

# 聚驱螺杆泵采油系统优化设计与故障诊断分析系统

赵明

郑俊德

孙智

(中国地质大学, 北京 100083) (中国石油勘探开发研究院, 北京 100083) (大庆油田有限责任公司, 黑龙江大庆 163000)

**摘要** 详细论述了聚驱螺杆泵生产系统优选理论, 包括螺杆泵的选择、抽油杆柱、油管、配套工具和驱动头的选择。运用可视化语言, 编制了聚驱螺杆泵采油系统优化设计与故障诊断决策系统软件, 可实现泵型、工作参数及配套工具的优选, 给出设计表、故障分析及解决方法等。该软件方便实用, 极大地提高螺杆泵生产率和管理水平, 具有较好的推广应用前景。

**关键词** 聚合物驱 螺杆泵 优选 诊断

**作者简介** 赵明, 1960年生。1984年毕业于大庆石油学院开发系, 现在中油集团科技发展部工作, 在读博士, 高级工程师。郑俊德, 1963年生。1984年毕业于大庆石油学院开发系, 现在采油所工作, 教授。孙智, 1962年生。1984年毕业于大庆石油学院开发系, 现任第一采油厂总工程师, 高级工程师。

大庆油田螺杆泵聚驱开采从1999年开始加大了推广应用力度, 取得了较好的开发效果。但在应用过程中暴露出一些问题, 如: (1) 杆柱断脱; (2) 减速箱齿轮油渗漏; (3) 光杆密封效果不好; (3) 防反转装置失效; (4) 杆管偏磨。通过调研分析认为, 螺杆泵生产出现的问题大多数与设计不合理有关。因此, 为了提高螺杆泵运转时率, 延长检泵周期, 必须对螺杆泵生产系统进行优化设计和故障诊断决策研究。

## 1 螺杆泵的选择

螺杆泵抽油系统的关键设备是螺杆泵, 选好、用好螺杆泵是能否完成抽油任务、而且也是提高抽油系统水平的关键一步。选泵的基本要求是能够满足油井排量、压力的需要。

### 1.1 泵的理论排量<sup>[1]</sup>

螺杆每转1周的理论排量为

$$q = 4eDT \times 10^{-9} \quad (1)$$

泵的理论排量与转速成正比, 即

$$Q_{th} = 1440 \times 4eDTn \times 10^{-9} \quad (2)$$

### 1.2 泵的容积效率

当泵吸入口压力低于原油饱和压力时, 从原油中脱出的游离气在螺杆泵泵腔内占据一定的空间, 使液体的容积效率降低, 理想情况下全部气体进泵

时的容积效率是

$$\eta_{容} = \frac{1 + \frac{f_w r_o}{(1-f_w)r_w}}{B_o + r_o R_p \times \frac{p_b - p_{吸}}{p_b} \times \frac{2B + T_{h泵}}{288p_b} Z + \frac{r_o f_w}{(1-f_w)r_w}} \quad (3)$$

螺杆泵每天的抽汲排量为

$$Q = Q_{th} \eta_{容} = 5.76 \times 10^{-6} neDT \eta_{容} \quad (4)$$

### 1.3 螺杆泵的压头

螺杆泵的压头由单级承压能力和级数的乘积而定, 压头与排量的关系见螺杆泵水力特性曲线<sup>[1]</sup>。在油田的应用中, 抽油系统压力是泵吸入口压力和泵排出口压力的函数, 对于任意一种产量、泵吸入口压力都有对应值, 并且与流入动态关系协调。泵排出压力是泵以上油管内流体密度、高度、地面油管压力及泵排出口和地面之间沿程损失的函数

$$\Delta p = p_a - p_{吸} = p_d + p_z + p_m - p_h - p_c \quad (5)$$

$$p_z = rL \times 10^{-9} \quad (6)$$

$$p_h = rh \times 10^{-9} \quad (7)$$

$$p_m = \frac{128K\mu L Q}{\pi(D_1 - d)^2(D_1^2 - d^2)} \times 10^{-9} \quad (8)$$

$$K = \left[1 - \frac{D_1}{d}\right]^2 \left[ \left[1 + \frac{D_1}{d}\right]^2 + \frac{1 - \left(\frac{D_1}{d}\right)^2}{\frac{L}{h} \frac{D_1}{d}} \right]^{-1} \quad (9)$$

