

中高含水油井防偏磨水基润滑液的研制与应用

付亚荣

(中国石油华北油田分公司第五采油厂,河北辛集 052360)

摘 要:为更好地延长中高含水期偏磨油井检泵周期,借鉴机械切削、磨削、拉拔、轧制和液压传动等领域广泛应用的水基润滑理论,以聚氧乙烯丙三醇硼酸酯硬脂酸酯、脂肪酸咪唑啉硼酸酯、两性表面活性剂 SS-Z、聚氧乙烯烷基苯酚醚磺酸钠盐等为主剂,添加氟碳表面活性剂和维生素 C 合成了 FYR-4 水基润滑液。该润滑液体系中高反应活性的磷和氮、脂肪酸分子所形成的吸附膜和摩擦化学反应膜,具有优良的抗磨减摩性能和生物降解性。30 余口油井的现场应用表明,油井日常维护中添加 0.25%~0.50% 的水基润滑液 FYR-4 后,检泵周期平均延长 275 d,应用效果良好,为中高含水期油井偏磨治理提供了新途径。

关键词:中高含水期 油井 水基润滑 抗磨减摩

中图分类号:TE254 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2012)05-0088-04

Development and Application of Anti-Eccentric Wear Water-Based Lubricant for High and Medium Water-Cut Oil Wells

Fu Yarong

(No. 5 Oil Production Plant of Huabei Oilfield Branch, PetroChina, Xinji, Hebei, 052360 China)

Abstract: In order to greatly prolong the checking period of pumps for the eccentric-wear oil wells in the medium and high water-cut periods, a water-based lubricating fluid FYR-4 has been synthesized based on the water-based lubrication theory widely applied in the fields, such as mechanical cutting, grinding, drawing, rolling and hydraulic transmission. The water-based lubricating fluid FYR-4 takes polyoxyethylene glyceryl borate stearate, fatty acid imidazoline borate, amphoteric surfactant SS-Z, and polyoxyethylene alkyl phenol ether sulfonic acid sodium as main agents, and with synergistic function of fluorocarbon surfactant and vitamin C, jointly forming chemical reaction film and adsorption film with boundary lubricant on the surface of tubing pipe and sucker rod. The adsorption film and tribochemical reaction film were formed by highly reactive phosphor and nitrogen, functioning as carrier fatty acid molecule in the system with good friction-reduction and biodegradability. By adding FYR-4 water-based lubricating fluid of 0.25%-0.50% to 30 oil wells for routine maintenance, their average checking period of pumps has prolonged by 275 days or even longer, providing valuable reference for the eccentric-wear management of oil wells in medium and high water-cut period.

Key words: moderate and high water-cut stage; oil well; water-based lubrication; friction-reduction

油田进入中高含水期后,抽油机井的抽油杆和油管之间工作环境恶化,导致管杆偏磨现象日趋严重^[1]。李汉周等人^[2]研究发现,定向井的井眼轨迹是影响油井偏磨的最重要因素;党永峰等人^[3]指出,井斜、管柱振动、高含水和沉没度等因素与杆管偏磨有关;付强等人^[4]采取的抗磨接箍、抗磨副、反馈泵^[5]等防偏磨措施,由于相关理论研

究尚不完善,治理效果不佳;刘庆娥等人^[6]认为,双向耐磨接箍、叶片扶正器、内衬油管对防偏磨有

收稿日期:2012-01-01;**改回日期:**2012-08-02。

作者简介:付亚荣(1965—),男,四川平昌人,1987年毕业于重庆石油学校油田应用化学专业,高级工程师,主要从事油气田开发技术研究与应用工作。

联系方式:(0317)2742299, cy5_fyr@petrochina.com.cn。

较好的效果。但是,配套内衬油管内径较同规格普通油管内径小 7 mm,活塞效应增加了抽油杆的下行阻力,液流波动增加,杆柱失稳、振动严重,杆管偏磨段上移^[7-8]。宏观摩擦学认为^[9],在抽油杆、油管之间滑动摩擦中的基本现象(如表面接触、粘附、磨损等)来源于载荷作用下材料的体相变形,而忽略了界面间分子的相互作用。笔者研究发现,具有边界润滑作用的水基润滑液能在油管、抽油杆表面形成化学反应膜和化学吸附膜,即在摩擦表面形成固定的无机物膜层和可流动的有机物膜层起边界润滑作用。

1 油井水基润滑液的合成

水基润滑液可用于切削、磨削、拉拔、轧制、液压传动等领域^[10]。其中的表面活性剂、抗磨剂、防锈剂等添加剂,能有效改善材料在高温高载荷条件下抗擦伤抗磨损的性能^[11]。油井防偏磨用水基润滑液中含有有机硼及有机硼含氮衍生物等抗磨剂,在缓和条件下能在摩擦表面形成吸附膜,在苛刻条件下分解出来的硼及氮能渗透进表面并提高表面的耐磨性。

