

# 应用管网式水力喷射泵 延长垦西油田油井免修期

冯球业 牛祥玉 谭辉 刘军 陈为贞

(胜利油田有限公司,山东东营 257000)

**摘要** 水力喷射泵采油是20世纪90年代初研制成功的一种采油新工艺,1994年通过ISO9001质量体系认证,主要适用于稠油井、出砂严重及偏磨、腐蚀严重的油井。1998年3月开始在垦西油田K71断块实施该工艺,目前有管网式水力喷射泵井27口,与常规机械采油相比,垦西油田油井免修期由110d延长到350d左右。介绍了管网式水力喷射泵采油工艺及其在垦西油田的实施效果。

**关键词** 水力喷射泵 喉管 喷嘴 动力液 油井免修期 新工艺

**作者简介** 冯球业,1966年生。1989年毕业于长春地质学院勘查地球物理专业,目前在孤岛采油厂主要从事采油工程技术管理工作,工程师。

垦西油田多年来油井出砂严重、气量大,地层水矿化度高(20 000mg/L),富含H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>气体,且管柱偏磨严重,造成井下管柱冲刷、磨损、腐蚀,垦西油田正常油井开井76口/d左右,油井综合躺井率高达15.3%;油井免修期短,仅180d左右;作业工作量大,费用居高不下。为改变这种状况,1998年3月开始在垦西油田采用管网式水力喷射泵,取得了较

好的效果。

## 1 垦西油田水质分析及腐蚀率

垦西油田用有杆泵采油时,躺井率居高不下,主要原因是地层液矿化度相当高,同时气体腐蚀严重,气油比达120。由于地层水中游离CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S及硫酸盐还原菌的共同作用,地层水呈弱酸性(见表1)。

表1 水质分析及腐蚀率试验结果

水样	K <sup>+</sup> 、Na <sup>+</sup> /mg L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> /mg L <sup>-1</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /mg L <sup>-1</sup>	S <sup>2-</sup> /mg L <sup>-1</sup>	游离 CO <sub>2</sub> /mg L <sup>-1</sup>	硫酸盐 还原菌 /个 mL <sup>-1</sup>	总矿化度 /mg L <sup>-1</sup>	pH值	平均腐蚀率 /mm a <sup>-1</sup>	备注
K24-5井 地层水	4852	6099	2996	13.83	110	0	14 121	7.1	0.038 57	有刺激性气味
K71-109 井地层水	6922	11 234	934	22.46	75	27000	19 602	6.6	0.096 65	有刺激性气味
K71-1# 注入水	5699	9176	835	3.13	41	25 000	16 125	6.9	0.013 31	黑色,硫化氢臭味

## 2 水力喷射泵的工作原理及工艺流程

### 2.1 工作原理

如图1所示,水力喷射泵整机由泵工作筒、沉没泵和底阀组成。由注水管网提供的高压动力液经井口沿油管下行进入井底水力喷射泵,当动力液通过水力喷射泵喷嘴时,由于喷嘴的节流作用,动力液由压力头转换为速度头,压力急剧下降,在喷嘴周围形成低压区,地层液在地层能量的作用下,经尾管进入

泵内,流向低压区,和喷嘴出口的高速射流混合后进入喉管逐渐减速增压,即在喉管处混合液由速度头转换为压力头,将混合液沿套管环空举升到地面。泵座随油管下井到预定深度,泵芯可以通过动力液的正反循环来达到投入和提升的目的,例行检测方便,操作简单。

### 2.2 工艺流程

管网式水力喷射泵抽油系统主要包括地面设备和井下泵2大部分,地面部分包括高压注水站、高

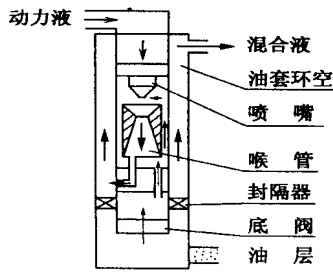


图1 水力喷射泵工作原理示意图

压控制管汇、动力液处理装置、计量仪表、井口装置等(见图2)。井下泵主要是水力喷射泵。注水站的高压污水在配液间经过滤形成动力液进入井内,与地层液混合排出,计量后经联合站、污水站处理再次经注水站加压打入配液间,往复循环。

