

文章编号:1001-3482(2012)02-0067-04

连续油管技术在页岩气勘探开发中应用前景

吕选鹏^a,周承富^a,陈 辉^a,苟景峰^a,肖德栋^b

(中国石油集团渤海钻探工程公司 a. 井下技术服务分公司;b. 第三钻井分公司,天津 300283)

摘要:页岩气存在于盆地沉积层中,由于聚集机理特殊,不能用常规方法开采。连续油管技术具有许多优点,已在钻井、压裂、冲砂等领域得到应用。在页岩气开采中采用连续油管技术,即,欠平衡钻井、水平井拖动酸化、压裂等,将使这些能源具有开发价值。美国的开发实践也证明了该技术的可行性,我国应加强连续油管设备研究及在页岩气勘探开发中的应用研究。

关键词:连续油管;页岩气;欠平衡钻井;井下作业

中图分类号:TE933.8 **文献标识码:**A

Coiled Tubing Technology Prospect in Exploration and Development of Shale Gas

LV Xuan-peng^a, ZHOU Cheng-fu^a, CHEN Hui^a, GOU Jing-feng^a, XIAO De-dong^b

(a. Downhole Technology Services Company; b. No. 3 Engineering

Company, Bohai Drilling Company Limited, CNPC, Tianjin 300283, China)

Abstract: Shale gas present in the basin sediments, due to a special gathering mechanism can not be mined by conventional methods. Coiled tubing technology has many advantages, in drilling,

4 现场试验

该工具研制成功后,在辽河油田进行了 3 口注水井和 2 口产气井的现场试验,数据如表 1。

现场施工由 2 名采油工操作,采用 1 台试压泵加液压,成功率 100%,平均更换时间 1.5 h。

表 1 5 口井现场试验数据

井号	类别	油压/MPa	备注
1	注水井	8.5	主阀门未坏,试验工具
2	注水井	10.0	主阀门未坏,试验工具
3	注水井	11.2	主阀门内泄漏
4	气井	15.0	主阀门未坏,试验工具
5	气井	17.5	主阀门外泄漏

5 结论

1) 研制出新型油管封隔器和起下工具,开发出 1 套使用该工具进行不压井更换井口主控阀的工作流程。

2) 油管封隔器的坐封、解封以及起下均采用加液压方法,操作方便快捷,安全、环保、省时、省力。

3) 目前,该技术只能进行不压井更换油管阀门,无法进行不压井更换套管阀门的操作,以后重点研究不压井更换套管阀门技术。

4) 该技术所需设备简单,只需要油管封隔器、起下工具、打捞工具和 1 台试压泵,无需作业队,平均更换阀门时间 1.5 h。降低了作业成本,对油气层没有伤害,应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 李 智,胥 云,王振铎,等.水力喷砂压裂工具喷嘴磨损分析[J].石油矿场机械,2010,39(11):25-28.
- [2] 潘志勇,刘文红,宋生印,等.闸阀阀座变形原因分析及改进措施[J].石油矿场机械,2010,39(8):49-52.
- [3] 李长忠,马发明,马 俊,等.井口主控阀安全更换技术[J].钻采工艺,2010,33(1):108-109.
- [4] 孙树强.井下作业[M].北京:石油工业出版社,2006.

① 收稿日期:2011-08-28

作者简介:吕选鹏(1972-),男,陕西咸阳人,高级工程师,1996年毕业于西南石油学院采油工程专业,现从事井下作业技术研究。

fracturing, sand washing and other application fields. Shale gas in the coiled tubing used in mining technology, i. e., underbalanced drilling, horizontal wells drag acidification, fracturing, etc., will have a development value of these energy sources. The development of the United States practice has proven the feasibility of the technology; China should strengthen research and coiled tubing equipment in shale gas exploration and development of applied research.

