

川东北地区探井快速钻井技术

刘新义¹ 张东清²

(1. 中国石化勘探南方分公司 井筒技术处, 四川 达州 635002; 2. 胜利石油管理局 渤海钻井总公司, 山东 东营 257200)

摘要:川东北地区探井钻井过程常遇到“漏、斜、卡、塌、喷”等井下复杂情况或事故,造成机械钻速慢,严重影响了勘探开发进度和效益,为此,试验应用了一系列提高该地区探井钻速的钻井新技术,包括气体钻井技术、垂直钻井技术和复合钻井技术。现场应用结果表明:在上部陆相地层,气体钻井井段的平均机械钻速达到 5.66~7.06 m/h,垂直钻井井段的平均机械钻速 1.97 m/h;在下部海相地层,复合钻井井段的平均机械钻速 2.32 m/h。通过应用上述新技术,较好地实现了钻井提速的目标,为川东北地区勘探任务的如期完成提供了技术保障,逐步形成了适应该地区地质特点的探井快速钻井技术配套体系。

关键词:气体钻井;直井;探井;川东北地区

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2008)03-0033-04

川东北地区地层岩石可钻性差(一般达 6~8 级)、地层倾角大,采用常规钻井液钻井难以做到既提高钻速又控制井身质量的目的,因而制约着其勘探开发进程^[1-3]。近年来,随着钻井工艺技术的发展,以空气、氮气作为循环介质的气体钻井技术得到了快速发展和广泛应用。通过科研攻关和现场试验,气体钻井技术在川东北工区取得了前所未有的成功,机械钻速提高 3~8 倍,钻井周期缩短 60~90 d,严重漏失和井斜等钻井复杂问题得到了较好的解决。在川东北地区不能使用气体钻井的高陡易斜井段,为了提高防斜效果和钻井速度,引进国外先进的垂直钻井系统并进行了现场试验,取得了明显的效果。

对于下部海相地层,普遍采用“PDC 钻头+螺杆”复合钻进工艺,提高海相地层非目的层的机械钻速,从而逐渐形成了适应川东北地区地质特点的探井快速钻井技术。

1 气体钻井技术

川东北地区上部陆相的白垩系和侏罗系地层井段长,岩性以砂岩与泥岩互层为主,地层软硬交错,倾角大,砂岩可钻性差且研磨性强,用常规钻井液钻井机械钻速较慢,且常钻遇长段低压漏失带或破碎性地层而引起严重井漏。因此,试验应用了气体钻井技术,在提高钻速和防漏、堵漏等方面都取得了明显的效果。

1.1 适用地层

通过对川东北地层井壁稳定性、出水情况及地层出气情况的综合分析可知,最适合空气钻井的地层为上、下沙溪庙组地层。千佛崖组 and 自流井组等微含天然气地层,钻遇气层时可以转换成氮气钻井或钻井液钻井。须家河组地层适合氮气钻井。

1.2 钻井工具的使用^[4]

1) 气体钻井与常规钻井液钻井所要求的钻具组合基本相同,在钻头上安装一只浮阀和单流阀,在钻铤与钻杆之间安装一只旁通阀,每钻进 200~300 m 接一只单流阀。

2) 气体钻井中钻具破坏严重,易发生断钻具事故。因此,气体钻井井段应使用一级钻具,且必须对钻具尤其是钻铤、接头和内防喷工具进行定期探伤,及时剔除不合格钻具。

3) 为保护旋转防喷器的胶芯,必须使用 18°斜坡接头钻杆。钻杆本体腐蚀凹坑深度不大于 0.3 mm,钻杆接头不能有深压痕和毛刺。钻具本体无毛刺和棱角,以保护旋转防喷器的胶芯。