油井防偏磨用水基润滑液各组分质量分数^[12]:聚氧乙烯丙三醇硼酸酯硬脂酸酯为 3.5%~5.0%,脂肪酸咪唑啉硼酸酯为 3.0%~5.5%,两性表面活性剂 SS-Z 为 4.5%~7.0%,氟碳表面活性剂 FN-2 为 0.005%~0.010%,维生素 C 为 0.10%~0.25%,聚氧乙烯烷基苯酚醚磺酸钠盐为 11.5%~14.5%;其余为水。该水基润滑剂的合成步骤为:1)将聚氧乙烯丙三醇硼酸酯硬脂酸酯、脂肪酸咪唑啉硼酸酯、两性表面活性剂 SS-Z 按比例加入搪瓷反应釜,温度缓慢升至 55~60 ℃;2)在不断搅拌情况下先加入所需水的 5%,继续搅拌 30 min;3)依次按配比加入维生素 C 和氟碳表面活性剂 FN-2,边加边搅拌;4)按配比加入聚氧乙烯烷基苯酚醚磺酸钠盐,搅拌 30 min;5)加入剩余部分的水并搅拌 30 min,停止加热;6)边冷却边搅拌,冷却至常温,得到油井防偏磨 FYR-4 水基润滑液。

2 油井水基润滑液性能评价

2.1 成膜特性

采用 NGY-6 型纳米级润滑膜厚度测量仪对

FYR-4 润滑液的成膜性能进行测试,使用相对光强原理测量接触区润滑膜的厚度^[13]。在 20 N 试验载荷下接触区的最大 Hertz 接触压力 50 MPa,温度 25 ℃±1 ℃的情况下,分别测试水及 1%、5%和 10%FYR-4 溶液的成膜特性。试验结果表明:水的成膜能力差,很难形成有效的润滑膜;FYR-4 质量分数为 10%时膜的厚度可达 35 nm 左右,质量分数为 1%时成膜厚度 23 nm,质量分数大于 5%以后,FYR-4 的成膜能力受质量分数的影响很小。

2.2 摩擦磨损性能测试

采用 MS-800 型四球摩擦磨损试验机对 FYR-4 润滑液进行高载荷下的抗磨、极压性能测试。试验所用钢球为上海钢球厂生产的 GCr15 标准直径 12.7 mm 专用钢球。在静载荷 519 N、转速 1 438 r/min 下进行 10 min 磨损试验,分别测定了水和 0.5%,1.0%,2.0%,3.0%,4.0%,5.0%,10.0% FYR-4 润滑液的摩擦系数及钢球的磨斑直径,结果见表 1。

表 1 不同质量分数 FYR-4 润滑液的摩擦系数及钢球的磨斑直径

Table 1 Friction coefficient of FYR-4 lubricating fluid with different mass fraction and wear scar diameter of the ball

FYR-4 的质量分数, %	摩擦系数	钢球的磨斑直径/mm
0	1.02	2.15
0.5	0.12	0.37
1.0	0.09	0.32
2.0	0.09	0.34
3.0	0.10	0.33
4.0	0.08	0.33
5.0	0.07	0.30
10.0	0.07	0.30

从表 1 可以看出,随着 FYR-4 质量分数的增大,其减摩性能也增强,摩擦系数减小,磨斑直径变小,说明 FYR-4 润滑液具有很好的抗磨和减摩特性。

同一质量分数(0.5%)的 FYR-4 润滑液在不同载荷下的摩擦系数和钢球磨斑直径见表 2。

表 2 0.5%FYR-4 润滑液的摩擦系数和钢球磨斑直径随载荷的变化情况

Table 2 Friction coefficient of 0.5% water-based lubricating fluid and the change of ball wear scar diameter with the loads

载荷/N	摩擦系数	钢球的磨斑直径/mm
519	0.12	0.37
590	0.12	0.36
649	0.11	0.37
670	0.12	0.37
745	0.13	0.38

从表2可以看出,随着载荷的增大,0.5%FYR-4润滑液的抗磨和减摩性能相差不大。

FYR-4润滑液的长链脂肪酸中的磷和氮能强烈吸附于钢球表面,使硼、氮更容易与摩擦表面发生化学反应,生成高强度的摩擦化学反应膜,减小了磨损。即使在边界润滑条件下,长链脂肪酸也能很快吸附于摩擦表面,形成良好的润滑膜,化学反应膜变得更加牢固。同时,氮元素原子半径小、电负性高,摩擦时分子之间容易形成氢键,增强横向引力和提高膜的厚度,“协同”增强表面膜的强度。