Key words: coiled tubing; shale gas; underbalanced drilling; borehole service

页岩气作为源岩排烃残余的主要产物,存在于盆地沉积层中,是非常规油气资源之一。由于页岩气聚集机理特殊,富集条件多样,使得一些不具备常规油气成藏条件的泥页岩具有勘探价值。在30 a前美国就开始研究页岩气的开采技术,目前的年产量相当于我国各类天然气年产量的总和。我国具有丰富的页岩气,但研究较晚。页岩气成藏条件及物性特殊,开采难度大,需要采用新的钻井技术及开采工艺。近年来,连续油管技术逐渐成熟,应用于钻特殊工艺油气井、不压井作业、水平井冲砂等工艺中,为开发特殊油气藏发挥了重要作用。本文主要探讨了连续油管技术在页岩气勘探开发中的应用前景。

1 页岩气资源在中国的分布情况

我国各地质历史时期海相、陆相页岩分布广泛,元古界和古生界页岩分布面积达 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$,演化程度高,TOC高,具备页岩气成藏的地质条件,开发潜力巨大。中国沉积盆地的页岩气地质储量^[1-3]达到 $45 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采约为 $26 \times 10^{12} \text{ m}^3$,与美国 $28.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 资源量相当,两国页岩气地质条件也非常相似,经济价值巨大。依据页岩发育地质基础、区域构造特点、页岩气富集背景以及地表开发条件,可将中国的页岩气区域划分为南方、北方、西北和青藏4个大区^[4-5],南方、北方、西北及青藏地区各自占我国页岩气可采资源总量的46.8%、8.9%、43%和1.3%;古生界、中生界和新生界各自占我国页岩气资源总量的66.7%、26.7%和6.6%。

2 连续油管作业技术特点

连续油管技术是当前国际上先进的作业技术,操作简单省时,安全可靠,具有明显的优越性。近几十年来,连续油管技术的应用领域不断扩大,在许多方面已能完全替代常规作业。对一些常规技术难于处理的问题,应用连续油管技术便可迎刃而解,被誉为“万能作业设备”。目前,连续油管广泛用于冲砂、洗井、诱喷助排、酸化、扩眼、完井、集输、射孔、钻井

(侧钻水平井、小井眼井、定向井、欠平衡钻井等)等井下作业,每年实施约1 500井次,最大下入深度6 248.4 m。

3 应用连续油管技术的可行性

3.1 钻井

页岩气埋藏较浅(美国平均埋藏深度在1 200 m),有着超低的渗透率,在钻井过程中最好采用欠平衡钻井工艺,以便更好地保护储层。由于我国正处在页岩气开发初期,技术还不成熟,笔者认为应该以钻直井为主,这样可以较好地勘探和了解页岩气储层、储量分布情况以及物性情况。到技术发展后,可钻水平井、定向井或丛式井,以提高页岩气产量,缩短开发时间和取得良好的采收率。

连续油管在欠平衡钻井和浅井钻井、水平井钻井中比常规钻井有着无法比拟的优越性,其优越性表现在:控制压力能力强,能在欠平衡条件下安全、高效地钻井;适合于现有井的加深钻井和侧钻作业。与用常规钻井设备或修井设备达到同样的目标相比,用连续管可以节约费用25%~40%;容易提高钻井工艺自动化水平,操作人员少;装备的机动性好,安装、拆卸容易,节约时间;起下钻快,钻井作业周期短;地面设备占地少,适合于地面条件受限制的地区或海上平台作业;连续油管的挠性好,能钻短弯曲半径的水平井;地面设备少,噪声低,污物溢出量少,对环境影响小。这些优势将在页岩气钻井中发挥作业。

井下钻具包括:钻头+泥浆马达+MWD系统+定位系统+释放器(丢手)+非转动连接器+循环接头+止回阀+CT连接器。

美国页岩气开发中常用60.3 mm(2 $\frac{3}{8}$ 英寸)连续油管钻 $\phi 101.6 \text{ mm}$ (4英寸)井眼。目前已经完钻500余口井,完钻周期比常规钻井缩短5.4 d,钻井效率提高而钻井费用大幅度降低。因此,在页岩气开发中适合使用连续油管钻井。

