

松南地区复合钻井技术分析

张建龙, 刘建华

(中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘要:松南地区地层岩石可钻性级值高,油气勘探过程中面临的关键问题是钻速低,钻井周期长,严重影响了该地区的油气勘探。为了提高该地区的机械钻速,进行了较多复合钻井等提速技术的研究及应用。针对松南地区已开展的复合钻井技术实验进行了分析,分析了复合钻井技术提速机理,以及松南地区开展复合钻井技术适用的地层。

关键词:复合钻井;机械钻速;松南地区

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)02-0015-03

Analysis on Combined Drilling Technology in Songnan Area/ZHANG Jian-long, LIU Jian-hua (SINOPEC Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China)

Abstract: To improve the penetration rate in Songnan area, many speed-up technologies like combined drilling were studied and applied. Based on the combined drilling experiments in Songnan area, analysis was made on the speed-up mechanism of combined drilling and the applicable formations.

Key words: combined drilling; penetration rate; Songnan area

松南地区深部地层随着井深的增加,沉积压实作用不断增强,岩石的结构更加致密,抗压强度不断增大,可钻性级值不断增高。登娄库组地层可钻性级值达 5~8 级,营城组地层可钻性级值达 9~12 级,随岩石可钻性级值的增高,钻进速度不断降低。

深部地层机械钻速的提高是困扰该地区油气勘探、开发“瓶颈”问题。为松南地区深部钻井提速,在松南腰英台及十屋地区进行了多口井复合钻井提速实验,并取得了较好的提速效果,为进行更加广泛、深入的复合钻井提速技术应用提供了借鉴。

1 松南地区地层特征

松南地区地层总体以沉积岩为主,在营城组、火石岭组发育火山喷发相或火山侵入相。松南地区地层层序如表 1 所示。

从上到下依次发育泰康组、明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、青山口组、泉头组、登娄库组、营城组、沙河子组、火石岭组。沉积岩主要为黑色、灰黑色泥岩、粉砂岩,在青山口组以下地层还含有细砂岩。火山岩主要为火山凝灰岩、流纹岩、花岗斑岩、花岗岩、安山岩等。

各组发育程度及厚度不同,存在局部差异,但总体来说,岩性特征、岩石结构及构造存在一定的共

性。青山口组以上沉积岩压实程度低,岩石可钻性、抗压强度均比较低,从泉头组开始地层沉积压实作用不断加强,进入泉头组一段以后,沉积岩可钻性级值、抗压强度等出现较大变化。

2 松南地区复合钻井技术应用

松南地区包括腰英台及十屋区块等,为了研究松南地区复合钻井提速技术,在多口井上进行了复合钻井技术实验。腰英台区块深层复合钻井技术应用情况如表 2 所示。

从表 2 可以看出,在腰英台地区深层“螺杆+PDC”复合钻井具有一定的提速效果,随着埋藏深度的增加使用效果越来越差。在腰深 6 井、腰深 7 井、腰深 9 井效果比较明显,腰深 5 井与临近的腰深 6 井、腰深 4 井、腰深 3 井、腰深 202 井同层段钻井对比,也具有较好的提速效果,但腰深 3 井在 2451.66~2482.22 m 泉头组三段用成都 M1376SR 钻头进行复合钻井,使用的钻压 40~80 kN,转速 72 r/min,泵压 18 MPa,进尺 30.56 m,纯钻 31:40 h,钻速只有 0.96 m/h,比使用牙轮钻头钻速还慢,未见提速效果。其原因一方面是复合钻进配套使用的 PDC 钻头选型问题,另一方面受钻机或其他原因限制,复合钻井技术未得到较好的开展。

收稿日期:2011-06-10;修回日期:2011-11-23

作者简介:张建龙(1966-),男(汉族),湖北罗田人,中国石化石油工程技术研究院高级工程师,石油工程专业,硕士,从事钻井工程科研及技术服务工作,北京市朝阳区北辰东路 8 号北辰时代大厦 916 室,zhangjl@sripe.cn。