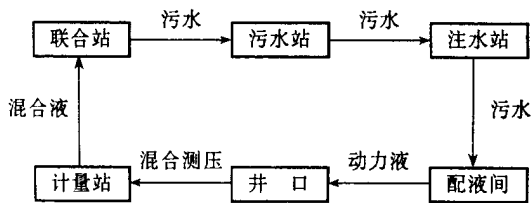


图2 水力喷射泵抽油系统工艺流程

### 3 管网式水力喷射泵特点

(1) 管网式水力喷射泵以水力喷射泵注水管网提供的高压污水为动力液,较单体水力喷射泵(每口井都有高压柱塞泵提供高压污水为动力液)地面工程投资少,工作压力稳定、管理方便。

(2) 管网式水力喷射泵泵深可达1800m,井下喷嘴、喉管能根据生产需要进行合理匹配,实现了地层流体介质连续吸入和排出,排量、压力平稳,流体扰动小,不易引起地层激荡出砂,有利于保持地层能量和油层保护。

(3) 管网式水力喷射泵以高压水为动力液,沉没泵由散件组装而成,可方便起下,更换易损件,费用低,适用于偏磨、腐蚀严重的油井,有利于延长油井免修期,降低作业费用。

(4) 管网式水力喷射泵无井下运动部件,在生产过程中不存在抽油杆以及深井泵活塞上下往复的运动问题,加上产出液与动力液混合后在油管内流速较大,携砂能力强,减少了砂埋油层的几率,不易砂卡,适合于出砂严重的油井生产。

## 4 现场施工及效果

### 4.1 生产参数的优选

动力液测算方法,泵生产参数的匹配是一个较复杂的问题,根据油田(区块)注水站设计扬程和方案的指导思想,动力液压力设计为12.0MPa,考虑地层的供液能力,喷嘴与喉管横截面积比在0.16~0.20之间,尽量采用较小的喷嘴。为了增加泵的吸入压力,应尽可能增加泵的下入深度,缩短尾管长度,并安装筛管,减少稠油在尾管段的压力损失。根据水力喷射泵的工作原理和工作特点,选用胜利油田无杆泵公司的SPB型泵,采用以下单井动力液测算方法

$$Q_1 = 300 \times d_1 \times \sqrt{\frac{p_1 - p_3}{r_1}}$$

$$p_1 = p_{\text{井口}} + hG_1$$

$$p_3 = p_2 + hG_2$$

$$r_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

式中

$d_1$ ——水嘴直径,mm;

$d_2$ ——喉管直径,mm;

$G_1$ ——油管内动力液压力梯度,MPa/m;

$G_2$ ——混合液压力梯度,MPa/m;

$h$ ——泵挂深度,m;

$p_1$ ——水力喷射泵水嘴入口压力,MPa;

$p_2$ ——混合液排除口回压,MPa;

$p_3$ ——水力喷射泵井底入口压力,MPa;

$p_{\text{井口}}$ ——动力液井口压力,MPa。

同时,根据地层供液能力确定泵深( $h$ ),根据生产需要确定喷嘴和喉管的直径( $d_1$ 、 $d_2$ )(目前已开发出相应的计算软件)。

### 4.2 管柱施工要求

垦西油田油层结构疏松,出砂严重,在制定措施方案时,结合油井的生产实践,针对单井开采状况、地质特点、原油物性、出砂情况,配套应用相应的地层化学处理剂及防砂工艺。

长期停产的油井和多次作业施工的油井,近井地带会造成污染物堵塞,严重影响供液能力,为此采用地层化学处理剂处理近井地带,达到疏通地层的目的。视其出砂情况和泥质含量的高低,采取混排解堵、挤粘土稳定剂抑制粘土膨胀、抑砂剂胶结骨架砂、敷膜砂封口形成井壁挡砂屏障、下滤砂管等不同组合的复合防砂措施。

