

◀ 现场与经验 ▶

普光气田空气钻井取心技术

黄松伟

(中原石油勘探局 钻井四公司,河南 濮阳 457321)

摘要:为了开展对普光气田上部陆相地层的岩性研究,进一步提高普光气田钻井速度,在普光107-1H井和普光3011-5井进行了空气钻井取心作业,这也是我国首次进行空气钻井取心。针对空气钻井取心存在的润滑性差、摩擦过热、钻具震动大等技术难点,优选了取心钻头和钻井参数,简化了取心钻具组合,并将取心筒的悬挂轴承改进为耐高温高压的空气冷却密封轴承,岩心爪总成由缩径套式改为加长卡紧套式,保证了两口井空气钻井取心作业的成功。普光107-1H井岩心收获率87.25%,取心平均机械钻速0.28 m/h;普光3011-5井岩心收获率79.34%,取心平均机械钻速2.71 m/h。采用空气钻井取心解决了常规取心造成的岩心污染问题,客观真实地反映了地层情况,为深入开展地层研究评价,促进普光气田的勘探开发提供了重要的科学依据。

关键词:空气钻井;取心;取心工具;岩心收获率;普光气田

中图分类号:TE244 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2009)03-0110-04

1 概述

普光气田位于四川省达州市宣汉境内,探明含气面积约 28 km^2 ,探明地质储量为 $2\ 501 \times 10^8 \text{ m}^3$,是国内目前规模最大、丰度最高的特大型整装海相气田。普光构造为陆相、海相相交互和海相沉积,上部地层为高陡构造,砂、泥、页岩互层频繁,硬度大,研磨性强,可钻性差,机械钻速低;中下部地层破碎,井眼稳定性差,易发生井漏;下部碳酸盐岩气藏普遍存在多套压力系统和产层,且硫化氢含量高,钻井风险大。为了加快普光气田的勘探开发速度,2005年底,中原油田在该地区上部井段开始应用空气钻井技术,与常规钻井1~2 m/h的机械钻速相比,空气钻井速度提高了3~8倍,配合使用空气锤甚至超过10倍,达到了大幅度提高钻井速度的目的^[1-4]。

普光气田地质构造特殊,为了开展对上部陆相地层千佛崖组、自流井组和须家河组地层、烃源岩及沉积储层的研究,以进一步提高钻井速度和保证井下安全,决定对上部地层进行取心。但是,常规钻井取心因地层埋藏深、钻速慢,存在很大的钻井安全风险,而目前普光地区空气钻井技术日趋成熟,所以中原油田在普光107-1H井和普光3011-5井进行了空气钻井取心。普光107-1H井取心进尺34.82 m,心长30.38 m,取心收获率87.25%,取心平均机械钻速0.28 m/h;普光3011-5井取心进尺62.50 m,心

长49.59 m,取心收获率79.34%,取心平均机械钻速2.71 m/h。

2 空气钻井取心的技术难点与对策

2.1 技术难点

中原油田在普光气田开展的空气钻井取心在我国属于首次,与常规钻井取心(以钻井液为循环介质)^[5-6]相比,存在诸多技术难点,具有一定的挑战性和不可预见性。

1)空气钻井取心工具由于循环介质为空气,没有钻井液的润滑,易使取心筒悬挂轴承在较短时间内失效。

2)由于缺少钻井液的冷却和润滑,岩心爪长期与岩心摩擦形成高温,易造成岩心爪提前损坏,割心成功率难以保证。

3)空气钻井返出的岩屑都是粉末状微小颗粒,由于没有钻井液的减震效果好,空气取心时井底钻具震动比较剧烈,加上普光气田上部陆相地层硬度大、易碎,尤其是在胶结相对疏松的地层,岩心很难

