

# 中高含水期水力活塞泵采油 水基动力液可行性研究

窦宏恩

(石油勘探开发科学研究院)

**摘要** 我国使用水力活塞泵采油的油田多数已进入中高含水期,用加高压、升温原油作动力液,采出大量的高含水原油,非常不经济;其次,由于设备长期在高压、高温下运行,已达到疲劳极限,安全性变差,发生事故的可能性增加。文中研究了国内外水力活塞泵采油使用水基动力液的情况,从水基动力液的优点及地面、井下配套工艺、经济效益评估等方面对水基动力液采油进行了可行性研究。

**关键词** 中含水期 高含水期 水力活塞泵 水 动力 液压液 可行性研究

**作者简介** 窦宏恩,1962年生。1995年获工学硕士学位,曾在辽河油田沈阳采油厂从事科研管理与科研工作,现在攻读博士学位。

多数油田水力活塞泵先期采油采用原油作动力液,在油田进入中高含水期后,不少油田逐步把水力活塞泵采油工艺转变为电潜泵等其它采油工艺,致使水力活塞泵泵站系统及辅助工艺系统各种设备闲置或报废,造成较大的浪费。含水上升到80%以上的油井若采出液水多油少,用油循环采出大部分水显然不经济。其次,整个系统在高温、高压下运行,在一定时期内设备疲劳破坏,发生漏油而失火酿成重大事故的例子国内外油田都有。针对中高含水期水力活塞泵采油是继续采用油作动力液,还是改用水作动力液,其工艺技术的可行性和经济效益评价,笔者研究了国外水力活塞泵使用水基动力液的有关情况和胜利滨南油田改用水基动力液的生产效果后,提出了采用水力活塞泵采油的油田在中高含水期的采油思路。

## 一、水基动力液采油在国内外的研究状况

1. 国外水力活塞泵水基动力液采油 在水力活塞泵使用较早的美国,目前有水力活塞泵采油井10 000多口,占整个美国总采油井数的2%,不少油田采用水基动力液。据F. B. Brown先生撰文<sup>[1]</sup>,在1958年美国加利福尼亚州的Huntington Park实验室进行了水基动力液模拟试验,试验在15.24m的井中进行,共试验200~1 000h,证实了在水基动力液下泵工作正常。1963年4月在加州Los Angeles进行了第一口井矿场试验,泵挂深度1 798.32m。第二口井是1963年11月在加州地区的长滩油田1 280.6m深的井试验。第三口井是1964年1月在阿拉斯加的Citronelle的3 352.8m的深井采油获得成功。Brown先生同时提到,在油井中高含水期采用油作动力液是不经济的,并且认为处理水的工艺过程是非常容易办到的。其处理成本比原油动力液处理成本低,使用水作动力液是非常令人鼓舞的。

1964年在加州Huntington Park海上油田Eva平台,采用KOBE(现TRICO)公司的A型泵和D型泵,闭式油基动力液采油。在20.7MPa高压下,由于原油动力液泄露,发生海上平台着火事故。在1983年1月转为水基动力液生产,达到了正常、安全生产<sup>[2]</sup>。

北海油田采用了采出水加上除氧剂、防垢剂、防腐剂作为动力液进行水力喷射泵采油,采油系统为开式系统<sup>[3]</sup>。同时文献<sup>[4]</sup>也认为,近年来,由于润滑性能和地面、井下设备结构性能的改进,极大地增强了人们使用水作为动力液的积极性,密西西比某油田的水力活塞泵抽油系统就是把水加热作为动力液的,同时这种动力液也可作为采出油的一种稀释剂。在水润滑性能差的情况下,在动力液增压泵的吸入口添加化学药剂改善其润滑性。常用的化学药剂是抗氧剂和防锈剂、润滑剂。

2. 我国水力活塞泵水基动力液采油 我国胜利油田一度研究过水基动力液,在文献<sup>[5]</sup>中提到一种SS系列水基动力液,但未见到有关室内试验情况及矿场试验结果公开发表。

1988年胜利油田无杆泵公司以回注污水作水力活塞泵抽油用动力液的基体,研制成功了SLS-3型动力液添加剂,并在1991年9月到1992年6月在滨南一区三号站进行了6口井的矿场先导性试验。这个站原采用原油作为动力液,平均每天用量540t,产液139.8t/d,动采比3.86:1,平均换泵周期27.7d。用污水+添加剂作动力液平均每天用量482.8t,产液120.5t/d,动采比4.01:1,这时污水中加入SLS-3型添加剂浓度250mg/L,平均换泵周期达47d,井下泵工作正常,起下都很顺利<sup>[6]</sup>。