4) 为了使旋转防喷器的胶芯可以更好地密封,

收稿日期:2008-02-15;改回日期:2008-03-10

作者简介:刘新义(1963—),男,1985年毕业于西南石油学院石油工程专业,高级工程师,一直从事石油现场钻井技术工作。

联系电话:(0818)2521053

应选用六方方钻杆。

5) 气体钻进时对钻杆丝扣和台肩的气密性要求比常规钻井液钻进时对丝扣和台肩的密封要求高得多,因此,要特别强调保护钻杆丝扣和台肩。

6) 国内外气体钻井现场的统计资料表明,牙轮钻头所钻井段井径扩大率在5%左右,而空气锤所钻井段井径扩大率只有1%左右。尽管空气锤头基本上都进行了保径处理,但其维持井径没有明显缩小的有效使用井段一般只有500 m左右,为了保证更换新锤头后下入顺利,需要准备外径依次递减的锤头。

1.3 应用效果及存在的问题

1.3.1 应用效果

气体钻井技术的推广应用,大幅度加快了上部陆相地层的钻井速度。2007年,中国石化勘探南方分公司共应用气体钻井技术钻井22口,累计钻井进尺48 646.4 m,占2007年总进尺的45.11%,平均机械钻速5.66 m/h。

川东北地区第一口试验井——老君1井^[2],在 $\phi 314.3$ mm井眼762.0~3 253.7 m井段应用了气体钻井技术,累计进尺2 491.7 m,平均机械钻速达11.37 m/h。钻速是钻井液钻井的8.12倍。

普光12井,气体钻井钻进井段45.02~3 674.68 m,累计进尺3 629.66 m,平均机械钻速4.19 m/h,创造了川东北地区气体钻井单井最长进尺纪录。

陆相自流井组、须家河组地层可钻性差,特别是须家河组地层研磨性极强,严重制约了上部地层钻速的提高。2007年以来,9口井在钻进上述地层时应用了氮气钻井技术,累计进尺5 055.44 m,平均机械钻速达到4.25 m/h。其中有5口井成功钻穿须家河组地层(陆相地层中可钻性最差,平均机械钻速只有0.7~0.8 m/h)。累计进尺3 918.8 m,平均机械钻速达到4.54 m/h,是钻井液钻进的6~7倍。

2007年,在7口井使用了空气锤钻进,累计进尺6 807.12 m,平均机械钻速达7.41 m/h(是钻井液钻井的5.29倍),在防斜打快方面发挥了重要作用。老君2井在822.32~2 766.82 m及2 813.2~3 403.0 m井段使用了空气锤钻进,累计进尺2 534.3 m,平均机械钻速达9.17 m/h(是钻井液钻井的6.55倍)。全井段井斜角控制在1°以内。

1.3.2 存在的问题

1) 由于目前地质设计中对地层出水、出气和破

碎垮塌等复杂情况难以准确预测,给施工带来较大困难,往往设备动迁、安装调试后,钻进时间不长就因地层出水等问题而被迫转换钻井方式,造成浪费。

2) 在由气体钻井转为钻井液钻井后,有时会出现井壁失稳垮塌,导致阻卡划眼甚至卡钻等事故。

2 垂直钻井技术^[5]

2.1 垂直钻井技术方案

1) 自动垂直钻井系统的确定。综合考虑川东北地区地层可钻性级值低等因素,结合Verti Trak自动垂直钻井系统的滑动导向钻井模式具有振动及套管磨损小、钻具事故少的特点,推荐使用Verti Trak自动垂直钻井系统。

2) 施工井段的确定。由于气体和泡沫钻井的局限性,在钻遇气层或出水量大的地层时,影响了其应用。在上部陆相地层气体钻井因各种原因转换钻井液后的井段推荐应用自动垂直钻井技术。

3) 钻头的选择。根据对川东北地区已钻井资料及陆相地层岩石可钻性的分析,推荐使用牙轮钻头。考虑Verti Trak自动垂直钻井系统具有高钻压、高转速的特点,为了防止掉齿、断齿及频繁换钻头现象的发生,不宜选用牙齿较长及普通轴承的钻头,优先推荐选用HJT537GK钻头。为了更好地配合垂直钻井系统的使用,减少起下钻次数,建议加快适合川东北地区陆相地层PDC钻头的研制。

