

◀ 现场交流 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2012.01.024

## 抗高温 sureshot-MWD 在兴古 7 块的应用

杨晓峰

(中国石油长城钻探工程有限公司钻井技术服务公司, 辽宁盘锦 124010)

**摘 要:**随着油田开发难度加大,高温高压深井、超深井也越来越多,普通随钻测量仪在高温高压环境下发生故障的概率很高,无法正常工作并保证测试的准确性、连续性。为了解决这个问题,引进了抗高温 sureshot-MWD 测量仪。该仪器设计工作温度可达 175 ℃,由无刷电机正脉冲发生器、电池和探管组成,具有抗高温、设置灵活和可扩展的特点;仪器独特的旋转阀结构具有自动解卡功能,能够在含砂量 3% 的钻井液中正常工作。现场应用表明,抗高温 sureshot-MWD 在高温环境下工作正常,扩展成的 LWD 可以进行精确的地质导向,缩短了钻井周期,提高了油层钻遇率。

**关键词:**水平井 抗高温 地质导向 sureshot-MWD

**中图分类号:**TE271,TE927<sup>+</sup>.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2012)01-0119-04

## Application of High Temperature Resisting sureshot-MWD in Xinggu 7 Block

Yang Xiaofeng

(Drilling Technology Services Company, PetroChina Great Wall Drilling Company, Panjin, Liaoning, 124010, China)

**Abstract:** With the increasing of oilfield development difficulty, more and more high-temperature high-pressure (HTHP) deep wells and super-deep wells are being drilled. Common measurement while drilling (MWD) has high failure rate in HTHP environment, so it can not ensure the accuracy and continuity of measurement. In order to solve this problem, high temperature resisting sureshot-MWD is introduced. This measurement is designed to resist high temperature up to 175 ℃ and it is composed of brushless motor positive pulse generator, battery and probe. It features high temperature resistance, flexible setup and expandability. The unique rotary valve of sureshot-MWD has the function of automatic unfreezing and it can work normally in the intervals with sand content 3%. In field application, sureshot-MWD works normally in drilling high temperature intervals, the expanded LWD could realize accurate geo steering, which shortens drilling period and increases reservoir targeting ratio.

**Key words:** horizontal well; high temperature resistance; geo-steering; sureshot-MWD

随着辽河油田的持续开发,高温高压深井越来越多,对 MWD(measuring while drilling)提出了更高的要求。目前兴古 7 块水平井的水平段设计垂深已经达到 4 000 m 以上,具有温度高、压力大的特点。据不完全统计,2010 年 1—4 月兴古 7 块施工了 8 口水平井,累计进尺 14 616 m, MWD 仪器使用时间 11 521.61 h, 仪器故障时间 1 551 h, 仪器故障率为 13.46%。其中,高温引起的 MWD 仪器故障达到 40 次,故障损失时间 1 152.5 h,占到了总故障

时间的 74.31%。而在垂深 4 000 m 以内、井底温度低于 110 ℃ 的井段,国产 MWD 均可满足施工要求,

**收稿日期:**2010-09-09;**改回日期:**2011-12-08。

**作者简介:**杨晓峰(1983—),男,辽宁沈阳人,2006 年毕业于大庆石油学院测控技术与仪器专业,助理工程师,主要从事国内外各种 MWD、LWD 和钻井新技术的现场应用和技术推广工作。

**联系方式:**(0427)7268912, yangxiaofeng2009@126.com。

**基金项目:**中国石油长城钻探工程有限公司重点科研项目“无线随钻测井系统(LWD)研制”(编号:2010A04)部分成果。

故障很少,将近 75% 的仪器故障都出现在垂深 4 000 m 以深或者井底温度高于 120 ℃ 的井段,所以引进抗高温稳定的 MWD 仪器,保证正常的钻井作业,降低仪器故障率,成为了随钻测量施工迫切需要解决的问题<sup>[1]</sup>。

## 1 抗高温 sureshot-MWD 简介

### 1.1 系统构成和工作原理

抗高温 sureshot-MWD 随钻测量仪,主要由地面设备和井下仪器 2 部分组成。地面设备包括压力传感器、地面解码箱、传感器接口箱和进行数据采集、通讯、显示的辅助设备;井下仪器主要是由无刷电机正脉冲发生器、电池和探管组成的 MWD 系统(见图 1)。其中,脉冲发生器电机和探管传感器均采用了抗高温的电子元件,电池采用高温下高速放电锂电池,使得井下仪器满足抗 175 ℃ 高温要求。