到1994年10月底,滨南76口水力活塞泵井全部采用了水基动力液,现场生产基本正常,但也出现了不少问题,后文将予以分析。滨南油田规模性采用水基动力液采油,将是我国进入中高含水期的水力活塞泵采油迈出的成功一步。

## 二、水基动力液的优点及配套工艺

### 1. 水基动力液的特点

①用水作动力液时,设备加工和现场安装简单,系统投资大大降低。②油井计量方便,节省了繁多的设备。③水基动力液来源比较丰富,可取净水或污水,获取方便,性能稳定。④设备及管网维护方便,系统安全可靠性强。⑤杂质和异物清除工艺较容易。⑥混合液含水达80%~95%时,游离水增加,输送流变性变好,易输送。⑦动力液的温度可由较高温度降低,节约能耗。⑧联合站的油水混合物处理系统每日循环量可大幅度减少。

### 2. 水基动力液配套工艺

(1)动力液地面处理工艺。在含水达80%~90%时,原油流度指数增大,稠度系数下降,趋向牛顿流体,这时原油含水分两部分,一部分是游离水,另一部分是乳化水,对现有破乳工艺不会造成不良影响。在处理水量与原处理油水混合物总量相同的情况下,处理水工艺变得简单,主要用沉降破乳就可达到效果,脱水温度随着也可降低,因此说采用水基动力液不会给联合站处理系统带来不利。

若现有污水处理系统满负荷的话,必须考虑增设处理设备,或改变现有工艺。研究了我国几个水力活塞泵采油油田的地面工艺系统后提出下列几种工艺方案。

①直接从沉降罐抽取所需用的污水作为动力液,剩余污水回注,油在沉降达到指标后外输。

②在现有流程前增加一个  $5\ 000\text{m}^3$  高效动力液沉降罐,回站的混合液先进此密闭沉降罐沉降,动力液直接从此沉降罐抽取,剩余油水进三相分离器处理,达到外输指标后外输。

③把原油和水混合液先进分离器再进沉降罐的流程改为先进沉降罐后进分离器的流程,这样,即可从沉降罐中直接抽取污水作动力液,其余油水混合物经三相分离器分离后外输。

(2)动力液添加剂。用污水作为动力液的基体,研制高效、成本低廉的水基动力液添加剂是该项技术的关键之一。但各个油田采用的水基动力液不可能只有一种,因为每个油田,甚至一个油田的不同区块其水质情况也不尽相同,所以必须考虑到添加剂与本油田污水的配伍性问题及最佳浓度的选择试验问题,但每个油田都应根据本油田的水质状况筛选或复配、合成适合其水质特点的化学添加剂。

(3)地面泵改造工艺。

①主要改造动力液增压泵液力端,更换液力端的材质;油作动力液时,泵液力端采用铸钢;水作动力液时,泵液力端为铝青铜合金,可防止水的锈蚀作用<sup>(5)</sup>。

②改造球阀结构,或采用蒙耐尔合金等特种钢材。

③在泵出厂前,对液力端进行表面耐磨处理,如等离子喷涂、激光处理等,以提高耐磨和抗蚀性能。

④用高压注水泵改换柱塞泵,彻底解决泵不适合性。

(4)井下水力活塞泵改造。对于水力活塞泵工作系统的沉没泵机组,要求井下泵工作寿命达到目前用油作动力液的性能,除考虑对水基动力液加入优质的添加剂外,还应对井下泵进行适当的改进。对阀体、滑阀、阀芯等液力端零部件改换材质,象铬镀,更换不锈钢、蒙耐尔合金钢材质,提高抗磨、抗腐蚀性。

### 三、水基动力液的经济分析

1. 处理量能耗计算 若采用油基动力液,设油水混合物处理后,油总量为  $X(\text{m}^3/\text{d})$ ,若供动力液处理量是  $Y(\text{m}^3/\text{d})$ ,那么外输量为  $X-Y(\text{m}^3/\text{d})$ 。

若采用水作动力液,则处理油总量为  $X-Y(\text{m}^3/\text{d})$ ,少处理油量  $Y(\text{m}^3/\text{d})$ 。

现以沈阳油田为例,每日需处理后的油  $30\ 000\text{m}^3$  作动力液循环,通过 12 台  $2\ 326\text{kW}$  的加热炉加热(在不考虑其它机械效率的前提下,取热效率为 100%),工业用电费用取  $0.4$  元/度,计算能耗费用

$$2326 \times 24 \times 12 \times 0.4 = 26.79552 \times 10^4 (\text{元}/\text{d})$$

