

准噶尔盆地中部地区钻头优选技术应用研究

李文飞¹, 陈明¹, 鄢小琳², 王光磊¹, 窦玉玲¹

(1. 胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东 东营 257017; 2. 中油长城钻探工程公司, 北京 100101)

摘要: 岩石可钻性是决定钻井效率的基本因素, 反映了钻进时岩石破碎的难易程度, 是合理选择钻进方式、钻头类型和设计钻进参数的依据。基于地层岩石可钻性的计算方法, 结合实钻井的测井资料分析, 建立了准噶尔盆地中部区块地层岩石可钻性剖面, 并以此为依据推荐了适用于不同地层的钻头类型, 现场应用结果表明, 所用钻头具有很好的适用性, 能够进一步提高准噶尔盆地中部地区的机械钻速, 对于该地区的后续钻井钻头类型的选择具有重要的指导意义。

关键词: 岩石可钻性; 钻头类型; 优选; 测井资料; 准噶尔盆地

中图分类号: TE921⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)06-0039-06

Application Research on Drilling Bit Optimization Technique in the Central Part of Junggar Basin/LI Wen-fei¹, CHEN Ming¹, YAN Xiao-lin², WANG Guang-lei¹, DOU Yu-ling¹ (1. Shengli Drilling Technology Research Institute, Dongying Shandong 257017, China; 2. Greatwall Drilling Engineering Company, Beijing 100101, China)

Abstract: Rock drillability is the key for drilling efficiency, which reflects the fragmentation, and is the base for drilling model, type of drilling bit and drilling parameters designing. According to the calculation method of rock drillability and the logging data, the profiling of rock drillability is built, based on which, different types of drilling bit are suggested. The application results show that these drilling bits can increase penetration rate in the central part of Junggar Basin with guiding significance to bit selection for subsequent drilling.

Key words: rock drillability; bit type; optimization of drilling bit; logging data; Junggar Basin

准噶尔盆地是中石化在西部的重要探区, 横向涉及区域广, 钻遇的地质条件复杂多样, 地质年代跨度大、各类岩性、物性俱全。钻遇地层自上而下依次为新生界第四系、第三系, 中生界白垩系、侏罗系, 以及古生界三叠系。主要储层为侏罗系三工河组及三叠系地层, 埋藏深, 分布不同的压力层系, 岩层压实程度高, 可钻性较低。针对准噶尔盆地中部区块地层的特点, 以测井资料为基础分析建立了地层岩石可钻性剖面, 为该区钻头类型的优选提供了依据, 对准噶尔盆地中部地区钻头类型的优化设计, 进一步提高机械钻速具有重要意义。

1 地层岩石可钻性计算方法

岩石的可钻性概念是在生产实践中形成的, 用以说明破岩工具和岩石特性之间的关系。目前岩石可钻性概念有以下几种提法: 一是在一定的技术条件下钻进岩石的难易程度; 二是钻井过程中岩石抗破碎强度的程度, 表征岩石破碎的难易程度; 三是岩石坚固性在钻孔方面的表现。

地层可钻性研究最初是通过室内微钻头实验进行的。随后通过“六·五”、“七·五”期间的大量实验结果与测井资料对照分析, 建立了地层可钻性级值与声波时差、岩石密度、泥质含量的多元非线性统计模式。通过测井资料建立的地层连续可钻性剖面的统计分析, 可以更好地评价某一段地层的可钻性特征。

利用测井资料来评价地层可钻性具有以下几个优点: 一是利用测井资料可获得连续的地层可钻性纵向剖面, 具有很好的连续性和针对性; 二是利用每口井的地层可钻性评价结果, 建立区域、井网可钻性的横向剖面, 具有很好的区域性和指导性。

实验研究表明, 声波时差与岩石可钻性有良好的相关性, 且声波时差又是常规的测井资料, 容易获取。因此, 国内外石油钻井界普遍采用声波时差测井资料来评价地层的可钻性。首先是建立声波时差与地层可钻性的相关关系。岩石声波时差与地层力学特性参数的关系, 如表达式(1)、(2)。