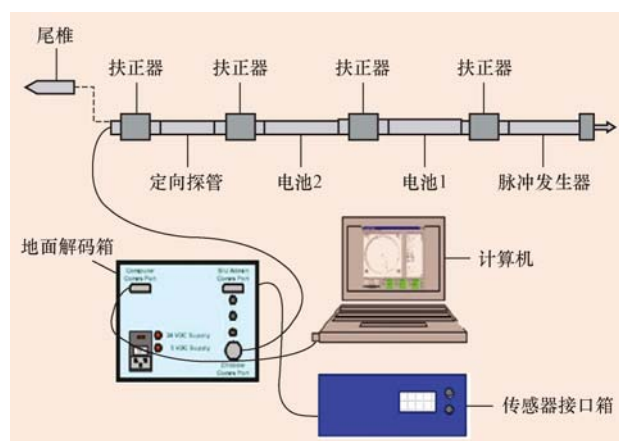


图 1 抗高温 sureshot-MWD 组成

Fig. 1 Resisted high temperature sureshot-MWD make-up

抗高温 sureshot-MWD 探管可以设置传输参数及顺序,统一编码后由脉冲发生器以正脉冲的方式<sup>[2]</sup>,通过钻井液脉冲传至地面压力传感器,再由地面解码主机对钻井液脉冲进行检波、解码及信号处理,然后将井下传递的信号以数据的形式进行显示。

### 1.2 技术特点

1) 抗高温 sureshot-MWD 的脉冲发生器采用无刷电机正脉冲式设计;旋转阀结构具有自动解卡功能;流量模块具有流量开关控制功能,保证起下钻作业时最大程度地节省电池能量。

2) 抗高温 sureshot-MWD 采用高速放电锂电

池,以满足抗高温要求。抗高温 sureshot-MWD 探管精度高,井斜角误差 0.1°,方位角误差 0.1°,最大极限压力 182 MPa<sup>[3]</sup>。采用脉冲序列格式组合码设计的编码方式,数据可靠,数据传输速率是时间编码方式 MWD 的 10 倍以上。

3) 抗高温 sureshot-MWD 可以扩展成 LWD (logging while drilling) 系统,即 MWD 系统+伽马测井仪+WPR 电阻率测井仪,在钻井施工中实现地质导向<sup>[4]</sup>。定向工程测量数据可以实现实时传输,根据伽马和电阻率数据可以绘出实时曲线,并存储在存储器中,可为完钻后下步开发提供更详细的全井测井资料<sup>[5]</sup>。

## 2 现场应用

兴古潜山构造区的断裂发育,有北东、北西、近东西向 8 条断层,其中北东向断层断距大、延伸长,是主干断层,控制着潜山形态,其他为次级断层,将其进一步分成兴古 7 块、兴古 7-12、兴古 9 块等 3 个断块<sup>[6]</sup>。在兴古 7 块的兴古 7-H253 井、兴古 7-H404 井和兴古 7-H323 井等 3 口井钻井施工中应用了抗高温 sureshot-MWD,累计使用 1 027 h,累计进尺 1 975.38 m。

### 2.1 兴古 7-H253 井

兴古 7-H253 井主眼设计井深 5 227.4 m,主眼水平段 4 280.68~5 155.33 m,水平段 3 个鱼骨状分支,分支一为 4 430.00~4 729.10 m,分支二为 4 578.00~4 881.70 m,分支三为 4 728.00~5 028.79 m。水平段累计长度 1 778.23 m,垂深均在 4 000.00 m 以深。该井的主眼设计井眼轨道分段数据如表 1 所示。

#### 2.1.1 施工难点

1) 井底温度高。参考邻井施工时的温度资料,垂深 4 080.00 m,井底温度高达 130 ℃ 以上,普通的 MWD 脉冲发生器驱动设备在高温下容易烧坏,普通锂电池易高温胶化,导致 MWD 失效,无法进行信号传输,只有抗高温 MWD 才能保证正常的钻井作业。

2) 水平段使用的 MWD 探管的精度要求高<sup>[7]</sup>。该区块鱼骨状水平井有 3 个分支,必须保证仪器的测量精度,这是实现侧钻成功和主眼重入的关键。

表 1 兴古 7-H253 井主眼设计轨道分段数据

Table 1 Xinggu 7-H253 main design trajectory segment data

测深/m	井斜角/(°)	网格方位角/(°)	垂深/m	北坐标/m	东坐标/m	视平移/m	全角变化率/ ((°)·(30 m) <sup>-1</sup> )
3 592.66	6.33	322.60	3 586.77	-25.30	-109.01	88.70	0
3 702.12	27.89	306.00	3 690.81	-5.22	-133.69	119.49	6.00
3 969.54	27.89	306.00	3 927.17	68.30	-234.89	242.07	0
4 280.68	90.00	300.96	4 080.00	204.80	-448.60	493.14	6.00
5 155.33	90.00	300.96	4 080.00	654.80	-1 198.60	1 362.22	0