4) 推荐钻具组合(以 $\phi 444.5$ mm井眼为例)。 $\phi 444.5$ mm钻头+ $\phi 241.3$ mm Verti Trak工具+ $\phi 241.3$ mm浮阀+ $\phi 438.0$ mm稳定器+ $\phi 241.3$ mm滤网接头+ $\phi 228.6$ mm双向减振器+ $\phi 228.6$ mm钻铤×12根+ $\phi 228.6$ mm随钻震击器+ $\phi 203.2$ mm钻铤×5根+ $\phi 139.7$ mm钻杆。

2.2 垂直钻井技术措施

1) 自动垂直导向块到普通稳定器的距离在产生新接触点的范围以内时,其距离越短钻头侧向力越大,越有利于降斜钻进的实现,但降斜过快易造成狗腿度较大而影响后续施工,所以自动垂直导向块到普通稳定器的距离要适当,一般在10~20 m之间。

2) 普通稳定器的外径对钻具组合的降斜效果有一定的影响,稳定器外径越大,降斜力越大。

3) 每次Verti Trak工具入井时都需要开泵进行井口实际测试。

4) 使用Verti Trak工具时,入井钻井液中不能

含有气泡。钻进时,肋板伸出,绝对禁止启动转盘^[6];划眼时转盘转速必须小于 35 r/min。根据工具型号确定正确排量,确保 Verti Trak 马达获得足够的水马力。

5) 钻压根据钻头尺寸和类型的不同而不同,实际工作钻压由贝克休斯公司的工程师根据马达压差进行调整。当发现井底振动较严重时,应适当减小钻压,以防止损坏 Verti Trak 工具。

2.3 应用效果及存在的问题

2.3.1 应用效果

垂直钻井技术的应用,在陆相地层防斜打快方面取得了明显效果。2004 年以来,中国石化勘探南方分公司在川东北地区 14 口井实施垂直钻井技术 24 井次,累计进尺 9 343.45 m,平均机械钻速 1.97 m/h,取得了较好的防斜打快效果。2007 年川东北探区使用垂直钻井技术累计进尺 2 958.12 m,累计纯钻时间 1 327.67 h,平均机械钻速 2.23 m/h,比川东北探区 2003—2007 年钻井液钻井的平均机械钻速 1.22 m/h 提高了 82.79%。

如大湾 101 井,钻至井深 1 078.17 m,井斜角高达 9.32°,下入贝克休斯的 Verti Trak 垂直钻井系统,钻至井深 1 347 m,井斜角下降到 0.01°,平均机械钻速达 1.74 m/h。

2.3.2 存在的问题

由于国外垂直钻井工具服务价格昂贵,且合同约定工作量小,加之有的井由于井眼稳定性问题(井漏、井塌等),钻井时间受到限制,因此,与常规钻进相比并不一定经济。川东北地区 2007 年应用垂直钻井技术 5 口井,普遍取得了良好的防斜打快效果,但只有 1 口井(大湾 3 井)取得了较好的经济效益。该井使用 Verti Tark 工具其钻井费用比常规钻井液钻井减少 41.46%,进尺 742.12 m,钻井时间 17.66 d,比采用钻井液钻井(55.36 d)减少 37.7 d。

目前国内的垂直钻井工具尚在试验阶段。国外能够提供垂直钻井服务的公司较少,只有斯伦贝谢和贝克休斯两家,且工具较少。国内缺少 $\phi 311.1$ mm 以下尺寸的垂直钻井工具。

