

在钻井作业中钻头类型和 钻井液类型所起的作用

E.K.Morton, W.R.Clements
NL Baroid/NL Industries Inc.

解浚昌 译
王希晋 校

摘 要

任何钻井作业的效率都直接与井眼的稳定和优选的钻井参数有关,井眼的稳定直接与所用的钻井液有关,而机械钻速虽然直接与地层强度有关,但也受钻井液的影响。

从世界上的许多钻井工作地区可看出,新型钻井液体系是随同新型钻头一道出现的,现已开始研究这二者在实现提高钻速方面的相同点。最感兴趣的是已经用的PDC钻头和使用油基泥浆,特别是海洋钻井用的低毒性油基泥浆。油基泥浆钻井液能防止由于使用水基泥浆可能发生的许多井眼不稳定问题。由于使用了油基泥浆和PDC钻头已经实现了大幅度地节约钻井成本。

引 言

在模拟现场条件的实验室里和通过现场试验对提高钻速和改善井眼稳定做了一些工作。对各种不同的水基泥浆和油基泥浆体系各种类型的钻头及水力参数匹配做了试验,目的是选出一种钻井液和确定最好的钻头类型,以达到最优的钻井条件。选出的钻井液应能起到稳定井眼的作用,同时又不妨碍钻速。固相含量高或用油作连续相的钻井液一般会影响钻速。而且,如果钻井液致使地层分散,使钻头的清洗不当,势必会降低钻速。这种现场试验的目的在于确定泥浆类型和钻头类型对钻井和全井成本的影响。

研 究 历 史

一些研究者用微型钻头试验架和全尺寸井筒模拟装置所做的工作表明,钻井液和钻头类型的选择肯定对钻速有影响。钻井液对钻速最有影响的因素是:

1. 固相含量^[1,2]
2. 失水^[1,2]
3. 粘度^[1,2]
4. 液体的抑制性能^[1]

钻头类型对钻速最有影响的因素是:

1. 钻头种类^[1,2,3]
2. 水力因素^[2,3]
3. 钻压和转速^[1]
4. 钻井液^[1,2,3]

低钻屑含量的钻井液和用较高比重加重材料加重的总固相含量较低的泥浆对改善钻井作业提供了条件^[1]。低粘度钻井液在钻柱中的压力损耗较低,从而在钻头上获得了更多的压力降。如果钻井液的胶质成分降低到最小,钻速也受钻井液粘度的影响。在实验室和现场已经注意到了这种较高的钻速,使用“滤失量放宽”的油基泥浆更是如此。整个钻井过程直接关系到井眼稳定,而抑制性钻井液将提供较好的钻井条件,如减少由于卡钻、井眼坍塌和地层分散损失的时间。

使用的钻头类型取决于所钻地层的类型。现在使用的钻头分级有助于对特定地层确定出最好的钻头类型^[4]。对于绝大多数最优钻井作业来说,现场经验对选用合适的钻头类型是最好的指南。水力因素在钻井作业的特性上起主要作用,而很多研究者已经报道了水力参数与推荐的钻压、转速一起适当匹配的方法。

资 料 背 景

本文的研究资料取自在远东同一油田所钻井的钻井液扼要概述。虽然在研究中大约分析了30口井,但不是全部加以介绍,只介绍在同一个平台上使用水基和油基泥浆的那些井眼。连同在钻井研究中取得的数据一起分钻井液体系作了比较,以确定其对整个钻井作业的影响。在这些井上使用了多种类型的钻头,包括软地层铣齿钻头和PDC钻头。对每只下井钻头的水力参数作了计算,钻头水力参数是钻头尺寸、喷嘴数、排量和泥浆性能的函数。喷嘴压降用下式计算:

$$P/L = \frac{\rho \times \text{BPM}^2}{6.16 \times A_n^2} \quad (1)$$

钻头比水马力(水马力/英寸²)用下式计算:

$$\text{HSI} = \frac{\text{BPM} \times P/L}{d^2 \times 31.3} \quad (2)$$

泥 浆 体 系

两种类型的钻井液用于这些井的钻井中。一种是用含盐量 Cl^- 为10000—15000ppm的褐煤/磺化木质素体系。用改性褐煤控制泥浆失水,加入预水化壤土来控制粘度。表1刊出了用于1号井和2号井水基泥浆的性能。随着低毒性油基泥浆的出现,这些泥浆取代了以前使用的水基泥浆。表2刊出了在3号井和4号井上使用的泥浆性能。油基泥浆的失水用油分散褐煤来维护,用有机壤土提供粘度和悬浮。在同一油田的第二个平台上,以三口井进行比较。一口井用褐煤/磺化木质素泥浆体系,这种体系与表1中所刊的泥浆性能相似,另外两口井使用低毒性油基泥浆。在表3(5—7号井)中列出了这些泥浆体系的性能。

