

# 缅甸D区块复杂地质条件下优快钻井技术

梁建挺 卢运周 徐济银

(中国石化国际石油勘探开发有限公司,北京 100083)

**摘要:** 缅甸D区块的复杂地质状况给钻井作业带来了很大的困难和挑战,其中井斜、井漏、井涌和井塌是该区块钻井过程中存在的主要问题。对缅甸D区块钻井作业的特点和难点进行了详细分析,从利用缅甸D区块高陡构造的自然造斜规律优化调整井位及井眼轨迹、优化钻具组合、钻头选型方面给出了可行的技术方案,并提出了解决软泥岩泥包牙轮钻头及解决井壁稳定的技术措施。这些技术在Patolon-1井、Yagyi-1井、Patolon-2井和Yagyi-1X井进行了应用,取得了很好的效果,机械钻速明显提高,逐渐形成了适合缅甸D区块复杂地质条件的优快钻井技术,较好地解决了缅甸D区块高陡构造井斜控制困难、井壁稳定性差、机械钻速慢的问题。

**关键词:** 高陡构造;井斜;井塌;井漏;井溢流;优快钻井;缅甸D区块

**中图分类号:** TE249    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1001-0890(2010)05-0022-04

## Fast Drilling Technology for Block D in Myanmar with Complex Geological Conditions

Liang Jianting Lu Yunzhou Xu Jiayin

(Sinopec International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing, 100083, China)

**Abstract:** The complex geological conditions in Block D of Myanmar induced great difficulties and challenges, among which inclination, lost circulation, well kick and well collapse are the main problems. The characteristics and challengers of drilling operation in Block D of Myanmar were analyzed. A feasible technique solution was proposed using deep structures' natural laws of optimal adjustment to adjust well location, well trajectory, BHA optimization, and drill bit selection. The technique measures to solve soft mud-stone ball up roller bit and wellbore stability were proposed. All these techniques were used in Well Patolon-1, Well Yagyi-1, Well Patolon-2 and Well Yagyi-1X. The results are good and the drilling speeds are improved. The drilling technique suitable for complex geological conditions of Block D of Myanmar was formed. The problems of difficulty in well deviation control in deep structure in Block D, poor well bore stability and low drilling speed were solved.

**Key words:** precipitous structure; hole deviation; hole caving; lost circulation; well overflow; optimized drilling; Block D in Myanmar

目前,中国石化国际石油勘探开发有限公司(SIPC)缅甸公司在缅甸D区块已经投资钻了4口井,并全部完井:Patolon-1井于2008年6月完钻,完钻井深3 798 m;Yagyi-1井于2009年7月完钻,完钻井深5 152 m,为缅甸陆上最深井;Patolon-2井于2010年4月完钻,完钻井深3 751 m;Yagyi-1X井于2010年5月完钻,完钻井深3 850 m。在4口井的钻进过程中,都因为地质条件复杂而出现了井斜难控制、井壁不稳定、机械钻速低、钻井周期长

等技术难题。为此,施工方对该区块的钻井作业特点和技术难点进行了详细分析,给出了优化调整井位及井眼轨迹、优化钻具组合和钻头选型、稳

**收稿日期:** 2010-06-17; **改回日期:** 2010-09-02

**作者简介:** 梁建挺(1973—),男,广西桂林人,1996年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,2004年获石油大学(华东)油气井工程专业硕士学位,工程师,钻井监督,主要从事油气田钻井工程方面的研究工作。

**联系方式:** jtliang@sipc.cn

定井壁的一系列优快钻井技术,取得了很好的效果。

## 1 缅甸D区块地层特点与钻井难点

### 1.1 地层特点

1) 断层非常发育,存在逆断层、构造运动剧烈,上部地层倾角大;

2) 地层主要以泥岩和砂岩为主,为砂泥岩互层,夹含煤线,泥岩易水化;

3) 在构造演化过程中,受挤压和推覆(断层)切割作用的影响,地层裂缝、孔隙发育,储集层压力高,地层倾角变化大,地应力大。

### 1.2 钻井难点

1) 缅甸D区块属于高陡构造,地层倾角大,逆断层构造运动剧烈、井斜难控制。Patolon-1井上部地层倾角在 $40^{\circ}\sim45^{\circ}$ 之间,地层倾向 $270^{\circ}$ ;Yagyi-1井上部地层倾角在 $20^{\circ}\sim40^{\circ}$ 之间,地层倾向 $270^{\circ}$ ;Patolon-2井上部地层倾角在 $20^{\circ}\sim35^{\circ}$ 之间,地层倾向 $270^{\circ}$ 。

