

旋冲钻井技术在十屋 30 井的应用

穆国臣¹, 张建龙², 刘建华²

(1. 中国石化东北油气分公司, 吉林 长春 130062; 2. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘要:长岭断陷深层地层岩石可钻性级值高, 机械钻速低, 钻井周期长, 严重影响油气勘探速度, 提高深部地层钻井速度已成为该地区亟待解决的问题。分析了旋冲钻井高效破岩原理, 介绍了十屋 30 井开展旋冲钻井提速情况, 为今后开展相关的研究及提速实验提供了借鉴。

关键词:火成岩; 旋冲钻井; 钻速; 松辽盆地

中图分类号: TE242.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2012)04-0024-03

Application of Rotary Percussion Drilling Technology in SW30 Well/MU Guo-chen¹, ZHANG Jian-long², LIU Jian-hua² (1. SINOPEC Northeast Oil and Gas Branch, Changchun Jilin 130062, China; 2. SINOPEC Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China)

Abstract: The high drillability grade, low penetration rate and long drilling cycle seriously affect the exploration speed in Changling deep fault depression. Analysis was made on the principle of efficient rock-breaking by rotary percussion drilling and the exploration speed improving situation.

Key words: igneous rock; rotary percussion drilling; drilling speed; SongLiao basin

长岭断陷深层泉头组、登娄库组、营城组地层岩性致密, 岩石硬度大、抗压强度高, 岩石研磨性强、可钻性差、可钻性级值高, 部分地层可钻性级值超过 10 级。钻井过程中主要面临机械钻速低、建井周期长、钻井成本高、勘探开发进度慢等技术“瓶颈”问题。针对泉头组以下地层提速提效问题, 我们在十屋 30 井试验了旋冲钻井技术, 并取得了较好的应用效果, 为开展提速钻井配套技术研究提供了帮助。

1 十屋 30 井概况

十屋 30 井是松辽盆地东南隆起区梨树断陷北部斜坡带上的三口预探井, 设计井深 3800 m。采用三级井身结构, 钻头程序为 $\varnothing 444.5 \text{ mm} \times 200 \text{ m} + \varnothing 311.2 \text{ mm} \times 2010 \text{ m} + \varnothing 215.9 \text{ mm} \times 3800 \text{ m}$ 。钻遇地层及岩性主要为砂岩、泥岩地层, 在营城组发育安山岩等火成岩, 深部地层随着压实及火山作用, 岩石可钻性级值高。营城组、沙河子组、火石岭组岩性非常致密、坚硬, 研磨性强, 机械钻速低, 可钻性级值高, 是本井提高机械钻速的难点和重点, 同时也是本井的主要目的层。提高机械钻速, 缩短钻井周期, 缩短油气层的浸泡时间, 对于保护油气层, 实现勘探目的, 意义十分重大。

2 旋冲钻井高效破岩原理

普通旋转钻井是通过旋转的方式剪切、磨蚀岩石, 在钻具的旋转下, 钻头处产生一横向的回转力, 当这一回转力超过岩石的强度时, 岩石产生破碎, 随着钻头的旋转, 钻头牙齿将破碎的地层剪切成岩石碎屑。转速越高, 回转力越大。用 PDC 钻头完成的旋转钻进、复合钻井、涡轮钻井均属于这类的钻井。

当岩石强度非常高时, 在理论上讲, 必须产生的回转力足够大, 且大大超过岩石的强度, 才能达到比较好的破碎效率, 但是如果岩石强度相当高, 单凭高转速产生的高回转力并不能提高岩石的破碎效率。当回转力超过钻头固有的抗扭转力而低于岩石抗压强度时, 钻头非但破碎不了岩石, 自己反而遭到破坏。这类破岩方式由于主要是通过横向的剪切、磨蚀作用破碎岩石, 在纵向上虽然也受到上部钻具压力作用, 使钻头吃入地层, 使用牙轮钻头钻进也能产生纵向冲击力, 但这一冲击力不足以破碎岩石硬度过高的地层, 其纵向岩石破碎作用相对来说比较小。