提要及结果

将对图1—7列出的每口井进行讨论,重点讨论与提高钻速和改善井眼稳定相关的一些参数。主要是讨论表层套管以下的井段,井眼全部为斜井,其井深为测量井深(斜井深)。所讨论的参数有钻速、钻每一井段耗用的钻头数和钻井天数、钻头比水马力、钻压/转速、井眼稳定问题以及所用的钻头类型。

1 号 井

下入 $13\frac{3}{8}$ 英寸表层套管后,使用水基泥浆。钻 $12\frac{1}{4}$ 英寸井段用了9天时间,钻井比较安全仅有轻微遇阻和电测仪下井底时有些困难。井眼中有些井段严重冲蚀和形成一些砂桥。最大井斜角54度,共用了10只钻头,纯钻进147.5小时,平均机械钻速为25.5英尺/小时,比水马力一般超过6水马力/英寸²。 $8\frac{1}{2}$ 英寸井段钻至总井深,用了9只钻头,纯钻进117.5小时,这个井段平均机械钻速为12.7英尺/小时,钻此井段时未发生井眼问题。此外钻头比水马力大于6水马力/英寸²。

2 号 井

在同一平台的另一口井上,用同一类型泥浆体系。在 $12\frac{1}{4}$ 英寸井段放宽了失水控制,发生了严重冲蚀和卡钻。这个井段用了10天时间,纯钻进105小时,用了8只钻头。钻头比水马力在6左右。 $8\frac{1}{2}$ 英寸井段钻达总井深,用了10只钻头,9天时间,纯钻速94小时,平均机械钻速为19.2英尺/小时。另外钻头比水马力大于6,在这个井段没有发生井眼问题。

3 号 井 和 4 号 井

3号井4号井和上述2口用水基泥浆的井一样也是在同一平台上钻的井。这是最早用低毒性油基泥浆钻的两口井。从图3、图4看,在 $13\frac{3}{8}$ 英寸表层套管下面仅用了一种井眼尺寸。用这种方法,节省了可观的钻井时间和套管费用。3号井用的天数和钻头较多,用掉了更多的铣齿钻头。3号井总共用了16只钻头,28天和416.5小时纯钻进时间,平均机械钻速为16.4英尺/时。固井后开始钻进,钻至套管鞋下100英尺发生卡钻,解卡未成功。侧钻后继续钻进,一直钻完全部井深。油基泥浆对井眼的冲蚀出乎意外的高;除发生几次接单根遇阻外,井眼问题不多。在4号井用的泥浆与3井用的相同。3号井剩下的泥浆用在4号井,这样降低的泥浆费用从这口井可以看出。与3号井相比,整个钻井作业有了很大的改进,3号井井斜是60度而4号井的井斜是46度;4号井用了5只钻头,137小时纯钻进时间钻达完钻井深。与3号井不同,在 $13\frac{3}{8}$ 英寸表层套管以下用了较小尺寸的钻头钻完全井。由于这种实践的结果,整个井的成本降低幅度很大。在3号井比水马力一般小于6,而在4号井大于6。使用油基泥浆通过喷嘴的压力降比用水基泥浆时的低。

5 号 井

在同一个海上油田的另一个平台上,分析了一口用褐煤/磺化木质素泥浆体系钻成的井。 $12\frac{1}{4}$ 英寸井眼钻进问题很少,卡钻时间很短就解除了,虽然在起下钻中发生了些遇阻现

象,但一直钻到完钻井深没有发生更复杂的问题。钻这一井段用了9只钻头,纯钻进128.5小时和11天的时间。在这一段比水马力大于5水马力/英寸²。下技术套管之后,钻8 1/2英寸井段用了4天^①,纯钻进时间87.5小时。这口井井斜38度,在全部井深内井眼仅有些缩径,需要循环起出钻具,这是这个井段遇及的仅有故障。钻头比水马力对铣齿钻头一般大于6而PDC钻头小于6。

