

◀ 钻采机械 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2012.04.024

## 气体钻井钻具减振器的研制及现场试验

王希勇<sup>1</sup>, 蒋祖军<sup>1</sup>, 练章华<sup>2</sup>

(1. 中国石化西南油气分公司工程技术研究院, 四川德阳 618000; 2. 油气藏地质及开发国家重点实验室(西南石油大学), 四川成都 610500)

**摘要:**为有效缓解气体钻井钻具频繁振动带来的钻具疲劳损坏,根据可压缩性硅油体积变形减振为主,硅油流过阻尼缝隙的阻尼减振为辅的研制思路,研制出了适用于气体钻井的KPL229型减振器。对加入KPL229型减振器钻具组合的有限元分析表明,加入KPL229型减振器后,钻具受到相同轴向冲击力作用的应力水平降低。现场试验表明,在气体钻井时,与未应用KPL229型减振器的井相比,扭矩不但得到降低,而且波动幅度很小;钻时由5~40 min/m降至5~9 min/m;单只钻头的进尺得到提高,其磨损程度降低。由有限元分析及现场试验结果可知,气体钻井时应用KPL229型减振器,不但可以降低振动对钻具的损伤,延长钻具的使用寿命,而且可以增强气体钻井的提速效果。KPL229型减振器为预防气体钻井时因振动造成的钻具失效或断裂提供了一种新的解决途径,同时可以利用振动能量辅助破岩。

**关键词:**气体钻井 钻具减振器 钻具事故

中图分类号:TE921<sup>+</sup>.2 文献标识码:A 文章编号:1001-0890(2012)04-0119-04

## Development and Field Test of Shock Absorber in Gas Drilling Tool

Wang Xiyong<sup>1</sup>, Jiang Zujun<sup>1</sup>, Lian Zhanghua<sup>2</sup>

(1. Engineering Technology Institute of Southwest Branch, Sinopec, Deyang, Sichuan, 618000, China; 2. State Key Laboratory of Oil and Gas Geology and Exploration, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China)

**Abstract:** In order to effectively alleviate fatigue damage caused by frequent vibration in gas drilling, KPL229 type Drilling-Tool Absorber(DTA)has been developed according to the compressible and damping characteristics of silicone oil. The stress level caused by drilling tool shock has been reduced with the use of KPL229 type DTA through finite element analysis. The field test using KPL229 type DTA has shown that both torque and shock amplitude are reduced. The drilling time has shortened from 5~40 min/m to 5~9 min/m, the footage of single bit is improved, the bit is not worn seriously. The results of finite element analysis and field test show that using KPL229 type DTA can not only reduce the shock damage of drill stem, but also improve the rate of penetration in gas drilling, and improve the service life of drilling tools. Using KPL229 type DTA provides a new solution for the prevention of tool failure caused by shock in gas drilling. At the same time, the energy of vibration can be used to break rock.

**Key words:** gas drilling;drilling-tool absorber;drilling tool failure

元坝地区陆相地层厚达5 000 m,上部地层井眼尺寸大、钻速慢制约了该地区的勘探开发进程。由于气体钻井技术能够提高钻井速度,该技术成为了该地区上部陆相地层提高钻井速度的有效技术。但与常规钻井相比,气体钻井由于没有钻井液的黏滞阻尼对钻具的缓冲,钻具纵向和周向振动比较严重,钻具承受的交变应力和扭矩变化较大,容易造成

收稿日期:2011-08-11;改回日期:2012-04-26。

作者简介:王希勇(1974—),男,四川绵阳人,1998年毕业于西南石油学院石油工程专业,2005年获西南石油大学油气储运工程专业博士学位,高级工程师,主要从事钻井技术研究和科研管理工作。

联系方式:(0838)2550385,wxyong131@163.com。

基金项目:国家科技重大专项“低渗油气田高效开发钻井技术”课题5“低渗气藏复杂地层高效钻井关键技术”(编号:2011ZX05022-005)部分研究成果。

钻具断裂失效<sup>[1-7]</sup>,导致后续施工复杂化,甚至原井眼报废的情况也时有发生<sup>[8-10]</sup>。国内外在常规钻井过程中常用的减振器多为液压式减振器和弹簧式减振器,而液压式和弹簧式减振器主要是减少纵向振动,不能减少周向振动。虽然双向液压减振器具有同时减缓或消除钻柱纵向和周向振动的双重作用,但该类减振器存在使用寿命较短及制造成本高等缺点<sup>[11]</sup>。为此,研制出了一种适用于气体钻井的KPL229型减振器。