收稿日期: 2010-01-15

基金项目: 中石化西北油田“探评井身结构优化及钻井跟踪评价研究”项目资助(项目编号: GY2008-040)

作者简介: 李文飞(1978-), 男(汉族), 山东菏泽人, 胜利石油管理局钻井工艺研究院工程师, 油气井工程专业, 博士, 从事钻井工程设计研究工作, 山东省东营市东营区北一路 827 号, liwenfei@slof.com。

$$V_p = A \left[\frac{E_d(1 - \mu_d)}{\rho(1 + \mu_d)(1 - 2\mu_d)} \right]^B \quad (1)$$

$$\Delta t_p = C \left(\frac{1}{V_p} \right) \quad (2)$$

式中: V_p ——纵波速度, m/s; A 、 B 、 C ——经验系数; E_d ——弹性模量, MPa^{-1} ; μ_d ——岩石泊松比; ρ ——岩石密度, g/cm^3 ; Δt_p ——纵波声波时差, $\mu\text{s/m}$ 。

根据大量室内外实验及实测资料的研究结果, 可采用以下2种模型来描述岩石可钻性级值与声波时差的关系, 如表达式(3)、(4)。

$$K_d = a + b \ln \left(\frac{\Delta t}{100} \right) \quad (3)$$

$$K_d = a + b \exp \left(\frac{300}{\Delta t} \right) \quad (4)$$

式中: a 、 b ——经验系数。

对不同地区, a 、 b 的取值不同。一般地讲, 岩石可钻性级值 K_d 与声波时差 Δt 的正常对应关系为 K_d 小则 Δt 值大、 K_d 大则 Δt 值小。这样的 $K_d - \Delta t$ 数据是正常的成对关系, 有利于找出 $K_d - \Delta t$ 的正常关系。而不成对的 $K_d - \Delta t$ 数据是 K_d 小 Δt 值也小, 这种非正常的对应关系通常出现在砂岩和泥质砂岩层段, 不能选出来做回归分析用。胶结性好的砂岩, 如灰质砂岩、硅质砂岩等, 可钻性级值 K_d 与声波时差 Δt 是正常对应的, 即 K_d 大则 Δt 值小。基于以上方法的分析, 利用准噶尔盆地中部地区实钻井的测井资料建立地层岩石可钻性剖面, 可为钻头类型优选设计提供依据。

2 地层岩石可钻性剖面

通过对完井资料及测井资料的统计分析, 结合上述岩石可钻性与声波时差的关系模型, 建立了该地区的地层岩石可钻性剖面。

图1~7分别是准噶尔盆地中部地区4个区块部分井的地层岩石可钻性级值和岩石硬度数据图。根据建立的地层岩石可钻性剖面能够清楚的划分不同层位岩石的软硬程度, 对于了解该区块地层岩石硬度, 优选钻头具有重要价值。

从图1~3中可以看出, 准噶尔盆地中部1区岩石可钻性级值分布变化不大。4000 m以浅, 白垩系吐谷鲁群以上地层可钻性较好, 可钻性级值在1~4之间, 岩石硬度在500 MPa以下, 属软~中软地层; 侏罗系地层可钻性级值略有升高, 在4~5之间, 岩石硬度在400~1000 MPa之间, 属中软~中硬地层。整体上, 可钻性级值都在5以下, 可钻性较好, 可以

