

CTR120/300 复合连续油管钻机研制与试验

单代伟^{1,2} 李奔³ 田雨² 文涛⁴

1.四川宏华石油设备有限公司 2.西南石油大学 3.中国石油长城钻探工程公司装备部
4.中国石油川庆钻探工程公司地质勘探开发研究院

单代伟等. CTR120/300 复合连续油管钻机研制与试验. 天然气工业, 2013, 33(2):76-80.

摘要 连续油管钻井技术是 20 世纪 90 年代从北美地区迅速发展起来的一项高效、低成本、安全环保的钻井技术。四川宏华石油设备有限公司成功研发了国内首台复合连续油管钻机, 名义钻井深度($\varnothing 114.3$ mm 钻杆) 2 000 m。钻机的主要设备由移动运输性好的 3 台拖挂单元组成: 连续油管井架底座拖挂单元、连续油管滚筒拖挂单元和机械手拖挂单元。该钻机将连续油管装置和带动力水龙头的常规钻井装置集成在一起, 既能进行常规钻杆钻井, 又能进行连续油管钻井。钻机配备的全套自动化管子处理装置、轻便铁钻工、自动液压卡瓦等机具, 极大地减少了钻台面的作业量, 降低了劳动强度。钻井试验结果表明, CTR 120/300 复合连续油管钻机总体性能符合设计要求, 与常规钻井相比具有起下钻速度快、机械钻速高、钻井液连续循环等优点, 但还需要进一步加强井下工具和钻井工艺的研究, 以加快其在国内的推广应用和发展。

关键词 连续油管 复合连续油管钻机 钻井试验 浅油气藏 中国 四川宏华石油设备有限公司

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2013.02.016

Research & development of CTR120/300 hybrid coiled tubing rig and its experimental studies

Shan Daiwei^{1,2}, Li Ben³, Tian Yu¹, Wen Tao⁴

(1. Sichuan Honghua Petroleum Equipment Co., Ltd., Guanhan, Sichuan 618300, China; 2. Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China; 3. Equipment Department of Great Wall Drilling Company, Beijing 100101, China; 4. Geological Exploration & Development Research Institute of Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Chengdu, Sichuan 610051, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 33, ISSUE 2, pp.76-80, 2/25/2013. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: Since its first use in North America in the 1900s, the Coiled Tubing Drilling (CTD) has been developing rapidly as an efficient, low cost and environmentally-friendly technology. The first hybrid coiled tubing rig in China was researched and developed successfully by Sichuan Honghua Petroleum Equipment CO., LTD, and its designed drilling depth is up to 2000 m by use of the $\varnothing 114.3$ mm drill pipe. The main equipment of the rig is mounted on three trailers with strong mobility, i.e., substructure trailer, reel trailer and pipe handling trailer. This hybrid coiled tubing rig is integrated with a coiled tubing device and the conventional drilling device equipped with a power swivel, so it can drill either with conventional drill pipes or coiled tubing. Both workload and work intensity of operators will be significantly cut down by use of such tools as automatic pipe handling system, portable iron roughneck, automatic hydraulic slip, etc. The experiment shows that the overall performance of CTR120/300 hybrid CTR satisfies the requirement of design. Compared with the traditional drilling, CTD has the advantages of fast tripping, a high rate of penetration, and continuous circulation of drilling fluid. However, further studies on downhole tools and drilling techniques are required for faster development and wider application of CTD technology in China.

Key words: coiled tubing, hybrid coiled tubing rig, drilling experiment, shallow gas and oil reservoir

基金项目:四川省科技支撑计划项目“连续油管钻机工作机理研究和产品研制”(编号:07GG002-023)。

作者简介:单代伟, 1979 年生, 工程师, 博士; 主要从事石油钻井装备的设计和 optimization 研究工作。地址: (610000) 四川省成都市金牛区信息园东路 99 号。电话: (028) 82971807。E-mail: shandaiwei@tom.com