表1 松南地区地层层序

地 层			岩 性 简 述	
系	统	组 段 代号		
第四系		Q	岩性为棕黄色表土层、细砂层、砂砾层	
第三系	泰康组	Nt	岩性以灰白色含砾砂岩、细砂岩为主夹灰绿色泥岩	
	明水组	K _{2m}	岩性以灰绿色、棕红色泥岩与灰色粉砂岩略等厚~不等厚互层	
	四方台组	K _{2s}	岩性为棕红色泥岩与灰白色含砾砂岩、粉砂岩略等厚互层	
	嫩江组	K _{2n}	岩性上部为灰色、深灰色泥岩夹薄层浅灰色粉砂岩;下部以灰黑色泥岩为主,底部见三套油页岩	
	上统 姚家组	K _{2y}	岩性上部以棕红色泥岩为主夹薄层浅灰色粉砂岩;下部以棕红色泥岩为主与浅灰色泥质粉砂岩略等厚互层	
	青山口组	K _{2qn}	上、中部棕红、灰、灰黑色泥岩与棕色粉砂岩,棕、灰黄色细砂岩略等厚~不等厚互层;下部灰、黄灰、灰黄色粉砂岩、细砂岩与灰黑色泥岩略等厚~不等厚互层	
白垩系		四段 K _{1q} ⁴	岩性为灰色、浅灰色细砂岩夹薄层棕红色泥岩	
		三段 K _{1q} ³	岩性为灰色细砂岩与棕红色、紫红色泥岩略等厚互层	
		二段 K _{1q} ²	岩性上部为灰色细砂岩、泥质粉砂岩与紫红色泥岩略等厚互层;中部为灰色白云质粉砂岩与紫红色泥岩略等厚互层;下部为灰色细砂岩与紫红色泥岩略等厚互层	
		一段 K _{1q} ¹	为浅灰色细砂岩、粉砂岩夹薄层紫红色泥岩	
		登娄库组	K _{1d}	上部浅灰色粉砂岩、细砂岩,灰色泥质粉砂岩与褐色泥岩略等厚互层;下部以浅灰色粉砂岩、细砂岩,灰色泥质粉砂岩为主夹灰色砂质泥岩
		下统 营城组	K _{1yc}	顶部为灰、褐色砂、泥岩;上部为灰白色流纹岩、褐色流纹质凝灰岩、灰白色花岗斑岩;中、下部为黑灰、绿灰色玄武岩,深灰色安山岩,灰、深灰色安山质凝灰岩。主要含油气层段
		沙河子组	K _{1sh}	中上部发育大段块状暗色泥岩夹薄层粉砂岩;下部发育薄层粉砂岩与泥岩互层;底部发育砂砾岩(参考坨深6井)
	火石岭组	K _{1h}	上部为灰白色流纹岩、褐色流纹质凝灰岩;中下部为灰黑、绿灰色玄武岩、深灰色安山岩、英安岩、凝灰岩、花岗岩、辉绿岩夹砂砾岩、泥岩	
三叠~二叠系			灰白色花岗质碎斑岩夹绿灰色泥岩	

表2 腰英台地区复合钻井技术使用效果统计

井 名	地 层	复合钻	邻近钻	邻井钻
		井钻速 /(m·h ⁻¹)	头钻速 /(m·h ⁻¹)	头钻速 /(m·h ⁻¹)
腰深6井	青山口中下部	2.33	1.15~1.8	1.35~1.96
腰深3井	泉头组顶部	0.96	1.15	1.87~1.15
腰深7井	泉二段~泉一段	2.38	1.70	0.73~1.57
腰深5井	泉二段	1.57	0.83~1.39	0.73~1.39
腰深9井	明水组、四方台组、嫩江组、青山口组	12.14		2.99~9.02

在水平井复合钻井提速效果均比较明显,腰平3井平均钻速达1.69 m/h,比邻井常规钻井平均钻速1.11 m/h提高53.64%。

十屋地区的梨5井在登娄库组泥岩地层使用“螺杆+牙轮钻头”复合钻井,也取得了比较明显的提速效果。登娄库组和营城组上部累计使用螺杆复合钻进452.02 m,纯钻207 h,平均机械钻速2.18 m/h,较同层位常规钟摆钻具机械钻速高26.53%。复合钻进进尺中,除第一次使用“螺杆+PDC”,其余均为“螺杆+牙轮钻头”,与同地层、同钻头相比,提高钻速达49.5%。但营城组中下部使用“螺杆+牙轮钻头”提速效果不明显。

梨5井登娄库组“螺杆+牙轮”复合钻井平均速度达2.277 m/h,比邻井SN80井的同层段的平均钻

速1.487 m/h提高53.1%,比SW3井提高48.8%。部分段用复合钻井后整个登娄库组平均比临井SW3井提高21.24%,同井同地层使用复合钻井与不使用同比钻速提高26.53%。

复合钻进的牙轮钻头平均纯钻时间40.4 h,平均进尺89.26 m,钻头出井后崩、断齿少,牙齿、轴承、保径均为正常磨损。相对钻头而言,使用螺杆质量总体不高,使用时间较短。

在长岭断陷东岭构造的双6井营城组2692.63 m至火石岭组3214.70 m均使用了“螺杆+MD牙轮钻头”复合钻井技术,取得了更加明显的提速效果,该井复合钻井技术前后钻速统计如表3所示。

表3 双6井使用复合钻井技术井段前后钻速统计

井段 /m	地 层	钻速 /(m·h ⁻¹)	备注
2558.50~2687.63	营城组	1.30	常规钻井
2687.63~2692.63	营城组	1.20	常规钻井
2692.63~2762	营城组	1.82	复合钻井
2762~2872	营城组	1.96	复合钻井
2872~3001.50	火石岭组	2.08	复合钻井
3001.50~3047	火石岭组	2.70	复合钻井
3047~3214.70	火石岭组	1.90	复合钻井
3217.80~3367.90	火石岭组	1.35	常规钻井
3371.15~3482	火石岭组	1.27	常规钻井