Patolon-1井全井最大井斜角位于井深1 598.75 m处,井斜角达 $14.94^{\circ}$ ;Yagyi-1井最大井斜角位于井深1 957 m处,最大井斜角 $12.37^{\circ}$ ;Patolon-2井全井最大井斜角位于井深2 205 m处(原井眼),井斜角达 $17.00^{\circ}$ 。过主断层后,井斜的控制难度迅速下降。

2) 受高陡构造地应力影响,井壁垮塌掉块严重。由于受印度板块与缅甸微陆块挤压推覆的影响,该区块地层强烈变形、断层发育、地层倾角大。钻开地层后,由于地应力的释放极易引起地层坍塌掉块;同时,由于地层承压能力低,钻井液密度受到限制,井内液柱压力不能平衡地应力,导致井筒液柱难以支撑住不稳定地层。目前所钻的4口井均发生垮塌,造成井径极不规则(如图1所示)。

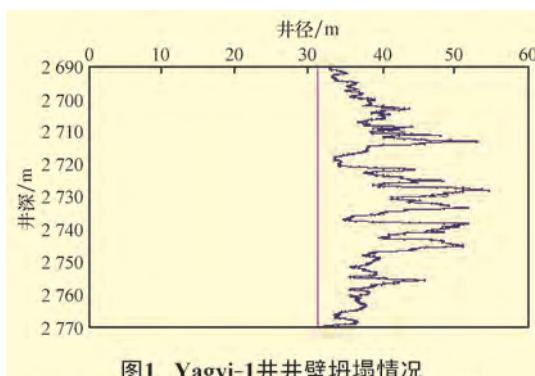


图1 Yagyi-1井井壁坍塌情况

Fig.1 Stratigraphic section of Well Yagyi-1

3) 泥页岩井段长,泥岩易水化、易缩径、易泥包钻头。

4) 地层承压能力低,漏失层多,漏失量大。缅甸D区块所钻4口井均有漏失:Patolon-1井全井漏失钻井液 $387.49\text{ m}^3$ ;Yagyi-1井全井段漏失达77次,共损失钻井液 $5 871\text{ m}^3$ ;Patolon-2井钻井液漏失量达 $15 677\text{ m}^3$ ;Yagyi-1X井漏失量 $3 685\text{ m}^3$ 。频繁的漏失、堵漏耗费了大量时间,如:Yagyi-1井堵漏共耗时1 375.75 h,占总建井周期的10.6%;Patolon-2井堵漏耗时占总钻井施工期的26.06%。

5) 地层压力高、钻井液密度安全窗口窄,易发生又涌又漏的复杂情况,钻井液密度稍高就漏,稍低就涌。Patolon-1井在井深2 100、2 550和3 300 m处分别测得地层压力系数为1.60、1.73和1.79;Yagyi-1井在井深3 300、3 800、4 700和5 000 m处中测得折算的地层压力系数为1.98、1.73、1.72和1.98;Patolon-2井在井深2 290、2 348和2 370 m处分别测得地层压力系数为1.56、1.59和1.67。Yagyi-1井、Patolon-2井和Yagyi-1X井均有发生同一井段又涌又漏的复杂情况,几乎不存在安全钻进的密度窗口。

## 2 缅甸D区块优快钻井技术

### 2.1 利用高陡构造自然造斜规律优选井口位置及井眼轨迹

缅甸D区块上部地层属于高陡构造,地层倾角大,钻井施工中井斜控制难度大。针对这种情况,通过分析实钻资料,逐渐探索出了一套有效的方法:利用地层的自然造斜规律控制井身质量<sup>[1-3]</sup>。

当地层倾角小于 $45^{\circ}$ 时,钻头趋于向地层的上倾方位钻进。缅甸D区块地层倾向单一,地层倾角在 $260^{\circ}\sim300^{\circ}$ 之间,所钻井的井眼轨迹方位角在 $70^{\circ}\sim100^{\circ}$ 之间。利用上述地层的自然造斜规律可以预测待钻井眼不同井深处的井斜角和方位角,进而可以按地层产状预测其钻达目的层可能发生的位移,从而得到最佳井口位置,就可以在直井钻进中采用常规钻进方式释放钻压钻进,减少井斜控制的难度,在地层自然造斜规律的作用下自然命中靶区。