充分利用PDC钻头钻进, 提高机械钻速。

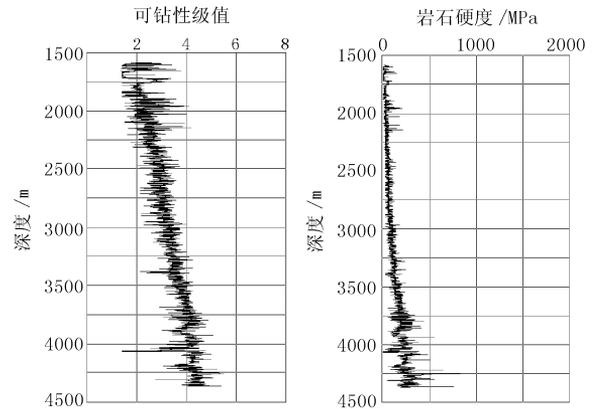


图1 庄5井地层岩石可钻性级值和岩石硬度

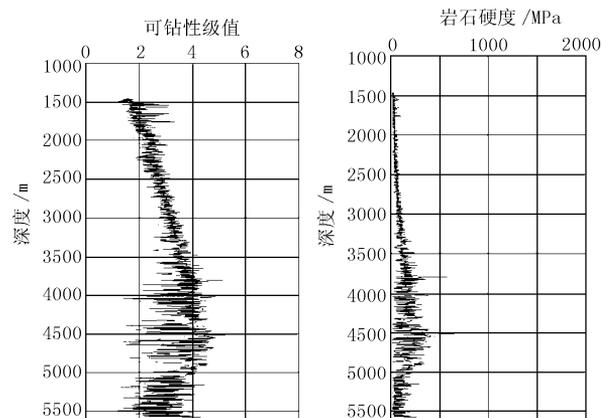


图2 沙1井地层岩石可钻性级值和岩石硬度

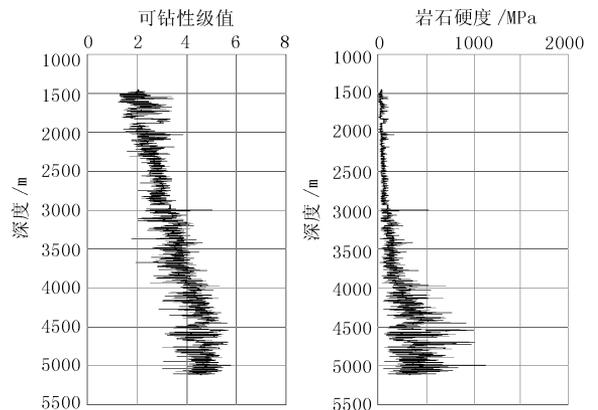


图3 征101井地层岩石可钻性级值和岩石硬度

从图4中可以看出, 准噶尔盆地中部2区成1井全井可钻性级值分布变化较大。3000 m以浅, 白垩系吐谷鲁群清水河组以上地层可钻性较好, 可钻性级值在2~4之间, 岩石硬度在500 MPa以下, 属软~中软地层; 清水河组以下至侏罗系地层可钻性级在4~6之间, 岩石硬度在400~1700 MPa之间, 属中软~中硬地层。