从机械破岩方式来看, 要提高长岭断陷地区岩石的破碎效率, 必须在岩石破碎过程中产生横向的回转力的同时, 产生纵向的冲击力, 从横向及纵向同时破碎岩石, 从而达到立体破岩效果, 实现高效破岩。

收稿日期: 2011-06-10; 修回日期: 2012-04-16

作者简介: 穆国臣(1979-), 男(汉族), 黑龙江黑山人, 中国石化东北油气分公司石油工程技术研究院工程师, 石油工程专业, 从事钻井工程技术研究工作, 吉林省长春市和平大街 660 号, guochenmu@sina.com。

旋冲钻井主要通过冲击器产生纵向冲击来提高破岩效率。冲击器结构如图 1 所示。

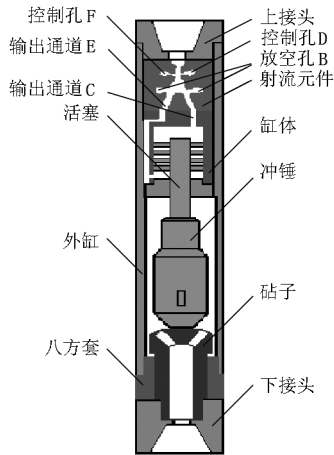


图 1 液动射流式冲击器结构

高压液流从射流元件的喷嘴喷出,假如在附壁作用下先附壁于右侧,高压液流便由 C 输出,进入缸体的上部,推动活塞下行。此时,与活塞连接的冲锤便冲击砧子,因砧子与岩心管相连,冲击能量便经岩心管传至钻头上,完成一次冲击作用。活塞冲程末了,上缸液压升高,反馈讯号回到 F 控制孔,促使射流由 C 切换到 E 输出,液流经 E 进入缸体下缸,推动活塞上行,做返回动作。回程末了,反馈讯号又回到 D,将射流切换到开始位置,液流又从 C 输出,进入上缸,如此往返,实现冲击作用。

旋转冲击钻井是一种将旋转钻井与冲击钻井相结合的一种破岩技术。与常规旋转钻井一样在横向受到钻具旋转产生的横向回转力及纵向钻具质量产生的压力外,还受到一个纵向冲击力,可以大幅度减低岩石强度,使岩石产生纵向裂缝,从而达到破岩的效果。

在旋冲钻井钻进过程中,岩石受到的作用力有轴向钻压(W)、冲击产生的交变载荷(F)以及钻具旋转产生的横向回转力(M),岩石受力情况如图 2 所示。

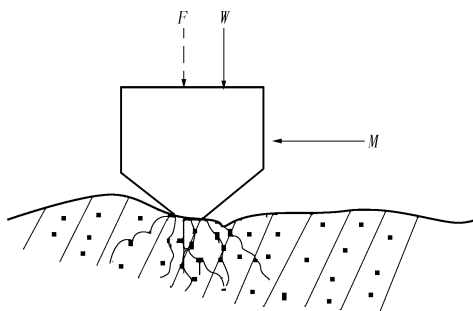


图 2 旋冲钻井时岩石的受力情况

旋冲钻井时钻头受力中的钻压 W 使钻头牙齿紧紧顶住岩石,保证有效能量作用到岩石上,达到更好的破岩效果;冲击力 F 使岩石产生裂缝。冲击力是由冲击器产生的交变力,井底岩石在轴向压力及冲击作用下,强度降低 50% ~ 80%,冲击器产生的冲击力直接作用于钻头,冲击效率高,其破岩效率是钢绳冲击钻井的 3 ~ 5 倍,使井底坚硬岩石更易于产生体积破碎,产生如图 2 所示的纵向裂纹。钻具旋转产生的回转力 M 是一个周向力,岩石产生裂纹后,岩石强度大大降低,回转力使已经降低强度的岩石被剪切、磨碎,并被循环的钻井液带走。在保证钻头牙齿不受损伤的条件下,冲击力越大,井底岩石产生的裂纹越多,岩石强度降低越多,破岩效果越好,回转力越大,越能将破碎的岩石及时清离井底,从而达到更好的破岩效果。