3 复合钻井技术

川东北地区海相地层岩性相对均质,井段较深且钻井液密度较高,为提高钻速,在不影响录取地质

资料的前提下选择使用 PDC 钻头,配套使用井底动力钻具和钻机转盘复合驱动方式钻井是提高机械钻速的有效方式。

3.1 螺杆选型总体原则

1) 直井段尽量采用直螺杆;

2) 稳斜段采用 $0.50^\circ \sim 1.25^\circ$ 单弯螺杆,在提高钻进速度的同时能及时有效控制井斜角和方位角。

3.2 复合钻进典型钻具组合及参数配套^[1]

深井段采用“PDC 钻头+螺杆”复合钻进工艺,不仅在于复合钻进能大幅度提高海相地层钻进速度,更主要的原因在于复合钻进工艺大多采用低钻压—高转速模式,因此钻具组合中所加钻铤数量相对较少,钻具组合相对简单,这在一定程度上降低了深井段施工的安全隐患。

1) 钻具组合(以 $\phi 241.3$ mm 井眼为例)。直井段(带单稳定器的大钟摆降斜钻具组合): $\phi 241.3$ mm PDC 钻头+钻具止回阀(活页式)+ $\phi 172.0$ 、 $\phi 185.0$ 或 $\phi 197.0$ mm 直螺杆+ $\phi 203.2$ mm 钻铤 1 根+ $\phi 238.0$ mm 螺旋稳定器 1 个+ $\phi 203.2$ mm 钻铤 $\times 2$ 根+ $\phi 177.8$ mm 钻铤 $\times 3$ (或 6)根+ $\phi 158.8$ mm 钻铤 $\times 3$ (或 6)根+旁通阀 1 只+ $\phi 127.0$ mm 加重钻井 $\times 18$ 根+ $\phi 127.0$ mm 钻杆+411 \times 520+ $\phi 139.7$ mm 钻杆;钻压 40~60 kN,转盘转速 30~60 r/min,排量 25~35 L/s。稳斜段(以 $\phi 241.3$ mm 井眼为例): $\phi 241.3$ mm PDC 钻头+钻具止回阀(活页式)+ $\phi 172.0$ 、 $\phi 185.0$ 或 $\phi 197.0$ mm 直螺杆(1.00° 、 1.25° 或 0.75° 弯螺杆+单稳定器)+ $\phi 158.8$ mm 无磁钻铤 $\times 1$ 根+4A11 \times 410(无磁)+MWD 短节+411 \times 4A10+ $\phi 158.8$ mm 钻铤 $\times 8$ 根+ $\phi 158.8$ mm 随钻震击器+4A11 \times 410+旁通阀 1 只+ $\phi 127.0$ 加重钻杆 $\times 18$ 根+ $\phi 127.0$ mm 钻杆+411 \times 520+ $\phi 139.7$ mm 钻杆。

2) 参数配置。钻压 40~80 kN,转盘转速 30~60 r/min,排量 25~35 L/s。

3.3 螺杆钻具井下异常情况的应急处理措施

1) 在正常定向或复合钻井时出现憋泵和钻具倒转时应及时停泵,之后再停转盘(停转盘时需防转盘倒转速度过快,倒脱下部钻具),最后上提钻具 0.5~1.0 m,缓慢下放,接触井底时观察泵压和转盘扭矩变化。

2)定向钻进时由于蹩螺杆钻具造成钻具反转使大绳打扭,此时应慢慢上提钻具 0.3~0.5 m 后坐钻杆卡瓦,放松悬重,慢慢反转转盘释放大绳扭力。

3.4 应用效果

自 2006 年 11 月以来,川东北地区海相地层复合钻井共使用螺杆 111 根,平均单根螺杆进尺 251.04 m,单根螺杆一次入井纯钻进时间 87.51 h;使用 PDC 钻头 97 只,单只 PDC 钻头平均进尺 287.27 m,单只 PDC 钻头入井纯钻进时间 100.14 h。据统计,2006—2007 年,中国石化勘探南方分公司共在川东北地区的 46 口井使用了 PDC 钻头,累计进尺 31 468.72 m,平均机械钻速 1.62 m/h。其中在 19 口井使用了“PDC 钻头+螺杆”复合钻井技术,累计进尺 15 580.99 m,平均机械钻速 2.32 m/h。