从图5、图6中可以看出, 准噶尔盆地中部3区可钻性级值分布变化较大。白垩系东沟组4000 m

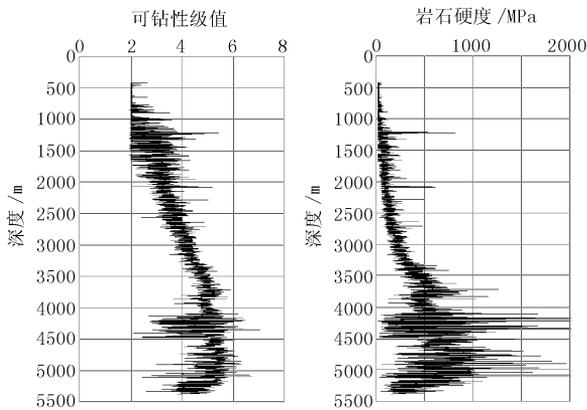


图 4 成 1 井地层岩石可钻性级值和岩石硬度

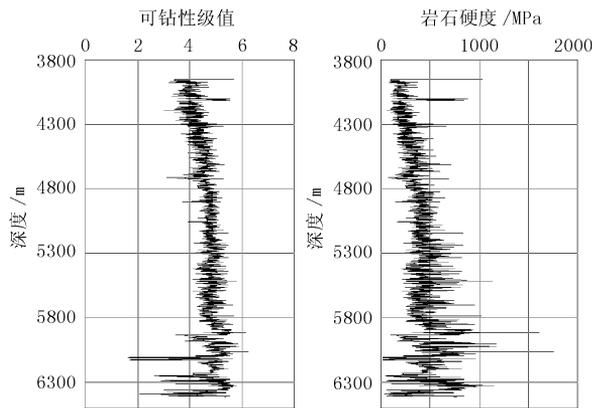


图 5 永 6 井地层可钻性级值和岩石硬度

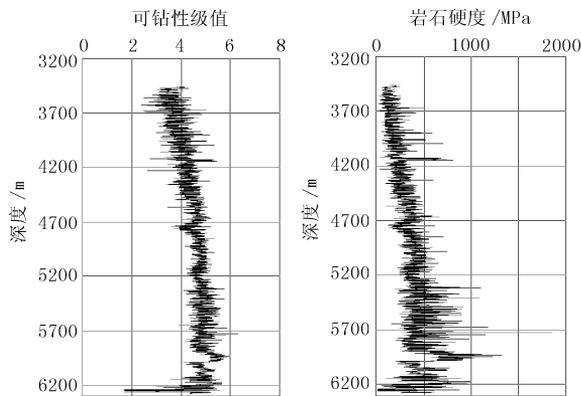


图 6 永 7 井地层可钻性级值和岩石硬度

钻头。

从图 7 中可以看出,准噶尔盆地中部 4 区岩石可钻性和岩石硬度分布变化,从各井的检测结果分析可以看出,中部 4 区地层可钻性与中部 3 区比较类似,3500 m 以浅,白垩系东沟组以上地层可钻性较好,可钻性级值在 2~4 之间,岩石硬度在 600 MPa 以下,属软~中软地层。东沟组以下白垩系地层可钻性级值在 4~6 之间,整体在 5 左右,岩石硬度在 500~1000 MPa 之间,属中软-中硬地层。侏罗系地层略有降低,可钻性级值在 3~4 左右,属中软地层。

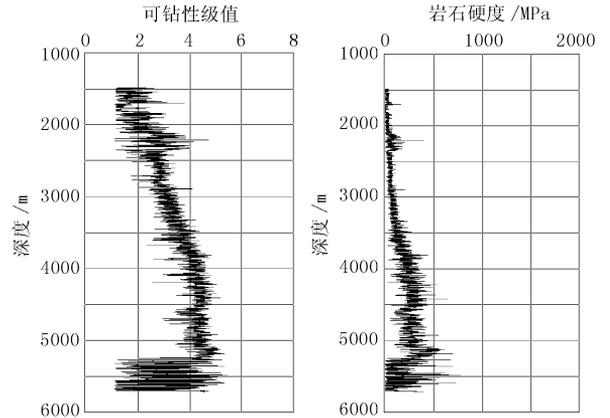


图 7 董 1 井地层可钻性级值和岩石硬度

3 钻头类型优选分析

明确了地层特点和地层岩石可钻性的变化规律,在进行钻头选择时可根据岩石可钻性级值选用合适的钻头类型,使钻头更适应地层,最大限度的发挥钻头的破岩能力,达到提高钻井速度的目的。表 1、表 2 分别为中部 1 区、2 区全层位经验钻头选型推荐表。

由于本区块不易井斜可适当放开钻压,但应防止钻具疲劳破坏,适当降低转盘转数。为满足携砂,尤其是在易形成虚泥饼的上部地层可采用大排量循环。1000 m 以后,保证泵压不低于 15 MPa,利用水力破岩原理,加快钻井速度。在 1280~2300 m 东沟组至吐谷鲁群中上部选用 HAT127 型号钻头,采用高转速,高泵压,对提高机械钻速会有明显效果。HJ537 钻头不适合深部地层,钻速较慢,HJ517 较适合。