2.3 防锈性能

考察质量分数分别为0.10%,0.25%,0.50%,1.00%,2.00%,3.00%,4.00%和5.00%的FYR-4润滑液,在35℃±1℃恒温湿热箱中的防锈性能^[14]。结果为:当FYR-4润滑液质量分数为0.1%时防锈时间为4 h,质量分数为0.25%和0.50%时防锈时间均长于48 h,质量分数大于1.00%时防锈时间均长于72 h。即随着质量分数的增大防锈性能增强,当质量分数大于0.25%时,一级灰口铸铁在潮湿箱中48 h以上不生锈,符合合成切削液标准(GB/T 6144—1985)的单片防锈标准。

2.4 生物降解性能

采用CECL-33-A-93法^[15]测定了FYR-4润滑液的生物降解性能,其生物降解率为87.2%,表明FYR-4润滑液具有良好的生物降解性能。水基润滑液FYR-4润滑液中的磷元素和氮元素能提供微生物生长的养分,有助于水基润滑液的生物降解。

3 现场应用

FYR-4水基润滑液在30余口中高含水油井进行了应用,油井检泵周期平均延长275 d。其中,X-15井是一口S形斜井,日产液12 m³,日产油1.5 t,含水率87.5%。该井下入检修一级油管90 d左右就因偏磨磨漏检泵。采用内衬油管配套双向防偏磨接箍,由于油管偏磨,平均检泵周期154 d。用罐车配制0.5%~1.0% FYR-4润滑液水溶液30 m³,从该井油套环空注入,然后按0.25%~0.50%进行日常维护,检泵周期延长至352 d以上。

4 结 论

1) 由FYR-4水基润滑液中高反应活性的磷和氮、脂肪酸分子所形成的吸附膜和摩擦化学反应膜具有优良的抗磨减摩性能,适合于中高含水油井润滑防偏磨。

2) 进行油井日常维护时,添加0.25%~0.50%的FYR-4水基润滑液可延长偏磨油井的检泵周期,为油井管杆偏磨治理提供了一种技术手段。

3) 水基润滑液并不能对油井进行清蜡降黏,因此下一步应开展水基润滑液防偏磨与清蜡降黏联作的技术研究。

参 考 文 献

References

- [1] 蒋英雄,陈赋华,杨荣红,等.抽油管杆原油润滑防偏磨技术[J].江汉石油职工大学学报,2008,21(4):90-93.
Jiang Yingxiong, Chen Fuhua, Yang Ronghong, et al. On prevention of deviation from grinder in lubricating pumping pipes and rods with crude oil[J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers, 2008, 21(4): 90-93.
- [2] 李汉周,杨海滨,马建杰,等.抽油井管杆偏磨与井眼轨迹的关系[J].钻采工艺,2009,32(3):81-82,92.
Li Hanzhou, Yang Haibin, Ma Jianjie, et al. Relationship between well track and sucker rod seccentric wear[J]. Drilling & Production Technology, 2009, 32(3): 81-82, 92.
- [3] 党永峰,徐广杰,石丽华,等.双河油田抽油机井管杆偏磨及防治对策研究[J].石油天然气学报,2009,31(5):396-399.
Dang Yongfeng, Xu Guangjie, Shi Lihua, et al. Shuanghe Oil-field pumping wells tube and rod mill and control measures[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(5): 396-399.
- [4] 付强,付路长,周宏斌,等.内衬管偏磨治理工艺的研究与应用[J].石油矿场机械,2008,37(1):84-87.
Fu Qiang, Fu Luchang, Zhou Hongbin, et al. Research and application of treatment process for lining tubing eccentric wear[J]. Oil Field Equipment, 2008, 37(1): 84-87.
- [5] 陈渤海,明传正,黄茗,等.XJFB型防偏磨抽油泵的研究与应用[J].石油钻探技术,2009,37(3):81-82.
Chen Bohai, Ming Chuanzheng, Huang Ming, et al. Research and application of XJFB oil pump with eccentric worn resistance[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(3): 81-82.
- [6] 刘庆娥,唐庆,孙福山,等.抽油机井杆、管防偏磨工具优选与应用[J].石油钻采工艺,2009,31(2):111-114.
Liu Qing'e, Tang Qing, Sun Fushan, et al. Selection and appli-