自从1962年,美国 California 石油公司和 Bowen 石油工具公司联合研制的第一台连续油管作业装置(Coiled Tubing Unit, CTU)投入石油工业应用至今,CT技术和CTU已经历了40多年的发展历程。特别是20世纪90年代初,法国 Elf 公司利用CT技术进行老井加深,美国 Oryx 公司利用CT技术侧钻水平井以及 Ensco 公司利用CT技术进行欠平衡钻井的试验成功,极大地推动了连续油管钻井(Coiled Tubing Drilling, CTD)技术的发展^[1]。目前连续油管技术已经广泛应用于钻井、完井、采油、修井和集输等作业各个领域,解决了许多常规作业技术和方式难以解决的问题,应用效果明显^[2-7]。其中连续油管钻井技术作为一项成本低、效率高、安全可靠的钻井新技术,成为了钻井领域的技术热点^[8]。在国内,采用连续油管进行修井作业已有30多年的历史,但所采用的连续油管设备大多是从国外进口的。近几年,中国石油和中国石化相关科研院所通过技术引进和自主研发已经成功开发了具有自主知识产权的连续油管作业车^[9],但到目前为止我国还没有开发出用于钻井的专用连续油管钻机^[10]。

早期由于没有专用的连续油管钻机,常采用连续油管作业机进行老井重钻,这时往往需要一台修井机准备钻前工作或配合进行下尾管和取出生产油管等作业。在钻新井时,也需要一台常规钻机钻开表层井眼和下套管。这就导致在钻井过程中需要准备两套钻机,并在连续油管作业机和常规钻机之间进行转换,导致作业效率低。为了提高连续油管钻井的效率,在20世纪90年代后期,人们就提出了将连续油管钻机和常规钻机复合的想法,即复合连续油管钻机^[11-13]。为了满足国内外钻井市场对连续油管钻机的需求,四川宏华石油设备有限公司与西南石油大学合作成功研发了国内首台CTR120/300复合连续油管钻机。

1 复合连续油管钻机的总体方案

为了使得连续油管钻机能满足全过程钻井和下套管作业的要求,CTR120/300复合连续油管钻机将连续油管装置和带动力水龙头的常规钻井装置集成在一起,钻井过程中采用常规钻井设备钻进表层井段和下套管作业,采用连续油管钻井设备进行表层以下的钻井作业。钻机在门型井架上设计了一段水平导轨,注入头安装在水平导轨上,一对液缸推动注入头底座在水平导轨上滑动,从而实现注入头移动到井眼轴线和远离井眼轴线的动作。当注入头移动到井眼上方时,可以进行连续油管作业;当注入头移离井眼位置时,由

动力水龙头(或顶驱)占据井眼位置,则可进行常规钻井和下套管作业。CTR120/300复合连续油管钻机还配备全套的自动化管子处理装置、轻便铁钻工、自动液压卡瓦等机具,以减少钻台面的作业量,不仅能降低工人劳动强度,更能减少潜在事故的发生。为了提高连续油管钻机的移运性,钻机的主要设备设计在3台拖挂单元上,分别是连续油管井架底座拖挂单元、连续油管滚筒拖挂单元和机械手拖挂单元(图1)。



图1 CTR120/300复合连续油管钻机图

2 钻机的基本参数

名义钻井深度范围($\varnothing 114.3$ mm 钻杆)2 000 m;最大大钩载荷(8绳)1 350 kN;钻井钢丝绳直径 $\varnothing 29$ mm;滚筒容量3 000 m($\varnothing 73.02$ mm 连续油管),2 000 m($\varnothing 88.9$ mm 连续油管);注入头提升力534 kN;注入头注入力267 kN;注入头最大提升速度48 m/min;绞车额定输入功率450 kW;门型井架净空高18.5 m;钻台高度4.5 m;钻台面积5.7 m \times 3.555 m;转盘梁净空高4.1 m。

3 厂内钻机钻井试验

3.1 试验目的

2010年,在四川宏华石油设备有限公司广汉厂区,对CTR120/300复合连续油管钻机进行了钻井试验(图2),试验的目的:①初步掌握连续油管钻井工艺;②验证连续油管钻机各部件是否满足设计要求,为



图2 CTR120/300复合连续油管钻机试验现场图



图4 返回的井底岩屑图

三牙轮钻头,三牙轮钻头是通过冲击破碎的方式实现破岩的,钻进过程中引起了连续油管较强烈的振动,特别是在钻头钻遇软硬交错地层时,振动更为明显,连续油管的振动从井下传到地面,导致连续油管的深度测量出现较大误差。钻井过程中,井下连续油管处于屈曲失稳状态,在温度、压力、轴力和扭矩的作用下亦会产生相应的变形,即使是地面传感器测量精度高也很难准确掌握钻头的钻进深度。所以,在连续油管进行老井开窗侧钻作业中,可以在下部钻具组合中增加套管接箍定位器以便准确的确定钻头的深度。在已知区块采用连续油管钻新井则可在BHA中增加自然伽马(gamma)传感器,通过测量地层的自然伽马来校准钻头的深度^[15]。