一、二开使用塔式钻具;三开使用三扶正器稳斜钻具、单扶正器钟摆钻具和常规钻具,在吐谷鲁群组下部钻进时,尽量使用单扶钟摆钻具。

稳定器在本区块上部井段作用不可忽视。第三

以浅可钻性较好,可钻性级值在 2~4 之间,岩石硬度在 500 MPa 以下,属软~中软地层;东沟组以下至侏罗系地层可钻性级在 4~6 之间,岩石硬度在 400~1100 MPa 之间,属中软~中硬地层。区域内除新生界地层可钻性较好外,中生界的白垩系和侏罗系地层可钻性级值整体都在 5 左右。车莫古隆起构造地层岩性复杂,上第三系地层为砂泥岩互层,地层可钻性好,适用于牙轮钻头;下第三系地层到白垩系中部地层多为泥岩且岩性较软,白垩系中部以下地层特别是吐谷鲁群组井段地层研磨性大,适应于 PDC

表1 中部1区全层位经验钻头选型推荐表

地层与岩性				钻头尺寸/mm			
系	组	岩性	厚度/m	444.5	311.2 ~ 346.1	215.9 ~ 241.3	149.2
第四系		砂泥岩	80	P2 GA114			
第三系	砂泥岩	1740		HAT127 MS1952SS DA751AB FS2463			
白垩系	东沟组	砂泥岩	420				
	吐谷鲁群	砂泥岩	1900				
侏罗系	西山窑组	砂泥岩	34			FM2565 M1955SS	
	三工河组一段					MS1952SS	
	三工河组二段	砂泥岩	424			DS751AB	
	三工河组三段						
	八道湾组	砂泥岩	910				
三叠系	白碱滩组	砂泥岩	324				
	卡拉玛依组	砂泥岩	345				HA517G
	百口泉组	砂泥岩	226				M1365D
二叠系	上乌尔禾组	砂泥岩	210				

表2 中部2区全层位经验钻头选型推荐表

地层与岩性				钻头尺寸/mm		
系	组	岩性	厚度/m	444.5	311.2	215.9
第四系		砂泥岩	410	P2 MP2		
第三系		砂泥岩	1180			
白垩系	东沟组	砂泥岩	508		H126	
	胜金口+连木沁	砂泥岩	622		HAT127	
	呼图壁组	砂泥岩	687		FS2563	
侏罗系	清水河组	砂泥岩	570			
	头屯河组	砂泥岩	225			FS2565
	西山窑组	砂泥岩	318			HJ517L
	三工河组	砂泥岩	483			BD535
	八道湾组	砂泥岩	390			

系流沙层失水容易在井壁上形成厚泥饼,第四系上部的泥岩层易吸水膨胀造成缩径。稳定器可以修正钻头刚钻过的井眼,使井眼规则。白垩系底部到井底,地层致密,属中硬地层,井壁较稳定,下部井段可考虑甩掉稳定器,简化钻具组合。

根据中部3、4区地层可钻性分析,结合钻头资料统计分析结果,采用经验钻头推荐法,提出适应于中部3、4区全层位钻头选型方案(见表3)。选型原则:

(1)上下第三系地层适于钢齿牙轮钻头,宜选用MP2钻头,一般进尺1000余米,且机械钻速较其它钻头高,平均机械钻速15 m/h左右;

(2)中上部塔西河和沙湾组地层井段(5500 m之前)可以选用国产M1952、DS751、SP526L、FM2565等钻头;

(3)深部井段(5500 m之后)研磨性大,普通

PDC钻头机械钻速低,可以选用进口瑞德DSX94、DSX168钻头,提高钻头进尺和行程钻速;

(4)四开小井眼井段M1365SS、DM565等型号PDC钻头的进尺比牙轮钻头高,减少了起下钻时间,性价比较高。使用PDC钻头应尽量避免含粗砾砂岩井段,在中深部地层可根据实际情况合理使用螺杆动力钻具,可钻性级数变化较大地层,应选择混合布齿并具有抗回旋设计的PDC钻头。