## 1 KPL229型减振器的结构及特点

### 1.1 基本结构

针对常规减振器减振方式单一的缺陷,提出了

以可压缩性硅油体积弹性变形减振为主、硅油流过阻尼缝隙的阻尼减振为辅的研制思路,并研制出了KPL229型气体钻井减振器。

KPL229型气体钻井减振器主要由花键心轴、限位螺母、上密封接头、花键外筒、下油缸外筒、下部心轴和下接头组成(见图1),花键心轴和下部心轴组成其内部运动部分,上密封接头、花键外筒、下油缸外筒和下接头组成其外部运动部分。

### 1.2 工作原理

在气体钻井中,当钻柱振动使减振器受压时,来自地层与钻头的冲击载荷传递到下接头,下接头推动下油缸外筒、花键外筒和上密封接头整个外壳向上运动。在此过程中,外壳与心轴之间的液压油缸

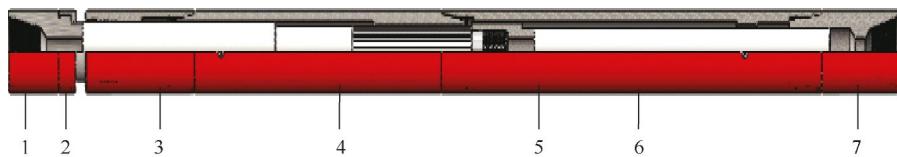


图 1 KPL229型钻具减振器结构

Fig. 1 Structural sketch of KPL229 type DTA

1. 花键心轴;2. 限位螺母;3. 上密封接头;4. 花键外筒;5. 下油缸外筒;6. 下部心轴;7. 下接头

腔体容积变小,二甲基硅油受到压缩而发生弹性变形以达到弹性减振的目的。由心轴分割而成的上下两个腔室之间由于压缩,二甲基硅油将流经内外花键之间形成的阻尼流道,由于流道狭长,此时的阻尼流也会起到减振作用。当钻柱振动使减振器拉伸时,储存在硅油中的弹性能得到释放,能量通过下接头传递给钻头,起辅助破岩作用。

### 1.3 技术特点

- 1) 结构简单,容易制造,可拆分,易于维护。
- 2) 花键心轴与上接头间设计有限位螺母,起限位和防止上接头与工具外壳直接碰撞的作用;若限位螺母损坏,也可轻易更换。
- 3) 内外花键配合处设计有阻尼流道,二甲基硅油由于压缩流经狭长阻尼流道时,起吸能和减振作用。
- 4) 将心轴设计成花键心轴和下部心轴 2 部分,缩短了各自的长度,使花键和心轴易于加工,并且起防止外壳掉落的作用。

### 1.4 主要参数

长度 3 835.0 mm,外径 229.0 mm,水眼直径 76.2 mm,行程 120.0 mm,注油体积 18 L,注油类型 201# 甲基硅油,推荐钻压 60~120 kN。

## 2 KPL229型减振器有限元分析

为了验证 KPL229型减振器的减振效果,对有、无减振器的下部钻具组合进行了有限元分析。有 KPL229型减振器钻具组合的有限元模型如图2所示。设定减振器的弹性刚度,在下部稳定器施加随时间变化的轴向冲击力(如图3所示),在有限元模型的基础上去掉减振器,对比分析有、无减振器情况下的钻柱受力,结果见图4。