在长岭断陷地区,对于岩石硬度不高的地层,依靠较大的回转力就能达到较高的破岩效率,但是对于岩石硬度高、岩石可钻性级值高、岩石研磨性高的“三高”地层,单纯依靠大的回转力来剪切、磨蚀岩石,由于纵向钻具压力很难使钻头吃入更深的岩石,使得高转速磨蚀岩石能力有限,岩石破碎效率低。如果硬地层钻进期间,既能产生纵向的冲蚀、冲击效果,使岩石强度降低,产生纵向裂缝,又有横向的回转力,剪切、磨蚀强度已经大大降低的破碎岩石,就能起到更高效的立体破岩效果。

3 十屋 30 井旋冲钻井技术应用

为提高机械钻速,十屋 30 井进入营城组以后,尽管优选了钻头,但效果不理想。

三开 2010 ~ 3800 m 井段主要钻遇登娄库组、营城组、沙河子组、火石岭组地层。2800 m 以下是提高机械钻速的关键井段。

使用旋冲钻进技术前,共使用 6 只牙轮钻头,钻头使用情况见表 1 所示,总体机械钻速在 1.01 ~ 1.18 m/h。在下部地层如果继续使用牙轮钻头,机械钻速会越来越慢。

表 1 十屋 30 井旋冲钻井技术使用前钻头使用情况

井段/m	钻头型号	钻头尺寸/mm	层位	机械钻速/(m·h ⁻¹)
2826 ~ 2839.13	HJT517G	215.9	营城组	1.18
2844.35 ~ 2918.21	MXL-DS44CDX	215.9	营城组	1.14
2923.21 ~ 3051	HJT517G	215.9	沙河子组	1.07
3051 ~ 3173.50	HCD407ZX	215.9	沙河子组	1.17
3173.50 ~ 3229	WHGE361P-6	215.9	沙河子组	1.01

鉴于地层可钻性极差,营城组优选的 MXL - DS44CDX 三牙轮钻头钻速与常规钻头基本相当,没有达到预期效果;沙河子组采用 HCD407ZX PDC 钻头机械钻速比常规钻头仅提高了 9.3%,提高幅度不大。WHGE361P - 6 PDC 钻头与常规钻头基本相当,也没有达到预期效果。

自 3234 m 开始使用旋冲钻井技术。下入旋冲钻具组合前,在井口对 YSC - 178 型液动射流冲击器进行了井口测试,该型号冲击器是通过在钻具内装入专用射流元件,利用钻井液产生往复冲击的一种提高破岩效率的工具。测试试验排量为 12 L/s,冲击器工作正常。冲击器测试正常后入井开始旋冲钻井。

旋冲钻井钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm MXL - DS44CDX 钻头(旧) + $\varnothing 178$ mm 液动射流冲击器 + $\varnothing 159$ mm 无磁钻铤 $\times 1$ 根 + $\varnothing 159$ mm 钻铤 $\times 1$ 根 + $\varnothing 213$ mm 稳定器 + $\varnothing 159$ mm 钻铤 $\times 16$ 根 + 4A11 $\times 410$ + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 15$ 根 + 411 $\times 520$ + $\varnothing 139.7$ mm 钻杆 + 521 $\times 410$ + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

旋冲钻井技术是将旋转与冲击有机地结合在一起的一种高效破岩方式。由于具有冲击特性,使用该技术时必须引起足够的注意。在十屋 30 井这样泥质含量高的地层钻进时,要保证钻井安全,达到更好的提速效果,必须使用高转速与大排量配合,钻遇火山岩地层时必须选用合适的钻井参数。如果使用旋冲钻井技术时遇到憋钻、扭矩异常波动现象,应立即上提钻具,必要时应立即起钻更换钻头。

表 3 旋冲钻井与优选钻头钻速对比情况

序号	井段/m	钻头型号	钻头尺寸/mm	层位	机械钻速/(m \cdot h $^{-1}$)	备注
1a	2844.35 ~ 2918.21	MXL - DS44CDX	215.9	营城组	1.14	优选钻头
2	3051 ~ 3173.50	HCD407ZX	215.9	沙河子组	1.17	优选钻头
3	3173.50 ~ 3229	WHGE361P - 6	215.9	沙河子组	1.01	优选钻头
1b	3234 ~ 3352	MXL - DS44CDX	215.9	沙河子组、火石岭组	1.64	旋冲钻井、旧钻头