Yagyi-1井、Patolon-2井和Yagyi-1X井均利用地层自然漂移规律控制井身质量。

Yagyi-1井设计井位时,根据地层的漂移量,将井位反方向移动700 m(如图2所示)。利用造斜规

律,变被动防斜为主动防斜,既保证了勘探目标的实现,又释放了钻压,提高了钻井速度。

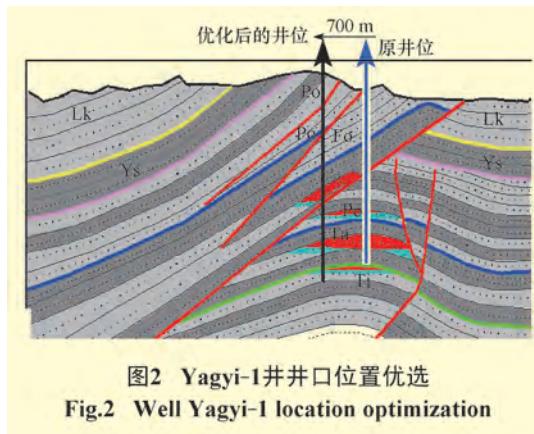


图2 Yagyi-1井井口位置优选  
Fig.2 Well Yagyi-1 location optimization

Yagyi-1X井为定向井,靶点位于Yagyi-1井正东方向,垂深2 763 m,水平位移达1 300 m。Yagyi-1井为直井,钻进过程中遇到很大困难,而Yagyi-1X井是缅甸D区块的第一口定向井,钻井难度非常大。利用井斜角和方位角与地层的上倾方位相一致的规律,决定将Yagyi-1X井井位在Yagyi-1井往东移动3 m,这样大大规避了两口井相撞的风险,同时也有利于Yagyi-1X井的井眼轨迹控制。实钻效果非常明显,Yagyi-1X井整个钻进过程完全依靠地层的自然造斜而达到理想的井眼轨迹,方位角非常稳定(如图3所示),无需依靠螺杆专门去扭方位,节约了大量时间,并降低了钻井难度,确保了该井的顺利完钻。

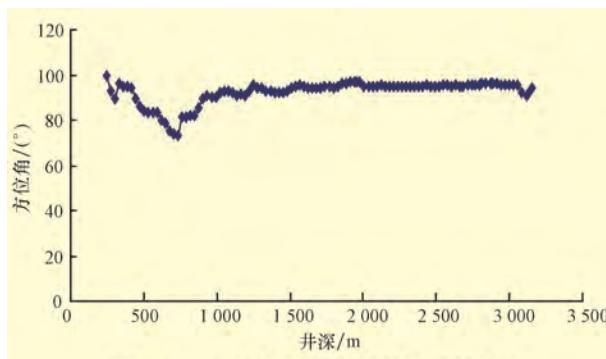


图3 Yagyi-1X井实钻井眼轨迹方位变化  
Fig.3 Well Yagyi-1X drilled trajectory azimuth

## 2.2 钻具组合优选

对比分析目前所钻4口井所采用钻具组合的使用情况,优选了复合钻具组合和塔式钻具组合。

1)  $\phi 660.4$  和  $\phi 444.5$  mm 井段采用螺杆复合钻具组合钻进机械钻速较高。特别是在  $\phi 444.5$  mm 井段,Yagyi-1井、Patolon-2井、Yagyi-1X井采用该钻具组合平均机械钻速达到了  $5\sim6$  m/h,与Patolon-1井相比,提高2倍以上。但该钻具组合在

钻遇复杂地层(如严重井漏、垮塌等复杂情况)时的应用受到限制。

2) 使用“PDC钻头+塔式钻具组合”,匹配低钻压和高转速钻进参数取得较好的防斜打快效果<sup>[4]</sup>,由于该钻具组合简单,钻遇复杂情况时易于处理,比较适应缅甸D区块高陡构造井漏、垮塌并存的复杂地质条件。