2.1.2 技术措施

- 1) 垂深 4 000 m 以浅的斜井段选用普通的可打捞式 MWD 仪器,提高钻井液携砂性能,钻速高时适当循环,起下钻要严格控制速度,防止脉冲发生器砂卡和脱键。入靶后,根据水平段现场情况选用抗高温 sureshot-MWD 仪器。
- 2) 根据主眼段和侧钻分支的实际情况选择合适的脉冲序列格式,为定向作业提供及时的数据参考。
- 3) 抗高温 sureshot-MWD 脉冲发生器选用上悬挂式结构,2 个固定顶丝缠上生料带拧入定位接头本体,确保仪器高边工具面不发生转动,降低脱键风险。
- 4) 根据排量设置抗高温 sureshot-MWD 脉冲发生器定子和转子的间隙,保证信号强度和有效传输<sup>[8]</sup>。脉冲发生器具有自动解卡功能,可以在含砂量高达 3% 的钻井液中正常工作,降低了仪器故障率。

2.1.3 现场应用情况

兴古 7-H253 井自井深 3 607.00 m 开始定向,抗高温 sureshot-MWD 共工作 1 770 h,仪器故障时间 81 h,仪器故障率 4.57%,低于该区块仪器故障率将近 9 百分点。

在井口进行浅层测试后,抗高温 sureshot-MWD 下到底部,从第二分支完钻井深 4 867 m 上提至井深 4 580 m 侧钻,准备钻进主井眼。由于正处于侧钻阶段,脉冲序列格式设置为连续的工具面角,配以间歇的动态井斜角和方位角,抗高温 sureshot-MWD 工具面不到 10 s 更新一次,为定向人员监控侧钻情况提供实时依据<sup>[9]</sup>。利用抗高温 sureshot-MWD 的脉冲序列格式设置中的定向时导向功能,可以在更新工具面角的同时,提供动态的井斜角和

方位角供参考,提高侧钻的成功率,缩短侧钻时间。技术人员可以根据实时数据实时监控井眼轨迹,判断侧钻是否成功,并尽早按主井眼设计正常钻进。余下的 5 趟钻均采用抗高温 sureshot-MWD 施工,未出现脱键和砂卡现象,仪器一直工作正常,直至完钻井深 5 157.05 m。

该井钻至井深 4 900.00 m 时井温高达 140 ℃,含砂量达到 3%,每次起下钻都需要采用分段循环的方式充分降低钻井液温度,保持其流变性和润滑性稳定,而抗高温 sureshot-MWD 仪器的抗高温设计和旋转阀式设计,保证其高温时仍然处于正常工作状态。后 2 次侧钻均一次成功,侧钻时间与邻井相比大为缩短,这得益于抗高温 sureshot-MWD 灵活的参数设置<sup>[10]</sup>。该井使用抗高温 sureshot-MWD 共 560 h,占仪器使用总时间的 31.6%,降低了仪器总故障率<sup>[11]</sup>。抗高温 sureshot-MWD 连续 6 趟钻在高含砂量和超过 130 ℃井温的恶劣环境下稳定工作,创造了无故障工作纪录。

2.2 兴古 7-H323 井

兴古 7-H323 井是一口设计井深 5 307.43 m 的长半径水平井。该井水平段采用了抗高温 sureshot-MWD+伽马测井仪的组合方式进行施工。入靶点井深 4 334.44 m,井斜角 89.5°,方位角 132°,垂深 3 959.62 m<sup>[12]</sup>。钻进至井深 4 379.47 m,井斜角 91.2°,垂深 3 959.31 m,伽马值由入靶前的 16 API 逐渐升高至 31 API,说明井眼轨迹穿出了油层上部<sup>[13]</sup>。于是微降斜钻进至井深 4 483.06 m,井斜角 89.5°,垂深 3 959.63 m,伽马值由 32 API 逐渐降至 14 API,根据地质资料显示的油层自然伽马特性,并结合上返的岩屑砂样和气测值,分析认为抗高温 sureshot-MWD+伽马测井仪已经重新回到了油层<sup>[14]</sup>。这说明了抗高温 sureshot-MWD+伽马测井仪在进出油层均有明显