水力喷射泵的工作原理要求管柱结构(见图3)具有良好的密封性和耐压性。

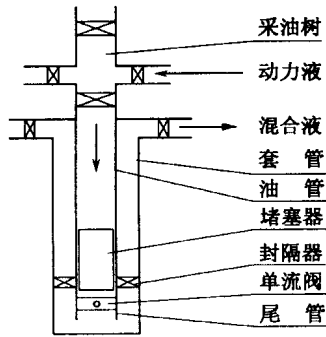


图3 水力喷射泵管柱结构

对完井管柱施工要求具体如下。

- (1) 下管柱过程中,每根油管接头必须涂高压厌氧密封脂,上满扣并按规定力矩拧紧。
- (2) 采用  $\varnothing 62\text{mm}$  油管,泵工作筒以上至井口及短节必须用  $\varnothing 60\text{mm} \times 1200\text{mm}$  油管规逐根检测。
- (3) 封隔器试压,须从油管打压至 15MPa,稳压 5min,压降小于 0.5MPa 为合格。
- (4) 油管试压,打开套管闸门,投入油管堵塞器。打压至 20MPa,稳压 5min,压降小于 0.5MPa 为合格。
- (6) 井口采油树高压部分承压 20MPa,低压部分承压 2.5MPa,不渗不漏为合格。
- (7) 投泵前彻底循环清地面管线及井筒,确保下

泵畅通。

#### 4.3 实施效果

该技术 1998 年 3 月 5 日首先在 KXX71X117 井进行了应用。该井由于出砂严重而躺井频繁,已停产多年,采取混排解堵、挤粘土稳定剂抑制粘土膨胀、抑砂剂胶结骨架砂、敷膜砂封口形成井壁挡砂屏障等复合防砂措施后,投泵生产,获得成功,生产参数为喷嘴 3.0mm,喉管 6.8mm,动力液日注量  $87\text{m}^3$ ,日产液 98.5t,日产油 6.5t,含水 93.4%。KXX71-3 井用有杆泵生产时,免修期只有 100d 左右,其主要原因是地层出砂严重、产气量大,且存在管杆严重偏磨,造成冲刷、腐蚀、磨损管、杆、泵,导致躺井作业频繁。采用滤砂管防砂,实施管网式水力喷射泵采油工艺,生产参数为喷嘴 3.2mm,喉管 7.2mm,动力液日注量  $101.5\text{m}^3$ ,日产液 136.2t,日产油 5.3t,含水 96.1%,免修期提高 320d。KXXQ5 井在有杆泵生产时,免修期只有 120d 左右,主要原因是地层能量充足,产液量较高达 250t/d 左右,且出砂严重,产气量大。采用滤砂管防砂,实施水力喷射泵采油工艺,生产参数为喷嘴 3.6mm,喉管 7.8mm,动力液日注量  $161.5\text{m}^3$ ,日产液 257.2t,日产油 8.3t,含水 96.7%,免修期提高 596d(见表 2)。

表2 KXXQ5 措施前后情况统计

分类	躺井时间	躺井原因	作业内容	作业费用 /万元	检泵周期 /d
机采时 (1998.01~1999.08)	1998.04.18	泵漏	检下 $\varnothing 5$ 泵,换 600m $\varnothing 6\text{mm}$ 油管,300m 抽油杆	8.5789	120
	1998.11.21	泵漏	检泵,换 600m $\varnothing 6\text{mm}$ 油管,600m 抽油杆,下扶正器	9.2543	
	1999.01.11	砂卡	换滤砂管,换 83mm 泵,换 100m $\varnothing 6\text{mm}$ 油管	7.4812	
	1999.03.26	砂卡	换滤砂管	5.5054	
	1999.08.12	泵漏	2001 年 8 月 20 日换滤砂管实施水力喷射泵工艺换油管	15.456	
	合计			46.2758	
下喷射泵后 (1999.09~2001.06)	2001.04.17	封漏	换滤砂管,换 1000m $\varnothing 64\text{mm}$ 新油管	10.6218	596

至 1999 年 12 月底,垦西油田有针对性地实施管网式水力喷射泵采油工艺 27 口井,配套相应的防砂措施,并根据地层供液能力,优化了生产参数,满足了生产需要。27 口井同比免修期由 110d 上升到 350d,躺井率由 18.3% 下降到 7.8%,效果明显。

## 5 结论

- (1) 管网式水力喷射泵地面工程投资少,工作压力稳定,管理方便。
- (2) 管网式水力喷射泵泵深可达 1800m,井下喷

嘴、喉管能根据生产需要进行合理匹配,实现了地层流体介质连续吸入和排出,排量、压力平稳,流体扰动小,不易引起地层激荡出砂,有利于保持地层能量和油层保护。

(3) 管网式水力喷射泵及配套工艺,在出砂、偏磨、腐蚀严重的井区应用,延长油井免修期是成功的、有效的。

(收稿日期 2001-12-15)

(修改稿收到日期 2002-04-22)

(编辑 付丽霞)

According to "Profile Control by Perforation" theory and multi-layer numerical model of perforating, the paper introduces a method to optimize the perforating strategy based on the property of each layer respectively. Corresponding software has been developed to calculate perforating length and density, and also to operate sensibility analysis.