4.4 起下钻分析

连续油管钻井的一大优点就是起下钻无需接单根。在现场进行连续油管起下钻时平均速度为0.16 m/s(576 m/h)(图5)。而常规钻井时,如果5 min起下一根立根(27 m),则起下钻速度也仅为324 m/h,因此在钻井试验中连续油管起下钻速度是常规钻杆起下钻速度的1.78倍。考虑到连续油管注入头的最大提升速度是0.8 m/s,因此在保证起下钻安全的情况下,连续油管起下钻速度可以达到常规钻杆起下钻速度的3倍。

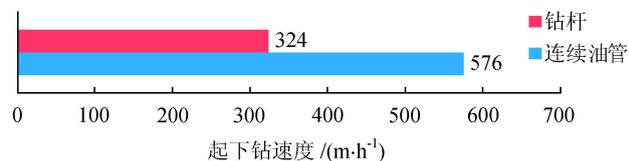


图5 连续油管钻机与教学钻机起下钻速度对比图

4.5 机械钻速分析

在相同地质状况和用同一台钻井泵的情况下,将

连续油管钻机与相距35.6 m处宏华2号教学钻机(ZJ40DBS钻机+顶驱)的钻井情况进行对比如下:

1)连续油管钻机全井纯钻38.68 h,全井平均机械钻速9.05 m/h,宏华2号教学钻机全井段平均机械钻速1.93 m/h,连续油管钻机的全井段机械钻速是宏华2号教学钻机的4.69倍。

2)连续油管的 $\varnothing 215.9$ mm井眼段钻进,进尺为285.74 m,纯钻时间为27.40 h,机械钻速为10.42 m/h。而采用宏华2号教学钻机钻的 $\varnothing 215.9$ mm井眼段平均机械钻速仅为2.03 m/h。因此在 $\varnothing 215.9$ mm井眼的钻进中,连续油管钻机的机械钻速是教学钻机机械钻速的5.1倍(图6)。

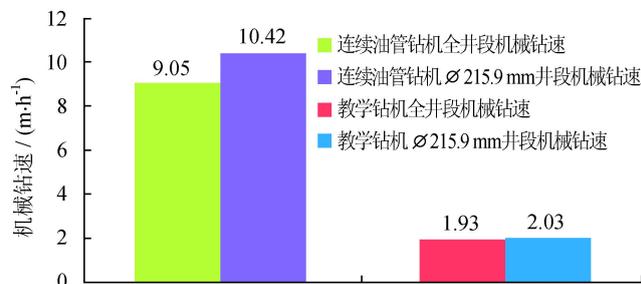


图6 连续油管钻机与教学钻机机械钻速对比图

从图6对比数据可以看出,连续油管钻井因不需要接钻杆,能实现钻井液的连续循环,从而获得了更高的机械速度。如果配备完善的井下工具,司钻人员也具备丰富的连续油管钻井经验,那么钻井速度势必会进一步提高。

5 结束语

通过厂内的钻井试验,验证了CTR120/300连续油管钻机总体性能符合设计要求, $\varnothing 88.9$ mm连续油管能满足 $\varnothing 215.9$ mm井眼钻进要求,而且连续油管钻井与常规钻井相比具有起下钻速度快、钻速高等优点。CTR120/300连续油管钻机的成功研制,填补了国内在该类型钻机上的空白。

目前,我国各油气田已进入开发中后期,急需开展老井挖潜增效、难动用储量开采等工作,而且我国浅层石油天然气、煤层气、页岩气资源丰富,这些都为连续油管钻井技术提供了广阔的发展空间和潜在市场^[16]。目前国内连续油管钻机的研制与生产还没有形成规模,并且缺乏连续油管钻井相配套井下工具,特别是随钻测量和导向工具,在连续油管开窗侧钻和连续油管定向井钻井等方面也缺乏现场的实践经验。笔者认为

