

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 ₂ m	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 ₂ s	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 ₂ n	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 ₂ y	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 ₂ qn	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 ₁ q ⁴	岩性为灰色、浅灰色细砂岩夹薄层棕红色泥岩
			三段 K ₁ q ³	岩性为灰色细砂岩与棕红色、紫红色泥岩略等厚互层
		泉头组	二段 K ₁ q 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 ₁ q ¹	为浅灰色细砂岩、粉砂岩夹薄层紫红色泥岩
		登娄库组	K ₁ d	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 ₁ yc	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 ₁ sh	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(参考垞深 6 井)
		火石岭组	K ₁ h	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 井钻速 /(m·h ⁻¹)	邻近钻 头钻速 /(m·h ⁻¹)	邻井钻 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用于与螺杆配合钻进,能够起到良好的提速效果。SMD钻头比MD钻头更适用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.