

# 盐水钻井液配制方法对其性能的影响

刘翠娜<sup>1</sup>, 纪卫军<sup>2</sup>, 李晓玮<sup>1</sup>, 郑秀华<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

**摘要:**随着钻井技术的发展,深井、超深井钻遇复杂地层的情况越来越多,对钻井液性能提出了越来越高的要求。通过对盐水钻井液的配制方法进行理论分析和对比,并结合现场应用,利用已有抗盐材料,基于预水化对钻井液性能影响机理及预水化时间的长短对钻井液性能的影响进行了研究。试验得出,预水化对钻井液的性能起着至关重要的作用,且随预水化时间的变化,钻井液性能产生不同的变化趋势,根据钻井液要求的侧重点不同,为配制不同性能指标的钻井液提供实践指导和理论依据。

**关键词:**盐膏层;盐水钻井液;配制方法;钻井液性能

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)01-0033-04

**Influence of the Preparation Method on Saltwater Drilling Mud Properties/LIU Cui-na<sup>1</sup>, Ji Wei-jun<sup>2</sup>, LI Xiao-wei<sup>1</sup>, ZHENG Xiu-hua<sup>1</sup>** (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Exploration Engineering Institute, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Along with the development of drilling technology, more and more complex stratum situations are encountered in deep and ultra-deep well drilling, and the demand of drilling fluid performance becomes higher. By the theoretical analysis and contrast on preparation methods of saltwater drilling fluid, according to the field application with existed salt resistant materials and based on the analysis and the tests on influence mechanism of pre-hydration to drilling fluid properties and influence of pre-hydration time to drilling fluid properties, it showed that the pre-hydration is very important to the performance of drilling fluid. With the changes of hydration time, drilling fluid property produces different changing trends. The analysis provides practical guide and theoretical basis to preparation of different drilling fluids with different emphasis points.

**Key words:** salt-gypsum bed; saltwater drilling fluid; preparation method; drilling fluid property

## 1 概述

在油井钻探和地质钻探中钻遇岩盐层、盐膏层、盐土层等含盐底层或者配浆用水矿化度较高时,一般需要配制盐水钻井液。在配制盐水钻井液时,最好选用抗盐粘土(海泡石、凹凸棒石等)作为配浆土,这类粘土在盐水中可以很好地分散而获得较高的粘度和切力,配制方法也比较简单,但由于此类粘土价格较高,施工方出于成本考虑经常选用膨润土配浆。使用膨润土配制盐水钻井液时,配制方式对钻井液的性能影响很大。根据现场调研,得出盐水钻井液的配制主要有以下 2 种方式:其一是膨润土及处理剂直接加入到盐水中,如在海边或者咸水湖边施工时就地取材使用盐水配浆;其二是膨润土及处理剂先加入到淡水中搅拌均匀,预水化一段时间后加盐至所需浓度转化为盐水钻井液,如在淡水资源充足的地区施工钻遇含盐地层或者为了抑制强水敏性地层的水化等。本文通过理论分析、室内试验等手段详细分析了这 2 种配浆方式对盐水钻井液性

能的影响,并分析了盐水钻井液性能随预水化时间增长的变化趋势。

## 2 盐水钻井液预水化与未预水化的胶体化学分析

### 2.1 粘土的水化作用

膨润土的造浆率主要取决于粘土的水化作用,粘土的水化作用是指粘土颗粒表面吸附水分子形成水化膜,使晶格层面间的距离增大发生膨胀的作用。它是影响钻井液性能和孔壁稳定的重要因素。

粘土的水化分为表面水化和渗透水化,表面水化由粘土晶体表面吸附水分子与交换性阳离子水化两部分组成。渗透水化是指水发生浓差扩散,进入层间,由此增加晶层间距,从而形成扩散双电层。图 1 为粘土层面的双电层示意图。

### 2.2 两种配制方法的钻井液预水化分析。

#### 2.2.1 直接用盐水配制钻井液

直接用盐水配制钻井液,膨润土在较高浓度的盐水中不能进行充分的水化,晶层之间的阳离子浓

收稿日期:2011-05-26

作者简介:刘翠娜(1984-),女(汉族),河北唐山人,中国地质大学(北京)硕士研究生,地质工程专业,从事大陆科学钻探超深井钻探技术的研究工作,北京市海淀区学院路 29 号中国地质大学(北京)工程技术学院 09 硕士,307538685@qq.com。