3.2 射孔

采用连续油管带射孔枪射孔可以节约射孔枪下

入时间,减少射孔枪浸泡时间,提高作业效率。连续油管射孔采用加压起爆方式,工具组合为:连续油管

+接头+安全接头+MCCL 定位器+起爆装置+射孔枪。如图 1 所示。

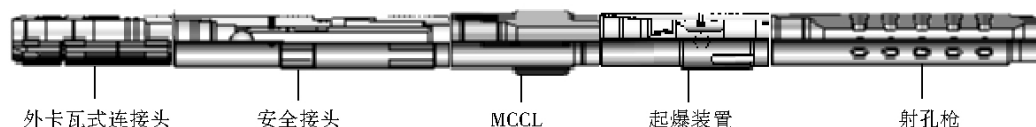


图 1 连续油管射孔工具组合

可用外径 $\phi 50.8 \text{ mm}$ (2 英寸),壁厚 3.4 mm (0.134 英寸),长度 $>5\,500 \text{ m}$ 的连续油管作为施工油管。选用注入头拉力 $>272 \text{ kN}$ (60 000 磅) 的连续油管作业机。连续油管下入到预定深度,通过机械套管节箍定位器 (MCCL) 定位,其定位原理是利用 1 个机械装置寻找套管节箍的缝隙和套管短节位置,从而对比套管数据、确定深度。MCCL 的受力如图 2 所示。

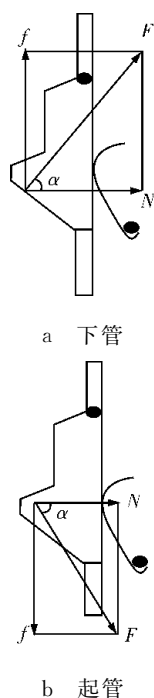


图 2 MCCL 的受力原理

由图 2 可以得出:

$$f = F \cdot \cos \alpha$$

$$N = F \cdot \sin \alpha$$

式中, F 为 MCCL 的突起结构在井中受到的总阻力; f 为阻力; N 为水平方向分力; α 为 MCCL 突起结构的倾斜度。

当下放管柱时, MCCL 的突起结构由于下部倾斜度 α 较小,遇到节箍时,水平方向的分力 N 较大,内部弹簧在压力作用下很容易收缩,从而顺利通过节箍;当上提管柱时, MCCL 的突起结构上部倾斜

度 α 较大,遇到节箍时,水平方向的分力 N 较小,内部弹簧不易被压缩,在该位置时阻力 f 较大,指重表会突然增加 $10 \sim 20 \text{ kN}$ 重力,以此来确定套管节箍的位置。

3.3 水平井酸化

对于水平井,页岩气储层物性存在非均质性,酸化作业时井筒内流体受到重力和流体表面张力的作用,采用常规笼统注酸工艺,大部分酸液消耗在底端,储层其他部位很难得到有效改造,达不到理想酸化目的。把连续油管下到水平段最深处或下到裸眼段,进行酸化的同时上提连续油管,实现拖动酸化,达到均匀布酸的目的。

3.4 压裂

1) 使用连续油管在直井段小薄层中定点喷砂射孔压裂 页岩气多为小薄层,储层物性不好,渗透率极低。采用常规射孔枪射孔,在井筒附近有压实带,不能有效沟通储层与井筒。使用连续油管带喷砂射孔装置对直井小薄层进行定点射孔^[6] (如图 3),水力喷砂射孔能有效地穿透套管并在天然砂岩上射出直径 $>30 \text{ mm}$ 、深达 780 mm 的孔眼^[8],能解除钻井过程中近井储层的污染。连续油管水力喷砂射孔压裂技术集不压井作业、水力喷砂射孔、分段压裂于一体,是高效尖端增产改造技术。该技术是通过连续油管水力喷砂射孔,从环空进行主压裂施工,并通过砂塞分隔各压裂层的 1 种压裂技术。1 次施工分别对多个产层进行射孔、压裂作业,并能逐一或统一进行返排。

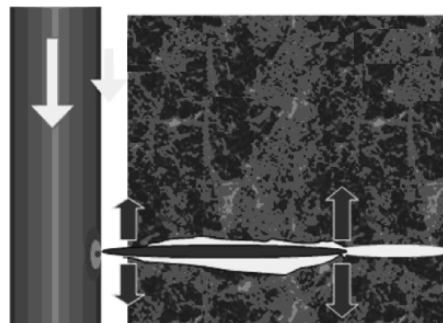


图 3 定点喷砂射孔示意

2) 使用连续油管在水平井中多段压裂 在页岩气开发阶段,水平井压裂技术能最大程度提高单井产量,是页岩气开发的重要手段。连续油管喷砂射孔环空加砂分级压裂工艺技术对压裂层/段数不受限制,通过连续油管带封隔器下入目标层段,施工过程中可用连续油管实时监测井底压力;连续油管喷砂射孔、环空主压裂,可实现较大规模改造,封隔器可多次坐封、解封,实现多段分段改造目的。工具串起出井筒后即具备生产条件,且便于后期修井作业。