$$k = \Delta p / p_{\text{单}} \quad (10)$$

选泵时,选用级数应大于计算总级数。

#### 1.4 泵型选择及参数设计

设计人员必须找出螺杆泵的最佳工作区域,推荐给现场人员,才能使螺杆泵得到合理的使用,减少故障,延长泵的寿命。

(1)首先做出油井 IPR 曲线<sup>[2]</sup>,再乘气液比,即可做出下泵深度等于油层中部的泵口 IPR 曲线。

(2)泵的实际举升特性曲线。泵的剩余压头

$$H_{\Delta} = H - \Delta p \quad (11)$$

(3)泵深的确定。在泵口压力相同的情况下,下泵越浅,流压越高,产量越低;反之,下泵越深,流压越低,产量越大。

(4)确定螺杆泵橡胶的温度。井深对螺杆泵橡胶许用温度有要求,螺杆泵定子橡胶对温度较敏感,温度越高,溶胀越大,下泵深度对螺杆泵橡胶温度要求的计算式为

$$t = t_0 + 15 + \frac{L}{100} \left( a + \frac{0.1n}{100} \right) \quad (12)$$

#### 1.5 优选泵型及参数的原则

在油井下泵时选择思路有 2 个:一是由井选泵;另一种情况是由泵选井。正常情况下是由井选泵,即在油井条件已知的情况下选泵,设计工作参数。

(1)泵工作点在最佳工作区域内,获得较高的机械效率;

(2)泵抽应满足油田开发方案的要求,把流压抽到规定范围内;

(3)在泵的压头、排量足够的前提下,尽量增加下泵深度,降低流压,放大生产压差,提高油井产量;

(4)在油井条件确定后,泵的压头、排量不能超过太多,否则螺杆泵工作点离开最佳工作区域;

(5)泵的理论排量必须大于泵入口处油、气、水三相流量;气液比较大的井,应采取套管放气,尽量增加下泵深度,减少气体影响程度;

(6)螺杆泵在排量压头、抽油杆扭矩、径向尺寸满足的条件下,可采用中、低转速 80 ~ 150r/min;在其它条件受到约束时,可通过提高泵的转速,以实现提高泵的排量和压头;

(7)泵的压头不够时,可降低下泵深度,提高流压,降低转速,降低油井产液;

(8)提高油井产液量,可通过提高泵速、增大理论排量、增加泵的压头、增加下泵深度、提高油层压力和提高采液指数来实现,采取相反的措施将获得

相反的结果;

(9)当油井地层条件发生变化时,可通过调整泵系统的参数来适应,当泵抽条件发生变化时,可通过调整地层参数来适应。

另外,螺杆泵的最大外径应满足在套管内起下顺利。转子旋转时,最大直径处不应磨油管。转子从油管起下时,应能顺利通过。定、转子的连接尺寸,应与常规管柱配套。

## 2 抽油杆柱、油管的选择

### 2.1 抽油杆柱、油管受力分析

2.1.1 抽油杆柱受力分析计算<sup>[3]</sup> 抽油杆在油管内转动,将动力传递到抽油杆下端的转子,从而实现抽汲作用。抽油杆受载荷均匀,它不但受轴向力,同时还承受负载扭矩的作用:

抽油杆柱受轴向力

$$F = F_t + F_g \quad (13)$$

$$F_t = (8dD + \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}) \Delta H \times 10^6 \quad (14)$$

抽油杆柱受扭矩

$$M = M_p + M_t + M_y \quad (15)$$

$$M_p = \frac{2dDT}{\pi} \cdot \Delta H \times 10^6 \quad (16)$$

$$M_y = \frac{0.12\pi^2 \mu n D^2 d^2}{D^2 - d^2} \cdot L \quad (17)$$

2.1.2 油管柱受力分析计算 油管柱的受力状态基本上与抽油杆柱受力状态一致。其轴向力包括油管自重、泵进出口压差作用在定子上产生的液柱载荷及油管在液体中所受的浮力(与锚定工具有关),而扭矩只是转子承受扭矩的反扭矩。