## 2.3 钻头优选

根据实钻资料分析对比相应井段、相应层位实际使用钻头的效果,优选出适合的钻头类型。缅甸D区块所钻地层的岩性均为砂岩、泥岩和页岩,首选PDC钻头,利用PDC钻头的低钻压、高转速来有效地解决防斜打快和有效切削的问题。

与Patolon-1井相比,后续井的平均机械钻速都有很大的提高(如图4所示),尤其在二开和三开井段,由于Yagyi-1井、Patolon-2井、Yagyi-1X井采用了PDC钻头钻进,平均机械钻速达到5 m/h。

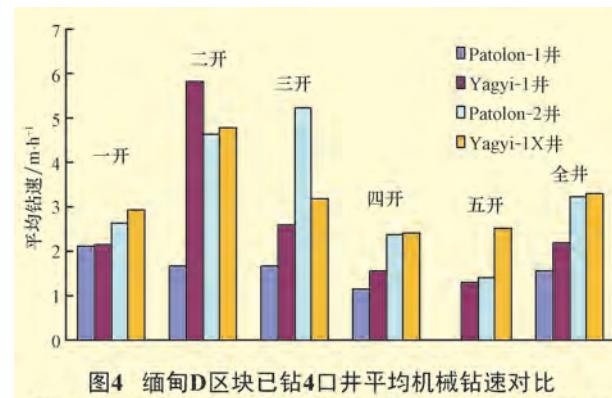


图4 缅甸D区块已钻4口井平均机械钻速对比  
Fig.4 4 wells' ROP comparison in Block D of Myanmar

从目前PDC钻头的使用情况看(如图5、6所示),刀翼少( $4\sim5$ 个)、喷嘴较多、分布均匀、切削能力强的PDC钻头比较适合D区块地层,一方面机械钻速快,另一方面能有效防止泥包。所使用的钻头中:二开井段瑞德生产的DS519S-A4型PDC钻头(5刀翼、6喷嘴)应用效果较好,平均机械钻速达7.4 m/h;三开井段瑞德生产的DSX519S-G2型PDC钻头(5刀翼、6喷嘴)和E1113-A1型PDC钻头(4刀翼、8喷嘴)应用效果较好,配合螺杆使用平均机械钻速达 $5\sim7$  m/h,较之牙轮钻头,机械钻速提高2倍以上。

四开和五开井段由于是主要目的层,地质上为了辨别地层和油气发现,要求使用牙轮钻头,限制螺杆及PDC钻头的使用。在使用的牙轮钻头中,江汉钻头厂生产的 $\phi 215.9$  mm HA135G钢齿牙轮钻头和 $\phi 149.2$  mm YC517单牙轮钻头的使用效果比较好,主要是其切削齿较长,切削效率高,机械钻速快。

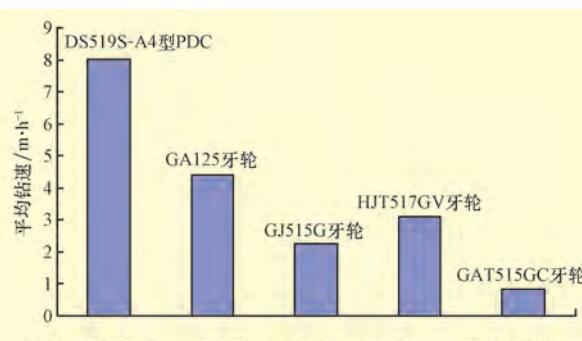
图5 缅甸D区块二开主要钻头( $\phi 444.5\text{ mm}$ )的使用情况

Fig.5 Mainly used drill bits in 2nd spud of Block D of Myanmar

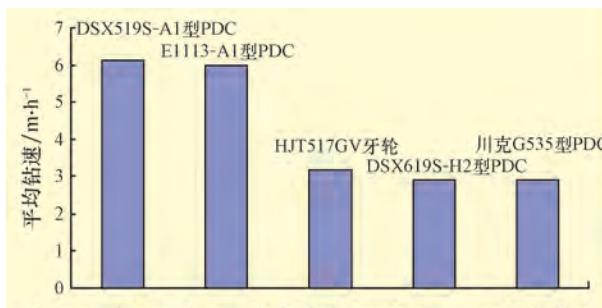
图6 缅甸D区块三开主要钻头( $\phi 311.1\text{ mm}$ )的使用情况