收稿日期:2009-02-25;改回日期:2009-03-02

作者简介:黄松伟(1964—),男,河南洛阳人,1983年毕业于江汉石油学院钻井工程专业,中原石油勘探局钻井四公司经理,高级工程师。

联系电话:(0393)4835988

形成,造成取心收获率低。

4)空气钻井取心具有空气钻井的优点,钻速很快,难以判断割心位置的岩性。

2.2 相应的技术对策

空气钻井取心工具的选择与改进 为了满足空气钻井取心的技术要求,优选了川7-5取心筒,其悬挂轴承改进为耐高温高压的空气冷却密封轴承,以增加其润滑性并延长使用寿命;岩心爪总成由缩径套式改为加长卡紧套式,避免因长时间与岩心摩擦生热而导致的岩心爪损坏。

优选钻具组合及取心钻进参数 为降低井下钻具震动、提高取心速度和取心收获率,首先简化钻具组合,采用小钻压、低转速、大空气排量,以满足空气钻井取心的技术要求。钻具组合为: $\phi 241.3\text{ mm}$ (或 215.9 mm)PDC钻头+川7-5取心工具+ $\phi 158.8\text{ mm}$ 钻铤×3根+ $\phi 127.0\text{ mm}$ 加重钻杆×15根+ $\phi 127.0\text{ mm}$ 钻杆;空气钻井取心钻进参数:钻压 $20\sim30\text{ kN}$,转速 35 r/min ,空气排气量 $120\sim130\text{ m}^3/\text{min}$,立压 $2.1\sim2.2\text{ MPa}$ 。

优选钻头 由于空气钻井取心作业要求的钻压和转速都较低,为提高机械钻速,选用PDC取心钻头比较适宜。

3 空气钻井取心现场施工

普光107-1H井位于四川省宣汉县黄金镇沙场村3组,是中国石化中原油田普光分公司部署在普光构造东南翼上的一口开发水平井,设计井深

6415.5 m ;普光3011-5井是中国石化中原油田普光分公司部署的另一口开发定向井,设计井深 5485 m ,位于四川盆地川东断褶带黄金口构造带普光构造。普光107-1H井要求在千佛崖组连续取心 80 m ,普光3011-5井要求在自流井组连续取心 30 m 、须家河组4段连续取心 30 m 。为了顺利完成空气钻井取心作业,施工人员在优选取心工具的基础上,制定了相应的技术措施:取心钻头入井前一定要保证井眼畅通;钻头入井后,控制下钻速度,距离井底 1 m 左右时应将井底循环清洗干净;树心作业和割心作业与常规钻井液取心钻进程序相同,在正常取心过程中,要求送钻均匀,并注意立管压力、扭矩变化,发现立压突然升高、扭矩变化等井下异常现象时,应立即停止取心作业,活动钻具,循环观察,及时处理。

3.1 取心钻头的选择

由于2口井取心井段均属陆相地层,其岩性特点是砂泥岩软硬交错变化大,泥页岩或砂泥岩易水化剥蚀掉块、易塌,砂岩石英含量高且胶结致密、硬度大、研磨性强,地层可钻性差。根据上述地层特点,普光107-1H井和普光3011-5井分别选用了川石、川克和迪普的PDC取心钻头,现场应用效果见表1、表2。

由表1、2可以看出:普光107-1H井PDC钻头的取心效果较差,机械钻速很低,这除了地层可钻性差外,主要原因是钻头选型不合理,选用的PDC取心钻头的复合片尺寸较大;而普光3011-5井在选择取心钻头时,与钻头生产厂家结合,认真分析现场资

表1 普光107-1H井 $\phi 215.9\text{ mm}$ 空气取心钻头应用情况

序号	地层	取心井段/m	钻头型号	进尺/m	纯钻时/h	机械钻速/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$	
1	千佛崖组	3 240.03~3 242.14	BXQI180-101	2.11	22.5	0.09	
2		3 328.07~3 358.59	GC315	30.52	53.7	0.57	
3		3 358.87~3 360.03	GC315	1.16	12.5	0.09	
4		3 358.59~3 358.87	C201	0.28	10.1	0.02	
合 计				0.75	25.0	0.03	
				34.82	123.8	0.28	