### 2.2 抽油杆柱设计依据

在满足强度极限的条件下,尽量选择小直径的抽油杆。根据受力分析,强度校核公式为

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (18)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau^2} \quad (19)$$

$$\sigma_1 = (F/A) \times 10^{-6} \quad (20)$$

$$\tau = (M/W_n) \times 10^{-6} \quad (21)$$

$$[\sigma] = \sigma_s / s \quad (22)$$

### 2.3 油管柱设计依据

油管尺寸尽量小,但必须尽量减小抽油杆柱在油管内转动与油管发生相互摩擦的可能性,且保证转子能从油管内顺利起下。

### 3 驱动头的选择

选择螺杆泵驱动头,除功能适应性与井口连接等因素要考虑外,更重要的是要考虑驱动头的驱动功率和轴向承载能力。驱动功率的输入、输出方式都以扭力的形式表现。

#### 3.1 驱动头功率计算

驱动头功率计算公式如下

$$N_{\text{驱}} = \eta_{\text{驱}} M n / 9550 \quad (23)$$

#### 3.2 驱动头轴向负荷

驱动头承担轴向负荷,但不做功。抽油杆所承受的拉扭力,全作用在驱动头上。表达式为

$$F_{\text{许}} = 3(G + F_{\text{杆}}) \quad (24)$$

#### 3.3 电机功率的计算

电机功率计算公式如下

$$N_{\text{电}} = \eta_{\text{传}} N_{\text{驱}} \quad (25)$$

在设计驱动头、扭矩、轴向载荷和电机的保险系数时,应留2倍以上的保险系数。

### 4 螺杆泵系统优化设计与诊断决策系统研制及应用

根据螺杆泵优化设计理论,利用 Visual Basic 6.0语言编写了聚驱螺杆泵采油系统优化设计与故障诊断决策系统软件,可实现优选泵型、工作参数及配套工具,给出设计表、故障分析及解决方法等。该软件方便实用,可极大地提高螺杆泵生产时率和管理水平。

#### 4.1 程序设计框图

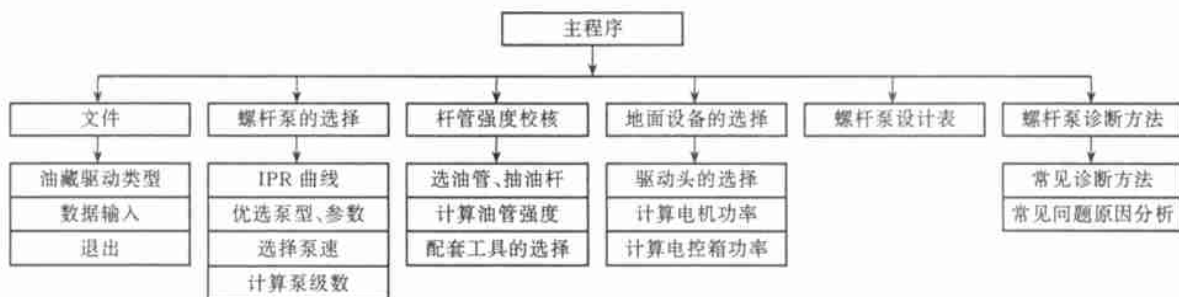


图1 程序模块设计

#### 4.2 模块的功能

4.2.1 输入数据 根据所选的油井驱动类型,相应地输入所需的数据,包括:油藏参数,井筒参数,流体参数和测试参数。

4.2.2 绘制 IPR 曲线 根据所输入的数据,可绘制出 IPR 曲线,通过给定的油井产量或限定井底流压,计算出泵的排量(见图2)。

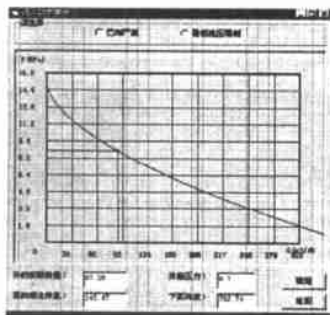


图2 油井 IPR 曲线

4.2.3 选泵 根据所计算出的泵排量,从泵的数据库中选出对应的泵型。

4.2.4 选择泵的转速 从所列出的泵的转速系列中选出所需的转速。

4.2.5 选择抽油杆、管型号 根据泵的型号选出对应的抽油杆、油管的型号(见图3)。

实际排量	扬程	油管规格	抽油杆规格
2-10	800	φ60, φ73	φ19
2-10	1400	φ60, φ73	φ22+φ19
10-20	1800	φ73	φ22
10-20	1800	φ73	φ25+φ22
20-100	1000	φ73	φ22+φ25
100-150	1000	φ89	φ25
150-300	1000	φ89	φ25+φ32

图3 抽油杆和油管型号选择

4.2.6 校核抽油杆 根据第四强度理论,对所选的抽油杆、油管进行校核,满足要求的继续下一步,不满足的需要重新选择(见图4)。

4.2.7 配套工具的选择 根据配套工具适用范围,可选出所需要的相应配套工具。

4.2.8 地面设备的选择 根据驱动头列表,选择相应的地面设备。

4.2.9 螺杆泵常见问题诊断方法 给出了螺杆泵常见问题的诊断方法列表,依据出现的特征,判断油井故障并给出处理方法(见图5)。

井号	抽油速度 (m³/d)	原液速度 (m³/d)	延伸率 (%)
Z-40	850	380	16
Z-50	700	500	12
Z-58	750	250	12
Z-80	780	800	12
Z-85	800	650	12