**Key words** perforating profile control perforating length perforating density optimization

### **PRACTICE AND MECHANISM DISCUSS OF DEPTH PROFILE CONTROL IN THICK LAYER**

by He Guangzhong, Zhang Xinmin, Liu Yu, Zhao Song (The No. 1 Oil Production Plant, Daqing Oilfield Co.)

**Abstract** From remaining oil distribution discussing, the aim of depth profile is to dig the potential of thick layer where bigger difference of permeability exist. Testing data analysis is said that the economic effect of depth profile would be improved greatly with proper design. Field application in Sazhong Oilfield was introduced. The data of two wells shown that the depth profile technology can enhanced oil recovery obviously either combine with water drive or with polymer drive.

**Key words** thick layer depth profile dig potential

### **DISCUSS ON FRACTURE TECHNOLOGY IN HIGHER AND MODERATE PERMEABLENESS LAYER**

by Xiu Shuzhi, Lu Xiufeng, Du Dongsheng, Qiu Bing, Hao Yan (Downhole Technology Service Co., Huabei Petroleum Administration Bureau)

**Abstract** The matching technology of fracture in higher and moderate permeable formation was discussed. In Mongolia, the control technology of fracture fluid filtrate loss was used by phase. At the same time, oil and gas formation protect technology, separate layer fracturing with wax ball technology and others were also used matching. After five wells using, the better effect of fracture was obtained.

**Key words** higher and moderate permeable layer filtrate loss control oil and gas protect technology

### **APPLICATION OF VISCOSITY REDUCING AND FRICTION REDUCING TECHNOLOGY IN ULTRAVISCIOUS CRUDE OIL**

by Wang Shizhong, Yu Wuxing, Zheng Nanfang, Xue Heihui (Special Oil Production Co., Liaohe Oilfield Co.)

**Abstract** The viscosity reducing and friction reducer and the downhole mixing tools were developed aim at the higher cost of electric heating in wellbore. Field testing was carried through, which presented the relationship about well pumping unit load and the quantity, temperature, dense of mixing liquid. Lifting in ultraviscous crude oil was implemented without electric heating.

**Key words** Liaohe Oilfield ultraviscous viscous reducing friction reducing wellbore lift

### **PROLONGED THE OIL WELL LIFETIME BY USING HYDRAULIC JETTING PUMP**

by Feng Qiuye, Niu Xiangyu, Tan Hui, Liu Jun, Chen Weizhen (Gudao Oil Production Plant, Shengli Oilfield Limited Company)

**Abstract** Hydraulic jetting pump is a new recovery technique in 90's, and has gained the ISO9001 attestation in 1994. The pump is mainly for dense oil well, which always easy to happen sand flow and erosion well. The technique has been applied in K71 fault block at Kenxi Oilfield in 1998, which has popularized to 27 wells now. At the same time, well's lifetime from 110 days has been prolonged to 350 days. The paper introduces the hydraulic jetting pump's recovery technique. The preferment result used in Kenxi Oilfield was introduced.

**Key words** hydraulic jetting pump prolong lifetime of oil well muzzle

### **DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MULTIFUNCTION FISHING SAND BARREL**

by Zhang Xueheng, Dong Wenkui, Fan Jianhua (Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau)

**Abstract** A kind of new type of multifunction fishing sand barrel was introduced. It was remolded on the base of the normal fishing sand barrel, add the function of rotation and drilling. With drilling, the tool can make the strong sand in a wellhole into loose, then suck the sand into the barrel, with the string and barrel to carry the sand to ground. These make the well to produce smoothly.

**Key words** multifunction fishing sand barrel development operation at the location analysis of result

### **ANALYSIS AND APPLICATION ON THE MECHANISM OF PLUG REMOVAL WITH ELECTRIC PLUS**

by Shi Daohan, Wang Donglin, Liu Shubing (The No. 1 Oil Production Plant of Changqing Oilfield Co.)

**Abstract** The stimulation mechanism about plug removal with electric plus was analyzed. The case of this technology using in Ansai Oilfield, which has been at moderate water-cut, was introduced. With ten wells field application and nine wells efficiency, it shown that this technology has better stimulation effect to the reservoir which is at moderate water-cut.

**Key words** Ansai Oilfield electric pulse plug removal formation damage prevention