元坝 1-侧 1 井,在嘉陵江组至飞仙关组地层(5 868.93~6 903.30 井段,最大井斜 50.87°),使用 $\phi 165.1$ mm PDC 钻头+ $\phi 121.0$ mm 单弯马达,累计进尺 997.02 m,平均机械钻速 2.86 m/h。最高单只钻头进尺达到 400.72 m,最高机械钻速达到 3.75 m/h。创造了深部海相地层大斜度井段累计进尺、单只钻头进尺和钻速几项新纪录。

大湾 2 井雷口坡组至嘉陵江组地层采用“PDC 钻头+螺杆”复合钻进,一只 $\phi 241.3$ mm M1375 型 PDC 钻头,4 次入井,进尺 1 662.66 m,平均机械钻速 3.06 m/h。创造了川东北地区南方海相硬地层的单只钻头新纪录。

Rapid Drilling Technology Used in Exploratory Wells in Northeast Sichuan Area

Liu Xinyi¹ Zhang Dongqing²

(1. Wellbore Technology Department, Southern Exploration Company, Sinopec, Dazhou, Sichuan, 635002, China; 2. Bohai Drilling Corporation, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257200, China)

Abstract: Drilling rate and efficiency was reduced by downhole problems in drilling exploratory well in Northeast Sichuan area, including leakage, deviation, sticking, collapse and blowout. Therefore, a series of new drilling technique to improve drilling rate of exploratory wells in this region was experimentally used, including gas drilling, vertical drilling and compounding drilling technology. The results suggest that the average rate of penetration (AROP) could reach 5.80—7.06 m/h using gas drilling, the AROP was 1.97 m/h using vertical drilling in the upper terrestrial formation; the AROP was 2.23m/h with compounding drilling in the lower marine formation. Through using the above new technique, the drilling speed was improved, which provided technique support to achieve the exploring plan in this area. The rapid drilling technique for exploration wells was developed gradually.

Key words: gas drilling; straight well; exploratory well; Northeast Sichuan area

4 结论及认识

1)使用气体钻井和垂直钻井技术,成功解决了川东北地区上部陆相地层岩石坚硬及易斜的问题,为川东北地区优质快速钻进提供了强有力的技术手段。

2)气体钻井技术不但解决了打快问题,而且解决了川东北地区探井浅部地层易漏失和垮塌的问题。

3)在空气钻井施工前,进行空气钻井适应性分析评价十分必要。

4)推荐了垂直钻井技术方案和现场技术措施,对今后垂直钻井技术在该地区的推广应用具有指导意义。

5)PDC 钻头复合钻井的应用仍存在井控风险性,宜选择在非储层井段使用。

参 考 文 献

- [1] 程华国,王吉东,刘以明,等.影响川东北地区深井机械钻速的原因分析与对策[J].石油钻探技术,2004,32(5):20-21.
- [2] 魏学成,张新旭,翟建明,等.空气钻井技术在老君 1 井的应用[J].石油钻探技术,2006,34(4):20-23.
- [3] 孙继明,侯树刚,李铁成.空气钻井技术在普光 D-1 井的应用[J].石油钻探技术,2006,34(4):24-26.
- [4] 许爱.气体钻井技术及现场应用[J].石油钻探技术,2006,34(4):16-19.
- [5] 杨春旭,韩来聚,步玉环,等.现代垂直钻井技术的新发展及发展方向[J].石油钻探技术,2007,35(1):16-19.
- [6] 薄和秋,赵永强. Verti Track 垂直钻井系统在川科 1 井中的应用[J].石油钻探技术,2008,36(2):18-21.