表2 普光3011-5井空气取心钻头使用情况

序号	地层	取心井段/m	钻头直径/mm	钻头型号	进尺/m	纯钻时/h	机械钻速/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$
1	自流井组	2 828.0~2 860.0	241.3	4PC0876	32.0	15.0	2.13
2	须家河组	3 164.0~3 194.5	215.9	DC386	30.5	8.0	3.80
合 计					62.5	23.0	2.71

料和地层特性,改进了 PDC 取心钻头刀翼的形状和高度,合理改变了切削齿的布齿结构,应用了高质量、小尺寸复合片,降低了切削齿与井底岩石的接触面积,提高了钻头的破岩效率。该井优选的 2 只钻头($\phi 241.3\text{ mm}$ 4PC0876、 $\phi 215.9\text{ mm}$ DC386)与普光 107-1H 井的相比,取心机械钻速提高了近 10 倍,取得了良好的取心钻进效果。

3.2 分段取心情况分析

由于空气钻井取心没有钻井液的压持效应,因

此可以有效提高取心时的钻进速度,而且在无钻井液污染的情况下能准确评价地层,但是取出的岩心也更容易破碎、脱落,尤其是在胶结较疏松的泥岩砂岩互层的井段取心,收获率相对较低。空气钻井取心每次割心时岩心比较容易割断,割心完毕上提时悬重无明显变化,不利于现场判断和操作。2 口井取心结果见表 3、表 4。

从表 3 可以看出,普光 107-1H 井第 1~4、6、8 筒次由于地层大部分为灰岩,收获率较高;而第 5、7、9、10 筒次岩心收获率偏低,其原因主要为:1) 地

表 3 普光 107-1H 井空气钻井取心分段统计

筒次	取心层位	井段/m	进尺/m	心长/m	平均收获率, %	机械钻速/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$
1	千佛崖组	3 240.03~3 242.14	2.11	2.05	97.16	0.09
2	千佛崖组	3 328.07~3 336.59	8.52	8.52	100.00	0.59
3	千佛崖组	3 336.59~3 345.23	8.64	8.34	96.53	0.76
4	千佛崖组	3 345.23~3 346.79	1.56	1.36	87.18	0.22
5	千佛崖组	3 346.79~3 355.73	8.94	5.72	63.98	0.81
6	千佛崖组	3 355.73~3 358.59	2.86	2.65	92.66	0.29
7	千佛崖组	3 358.59~3 358.87	0.28	0.20	71.43	0.02
8	千佛崖组	3 358.87~3 360.03	1.16	1.16	100.00	0.09
9	千佛崖组	3 360.03~3 360.38	0.35	0.18	51.43	0.08
10	千佛崖组	3 360.38~3 360.78	0.40	0.20	50.00	0.02
合 计			34.82	30.38	87.25	0.28

注:地层岩性均为砂泥岩互层、灰岩。

表 4 普光 3011-5 井空气钻井取心分段统计

筒次	取心层位	井段/m	进尺/m	心长/m	平均收获率, %	机械钻速/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$
1	自流井组	2 828.00~2 836.50	8.50	8.42	99.06	1.70
2	自流井组	2 836.50~2 845.40	8.90	8.90	100.00	2.28
3	自流井组	2 845.40~2 860.00	14.60	3.08	21.10	2.37
4	须家河组	3 164.00~3 172.50	8.50	7.82	92.00	3.95
5	须家河组	3 172.50~3 180.95	8.45	8.65	102.37	7.04
6	须家河组	3 180.95~3 188.00	7.05	6.87	97.45	3.53
7	须家河组	3 188.00~3 194.50	6.50	5.85	90.00	2.79
合 计			62.50	49.59	79.34	2.71

注:地层岩性均为砂泥岩互层。

层砂泥岩互层与灰岩软硬胶结极度不整合、疏松;2)取心钻头选型不当、钻进参数不合理导致机械钻速太低;3)钻具震动等。

从表 4 可以看出,普光 3011-5 井空气钻井取心除第 3 筒(长筒取心)收获率偏低外,其余每筒收获率都在 90% 以上,是比较成功的,如第 3 筒心不计,

则取心收获率可以达到 97.10%,取心机械钻速最高达到了 7.04 m/h ,开创了国内空气钻井取心新纪录。第 3 筒次取心效果差的原因:一是应用了长筒取心钻具,内筒震动偏大,操作失误等;二是地层岩性主要是泥岩,胶结相对较疏松,而且软硬结构极其不规则,造成取心过程中岩心受力不均,导致取心收