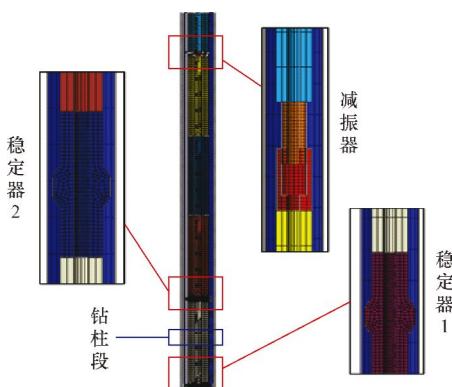


图 2 KPL229型减振器效果分析有限元模型

Fig. 2 Finite element model for analyzing the effect of KPL229 type DTA

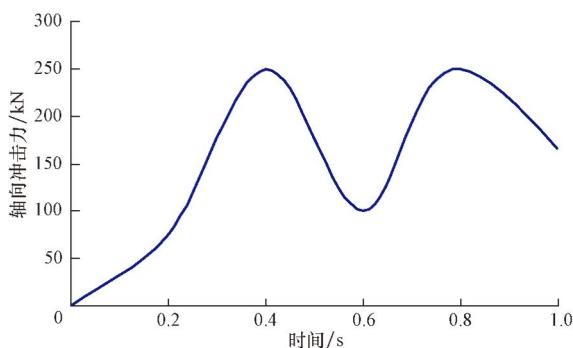


图 3 气体钻井钻具组合轴向冲击作用力

Fig. 3 Axial impact force caused by gas-drilling BHA

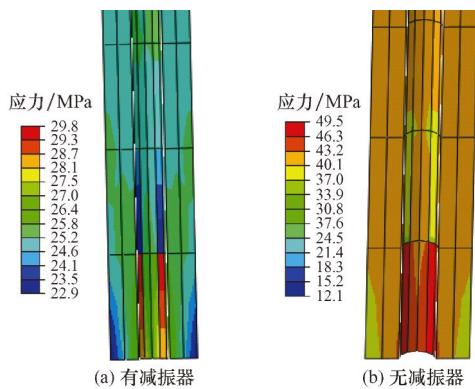


图 4 下部钻铤在有无减振器情况下的应力分布

Fig. 4 Stress distribution of drill collar with or without DTA

从图 4 可以看出, 有减振器时, 钻柱在受相同轴向冲击力作用下的应力水平较低。这表明, 减振器能减小钻具所受交变应力的变化幅度, 从而降低钻具失效的概率, 有利于钻具在气体钻井中长期安全服役。

减振器在轴向冲击力作用下, 筒内二甲基硅油吸收冲击力被压缩, 花键心轴与外筒产生相对位移, 其位移大小即行程如图 5 所示。从图 5 可见, 钻具减振器在 250 kN 冲击力作用下的行程为 75 mm, 在设计最大行程范围内, 随着冲击力变化而变化。

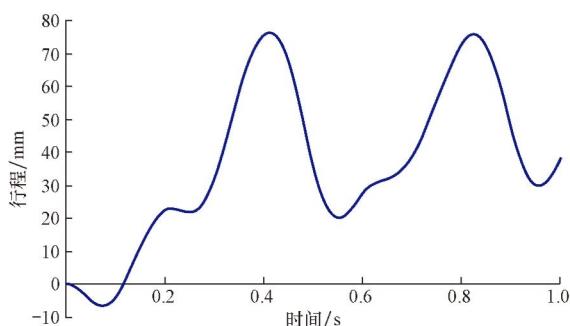


图 5 钻具减振器行程随时间的变化曲线

Fig. 5 Stroke vs. time curve of DTA

### 3 现场试验

#### 3.1 试验概况

在元坝地区 YL301H 井  $\phi 406.4$  mm 井段进行了 KPL229 型减振器的现场试验, 试验井段为 302.00~2 000.96 m, 进尺 1 698.96 m, 减振器在井下无故障工作时间达到了 232 h, 纯钻时间 160 h, 平均机械钻速达到 10.93 m/h。

钻具组合:  $\phi 406.4$  mm 钻头 + KPL229 型减振器 +  $\phi 279.4$  mm 浮阀 +  $\phi 279.4$  mm 单流阀 +  $\phi 279.4$  mm 钻铤 × 3 根 +  $\phi 241.3$  mm 钻铤 × 3 根 +  $\phi 241.3$  mm 钻铤 × 2 根 +  $\phi 228.6$  mm 钻铤 × 6 根 +  $\phi 203.2$  mm 无磁钻铤 × 1 根 +  $\phi 203.2$  mm 钻铤 × 5 根 +  $\phi 177.8$  mm 钻铤 × 6 根 + 旁通阀 +  $\phi 127.0$  mm S135 斜坡钻杆 + 下旋塞 + 单流阀 +  $\phi 152.4$  mm 六棱方钻杆 + 上旋塞。