6 号 井

在这口井上用了以前所说的油基泥浆,用一种尺寸的钻头钻完全部井深。这一段井眼用了7只钻头,纯钻进132小时,这个井段钻了11天未发生事故。在测量时发生过短暂卡钻,但很快就解除了,没有遇到更多的问题。PDC钻头设计的比水马力小于5,这口井的井斜是40度。

7 号 井

在5号井、6号井的同一个平台上分析了最后一口井。这口井使用的是低毒性油基泥浆。钻这个井段用了14天,同6号井一样仅用一种尺寸的钻头钻完全部井深。这口井遇到些井眼问题,即打捞受卡钻具,处理卡钻约损失了一天的时间。洗井后钻完全部井深,在一次起钻中有一些遇阻,改变了钻具组合后再没有发生任何问题。钻这个井段用了6只钻头,160小时,PDC钻头设计的比水马力小于2。

钻压/转速关系

钻压和转速关系对每一种钻头在每一种泥浆类型中的情况将不分别予以描述。分析钻头记录表明对铣齿钻头的钻压范围为30,000—55,000磅,转速范围为70—130转/分;而PDC钻头的钻压范围为10,000—35,000磅,转速范围为100—150转/分。钻压/转速与钻速的关系在此不作介绍。

结 论

在本文中叙述的七口井的分析指出,突出的几个特点就是,泥浆体系和钻头选择对每口井有直接关系。与使用低毒性油基泥浆的井相比,使用水基泥浆的井的稳定情况还算好。使用水基泥浆的井要用更多的钻井天数,但这些井一般使用铣齿软地层钻头。用油基泥浆钻井的天数较少,虽然发生了些井眼稳定问题,但没有发生重大问题。用油基泥浆的这些井一般用PDC钻头,而特别感兴趣的是这些使用油基泥浆的井能以一种井眼尺寸钻完全井。

在整个钻速特性中对比每口井的泥浆性能不象是一个决定因素。所有井眼的各分析井段所用的泥浆密度都是相同的,失水性能似乎也不影响钻速。油基泥浆的高温滤失量比水基泥浆低,比“放宽滤失”的油基泥浆的滤失量也低。油基泥浆的粘度常常高于水基泥浆,油基泥浆的塑性粘度和屈服值也大大高于水基泥浆。然而,粘度较高的油基泥浆对钻速好象没有

^① 原文为4 days and 7 days,从图5中看出应为4天。——译注

影响,也不影响泵的循环,而泵压能维持在一个容易控制的水平上。油基泥浆的固相含量虽然比水基泥浆有点高,但似乎不影响钻速。

提高钻速最重要的因素是选择钻头类型。总的看来,PDC钻头的钻速最快,工作寿命长,更换钻头的起下钻次数少,从而节省了一笔相当大的费用。在5号井,PDC钻头用水基泥浆中的平均机械钻速与用油基泥浆的六号井是相近的。数据分析并不能说明泥浆体系的选择比钻头选择对钻速具有更大影响。

总之,使用油基泥浆可取得较好的井眼稳定,能允许少下一层套管,允许用一个尺寸的井眼成功地钻完全部井深。水力对钻速的影响不太明显,铣齿钻头的比水马力一般大于6,而PDC钻头则低于5。钻压/转速关系对每一个钻头工作保持一个常数,因而在钻井作业中不做考虑的因素。

符 号 说 明

- A_n 水眼面积, 英寸²
BPM 排量, 桶/分
 d 钻头直径, 英寸
FT/HR 机械钻速, 英尺/小时
HSI 钻头比水马力, 水马力/英寸²
M.T. 铣齿钻头
 ρ 泥浆密度, 磅/加仑
P/L 钻头压降, 磅/英寸²
ROP 机械钻速, 英尺/小时
T.F.A. 流道总面积, 英寸²

参 考 文 献

1. J. Paul Rupert, Carlos W. Pardo and Steven R. Blattel: "The Effects of Weight Material Type and Mud Formulation on Penetration Rate Using Invert Oil Systems," paper SPE 10102 presented at SPE 56th Annual Meeting, San Antonio, October 5-7, 1981.
2. C. A. Chestham, J. J. Nahm and N. D. Heitkamp: "Effects of Selected Mud Properties on rate of Penetration in Full-Scale Shale Drilling Simulations," paper SPE 13465 presented at SPE/IADC 1985 Drilling Conference, New Orleans, March 6-8, 1985.
3. J. L. Holster and R. J. Kipp: "Effect of Bit Hydraulic Horsepower on the Drilling Rate of a Polycrystalline Diamond Bit," paper SPE 11949 presented at SPE 58th Annual Meeting, San Francisco, October 5-8, 1983.
4. World Oil's 1985 Drill Bit Classifier, World Oil, September, 1985.