4 现场应用分析

根据以上建立的地层岩石可钻性剖面以及推荐的钻头类型,在准噶尔盆地中部地区钻井中进行了验证试验。试验结果见图8~13。

从图8中可以看出,中部1区 $\varnothing 311.2 \sim 346.1$ mm钻头进尺前十位的有MS1952SS、DS751AB、HAT127、HJ517L等钻头,其中牙轮钻头占多数,有8

表 3 中部 3、4 区全层位经验钻头选型推荐表

地层与岩性				钻头尺寸/mm			
系	组	岩性	厚度/m	444.5	311.2	215.9	149.2
上第三系		砂泥岩	1200	MP2			
				GA114			
下第三系		砂泥岩	860	P2	FS2565		
					M1375		
白垩系	东沟组	砂泥岩	410		M1952SS		
	吐谷鲁群	砂泥岩	1564		DS751AB		
侏罗系	头屯河组	砂泥岩	920			M1375	
	西山窑组	砂泥岩	406			M1952SS	
	三工河组	砂泥岩	350			DSX94	
	八道湾组	砂泥岩	530			DSx168	M1365SS
						DS751	HA517G

只,PDC 钻头 2 只,排在前 2 位,进尺最高的是 MS1952SS 钻头,单只进尺 1770.54 m,机械钻速 7.99 m/h,前十位钻头进尺都在 1000 m 以上。

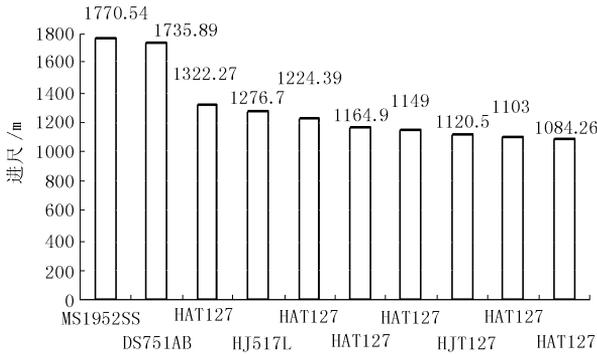


图 8 Ø311.2 ~ 346.1 mm 钻头进尺前十位对比

图 9 中机械钻速前十位的全部是牙轮钻头,且型号全部为 HAT127 钻头,机械钻速最高达到 64.78 m/h,钻进井段 110 ~ 811.75 m,进尺 701.75 m,在上部松软地层取得了较好的使用效果。

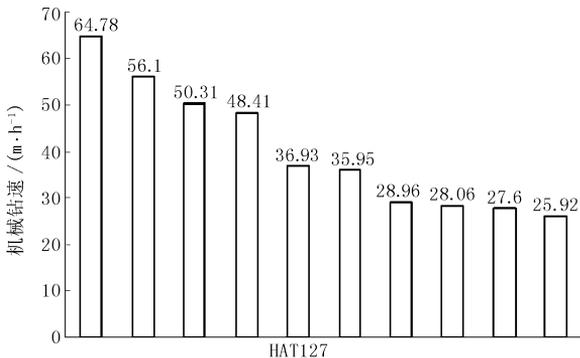


图 9 Ø311.2 ~ 346.1 mm 钻头机械钻速前十位对比

图 10 中纯钻时间前十位的钻头主要有 MS1952SS、FS2463、HJ517L、DS751AB、MP2 等型号的钻头,PDC 和牙轮钻头各占一半,纯钻时间最长的是 MS1952SS 钻头,达到 221.6 h。