- cation of side wearing resistant tools for rods and pipes of rod pumped wells[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(2):111-114.
- [7] 王海文,赵雷,杨峰,等. HDPE 内衬油管防治抽油机井杆管偏磨研究[J]. 石油矿场机械, 2008, 37(2):74-77.
- Wang Haiwen, Zhao Lei, Yang Feng, et al. Study on HDPE lined tubing in rod pumped wells[J]. Oil Field Equipment, 2008, 37(2):74-77.
- [8] 付亚荣. 内衬油管油井洗井液的研究与应用[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(5):110-112.
- Fu Yarong. Study and application of flushing fluid for oil wells with lined tubing[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2011, 33(5):110-112.
- [9] 高芒来,聂时春,张嗣伟. 粘附对分子沉积膜纳米摩擦特性的影响[J]. 中国表面工程, 2003, 16(4):12-14.
- Gao Manglai, Nie Shichun, Zhang Siwei. Effect of adhesion on nano-frictional properties of molecular deposition films [J]. China Surface Engineering, 2003, 16(4):12-14.
- [10] 张杰,王成彪,耿志勇,等. 几种添加剂对水基润滑液性能的影响[J]. 中国表面工程, 2007, 20(3):26-29.
- Zhang Jie, Wang Chengbiao, Geng Zhiyong, et al. Effects of several additives on the properties of water-based lubricants [J]. China Surface Engineering, 2007, 20(3):26-29.
- [11] 刘喜梅,罗新民. 水基润滑添加剂的理论及应用[J]. 合成润滑材料, 2001, 28(1):9-13.
- Liu Ximei, Luo Xinmin. The theory and application of water-based lubricating additives[J]. Synthetic Lubricants, 2001, 28(1):9-13.
- [12] 付亚荣,吴泽美,靳瑛,等. 一种油井防偏磨用水基润滑剂:中国, 201010146823. 7[P]. 2010-08-18.
- Fu Yarong, Wu Zemei, Jin Ying, et al. A well anti-migraine grinding water-based lubricant: CN, 201010146823. 7 [P]. 2010-08-18.
- [13] 刘俊铭,张晨辉,张朝辉,等. 蓖麻油聚氧乙烯醚水基润滑液摩擦学特性研究[J]. 摩擦学学报, 2011, 31(3):240-248.
- Liu Junming, Zhang Chenhui, Zhang Chaozhui, et al. Lubricating properties of the aqueous solution of castor oil polyoxyethylene ether[J]. Tribology, 2011, 31(3):240-248.
- [14] 蒋海珍,陶德华,王彬,等. N-油酰基谷氨酸水基润滑添加剂的合成及其摩擦磨损特性研究[J]. 摩擦学学报, 2006, 26(1):45-48.
- Jiang Haizhen, Tao Dehua, Wang Bin, et al. Synthesis and behavior of friction and wear of N-oleoylglutamic acid as water-based lubricant additive[J]. Tribology, 2006, 26(1):45-48.
- [15] 熊云,方建华,王九. 磷氮化脂肪酸水基润滑添加剂的制备及摩擦学性能[J]. 石油学报:石油加工, 2009, 25(增刊 1):93-96.
- Xiong Yun, Fang Jianhua, Wang Jiu. The synthesis and tribological behaviors of phosphor-nitrogen modified fatty acid water base lube additive[J]. Acta Petrolei Sinica: Petroleum Processing Section, 2009, 25(supplement 1):93-96.

TORXS 膨胀式尾管悬挂器

TORXS 膨胀式尾管悬挂器是一种可以在注水泥前坐封的膨胀式尾管悬挂器,它融合了常规尾管悬挂器和膨胀式尾管悬挂器的优点,可以适应更加复杂的井筒条件,具备多种功能,操作简单,在注水泥之前通过变径短节使尾管悬挂器膨胀,可降低作业风险。

TORXS 膨胀式尾管悬挂器下放到位后,丢球,球下行至球座后,加压至 21~28 MPa 打开水力锚,实现坐挂,重新建立水泥浆循环通道,开始固井。固井完毕后,对阀板加压,尾管悬挂器膨胀至最大尺寸,实现与外层套管的完全密封。封隔器坐封后,继续增大压力,胀破阀板内的爆破片,提出管柱。

与传统尾管悬挂器相比,该尾管悬挂器具有以下优点:金属接触膨胀密封代替了水泥环密封,不仅消除了环空密封泄漏问题,并且减少了套管重叠段部分;使用无缝、单趟、两级悬挂封隔,封隔器单独坐封,可一次完成尾管固井,而且没有提前坐封的风险,可以降低固井作业风险。

在钻遇和隔离循环漏失等复杂地层时,采用 TORXS 膨胀式尾管悬挂器可最大限度地保护井眼安全,改善循环,在尾管固井作业中降低对碰压的依赖,可广泛应用于定向井、大位移井和分支井固井,解决了尾管重叠段固井质量差的问题,为高压层的有效封堵提供了新途径。

[高元 供稿]