表 1

	1 号井	2 号井
泥浆类型	水 基	水 基
粘度, 秒	40—50	40—50
塑性粘度, 厘泊	10—20	10—20
屈服值, 磅/100英尺 ²	10—15	15—25
API 失水, CM ³ /30分钟	3—9	5—8
高温高压失水, CM ³ /30分钟	20—30	12—20
固相, %(体积)	10—20	10—20

表 2

	3 号井	4 号井
泥浆类型	油 基	油 基
粘度, 秒	60—85	65—80
塑性粘度, 厘泊	30—50	25—40
屈服值, 磅/100 英尺 ²	25—40	20—35
API 失水, CM ³ /30分钟	0—3	0
高温高压失水, CM ³ /30分钟	5—15	4—10
固相, 体积百分比%	10—25	13—20
油水比值, 油/水	80/20	80/20

表 3

	5 号井	6 号井	7 号井
泥浆类型	水 基	油 基	油 基
粘度, 秒	40—45	55—65	60—80
塑性粘度, 厘泊	10—13	25—35	30—75
屈服值, 磅/100英尺 ²	10—18	20—30	25—40
API 失水, CM ³ /30分钟	5—9	0	0
高温高压失水, CM ³ /30 分钟	11—19	10—17	7—12
固相, 体积百分比%	8—13	10—18	10—22
油水比值, 油/水		80/20	77/23

泥浆类型: 褐煤/磺化木质素
井号 1 起始井深 5091英尺

日期	钻头类型	钻头尺寸	起钻井深 英尺	纯钻进 小时	水 眼 总面积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头压降	比水马力
2/5	M.T.	12.25	5102	4	OPEN	9.7	11.4	11	2.75	0	0.00
2/7	1-1-4	12.25	5728	19	.389	9.8	14.2	626	32.95	2120	6.41
2/8	1-1-4	12.25	6362	14	.331	9.8	12.8	634	45.29	2379	6.48
2/9	1-1-4	12.25	6627	9	.331	10	12.2	265	29.44	2205	5.73
2/10	1-1-4	12.25	6894	10.5	.331	10	12.8	267	25.43	2428	6.62
2/11	M.T.	12.25	7123	13	.331	10.1	12.7	229	17.62	2414	6.53
2/12	M.T.	12.25	7590	21	.331	10.1	12.8	467	22.24	2452	6.68
2/14	1-1-4	12.25	8082	21.5	.331	10.1	12.4	492	22.88	0	0.00
2/15	1-1-4	12.25	8604	23	.331	10.2	12.4	522	22.70	2324	6.13
2/16	1-1-4	12.25	8852	12.5	.331	10	12.4	248	19.84	2278	6.01
2/20	1-1-4	8.5	8858	1	...	10.4	13.2	6	6.00	0	0.00
2/22	1-1-4	8.5	9085	12	.314	10.5	11.1	227	18.92	2130	10.46
2/22	1-3-5	8.5	9334	13	.231	10.5	8.5	249	19.15	2308	8.67
2/24	M.T.	8.5	9566	10	.231	11.6	8.5	232	23.20	2550	9.58
2/25	1-1-4	8.5	9808	18	.331	11.6	10.2	242	13.44	1788	8.07
2/26	1-1-4	8.5	10002	13.5	.331	11.4	10.2	194	14.37	1757	7.93
2/27	1-2-6	8.5	10311	21	.331	11.3	11.4	309	14.71	2176	10.97
2/28	1-3-6	8.5	10635	21.5	.331	11.3	11.1	324	15.07	2063	10.13
3/2	1 3-5	8.5	10725	7.5	.331	11.7	10.2	90	12.00	1804	8.14