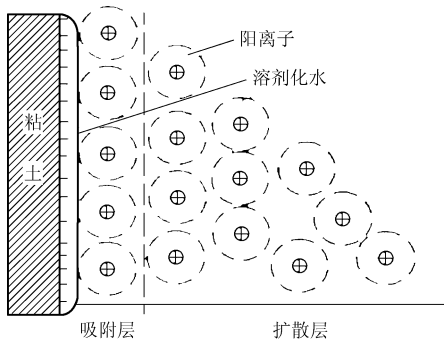


图 1 粘土层面的双电层示意图

度小于溶液内部的浓度,不能形成有效的扩散双电层,表面水化和渗透水化受到阻碍,电解质的浓度越高,这种阻碍作用越明显。膨润土此时类似于一种惰性固体,无法再起到造浆和降滤失的作用。因此泥浆性能不稳定,滤失量大,泥皮松散,一般不能满足钻井要求。

2.2.2 由淡水钻井液转为盐水钻井液

配制盐水钻井液时,首先对膨润土在淡水中进行预水化,并在加盐之前用适量分散剂进行处理,造浆率显著提高。这是因为在遇到盐侵之前,粘土已经进行了充分的水化分散,形成了相对稳定的双电层,性能稳定,造浆率高。当补盐后,双电层受到一定的压缩,此时膨润土仍表现出一定的水化性能,从而能有效地起到提高粘度、切力和降滤失的作用。此外,双电层之所以被压缩,是因为当补盐后,随着电解质的加入,特别是离子价数的升高,此时将有更多的反离子进入吸附层,结果扩散层的离子数目下降,这就导致双电层厚度下降,电动电位随之下降,

即电解质压缩双电层的作用,如图 2 所示。但由于粘土的预水化过程,电解质对双电层的压缩量是有限的,补盐后,粘土依然保留了大部分的水化能力,因此泥浆性能较优良。

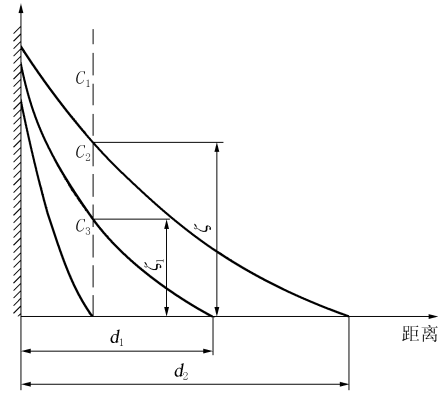


图 2 电解质浓度对电位的影响

3 室内试验

3.1 预水化与未预水化钻井液性能对比

盐水钻井液可分为 3 种类型,即一般盐水钻井液(含盐量为 1% 直至饱和);饱和盐水钻井液;海水钻井液。本次实验选取 3 组配方,配方一是膨润土基浆,配方二及配方三是在现场应用过的比较成熟的盐水钻井液配方。分别测量 3 种不同盐水钻井液中采用 2 种不同配浆方式配制的钻井液的常规性能。具体实验数据见表 1~3。

配方一:6.4% 膨润土(API 标准)。

配方二:4% 膨润土 + 1% 抗盐共聚物。

配方三:4% 膨润土 + 1.5% CMS。

表 1 配方一对比试验分析

配浆用水	配制方法	G10°/10°/(Pa/Pa)	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API 失水量/mL	泥皮厚度/mm	pH 值
4% 盐水	未水化	0/0	1.5	1.5	0	98	7	7
	预水化	1.5/2	3.5	3	0.5	73	3	7
饱和盐水	未水化	0/0	8	3		全失	5	7
	预水化	4/4.5	25	5	3	87.5	4	7
海水	未水化	0/0	1.5	1	0.5	297	6	7
	预水化	1.5/2	3.5	3	0.5	90	3	7

注:(1)实验条件为室温 10℃;(2)预水化时间为 4 h,未预水化的陈化时间为 4 h。

表 2 配方二对比试验分析

配浆用水	配制方法	G10°/10°/(Pa/Pa)	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API 失水量/mL	泥皮厚度/mm	pH 值
4% 盐水	未水化	1.5/1	10.7	7.5	3.3	10	0.3	7
	预水化	4/6	15	10	5	9	0.25	7
饱和盐水	未水化	0.5/0.5	9	8	1	25	0.4	6
	预水化	5/11	25.5	18	4.5	6.4	0.3	6
海水	未水化	0.8/1	9	8	1	12	0.3	7
	预水化	3/6	16	11	5	9	0.25	7

注:(1)实验条件为室温 10℃;(2)预水化时间为 4 h,未预水化的陈化时间为 4 h。

表 3 配方三对比试验分析

配浆用水	配制方法	G10"/10'/(Pa/Pa)	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API 失水量/mL	泥皮厚度/mm	pH 值
4% 盐水	未水化	0/0	1.7	1.5	0.3	54.4	0.2	7
	预水化	2/2.2	7.5	5	2.5	8.4	2	7
饱和盐水	未水化	0/0.5	4	4	0	60	1	6
	预水化	1/3	9	7	2	7	0.5	6
海水	未水化	0/0	2	2	0	104	0.2	7
	预水化	2/2.5	7.5	4.8	2.5	19	4	7