#### 3.2 扭矩分析

图 6 所示为 YL301H 井试验井段与邻井 YB5 井和 YB121H 井相同井段的扭矩曲线。

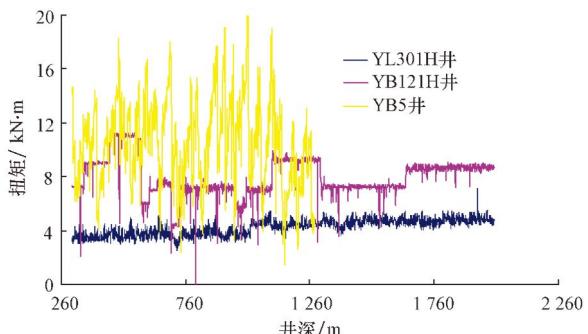


图 6 YL301H 井与 YB5 井、YB121H 井的扭矩曲线

Fig. 6 Torque curve of Well YL301H, YB5, and YB121H

YL301H 井试验井段与邻井 YB5 井和 YB121H 井相同井段的钻井参数相同, 钻具组合除 YL301H 井加了减振器外, 其余钻具相同。从图 6 可看出, 与未应用减振器的邻井 YB121H 井和 YB5 井相比, YL301H 井扭矩平稳, 基本维持在 4 kN·m 左右, 而邻井 YB121H 井和 YB5 井的扭矩波动幅度较大 (YB5 井最大瞬时扭矩达到 18 kN·m)。由此可见, 采用 KPL229 型减振器后, 钻具振动得到有效缓解。

#### 3.3 钻时分析

图 7 为 YL301H 井试验井段与邻井 YB5 井和 YB121H 井相同井段的钻时曲线。

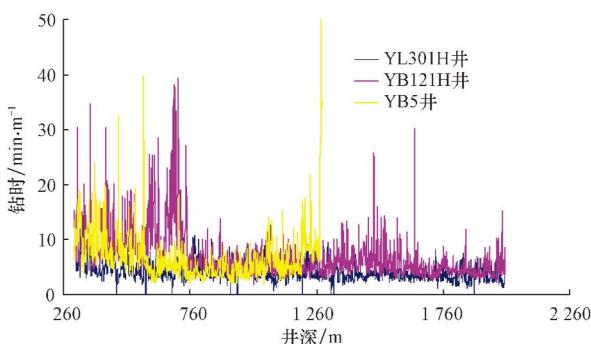


图 7 YL301H 井、YB5 井和 YB121H 井的钻时曲线

Fig. 7 Drilling time curve of Well YL301H, YB5, and YB121H

从图 7 可以看出, YL301H 井试验井段钻时较为均衡,保持在 5~9 min/m,而 YB5 井和 YB121H 井在 750 m 以浅井段钻时变化较大,在 5~40 min/m 变化,YB121H 井在井深 1 300 m 以深钻时变化也较为明显,YL301H 井钻进最为平稳。

应用 KPL229 型减振器保证钻头受力均匀,可以通过钻后钻头评价验证减振器的应用效果:YL301H 井采用 ST517GK 型三牙轮钻头,单只钻头进尺达 1 698.96 m,创当时该地区相同井眼单只钻头进尺最高纪录,钻头出井牙齿磨损 1/3,无断齿,轴承基本完好,新度为 80%;YB5 井采用相同型号的三牙轮钻头单只钻头进尺仅 702 m,钻头出井其外径未磨小,牙齿磨损 2/3,轴承无松动,新度 70%;YB121H 井 φ44.5 mm 井眼单只钻头最大进尺 1 112.90 m,钻头出井外径未磨小,牙齿磨损 2/3,轴承无松动,新度 65%。根据以上分析,在气体钻井过程中使用减振器后,钻头新度保持最高,其保护钻头效果尤为明显。