3.5 冲砂

如果压裂过程出现砂堵,可应用连续油管进行快速冲砂解堵,保证施工的顺利进行^[7]。连续油管冲砂工具组合如图4所示。

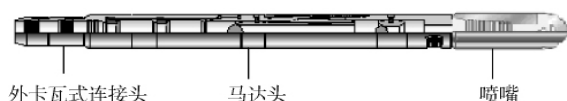


图4 连续油管冲砂工具串

冲砂喷头改变了冲砂液在井底的运动状态,由纯滑动改为水力旋转与滑动复合型,实现了水力自进、限速旋转、紊流携砂,可高效快速解除砂堵。

3.6 钻塞

目前,美国常采用连续油管带射孔枪射开页岩气底部第1个油层,起出射孔枪,进行第1层的套管压裂。压裂结束后,下电缆带可钻式桥塞和射孔枪,在水平段利用第1层压裂后可向地层挤入流体,通过泵注一定流速的压裂液推动桥塞和射孔枪到达坐封位置坐封桥塞,然后上提射孔枪到达射孔目的层射孔。结束后起出射孔枪,进行套管压裂,整个水平井的压裂完成后用连续油管钻塞放层进行生产。连续油管钻塞工具组合如图5所示。

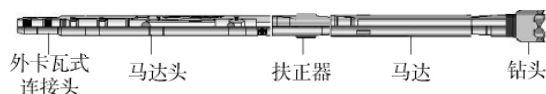


图5 连续油管钻塞工具串

钻塞时,下钻速度 <15 m/min,同时以 159 L/min(1.0 bbl/min)排量泵注循环液体,直到目标桥塞以上 100 m;降低下钻速度至 5 m/min,提高泵循环排量到 270 L/min(1.7 bbl/min),注意观察指

重表和泵压的变化,直至确认钻头接触到桥塞;油管上提 1 m,增加泵循环排量到 382 L/min(2.4 bbl/min)的钻塞排量,钻头以最小速度接近桥塞,根据指重表显示的钻压和泵压的变化量停止下钻。钻头在该位置钻磨桥塞,直到钻压减小或是泵压上升,再缓慢下钻到合适钻压或泵压不超过允许值时停止下钻,以此循环操作。当指重表读数突然增大,同时泵压大幅减小时,表明桥塞已经钻除,下钻 10 m后,减小排量到 159 L/min(1.0 bbl/min),缓慢上提,冲洗所有桥塞碎屑到直井段,停止上提,循环液体量达 1.5 倍井筒容积。

4 结语

页岩气开发将是我国非常规天然气开发的重点。笔者简要介绍了连续油管作业技术特点,并就连续油管在页岩气储层钻井、射孔、水平井拖动酸化、压裂、冲砂和钻塞等方面作了可行性分析。通过分析认为,连续油管技术在页岩气勘探开发中将大有作为。我国的页岩气储量丰富,应借鉴美国的开发经验,加大连续油管作业技术研究及在页岩气勘探开发中的应用研究。

参考文献:

- [1] 张言.页岩气藏开发的专项技术[J].国外油田工程,2009,25(3):24-25.
- [2] 潘仁芳,黄晓松.页岩气及国内勘探前景展望[J].中国石油勘探,2009,22(6):2-5.
- [3] 张金川.根缘气(深盆地)的研究进展[J].现代地质,2003,17(2):210.
- [4] 张金川,薛会,张德明,等.页岩气及其成藏机理[J].现代地质,2003,25(2):66.
- [5] 钱斌,朱炬辉.连续油管喷砂射孔套管分段压裂新技术的现场应用[J].天然气工业,2011,31(2):10-11.
- [6] 李根生,牛继磊,刘泽凯,等.水力喷砂射孔机理实验研究[J].石油学报,2002(26):25-27.
- [7] 汪国庆,周承富,吕选鹏,等.连续油管旋转冲砂技术在水平井中的应用[J].石油矿场机械,2011,40(5):70-73.
- [8] 吴月先.连续油管井下作业范围扩大[J].石油矿场机械,2005,34(2):65-66.
- [9] 王优强,张嗣伟.连续油管的失效形式与原因概述[J].石油矿场机械,1999,28(2):15-18.