注:(1)实验条件为室温 10℃;(2)预水化时间为 4 h,未预水化的陈化时间为 4 h。

从表 1~3 的实验结果可以看出,预水化后泥浆的表观粘度和塑性粘度均明显增大,失水量减小,各项常规性能指标均强于未预水化的泥浆。

图 3 为配方三在饱和盐水中 2 种配浆方式形成的泥饼,从图中可以看出预水化泥浆形成的泥饼(图 3a)薄而致密,未预水化泥浆形成的泥饼(图 3b)厚而疏松。

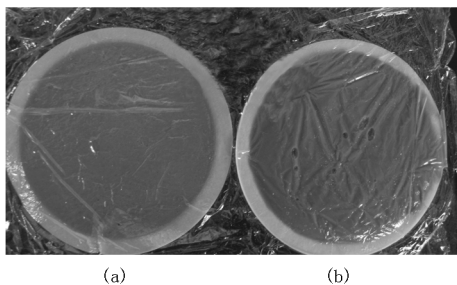


图 3 泥皮质量对比分析

### 3.2 预水化时间长短对钻井液性能的影响

分别在 1、2、3、4、5、6、16 h 等预水化时间段后进行钻井液性能的测定,并将表观粘度、塑形粘度、API 失水 3 个指标的变化趋势绘制成图。

#### 3.2.1 表观粘度变化趋势分析

钻井液的表观粘度随预水化时间增长的变化趋势见图 4、图 5。可以看出,钻井液的表观粘度在未预水化的情况下较低,预水化后表观粘度产生突变性增大,随预水化时间增长,表观粘度先增大后趋于稳定,实验数据显示,盐水泥浆在预水化 4 h 以上,才会表现出相对稳定的表观粘度。

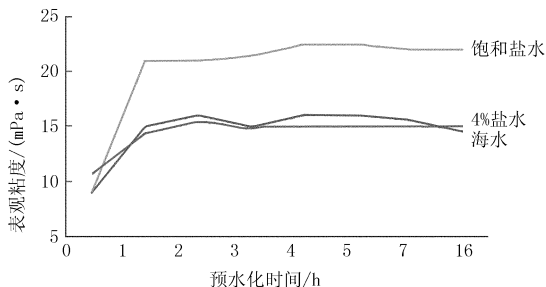


图 4 配方二表现粘度变化趋势

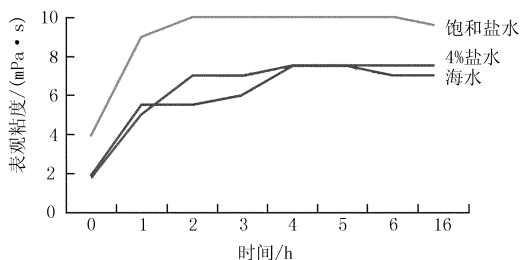


图 5 配方三表现粘度变化趋势

#### 3.2.2 塑性粘度变化趋势分析

钻井液的塑性粘度随预水化时间增长的变化趋势见图 6、图 7。可以看出,钻井液的塑性粘度在未预水化的情况下较低,预水化仅 1 h 后塑性粘度显著增大,在预水化 4~5 h 后趋于稳定,因此,盐水钻井液的预水化时间应该在 4 h 以上,此时间段泥浆性能趋于稳定,后增大趋势变缓。

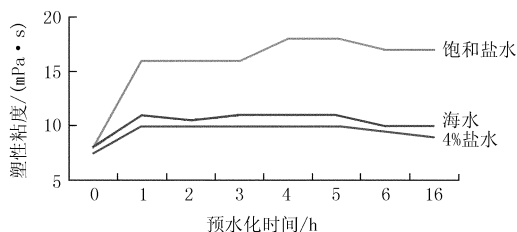


图 6 配方二塑性粘度变化趋势

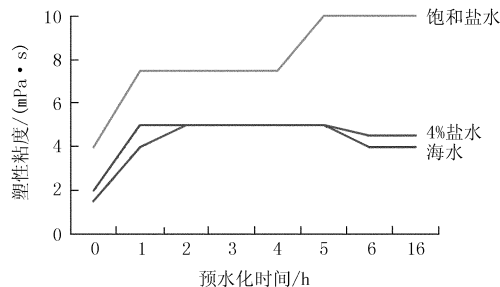


图 7 配方三塑性粘度变化趋势

#### 3.2.3 API 滤失变化趋势

钻井液的 API 失水随预水化时间增长的变化趋势见图 8、图 9。可以看出,钻井液未预水化时表现出较高的 API 滤失量,例如配方三海水泥浆的滤失量达到了 104 mL,预水化后减小到 19 mL,预水化过