### 3.4 探伤分析

KPL229 型减振器经超声波整体探伤检测,未发现超标伤波,检测合格,合格级别为 I 级,可以继续使用。此外,YL301H 井应用钻具减振器后,井斜角也得到了较好的控制,300~1 500 m 井段井斜角在 1°以内。

## 4 结论及建议

1) KPL229 型减振器能够实现弹性储能和阻尼耗能双重减振功能,在减缓钻具振动的同时还能实现辅助破岩。

2) KPL229 型减振器减振幅度大,刚度范围大,结构简单,装配方便,适用于气体钻井,也适用于

常规钻井。

3) KPL229 型减振器能减缓井下钻具振动,延长气体钻井状态下钻具的使用寿命,推广应用前景良好。

4) 目前 KPL229 型减振器尺寸单一,需进一步加大研制力度,以尽快形成与气体钻井井眼尺寸配套的系列减振器。

## 参 考 文 献

### References

- [1] 徐进,蒋祖军,练章华,等.气体钻井钻柱失效统计及其失效原因分析[J].钻采工艺,2010,33(4):13-14.  
Xu Jin,Jiang Zujun,Lian Zhanghua,et al. Statistic and causes analysis of drill string failure in gas drilling[J]. Drilling & Production Technology,2010,33(4):13-14.
- [2] 朱化蜀,余瑞青,廖忠会,等.气体钻井斜有限元岩石应力分析[J].天然气工业,2009,29(5):72-74.  
Zhu Huashu,Yu Ruiqing,Liao Zhonghui,et al. Finite element analysis on rock stress status during gas drilling deviation[J]. Natural Gas Industry,2009,29(5):72-74.
- [3] Li Zifeng,Guo Boyun. Analysis of longitudinal vibration of drillstring in air and gas drilling[R]. SPE 107697,2007.
- [4] 祝效华,童华,刘广川.气体钻井钻具断裂机理分析[J].石油矿场机械,2008,37(1):5-8.  
Zhu Xiaohua,Tong Hua,Liu Guangchuan. Mechanism analysis on drill-string partial accident in air drilling[J]. Oil Field Equipment,2008,37(1):5-8.
- [5] 黄志强,范永涛,李琴,等.冲旋钻头的现状及发展趋势[J].石油矿场机械,2009,38(2):92-96.  
Huang Zhiqiang,Fan Yongtao,Li Qin,et al. Current situation and development trend of percussion-rotary bit[J]. Oil Field Equipment,2009,38(2):92-96.
- [6] 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.  
Sun Jiming,Hou Shugang,Li Tiecheng. Application of air drilling technology to Well D-1 in the Puguang Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques,2006,34(4):24-26.
- [7] Whiteley M C,England W P. Air drilling operations improved by percussion-bit/hammer-tooth tandem[R]. SPE 13499,1986.
- [8] 黄小兵,熊建新,陈次昌.气体钻井钻具冲蚀磨损试验装置[J].石油机械,2008,36(9):1-3.  
Huang Xiaobing,Xiong Jianxin,Chen Cichang. The experimental device for erosion of drilling tool of gas drilling[J]. China Petroleum Machinery,2008,36(9):1-3.
- [9] 廖忠会,张杰,李群生,等.气体钻井断钻铤事故的原因分析及预防[J].钻采工艺,2007,30(6):6-8.  
Liao Zhonghui,Zhang Jie,Li Qunsheng,et al. Reasons analysis and protection of drill collar breaking in gas drilling[J]. Drilling & Production Technology,2007,30(6):6-8.
- [10] 吴立新,陈平,祝效华,等.气体钻井钻柱疲劳失效周期分析[J].石油钻探技术,2012,40(1):42-46.  
Wu Lixin,Chen Ping,Zhu Xiaohua,et al. Contrast of fatigue failure cycles of drill string during gas drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques,2012,40(1):42-46.
- [11] 兰志钢.双向液压减振器的失效机理及改进建议[J].石油钻探技术,2012,40(2):104-108.  
Lan Zhigang. Failure mechanism of two-way hydraulic shock absorbers and improvement measures[J]. Petroleum Drilling Techniques,2012,40(2):104-108.