井号	单位	平均D0	平均D1	平均D2
F21	10°48'	11.0	17.5	24.8
F22	10°48'	11.8	20.8	29.4
F23	10°48'	15.5	27.4	36.7
F24	10°48'	17.2	30.2	40.6

图4 校核抽油杆和油管

故障名称	原因	处理方法
无液流	泵轴不转动	1. 正常取压管堵塞 2. 电机无动力源 3. 电机跳闸 4. 变频器故障 5. 电机接线不正确
无液流	泵轴转动正常	1. 抽油杆断脱 2. 抽油杆脱扣

图5 螺杆泵常见问题诊断分析处理方法

4.2.10 螺杆泵系统优选设计表 根据程序最终所选的结果, 给出一优选设计表(见图6)。

基础数据			
地层压力 (MPa)	f1	抽油杆直径 (mm)	f10
抽油杆直径 (mm)	f2	套管直径 (mm)	f11
抽油杆长度 (m)	f3	井口直径 (mm)	f12
油管长度 (m)	f4	油管直径 (mm)	f13
油管直径 (mm)	f5	油管壁厚 (mm)	f14
油管壁厚 (mm)	f6	油管重量 (kg/m)	f15
油管重量 (kg/m)	f7	油管连接头重量 (kg)	f16
油管连接头重量 (kg)	f8	油管连接头直径 (mm)	f17
油管连接头直径 (mm)	f9	油管连接头壁厚 (mm)	f18
油管连接头壁厚 (mm)	f10	油管连接头重量 (kg)	f19
油管连接头重量 (kg)	f11	油管连接头直径 (mm)	f20
油管连接头直径 (mm)	f12	油管连接头壁厚 (mm)	f21
油管连接头壁厚 (mm)	f13	油管连接头重量 (kg)	f22
油管连接头重量 (kg)	f14	油管连接头直径 (mm)	f23
油管连接头直径 (mm)	f15	油管连接头壁厚 (mm)	f24
油管连接头壁厚 (mm)	f16	油管连接头重量 (kg)	f25
油管连接头重量 (kg)	f17	油管连接头直径 (mm)	f26
油管连接头直径 (mm)	f18	油管连接头壁厚 (mm)	f27
油管连接头壁厚 (mm)	f19	油管连接头重量 (kg)	f28
油管连接头重量 (kg)	f20	油管连接头直径 (mm)	f29
油管连接头直径 (mm)	f21	油管连接头壁厚 (mm)	f30
油管连接头壁厚 (mm)	f22	油管连接头重量 (kg)	f31
油管连接头重量 (kg)	f23	油管连接头直径 (mm)	f32
油管连接头直径 (mm)	f24	油管连接头壁厚 (mm)	f33
油管连接头壁厚 (mm)	f25	油管连接头重量 (kg)	f34
油管连接头重量 (kg)	f26	油管连接头直径 (mm)	f35
油管连接头直径 (mm)	f27	油管连接头壁厚 (mm)	f36
油管连接头壁厚 (mm)	f28	油管连接头重量 (kg)	f37
油管连接头重量 (kg)	f29	油管连接头直径 (mm)	f38
油管连接头直径 (mm)	f30	油管连接头壁厚 (mm)	f39
油管连接头壁厚 (mm)	f31	油管连接头重量 (kg)	f40
油管连接头重量 (kg)	f32	油管连接头直径 (mm)	f41
油管连接头直径 (mm)	f33	油管连接头壁厚 (mm)	f42
油管连接头壁厚 (mm)	f34	油管连接头重量 (kg)	f43
油管连接头重量 (kg)	f35	油管连接头直径 (mm)	f44
油管连接头直径 (mm)	f36	油管连接头壁厚 (mm)	f45
油管连接头壁厚 (mm)	f37	油管连接头重量 (kg)	f46
油管连接头重量 (kg)	f38	油管连接头直径 (mm)	f47
油管连接头直径 (mm)	f39	油管连接头壁厚 (mm)	f48
油管连接头壁厚 (mm)	f40	油管连接头重量 (kg)	f49
油管连接头重量 (kg)	f41	油管连接头直径 (mm)	f50
油管连接头直径 (mm)	f42	油管连接头壁厚 (mm)	f51
油管连接头壁厚 (mm)	f43	油管连接头重量 (kg)	f52