Fig.6 Mainly used drill bits in 3rd spud of Block D of Myanmar

## 2.4 解决软泥岩泥包牙轮钻头的技术措施

由于缅甸D区块钻遇大段泥页岩,水敏性强,水化后造成钻井液黏度升高,极易泥包钻头。例如,Patolon-2井二开钻至井深1 570~1 580 m、Yagy-1X井二开钻至井深1 750 m时均多次发生严重的泥包牙轮钻头,而且泥包后很难消除。经多次讨论摸索,优选刀翼少、喷嘴多且分布均匀的PDC钻头,采用低钻压、高转速方法克服了泥包钻头的问题。

## 2.5 井壁稳定技术措施

受高陡构造地应力影响,井壁垮塌掉块严重。除了及时调整钻井液密度外,还要保证KCl聚合物钻井液体系中KCl的含量,维持钻井液中 $K^+$ 的含量,提高钻井液的抑制性。

Yagy-1井三开钻至井深2 196.65 m时,由于井下掉块,造成接单根以及起下钻十分困难。将钻井液密度由1.37 kg/L提高到1.40 kg/L、同时提高钻井液的抑制性(如图7所示)后,井下掉块情况好转,随后正常钻进。

另一方面,在操作上尽量减少划眼作业,尤其减少倒划眼作业,避免划眼过程中钻头或稳定器碰撞井壁而造成硬脆地层垮塌掉块。

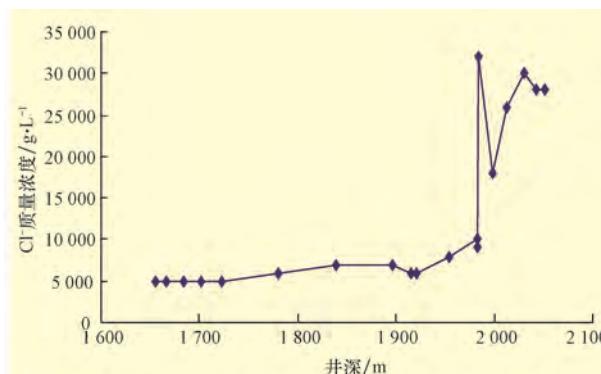


图7 Yagy-1井钻井液中抑制性逐步提高示意

Fig.7 Fluid inhibition gradual increase of Well Yagy-1

## 3 结论与认识

1) 利用缅甸D区块高陡构造地层的自然造斜规律,优选井口位置及设计井眼轨迹,既保证了勘探目标的实现,又提高了钻井速度,减小了钻井难度,效果非常明显。

2)  $\phi 660.4$ 、 $\phi 444.5$ 和 $\phi 311.1\text{ mm}$ 井段采用螺杆复合钻具组合钻进机械钻速较高,与相邻区块相比,机械钻速提高了2倍。

3) “PDC钻头+塔式钻具组合”匹配低钻压和高转速钻进参数,防斜打快效果较好。

4) 针对缅甸D区块地层不稳定、易垮塌的特点,在钻进过程中尽量不采用倒划眼,钻完立柱后,上提钻具正划眼清洁修整井壁,防止倒划眼时钻头刮碰井壁产生掉块,取得了很好的效果,大大缩短了复杂划眼时间,加快了钻进速度。

## 参 考 文 献

- [1] 陈庭根,管志川.钻井工程理论与技术[M].山东东营:石油大学出版社,2000:251-254.  
Chen Tinggen,Guan Zhichuan. Theory and technology of drilling engineering[M]. Shandong Dongying: China University of Petroleum Press,2000:251-254.
- [2] 宋华清.地层自然造斜规律的利用[J].石油钻采工艺,1994,16(1):17-23.  
Song Huaqing. Application of formation nature build-law[J]. Oil Drilling & Production Technology,1994,16(1):17-23.
- [3] 苏义脑.油气直井防斜打快技术:理论与实践[M].北京:石油工业出版社,2005:231-242.  
Su Yinao. Technology of deviation control and drilling fast for vertical wells: theory and practice[M]. Beijing: Petroleum Industry Press,2005:231-242.
- [4] 刘同富,裴建忠,王安泰.胜利油田中深井优快钻井技术[J].石油钻探技术,2003,31(4):7-8.  
Liu Tongfu,Pei Jianzhong,Wang Antai. The efficiency drilling techniques for medium-deep wells in Shengli Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques,2003,31(4):7-8.