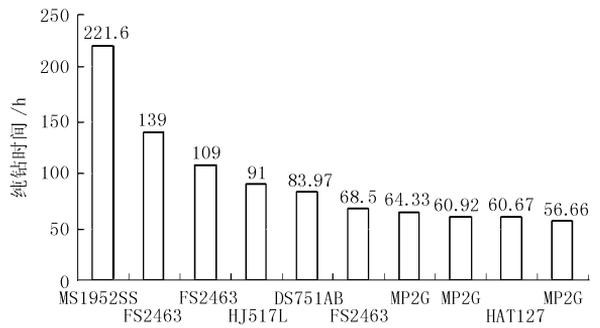


图 10 Ø311.2 ~ 346.1 mm 钻头纯钻时间前十位对比

从图 11 可以看出,Ø215.9 ~ 241.3 mm 钻头进尺前十位的钻头全部为 PDC 钻头,其中 9 只 FM2565,一只 HT2565,单只钻头进尺都在 1500 m 以上,单只钻头进尺最高达到 2079.5 m,取得了较好的使用效果。

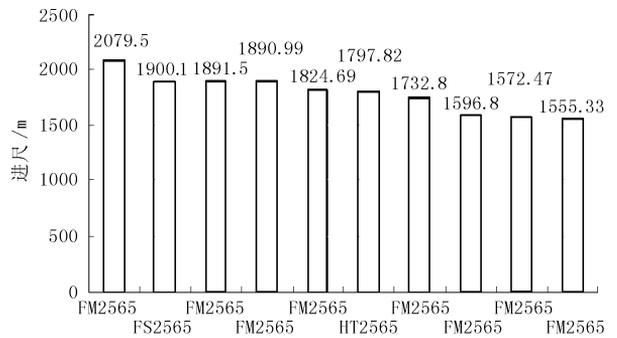


图 11 Ø215.9 ~ 241.3 mm 钻头进尺前十位对比

图 12 中机械钻速排在前十位的钻头主要有 M1955SS、MS1952SS、FS2565、FM2565 等型号的钻头,PDC 钻头 9 只,牙轮钻头 1 只,机械钻速最高的是 M1955SS 钻头,达到 18.78 m/h,钻进井段 2159.41 ~ 2910.69 m,进尺 751.28 m,纯钻时间 40 h。

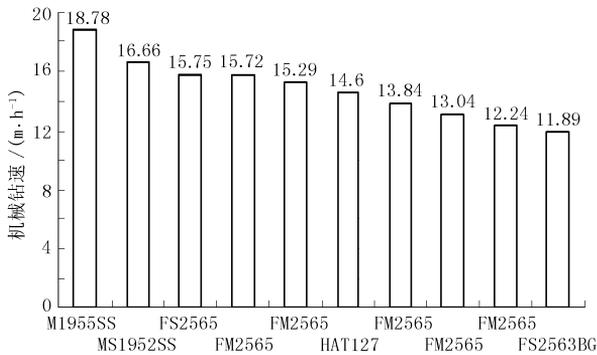


图12 $\varnothing 215.9 \sim 241.3$ mm 钻头机械钻速前十位对比

图13中纯钻时间排在前十位的全部为PDC钻头,主要有FM2565、DS751AB、F434等型号的钻头,其中FM2565占到7只,纯钻时间在164~284h之间,此型号钻头在进尺、机械钻速和纯钻时间上都占有明显优势,非常适合中部地区地层钻进,应该大力推广。