图 1 1号井 钻井参数

泥浆类型: 褐煤/磺化木质素
井号 2 起始井深 5103英尺

日期	钻头类型	钻头尺寸	起出井深 英尺	纯钻进 小时	水 眼 总面积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻 头 压 降	比水马力
3/19	M.T.	12.25	5113	.5	OPEN	9.1	12.8	10	20.00	0	0.00
3/21	1-1-4	12.25	5941	17.5	.331	9.5	12.8	828	47.31	2306	6.28
3/22	1-1-4	12.25	6574	15	.331	9.5	13.6	633	42.20	2604	7.54
3/23	1-1-4	12.25	6857	8	.331	9.7	12.8	283	35.38	2355	6.42
3/24	1-1-4	12.25	6977	5	.331	9.9	12.8	120	24.00	2403	6.55
3/26	1-1-4	12.25	7572	22	.331	9.9	12.8	595	27.05	2403	6.55
3/27	1-1-4	12.25	8297	25	.331	9.9	12.8	725	29.00	2403	6.55
3/30	1-2-4	12.25	8639	12	.307	10	11.4	342	28.50	2238	5.43
4/4	1-2-6	8.5	8645	.5	...	10.2	11.9	6	12.00	0	0.00
4/5	1-1-4	8.5	9168	17.5	.246	11.3	8.2	523	29.89	2038	7.39
4/7	1-3-5	8.5	9242	8.5	.231	11.2	8.2	74	8.71	2291	8.31
4/8	1-3-5	8.5	9562	15	.231	11.5	8.2	320	21.33	2352	8.53
4/8	1-3-1	8.5	9742	9.5	.231	11.5	8.2	180	18.95	2352	8.53
4/9	1-1-4	8.5	9948	9.5	.231	11.5	8.2	206	21.68	2352	8.53
4/10	1-3-5	8.5	10181	10.5	.231	11.5	8.2	233	22.19	2352	8.53
4/10	1-3-5	8.5	10261	9	.231	11.5	8.2	80	8.89	2352	8.53
4/11	1-1-4	8.5	10374	9	.231	11.4	8.2	113	12.56	2332	8.46
4/12	5-1-7	8.5	10440	5	.231	11.5	8.2	66	13.20	2352	8.53

图 2 2号井 钻井参数

泥浆类型： 油基泥浆
井号 3 起始井深 5459英尺

日 期	钻头类型	钻头尺寸	起出井深 英 尺	纯钻进 小时	水眼总 面 积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头压降	比水马力
11/5	1-1-4	12.25	5571	6	.746	9.7	10.6	112	18.67	318	.72
11/6	1-1-4	12.25	5878	5.5	.355	9.7	10.6	307	55.82	1404	3.17
11/8	1-2-6	12.25	6370	14	.59	10.1	13.5	492	35.14	858	2.47
11/9	1-1-4	12.25	7006	17	.451	10.4	14.2	636	37.41	1674	5.06
11/10	PDC	12.25	7358	14.5	.597	10.4	9.2	352	24.28	401	.79
11/12	1-1-4	12.25	7764	15	.451	10.5	13.2	406	27.07	1460	4.10
11/14	PDC	12.25	8503	36	.578	10.6	14.8	739	20.53	1128	3.55
11/16	1-1-4	12.25	9064	25	.355	10.7	10.6	561	22.44	1549	3.50
11/17	1-1-4	12.25	9460	24.5	.355	10.7	10.6	396	16.16	1549	3.50
11/19	1-1-4	12.25	9955	25.5	.785	10.8	15.3	495	19.41	666	2.17
11/21	1-1-4	12.25	10412	19	.691	10.7	14.2	457	24.05	734	2.22
11/23	1-1-4	12.25	10859	31.5	.355	10.9	11.1	447	14.19	1730	4.09
11/24	1-1-4	12.25	11232	27	.355	10.9	12.3	373	13.81	2124	5.56
11/27	PDC	12.25	11475	31	.765	11.4	12.5	243	7.84	494	1.31
11/29	1-1-4	12.25	11749	22	.372	11.6	13.1	274	12.45	2335	6.51
12/3	PDC	12.25	12270	93	.765	11.5	13.5	521	5.60	581	1.67