变化,所以利用自然伽马值,可准确判断出油层的走向,提高对储层的判断和轨迹控制精度,实现了有效的地质导向功能<sup>[15]</sup>。该井水平段油层累计进尺 994.56 m,油层钻遇率达到 99.9%,取得了良好的地质导向效果。

### 3 结 论

1) 抗高温 sureshot-MWD 具有独特的旋转阀设计,可以在高温、高含砂等复杂情况下正常施工。

2) 抗高温 sureshot-MWD 可以扩展成 LWD,根据伽马电阻率的变化规律,实现水平段的地质导向,提高了储量动用程度,进一步挖掘了油藏潜力。

3) 抗高温 sureshot-MWD 在兴古 7 块 3 口井进行了成功应用,建议进一步推广应用,以提高高温高压大斜度井、水平井等特殊工艺井的成功率。

### 参 考 文 献

#### References

- [1] 刘修善,王继平. 基于大地测量理论的井眼轨迹检测方法[J]. 石油钻探技术,2007,35(4):1-5.  
Liu Xiushan, Wang Jiping. A method for monitoring wellbore trajectory based on the theory of geodesy[J]. Petroleum Drilling Techniques,2007,35(4):1-5.
- [2] 马天寿,陈平,黄万志,等. 钻井井下工程参数测量仪研究进展[J]. 断块油气田,2011,18(3):389-392.  
Ma Tianshou, Chen Ping, Huang Wanzhi, et al. Research progress on measuring instrument for downhole drilling engineering parameters[J]. Fault-Block Oil & Gas Field,2011,18(3):389-392.
- [3] Liu Xiushan. Universal technique normalizes and plans various well-paths for directional drilling[R]. SPE 142145,2011.
- [4] Liu Xiushan, Shi Zaihong. Improved method makes a soft landing of well path[J]. Oil & Gas Journal,2001,99(43):47-51.
- [5] Liu Xiushan. New techniques accurately model and plan 3D well paths based on formation's deflecting behaviors[R]. IADC/SPE 115024,2008.
- [6] SY/T 5955—2004 定向井井身轨迹质量[S].  
SY/T 5955—2004 Trajectory quality for directional wells[S].
- [7] Albahlani A M, Babadagli T. A critical review of the status of SAGD: where are we and what is next? [R]. SPE 113283, 2008.
- [8] Pratt C K, Hartmann R A. A magnetostatic well tracking technique for drilling of horizontal parallel wells[R]. SPE 28319, 1994.
- [9] 刘传鹏,林承焰,赵玉华. 樊 107 块特低渗透油藏有效开发技术讨论[J]. 断块油气田,2008,15(6):76-79.  
Liu Chuanpeng, Lin Chengyan, Zhao Yuhua. Effective development techniques of ultra-low permeability reservoir at Block Fan 107, Daluhu Oilfield[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008,15(6):76-79.
- [10] 苏义脑. 水平井井眼轨道控制[M]. 北京:石油工业出版社,2000:172-184.  
Su Yinao. Horizontal well trajectory control[M]. Beijing: Petroleum Industry Press,2000:172-184.
- [11] Wade D, Herman D, Nees J M, et al. The ultrashort radius radial system applied to thermal recovery of heavy oil[R]. SPE 24087,1992.
- [12] 赵峰. 超短半径侧钻分支水平井曙 1-23-0370CH 井设计与施工[J]. 石油钻采工艺,2009,31(6):37-39.  
Zhao Feng. Design and application of super-short radius side-tracking technology in Shu 1-23-0370CH multilateral horizontal well[J]. Oil Drilling & Production Technology,2009,31(6):37-39.
- [13] 秦绪英,肖立志,索佰峰. 随钻测井技术最新进展及其应用[J]. 勘探地球物理进展,2003,26(4):313-322.  
Qin Xuying, Xiao Lizhi, Suo Baifeng. The development of logging-while-drilling and its application [J]. Progress in Exploration Geophysics,2003,26(4):313-322.
- [14] 刘鹏飞,刘良跃,司念亭,等. 随钻测压工具 Geo Tap 在渤中 25-1 油田 E3S 井的应用[J]. 石油钻探技术,2009,37(3):42-44.  
Liu Pengfei, Liu Liangyue, Si Nianting, et al. Application of Geo Tap in E3S Well of Bozhong 25-1 Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques,2009,37(3):42-44.
- [15] 刘修善. 定向钻井中方位角及其坐标的归化问题[J]. 石油钻采工艺,2007,29(4):1-5.  
Liu Xiushan. Naturalization of azimuth angles and coordinates in directional drilling[J]. Oil Drilling & Production Technology,2007,29(4):1-5.