程后,滤失量减小了近 60 mL,预水化对滤失控制起了关键的作用。且盐水泥浆预水化 5 h 后显示出较为理想和稳定的滤失量。

#### 4 现场应用

2008 年 5 月在柴达木盆地西部千米科学深钻项目施工中使用了饱和盐水钻井液,配浆用水取自本地一钾肥公司的卤水沟(成分较复杂,密度达到

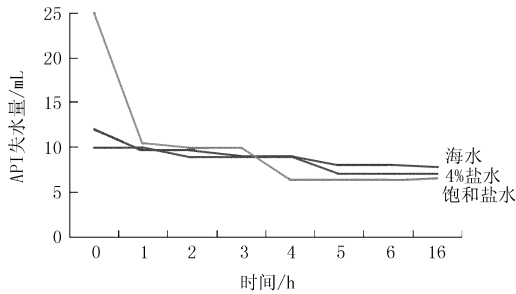


图 8 配方二 API 失水变化趋势

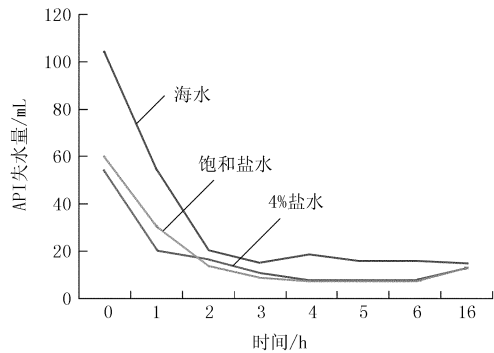


图 9 配方三 API 失水变化趋势

1.27 kg/L,除了含有钠、钾离子以外还含有钙、镁等高价阳离子),泥浆体系使用的是膨润土 + 抗盐共聚物体系,为了向现场人员解释预水化的好处,在现场做了预水化与未预水化的对比实验,具体情况如下。

钻井液配方:5%土 + 1%抗盐共聚物。

钻井液性能见表 4。

表 4 钻井液性能对比

配制方法	G10"/10'(Pa/Pa)	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API 失水量/ml	泥皮质量/mm	漏斗粘度/s	备注
未水化	1/2	1.7	1.5	0.3	20	1	21	4% 盐水
预水化	2/3	8	5	2.5	8	0.3	38	

注:预水化时加的盐取自钾肥公司的盐滩,是由卤水风干结晶后形成的。

从表 4 中数据可以看出,预水化后的钻井液性能明显强于未预水化的泥浆,所以在之后的配浆过程中我们一般都先把土和处理剂用 50 ~ 100 L 的淡水泡上一段时间后再补充卤水和相应的盐搅拌(当地淡水资源缺乏,全部使用淡水配浆成本较高),这样既能提高泥浆总体性能,又能大大节约泥浆材料。

#### 5 结论

在配浆时,首先对膨润土进行预水化,可以使其充分分散,补盐后,不易聚结,表现出更好的粘度和滤失特性。且试验表明,盐水泥浆在预水化 4 ~ 5 h

后,性能趋向稳定,继续增加预水化的时间,性能基本保持不变。

#### 参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学原理[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2006.
- [2] 赵岩,仲玉芳,王卫民,等. S/D-2 井欠饱和盐水钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):41-43.
- [3] 刘崇建,黄柏宗,等. 油气注水水泥理论与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
- [4] 编写组. 钻井手册(甲方)[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [5] 王勇军,赵长亮,郑宇轩,等. 牛热四井膏泥岩钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):33-34.

## 全国重点城市浅层地热能调查评价交流会顺利召开

中国地质调查局网站消息(2012-01-04) 为了确保各省浅层地热能调查评价项目的顺利实施,全国重点城市浅层地热能调查评价项目 2011 年度进展汇报及经验交流会于 2011 年 12 月 27 日在北京举行。

会议上,各承担单位汇报了项目实施一年来的工作进展情况,并针对项目中出现的问题及解决办法进行了热烈的讨论,同时各项目承担单位也对下一步的工作计划做了详细的安排,明确了 2012 年的工作任务。

通过本次交流会,各参会单位对项目的实施要求更加明确,为进一步完善工作,制定详细工作计划,确保每个省会城

市浅层地热能调查评价工作顺利实施,如期完成奠定了良好的基础。

地热资源是宝贵的可再生资源,地热资源的开发利用对于促进节能减排、构建和谐社会具有重要的意义。国土资源部高度重视地热资源的开发利用工作,为促进浅层地热资源的开发利用,2011 年度启动了重点城市浅层地热能调查评价项目,并通过面向社会公开优选确定了相关承担单位。

来自全国 29 个开展省会城市浅层地热能项目的工作单位共 60 人参加了此次会议。