从表3可以看出,采用复合钻井技术比采用常规钻井技术具有明显的提速优势。双6井与双2井营城组同层对比,提速69.6%,火石岭组双2井埋藏深,钻速只有0.97 m/h,而双6井复合钻井达到2.19 m/h。双6井钻井周期比双2井缩短16.2天。

3 复合钻井提速技术分析

复合钻井技术是利用螺杆钻具的高转速、高扭矩带动钻头高速旋转来提高破岩效率的一项技术。主要利用钻头高速旋转的动能产生横向力来剪切、磨蚀地层,其主要破岩特征在于对地层的磨蚀。螺杆钻具最大转速一般200 r/min左右;工作扭矩随螺杆尺寸的不同而不同,Ø172 mm螺杆最大扭矩达6600 N·m,而Ø244.5 mm螺杆最大扭矩达13000 N·m。

在岩石抗压强度低、岩石内聚力较小的地层复合钻井能够较大幅度地提高机械钻速。如果岩石抗压强度、岩石内聚力均很低,可使用“螺杆+PDC”复合钻井技术提高机械钻速;如果岩石抗压强度、岩石内聚力均偏高,但岩石可钻性级值不是十分高,可使用“螺杆+牙轮钻头”复合钻井技术提高钻速。

通过松南地区复合钻井提速实验,青山口以下地层,岩石可钻性级值开始明显升高,一般在5~6级以上,使用牙轮钻头钻进,由于转速低地层可钻性级值高,岩石内聚力大,岩石结构力加强,往往机械钻速较低,钻头寿命短,且易跳钻造成钻具损伤,很大程度上延长了钻井时效,钻头剪切、磨蚀地层能力降低,钻进速度偏低。

登娄库组以上地层泥岩、粉砂岩含量比较高,岩石可钻性级值适中,适合使用复合钻井技术提高机械钻速。泉头组三段、四段以上地层,使用“螺杆+PDC”复合钻进技术能够起到较好的提速效果。目前腰英台及十屋地区均推广使用复合钻井技术,总体来说提速效果比较明显。在泉头组二段、一段,使用“螺杆+PDC”复合钻井能够起到一定提速效果,但泉头组二段、一段及以下地层可钻性级值明显升高,达到5~6级以上,在登娄库组中上部,可钻性级值比泉头组一段有所降低,但可钻性级值也比较高,在这样地层钻进,使用“螺杆+PDC”复合钻井技术虽能起到一定的提速效果,但岩石内聚力增大,“螺

杆+PDC”复合钻井破岩效率有限。如果选用高转速牙轮或其他新型钻头,可利用复合钻进的高速剪切及牙轮钻头破岩特点提高钻速。

梨5井“螺杆+牙轮”复合钻井进一步证明了松南地区复合钻井提速的可行性,只是螺杆使用时间短,使用效果未得到进一步体现。

双6井使用的“螺杆+牙轮”复合钻井技术使用的MD钻头比常规钻头更适合于与螺杆配合钻进,能够起到良好的提速效果。SMD钻头比MD钻头更适合于与螺杆配合进行复合钻进,如果选用性能更加优良的螺杆,再配合SMD系列钻头,会达到更好的效果。双6井复合钻井技术的成功应用,更好地证明了在松南地区深层地层钻进采用“螺杆+牙轮”组合进行复合钻井提速的可行性。

4 结论及建议

通过松南地区复合钻井实验及分析,在松南地区登娄库组以上地层适用复合钻井提高破岩效率,提高机械钻速。不同地层,岩石可钻性情况不同,使用的复合钻井技术也不同。

(1) 泉三段以上地层适用“螺杆+PDC”复合钻井。

(2) 泉二段、泉一段及登娄库组地层可钻性级值明显升高,适用“螺杆+牙轮”复合钻井。

(3) 登娄库组上部地层,如果可钻性级值偏低,也可用“螺杆+PDC”复合钻井。

参考文献:

- [1] 董明健. 复合钻井技术在元坝地区陆相地层中的应用[J]. 石油钻探技术, 2010, (7).
- [2] 高鹏飞, 张盛良, 闫立伟. 复合钻井技术在油气田的应用分析[J]. 科技信息, 2008, (21).
- [3] 杨文达. 复合钻井条件下三牙轮钻头的运动仿真[J]. 石油矿场机械, 2008, (11).
- [4] 王希勇. 复合钻井技术在川东北地区的应用[J]. 天然气工业, 2008, (11).
- [5] 孙艺伟. 镇泾油田“优快钻井”的现状与潜力[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(7): 40-43, 46.
- [6] 文明, 陈绍云, 刘永贵. 优快钻井配套技术在希50-54井应用实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6): 4-6, 12.
- [7] 孔凡军, 杨智光, 张书瑞, 等. 徐家围子深井高温复合钻井技术的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(11): 51-53.