图 3 3号井 钻井参数

泥浆类型：油基泥浆
井号 4 起始井深 4443英尺

日 期	钻 头 类 型	钻头 尺寸	起出井深 英 尺	纯钻进 小时	水眼总 面 积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头 压降	比水 马力
3/20	1-2-6	8.5	5065	16	.331	9.9	12.8	622	38.88	2403	13.60
3/23	PDC-ANP	8.5	8003	44	1.2	10.1	12.5	2938	66.77	178	.98
3/23	PDC-ONU	8.5	8484	9	.395	10.1	12.5	481	53.44	1642	9.08
3/27	PDC-ONU	8.5	9867	35	.395	12.2	10.6	1383	39.51	1426	6.69
3/29	PDC	8.5	10690	33	.46	12.2	12.1	823	24.94	1370	7.33

图 4 4号井 钻井参数

泥浆类型：褐煤/磺化木质素
井号5 起始井深 5292 英尺

日期	钻头类型	钻头 尺寸	起出井深 英尺	纯钻进 小时	水眼总 面积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头 压降	比水 马力
11/4	1-1-4	12.25	5492	7.5	.589	9.3	15.2	200	26.67	1005	3.25
11/4	PDC-AP	12.25	5732	16.5	.589	9.3	9.9	240	14.55	427	.90
11/6	1-2-6	12.25	6144	8.5	.323	9.6	11.7	412	48.47	2045	5.09
11/7	1-1-4	12.25	6829	20.5	.323	9.8	11.7	685	33.41	2087	5.20
11/8	1-1-4	12.25	7112	10.5	.323	9.9	11.7	283	26.95	2109	5.25
11/9	1-1-4	12.25	7515	11.5	.341	9.9	12.3	403	35.04	2091	5.48
11/10	1-1-4	12.25	8054	19	.341	9.9	12.3	539	28.37	2091	5.48
11/11	1-1-4	12.25	8680	21.5	.341	10	12.3	626	29.12	2112	5.53
11/12	1-1-4	12.25	9022	13	.355	10.2	12.3	342	26.31	1988	5.21
11/17	1-3-4	8.5	9032	.5	.231	10.2	8.8	10	20.00	2403	9.35
11/18	1-3-4	8.5	9239	9.5	.231	10.4	8.8	207	21.79	2450	9.53
11/19	PDC-ONU	8.5	10500	32	.411	10.4	8.8	1261	39.41	774	3.01
11/21	PDC-ONU	8.5	11850	46	.411	10.4	9.4	1350	29.35	883	3.67

图 5 5号井 钻井参数

泥浆类型：油基泥浆
井号6 起始井深 4260 英尺

日期	钻头类型	钻头 尺寸	起出井深 英尺	纯钻进 小时	水眼总 面积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头 压降	比水 马力
1/23	1-1-4	12.25	4770	2.5	.756	9.3	11.7	10	4.00	362	.90
1/24	1-1-4	12.25	5123	6.5	.355	8.9	12.9	353	54.31	1908	5.24
1/25	PDC-AP	12.25	7426	33	1.52	8.8	17.6	2303	69.79	192	.72
1/27	PDC-AP	12.25	8241	16.5	1.52	9.8	17	815	49.39	199	.72
1/28	PDC-ONU	12.25	8765	13.5	1.09	9.7	17	524	38.81	383	1.39
1/29	PDC-ONU	12.25	9946	30.5	.756	9.7	17.5	1181	38.72	844	3.14
2/1	PDC-ONU	12.25	10800	29.5	.58	10.1	16.4	854	28.95	1311	4.58

图 6 6号井 钻井参数

泥浆类型：油基泥浆
井号7 起始井深 4672英尺

日期	钻头类型	钻头 尺寸	起出井深 英 尺	纯钻进 小 时	水眼总 面 积	泥浆 比重	排量 桶/分	进尺 英尺	机械钻速 英尺/小时	钻头 压降	比水 马力
4/18	1-1-4	12.25	4998	6.5	.589	9.4	12.9	326	50.15	732	2.01
4/18	PDC-AP	12.25	6669	20	1.01	9.4	16.4	1671	83.55	402	1.40
4/21	1-2-6	12.25	7139	18.5	.589	9.4	18.7	470	25.41	1538	6.12
4/22	PDC	12.25	8239	26	1.11	9.5	18.7	1100	42.31	438	1.74
4/24	PDC-ONU	12.25	10375	74	.929	9.8	16.4	2136	28.86	496	1.73
4/28	PDC	12.25	10668	15.5	1.11	11.2	15.8	293	18.90	368	1.24

图 7 7号井 钻井参数