。

(4) CAD 金刚石薄膜研制成功。

由浙江大学物理系用化学汽相沉淀法(CVD)制造的金刚石薄膜,是我国人造金刚石制造业一大新成果,用途极广,可制造各种精密刀具,地质、石油钻头,大功率激光、X光、红外线窗口,以及导弹顶部整流罩表面抗高温,也能用作螺杆钻轴承等。它的研制成功已引起我国材料科学工程界的极大重视。

(5) 3部专著共献祖国50周年大庆。

《中国钻探科学技术史》由刘广志、周志彰、林元雄等9位新老专家组成撰写组,在四川自贡盐业历史博物馆的支持下,考证了200多部史书,校正了历史误传,自古代、近代一脉相承写至现代钻探历史。该书堪称是一部迄今为止我国较完整的钻探科学技术历史全书。共56万字,已正式出版发行。

《探矿工程科技成果100例》一书,由地矿部科学技术技司支持,赵国隆、李常茂、左汝强等教授级高级工程师主编,组织了数十位专家教授撰写而成,为祖国献了礼,也为后人留下了宝贵的科学技术财富。全书34万多字,已出版发行。

《勘察工程技术》一书是中国现代科学全书编辑工作委员会组织编纂的。涵盖自然科学、社会科学12个门类,108个学科,600多卷,由我国各学术领域千余名学术带头人及权威学者通力合作完成。全书约35万字。预计一年后出版。

(6) 万里长江第一输气隧道胜利贯通

该贯穿长江底部的隧道是由四川915建设施工公司中标承担施工的,北起重庆江北区塔子山的长江边,南至南岸区弹子石猫背沱隧道,实际长度1058.6m,断面2.5m×2.5m,净断面6.25m²,从江底15m深处穿过长江,重庆输气管道采用江底穿越方式优点在于:不在空中跨越江面,既不影响水上航行,又不影响市容;可以一隧多用,既能铺设管道,又能铺设光缆电缆;便于检测、监测、维修。采用“新奥法”掘进,用激光照准,对头掘进,用管棚法防止了渗水、漏水、崩塌。为此专门制定了“专项技术设计”,保证施工安全。这是万里长江贯通的第一条隧道,经过全体职工奋力拼搏,齐心协力,于1999年9月29日胜利贯通,实现了向国庆献礼的愿望。从此重庆将完成环城供气网络。

(7) 工程勘察和工程施工电子光盘(手册)问世。

中国地质调查局与科学钻探国家实验室共同研制的工程施工电子光盘(技术手册)涵盖处理、基桩、锚喷、连续墙、非开挖等的施工工艺、设备等内容,是国土资源系统为我国工勘施工界提供的第一张电子科技光盘。

(8) 东海平湖1井至上海的输油输气管道正式铺通。

由上海石油天然气公司与外商合资兴建的东海平湖1井至岱山岛海底输油管线,全长301km,直径254mm及净化、泵站等设施已安装完毕。平湖1井至上海南汇海底输气管道也已铺通,全长365km,直径356mm。这将为缓解上海市能源供应起巨大作用。这是我国第一条海底输油管线和输气管线。

(9) 广东大地基础工程总公司成为内地第一家进入香港施工的公司。

香港地区工程施工工作量大,施工地区多,一直由外国公司承包工程。此次广东大地基础施工总公司,采用新设备新工艺,一举夺得西铁4个工区的施工合同,合同总额达1.2亿港元,成为内地进入香港的第一家施工公司。

(10) 新改选的中国地质学会探矿工程专业委员会举行第一届全国学术研讨会。

1999年8月,中国地质学会探矿工程专业委员会召开了新改选后的第一届全国学术研讨会,主题是“面向21世纪的岩土钻掘工程”,回顾总结了50年来探矿(岩土钻掘)工程的发展历程,并探讨今后发展方向,会上发行了“探矿工程”出版的论文集。大会由专业委员会常务副主任赵国隆等主持。