比较结果:比营城组提高 43.8%,比沙河子组提高 40.2%。

表 3 中 1a 和 1b 为同一只钻头,该钻头在营城组已钻进了 75 h,为了充分利用钻头,使用旋冲钻井技术时将该钻头再次入井。从表 3 可以看出,虽然旋冲钻井井段与优选钻头井段相比,地层可钻性更差,但比营城组机械钻速提高了 43.8%,比沙河子组钻速提高了 40.2%。

4 结论和认识

(1) 旋冲钻井技术在十屋 30 井的成功应用表明,在松南地区深部地层采用旋冲钻井技术可以大幅提高机械钻速。

钻进期间逐渐加压,摸索冲击器与钻压在本井既定地层条件下的匹配性。钻进中逐渐发现:保持钻压 200 ~ 220 kN、转速 54 ~ 70 r/min、排量为 31 ~ 33 L/s,提速效果比较明显。由于钻进初期处于钻井参数的摸索阶段,且井壁掉块较多,机械钻速基本没有提高,自 3244 m 开始,井壁掉块逐渐较少,且已摸索到了与冲击器匹配的钻井参数,机械钻速开始明显增加。

旋冲钻井钻遇地层为灰色粉砂岩、灰黑色泥岩、灰绿色安山岩。3244 ~ 3281 m 灰黑色泥岩、灰色粉砂岩段平均机械钻速达到 1.86 m/h,使用钻头为已经入井使用过的 MXL - DS44CDX 钻头,与 2844.35 ~ 2918.21 m 营城组灰黑色泥岩、灰色粉砂岩段平均机械钻速 1.14 m/h 相比,机械钻速提高 63.2% (如表 2 所示)。

表 2 与常规钻头比较情况

井段/m	钻头型号	钻头尺寸/mm	层位	机械钻速/(m \cdot h $^{-1}$)	备注
2826 ~ 2839.13	HJT517G	215.9	营城组	1.18	常规钻头
2923.21 ~ 3051	HJT517G	215.9	沙河子组	1.07	常规钻头
3234 ~ 3352	MXL - DS44CDX	215.9	沙河子组、火石岭组	1.64	旋冲钻井、旧钻头

比较结果:比营城组提高 39%,比沙河子组提高 53.3%。

自 3282 m 以深钻遇可钻性更差的安山岩地层,尽管钻头已使用了 75 h,但机械钻速仍然大幅度提高。整个 118 m 旋冲钻井井段平均机械钻速 1.64 m/h。使用旋冲钻井技术与优选钻头机械钻速对比情况如表 3 所示。

(2) 旋冲钻井技术的应用,只需在钻头上部安装一个高频液动冲击器,不需其它任何配套设备,不增加任何其它消耗,在应用上简单、方便、实用。

(3) 旋冲钻井技术在十屋 30 井先后在砂泥岩地层、火山岩地层中钻进,机械钻速都得到了大幅度的提高,表明该技术对不同地层适应性强,可应用范围广。

(4) 松南深层火山岩勘探开发被列为中国石化“十条龙”项目之一,火山岩钻井提速对于加快火山岩勘探开发有着重要的意义。旋冲钻井技术在十屋 (下转第 30 页)

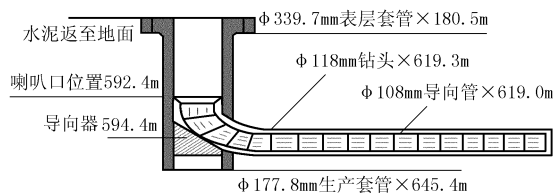


图8 江37-28-侧平14井井身结构图

表3 江37-28-侧平14井基本情况

网格方	最大井	造斜段	完钻井	水平位	井眼长	完井方式	侧钻
位/(°)	斜角/(°)	井深/m	深/m	移/mm	度/m		层位
90	87.14	599.20	619.28	16.26	21.26	导向筛管	GI1