获率偏低。

4 结论与认识

1)根据地层岩石特性优选取心钻头是提高空气钻井取心收获率的关键,同时可大幅度提高机械钻速。

2)空气钻井取心应使用特殊加工的加长卡紧套式岩心爪总成以防止破碎的岩心脱落。为防止岩心爪高温失效,建议每筒必须更换岩心爪和悬挂轴承。使用空气冷却式悬挂轴承可以提高取心作业时间,保证取心进度和成功率。

3)建议空气钻井取心尽量不采用长筒取心方式;在使用双筒取心时,应选择在钻时较慢的砂岩割心,割心前循环不宜过长,一般控制在10~15 min,以防岩心脱落,从而提高岩心收获率。

4)空气钻井取心要选择大于正常钻进时的排气

量,以保证钻屑及时排出、井底清洁。

5)在空气钻井取心过程中,应尽可能使用新钻杆或新度高的钻杆,坚持每趟钻都对钻铤探伤,保证入井钻铤的质量,以保证井下钻具安全。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 侯树刚,舒尚文,李铁成,等.空气钻井安全钻进特性分析[J].石油钻探技术,2007,35(6):50-53.
- [3] 侯树刚,舒尚文,张克勤,等.空气、氮气钻井技术在普光气田的应用[J].天然气工业,2008,28(5):55-57.
- [4] 张金成.普光气田钻井技术发展与展望[J].石油钻探技术,2008,36(3):5-9.
- [5] 梁宝昌,刘国祥.水平井取心技术在大庆油田的应用[J].石油钻探技术,1997,25(2):14-15,49.
- [6] 徐玉山.如何提高岩心收获率[J].石油钻探技术,1996,24(3):11-13,55.

Air Drilling Coring Technology Used in Puguang Gas Field

Huang Songwei

(Fourth Drilling Company, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan, 457321, China)

Abstract: Air drilling coring operation, the first of gas drilling coring at home, was conducted on wells Puguang 107-1H and Puguang 3011-5 in order to investigate the lithology of the upper terrestrial formation and to improve drilling speed. Considering the technical challenges arising from air coring, including bad lubrication, high friction temperature, severe drill string vibration, etc, the drill bit and drilling parameter were optimized, the drilling assembly was simplified, the suspension bearing of coring barrel was changed into air-cooling sealing bearing, and the sleeve coring gripper was changed into extended clamping sleeve. All these measures ensure the coring success in two wells. The coring recovery in wells Puguang 107-1H and Puguang 3011-5 are 87.25% and 79.34%, and average drilling speed in these two wells are 0.28 and 2.71 m/h. Air drilling coring avoids core damage caused by conventional coring, which is helpful to determine formation lithology and to provide significant foundations to promote development of Puguang gas field.

Key words: gas drilling;coring;coring tool;core recovery;Puguang Gasfield

胜利油田完成国内首例智能分测分采现场试验

智能分测分采工艺技术主要是利用不同的分层封隔器卡封油层,用毛细管控制液压开关,对目的层进行分采,再由光缆传感器对目的层进行智能分层传感测压。采集的数据进行优化后,再利用地面系统调整井下流量控制系统,对油层进行生产状态的控制。该工艺技术能充分发挥各油层的产能,对油层进行选择性开采。

孤东6-28-495井是胜利油田孤东采油厂的一口重点井,该井共有3个油层,其中42层按照生产要求关闭,61层和54层需要分层采油。为此,技术人员提出对该井实施震荡解堵、地层填砂、化学防砂和智能分测分采的施工方案。

目前,该井已顺利完成智能分测分采工艺试验,这是该技术在国内的首次现场应用,标志着胜利油田在智能测井方面迈出了重要一步。