国内相关科研机构和钻井公司应积极开展相关领域的研究工作,共同推动连续油管钻井技术在国内的应用和发展。

参 考 文 献

- [1] 黄志潜,高学和.连续油管作业技术文集[M].北京:石油工业出版社,1998:13-14.
HUANG Zhiqian, GAO Xuehe. Collected works of coiled tubing operation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998:13-14.
- [2] 贺会群.连续油管技术与装备发展综述[J].石油机械,2006,34(1):1-6.
HE Huiqun. Development of coiled tubing technique and equipment [J]. China Petroleum Machinery, 2006, 34(1):1-6.
- [3] 贺会群.连续管钻井技术与装备[J].石油机械,2009,37(7):1-6.
HE Huiqun. The coiled tubing drilling technology and equipment [J]. China Petroleum Machinery, 2009, 37(7):1-6.
- [4] CROUSE P C, LUNAN W B. Coiled tubing drilling-expanding application key to future [C] // paper 60706 presented at the SPE/ICoTA Coiled Tubing Roundtable, 5-6 April 2000, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2000.
- [5] BASS A, STAAL B J. Shallow gas pilot for coiled tubing drilling: a case history [C] // paper 74840 presented at the SPE/ICoTA Coiled Tubing Conference and Exhibition, 9-10 April 2002, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2002.
- [6] PINK T, NEVES M, SEYLER C, et al. Drilling with a positive-displacement motor and a rotary-steerable system on 3.5 in CT in the San Juan Basin [C] // paper 107115 presented at 2007 SPE/ICoTA Coiled Tubing and Well Intervention Conference and Exhibition, 20-21 March 2007, Woodlands, Texas, USA. New York: SPE, 2007.
- [7] 单代伟,刘清友,陈俊,等.连续油管钻机现状和发展趋势[J].石油矿场机械,2010,39(5):79-83.
SHAN Daiwei, LIU Qingyou, CHEN Jun, et al. Coiled tubing drilling rig status and trend of development [J]. Oil Field Equipment, 2010, 39(5):79-83.
- [8] 唐志军,刘正中,熊继有.连续油管钻井技术综述[J].天然气工业,2005,25(8):73-75.
TANG Zhijun, LIU Zhengzhong, XIONG Jiyu. Brief statement of coiled tubing drilling techniques [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(8):73-75.
- [9] 贺会群,李相方,熊革,等. CT38 连续管作业车研制与应用 [J]. 石油机械, 2008, 36(3):1-4.
HE Huiqun, LI Xiangfang, XIONG Ge, et al. Development and application of CT38 coiled tubing unit [J]. China Petroleum Machinery, 2008, 36(3):1-4.
- [10] 邓平,王定亚,杨建武,等.连续管钻机技术研究及开发建议[J].石油矿场机械,2009,38(11):36-40.
DENG Ping, WANG Dingya, YANG Jianwu, et al. Study of coiled-tubing unit and development proposal [J]. Oil Field Equipment, 2009, 38(11):36-40.
- [11] ROBER E, KEVIN M, FRANG S. Development of computer-controlled hybrid CT drilling units [C] // paper 68440 presented at SPE/ICoTA Coiled Tubing Roundtable, 7-8 March 2001, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2001.
- [12] CASSEE U, ROCK D, KARA D, et al. True hybrid operations combining coiled tubing drilling and conventional rig workover techniques and practices [C] // paper 92207 presented at SPE/IADC Drilling Conference, 23-25 February 2005, Amsterdam, Netherlands. New York: SPE, 2005.
- [13] SELBY B, SRINIVASN N, DONNALLY B, et al. Hybrid coiled tubing system for offshore re-entry drilling and workover [C] // paper 39374 presented at 1998 SPE/IADC Drilling Conference, 3-6 March 1998, Dallas, Texas, USA. New York: SPE, 2001.
- [14] PINK T, NEVES M, SEYLER C, et al. Drilling with a positive-displacement motor and a rotary-steerable system on 3½ in coiled tubing in the San Juan Basin [C] // paper 107115 presented at the 2007 SPE/ICoTA Coiled Tubing and Well Intervention Conference and Exhibition, 20-21 March 2007, the Woodlands, Texas, USA. New York: SPE, 2007.
- [15] ANDERSON D R, DOREL L, MARTIN ROY. A new, integrated, wireline-steerable, bottom hole assembly brings rotary drilling link capabilities to coiled tubing drilling [C] // paper 37654 presented at the 1997 SPE/IADC Drilling Conference, 4-6 March 1997, Amsterdam, Netherlands. New York: SPE, 1997.
- [16] 苏新亮,李根生,沈忠厚,等.连续油管钻井技术研究与应用进展[J].天然气工业,2008,28(8):55-57.
SU Xinliang, LI Gensheng, SHEN Zhonghou, et al. Research on coiled tubing drilling technology and its application [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(8):55-57.

(修改回稿日期 2012-12-10 编辑 凌 忠)