因此,每天少处理油  $30\ 000\text{m}^3$  时,沈阳油田日获效益  $26.79552 \times 10^4$  元。

2. 温度降低 采用油作动力液时,进井温度  $90\text{C}$ ,返液温度  $60\text{C}$ 。若采用水作动力液时,进井温度可控制在  $70\text{C}$ ,返液温度在  $45\sim 50\text{C}$ 。输油温度随着由  $90\text{C}$  下降到  $70\text{C}$ 。

3. 投资成本分析 若采用胜利 SLS-3 型添加剂,其成本为  $13\ 000$  元/t,加药浓度在系统稳定后平均按  $200\text{mg}/\text{L}$  计算,处理  $30\ 000\text{m}^3$  水需用添加剂  $6\text{t}/\text{d}$ ,费用  $13\ 000 \times 6 = 7.8 \times 10^4$  元/d。

工艺改造费  $200 \times 10^4$  元,按 20 年正常运转计算,每天费用  $273.97$  元。

4. 每天可获效益 节约的能耗费用与总投资之差即可求得日获效益,即

$$26.79552 \times 10^4 - (7.8 \times 10^4 + 0.027397 \times 10^4) = 18.968123 \times 10^4 (\text{元}/\text{d})$$

#### 四、滨南油田水力活塞泵采用水基动力液的问题分析

胜利滨南油田 76 口水力活塞泵井由原来油基动力液生产改为水基动力液生产,主要出现了下面几方面问题:

1. 水基动力液普遍推广以来,系统泵压不稳,油管、泵都存在漏失问题。

2. 地面泵免修期由原来用油时的 2.5 个月降到 1 个月,地面泵液力端泵阀及泵头刺漏、腐蚀均很严重。

3. 井下泵平均换泵周期由原来试验时的 46d 降到目前的 20d 左右,动力液用量大,冲次较低,泵效低。

目前,滨南油田采用水作动力液生产,生产形势非常严峻,出现问题的原因分析如下:

(1)水力活塞泵系统管理不协调,加药浓度未按要求进行。

(2)添加剂无增稠效果,泵液力端及油管均存在漏失,干压不稳而影响正常生产。

(3)SLS-3 型添加剂主要以润滑为主,因此地面泵和井下泵腐蚀较严重。

(4)未对地面泵及井下泵液力端材质作水基动力液的适应性考虑,材质采用了原材料,使其不能适应较恶劣的工况。

#### 五、今后水力活塞泵采油发展方向及建议

综前所述,水力活塞泵在特殊深井、超深井、高寒地带、沙漠地区、海洋和陆地丛式平台井组采油仍然是一种非常有效的机械采油方式。配套研制水力活塞泵的工况监测仪进行水力活塞泵工作参数采集、处理,优化最佳工作参数,计算设计出合理的完井管柱,使油井开采的地层—井筒—地面合理匹配,达到科学采油的目的。同时,在我国水力活塞泵采油的油田进入中高含水期后,对现有泵的技术进行改进,采用水基动力液采油,是我国水力活塞泵采油在中高含水期的发展方向,笔者提出如下几点建议:

1. 在水平井、斜直井中开展矿场试验,发挥水力活塞泵本身起、投方便的优势。

2. 在我国浅海平台采油,应用水力活塞泵,方便管理和作业。

3. 国内要采用水基动力液采油的油田应先立足进行 SLS-3 型添加剂的配伍性及效果试验,按室内试验的最佳浓度放大到现场试验。

4. 在联合站设动力液性能标准监测岗,每日按时监测动力液的各项指标,形成加药、泵送、监测的系统管理。

5. 尽快抓紧对地面泵液力端进行结构或材质的改进,或采用高压注水泵代替现有柱塞泵。

6. 泵的换向总成改用蒙耐尔合金或钛合金优质钢、不锈钢材质,以适应水基动力液的要求。

7. 进一步加快开发高效低成本污水动力液的添加剂,从润滑、增稠和防腐阻垢等方面考虑,以满足水力活塞泵的采油要求。

8. 在设备改造完成、添加剂可行的前提下,改用水基动力液水力活塞泵采油才是现实可行的。

作者附言:胜利油田无杆泵公司王庆源提供了有关的水基动力液资料,在此表示感谢。

(下转第 92 页)

和调配设计计算机化。

## 2. 建议

(1) 现场中使用井下流量调节器的同时,最好在井口配套使用井口流量调节器,这样可以更有效地保护注水压力波动对井下配水器的冲击。

(2) 从国外现场经验看,在调节器使用过程中对它的耐腐蚀性、耐磨损性非常重视,因此对其制造材料有严格要求,调节器一律用抗腐耐磨材料制造,零部件不宜使用镀镍钢材。

(3) 了解每口井动态的检测工作必不可少,这对于保证配水器正常工作非常重要,因此要对配水器定期维修。

总之,新型偏心自调 KPX 配水器,具有结构合理、构造简单、操作方便等优点,已应用于青海油田 E<sub>3</sub> 油藏深井分层注水。矿场实践表明,该配水器用于深井分注是极为合适的,适用于国内各油田的分层配注。