曲线见图9。

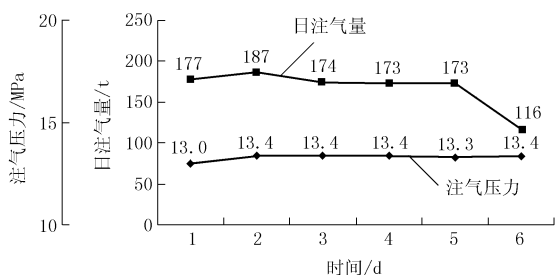


图9 江37-28-侧平14井吸气量变化曲线图

改造后,江37-28-侧平14井产液量明显上升,放喷后平均日产液8.4 t,日产油3.4 t,综合含水59.5%,日产液量是直井的2.0倍。经过两个周期投产后,累计产油284 t。江37-28-侧平14井和江37-28-14井生产对比情况见图10。

4 结论与建议

(1)超短半径水平井钻井技术是改造挖潜低效井的技术手段之一。

(2)超短半径水平井技术具有成本低、周期短、施工简单、完井先进、增产明显等特点。

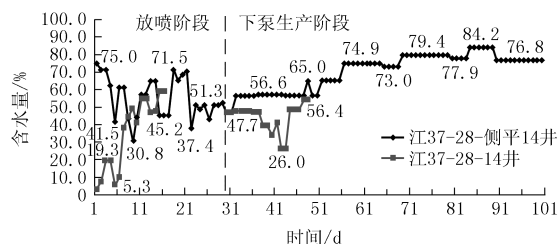
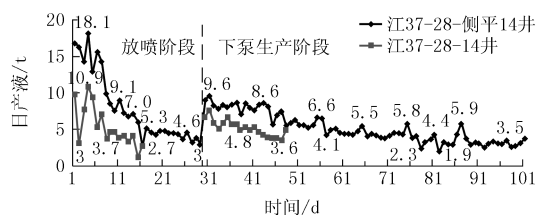


图10 江37-28-侧平14井与原井生产对比

(3)超短半径水平井对厚油层顶部剩余油的挖潜及停产井、低效井的改造意义重大,具有广阔的应用前景。

(4)对砂体规模小,直井开发效益差,常规水平井设计、钻井难度大的区块,建议应用超短半径水平井挖掘剩余油。

(5)对特低渗透油田注水压力高的井,建议应用超短半径水平井进行解堵,提高注水效果。

参考文献:

- [1] 翟科军. 短半径水平井钻井技术在塔河油田的研究与应用[J]. 钻采工艺,2005,28(4):18-19.
- [2] 黄文辉,冯义,杜智勇,等. 哈萨克斯坦扎那若尔油田侧钻短半径水平井技术[J]. 西部探矿工程,2008,(2):78-82.
- [3] 陈世春,王树超. 小井眼侧钻短半径水平井钻井技术[J]. 石油钻采工艺,2007,29(3):11-14.
- [4] 胥豪,闫振来,汪海波,等. 小井深超短半径水平井钻井技术在塔河油田的应用—以TK1105CH井为例[J]. 石油地质与工程,2009,23(6):80-83.
- [5] 张运明,崔宏生,蒋崇贵,等. 超深短半径水平井技术在塔河油田的成功应用[J]. 西部探矿工程,2005,(5):72-76.

(上接第26页)

30井火山岩地层的成功应用,为松南深层火山岩钻井提速提供了新的思路,应加快在火山岩地层的推广应用。

(5)旋冲钻井技术与钻压的匹配上,在不同地区、不同地层表现出的特性不同,需要进行摸索、总结。

参考文献:

- [1] 黄志强. 旋冲钻头破岩机理仿真研究[J]. 西南石油大学学报,

2010,(1).

- [2] 蒋宏伟,刘永胜,翟应虎,等. 旋冲钻井破岩力学模型的研究[J]. 石油钻探技术,2006,34(1).
- [3] 王雷. 旋冲钻井技术在石油钻井中的应用[J]. 钻采工艺,2005,(1).
- [4] 林元华. 旋冲钻井钻头仿真模型的建立研究[J]. 石油钻探技术,2004,32(2).
- [5] 李国华. 旋冲钻井参数对破岩效率的影响研究[J]. 石油钻探技术,2004,32(2).
- [6] 林元华. 旋冲钻井技术钻速仿真研究[J]. 石油学报,2004,(5).