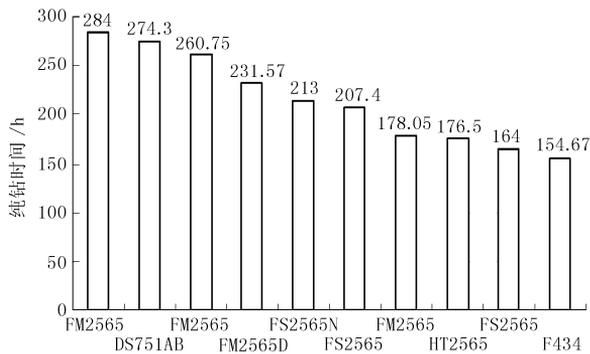


图13 $\varnothing 215.9 \sim 241.3$ mm 钻头纯钻时间前十位对比

5 结论与建议

(1) 根据岩石声波时差与地层力学特性参数的

关系模型及岩石可钻性级值与声波时差的关系模型,结合实钻井的测井资料分析,建立了准噶尔盆地中部地区地层岩石可钻性剖面。

(2) 根据地层岩石可钻性剖面,推荐了适用于准噶尔盆地中部地区各个地层的钻头类型,现场应用结果表明,采用所推荐钻头类型,能够进一步提高钻井速度。

(3) PDC钻头的选型对其使用效果影响很大,准噶尔腹部地区中上部地层可以使用国产大螺旋刀翼PDC钻头,可钻性差的深井段可利用进口高效PDC增加进尺,提高机械钻速。

(4) 探井取心太多,目前完钻井每口井都有取心,不利于发挥钻头效能,对钻井周期影响较大,如果已有资料满足要求,在后续钻井中建议少取心或不取心,提高钻头利用率,减少起下钻,缩短钻井周期。

(5) 准噶尔盆地腹部地区地质年代较新,地层可钻性好,除个别非均质地层和砾石含量较高地层外,适合PDC钻头推广应用。

参考文献:

- [1] 李忠慧,张春阳,楼一珊,等. 钻头优选新方法及其应用[J]. 天然气工业,2008,28(12):54-56.
- [2] 楼一珊,孙文铁,郭汉卿,等. 钻头优选方法在玉门青西油田的应用[J]. 断块油气田,2007,14(5):59-60.
- [3] 杨进,高德利,郑权方,等. 岩石声波时差与岩石可钻性的关系及其应用[J]. 钻采工艺,1998,21(2):1-3.
- [4] 邓理,李黔,高自力. 岩石可钻性评价方法研究新进展[J]. 钻采工艺,2007,30(6):27-29.
- [5] 楼一珊,陈恩强,张厚美. 钻头优选技术在塔里木牙哈地区的应用[J]. 西部探矿工程,1997,9(3):15-17.

拜城钾盐科探1井开钻 新疆库车盆地钾盐普查拉开序幕

国土资源网2010-06-03消息 日前,新疆库车盆地拜城县钾盐科探1井正式开钻,标志着库车盆地西部钾盐普查工作正式开始。

钾盐是我国重要的紧缺矿产之一,近年来,我国钾肥消费量快速增长,而钾肥进口价格逐年攀高,对中国农业提高粮食产量与增收产生了严重的制约作用。因此,在国内勘探开发更多钾盐资源,是保障我国钾肥供应与粮食生产安全的必由之路。

塔里木盆地是我国找钾的重要远景区之一。中国地质科学院矿产资源研究所在库拜盆地开展了大量的钾盐勘探研究工作,初步探测库拜盆地具有较好的钾盐成矿条件。钾盐科探1井是中央地质勘查基金管理中心设立的新疆库车盆地西部钾盐普查项目的风险勘探井,也是国家在西北地区

投资的第一口专门寻找钾盐的深钻井。由中国地质科学院矿产资源研究所承担,新疆地矿局第一水文工程地质大队钻探施工,设计井深2500m、取岩心500m,预计90天完工。

据介绍,项目组将在全面收集和综合分析库车盆地已有的古盐湖和成钾地质、物探资料的基础上,加强区内地质研究,开展大比例尺地质测量和水化学地质测量工作,结合石油钻井(岩屑)、地震剖面等资料,初步查明库车盆地成钾层位、有利成钾区和找钾构造部位。通过在库车盆地成钾远景区开展风险勘查,实施两个钻孔,将查明古新统一始新统含钾岩盐层中钾盐矿物种类、结构与分布规律;确定含钾层位、氯化钾品位与厚度;揭示库车盆地地下第三系蒸发岩完整剖面结构与岩石矿物组合;获得勘查区预测钾盐资源量;评价库车盆地第三系成钾远景潜力。