## 参 考 文 献

- 1 石油工业部采油工艺处编. 油田分层开采技术. 北京:石油工业出版社,1984
- 2 大庆油田,东北石油学院编. 采油工人读本(上册). 1976
- 3 马贵臣. 注水井恒量控制技术. 油田地面工程,1992,11(5)
- 4 张兴儒. 配套发展油田注水系统工程. 油田地面工程,1990,9(1)
- 5 吐哈开发会战指挥部油田开发事业部编. 鄯善油田高效注水配套工艺技术的研究应用与完善发展. 1993—12
- 6 辽河油田采油工艺研究所编. 辽河油田注水开发的研究. 1993—10
- 7 陈桂和. JY341—115 深井和定向井分层注水工艺技术. 石油钻采工艺,1993,15(1)
- 8 李波. 井口井下流量调节器. 采油科技通讯,1992,(2)
- 9 陶景明,杨敏嘉主编. 采油机械. 北京:石油工业出版社,1988—02

(收稿日期 1996—01—26)

(修改稿收到日期 1996—05—13)

〔编辑 郑秀娟〕

(上接第 68 页)

## 参 考 文 献

- 1 F B Brown. Water Power Fluid for Hydraulic Oil Well Pumping. JPT, 1966: 172~176
- 2 F K Kpodo. Optimizations in the Design and Operation of an Offshore Hydraulic Pumping Syetem. SPE 16 364,1988
- 3 E G Jacobs. Artificial Lift in the Montrose Field North Sea. SPE Production Engineering, 1989
- 4 Manual of Hydraulic Pump Technical. Guiberson Division, 1987
- 5 胜利油田水力活塞泵技术服务公司. 水力活塞泵抽油工艺. 1987
- 6 刘云鹏等. 回注污水动力液(SLS-3)扩大试验总结. 无杆采油泵公司,1992

(收稿日期 1996—02—26)

〔编辑 王霜梅〕

## FEASIBILITY STUDY ON WATER BASE POWER FLUID OF HYDRAULIC PISTON PUMP IN MIDDLE-HIGH WATER CUT STAGE

by Dou Hong'en

**Abstract** Many oilfield with hydraulic piston pump enter into the middle-high water cut stage in China. Due to the pure crude oil is pressured and heated as over fluid, the great amount of crude oil with high water cut is produced and economic benefit is very poor. In addition, some equipments have reached fatigue limit and accident possibility is increased because they have been run in high pressure and high temperature for a long time. This paper introduces systematically the application situation of water base power fluid at home and abroad, and gives a feasibility study on water base power fluid of hydraulic piston pump in China from the advantages of water base power fluid, surface and subsurface match techniques and economic benefit evaluation. It points out the most economic production way for hydraulic piston pump.

**Subject heading** moderate water cut stage high water cut stage hydraulic piston pump power hydraulic fluid feasibility research

## EFFECT OF HIGH PRESSURE WATER INJECTION ON CASING IN SANDSTONE

by Zheng Junde, Wang Wenjun

**Abstract** Based on the theoretical study and calculation on the characteristic of vertical deformation of sandstone under high pressure water injection and properties of casing strength under axial extent stress, this paper introduces the mechanism of casing deformation in sandstone under high pressure injecting. As an example, Shuangyushu oilfield in Daqing is used to demonstrate the relationship between water injection pressure, casing stress and casing strength.

**Subject heading** high-pressure water injection sandstone casing deformation casing strength casing stress

## OPTIMUM DESIGN METHOD OF SCREW PUMP AND ITS APPLICATIONS

by Wu Shigui, Feng Yongquan

**Abstract** Applications of screw pump have made great progress since recent years. Based on fluid mechanics and theoretical mechanics, this paper derives the basic mathematical model of screw pump drove by surface equipment in order to optimize the pumping technology, and makes a simple discussion on optimum design method of screw pump by practical examples.

**Subject heading** screw pump optimizing design mathematical model method application

## APPLICATION LIMITATIONS OF THE MODIFIED ISOCHRONAL TESTING

by Tang Leping, Li Yuegang

**Abstract** This paper points out the application limitation of the modified isochronal testing in accordance with the theoretical analysis results and practical data of gas wells, and then presents the conception of 'ideal' absolute open flow, and gives an introduction on the new modified isochronal testing, which is favorable to reduce testing expenses and decrease