油管连接头重量 (kg)	f44	油管连接头直径 (mm)	f53
油管连接头直径 (mm)	f45	油管连接头壁厚 (mm)	f54
油管连接头壁厚 (mm)	f46	油管连接头重量 (kg)	f55
油管连接头重量 (kg)	f47	油管连接头直径 (mm)	f56
油管连接头直径 (mm)	f48	油管连接头壁厚 (mm)	f57
油管连接头壁厚 (mm)	f49	油管连接头重量 (kg)	f58
油管连接头重量 (kg)	f50	油管连接头直径 (mm)	f59
油管连接头直径 (mm)	f51	油管连接头壁厚 (mm)	f60
油管连接头壁厚 (mm)	f52	油管连接头重量 (kg)	f61
油管连接头重量 (kg)	f53	油管连接头直径 (mm)	f62
油管连接头直径 (mm)	f54	油管连接头壁厚 (mm)	f63
油管连接头壁厚 (mm)	f55	油管连接头重量 (kg)	f64
油管连接头重量 (kg)	f56	油管连接头直径 (mm)	f65
油管连接头直径 (mm)	f57	油管连接头壁厚 (mm)	f66
油管连接头壁厚 (mm)	f58	油管连接头重量 (kg)	f67
油管连接头重量 (kg)	f59	油管连接头直径 (mm)	f68
油管连接头直径 (mm)	f60	油管连接头壁厚 (mm)	f69
油管连接头壁厚 (mm)	f61	油管连接头重量 (kg)	f70
油管连接头重量 (kg)	f62	油管连接头直径 (mm)	f71
油管连接头直径 (mm)	f63	油管连接头壁厚 (mm)	f72
油管连接头壁厚 (mm)	f64	油管连接头重量 (kg)	f73
油管连接头重量 (kg)	f65	油管连接头直径 (mm)	f74
油管连接头直径 (mm)	f66	油管连接头壁厚 (mm)	f75
油管连接头壁厚 (mm)	f67	油管连接头重量 (kg)	f76
油管连接头重量 (kg)	f68	油管连接头直径 (mm)	f77
油管连接头直径 (mm)	f69	油管连接头壁厚 (mm)	f78
油管连接头壁厚 (mm)	f70	油管连接头重量 (kg)	f79
油管连接头重量 (kg)	f71	油管连接头直径 (mm)	f80
油管连接头直径 (mm)	f72	油管连接头壁厚 (mm)	f81
油管连接头壁厚 (mm)	f73	油管连接头重量 (kg)	f82
油管连接头重量 (kg)	f74	油管连接头直径 (mm)	f83
油管连接头直径 (mm)	f75	油管连接头壁厚 (mm)	f84
油管连接头壁厚 (mm)	f76	油管连接头重量 (kg)	f85
油管连接头重量 (kg)	f77	油管连接头直径 (mm)	f86
油管连接头直径 (mm)	f78	油管连接头壁厚 (mm)	f87
油管连接头壁厚 (mm)	f79	油管连接头重量 (kg)	f88
油管连接头重量 (kg)	f80	油管连接头直径 (mm)	f89
油管连接头直径 (mm)	f81	油管连接头壁厚 (mm)	f90
油管连接头壁厚 (mm)	f82	油管连接头重量 (kg)	f91
油管连接头重量 (kg)	f83	油管连接头直径 (mm)	f92
油管连接头直径 (mm)	f84	油管连接头壁厚 (mm)	f93
油管连接头壁厚 (mm)	f85	油管连接头重量 (kg)	f94
油管连接头重量 (kg)	f86	油管连接头直径 (mm)	f95
油管连接头直径 (mm)	f87	油管连接头壁厚 (mm)	f96
油管连接头壁厚 (mm)	f88	油管连接头重量 (kg)	f97
油管连接头重量 (kg)	f89	油管连接头直径 (mm)	f98
油管连接头直径 (mm)	f90	油管连接头壁厚 (mm)	f99
油管连接头壁厚 (mm)	f91	油管连接头重量 (kg)	f100

图6 螺杆泵系统优选设计表

5 结论

- (1)系统给出了聚驱螺杆泵生产系统优化设计理论;
- (2)利用可视化语言, 编制了聚驱螺杆泵采油系统优化设计与故障诊断分析的软件;
- (3)软件方便、实用, 极大地提高了螺杆泵生产时率与管理水平。

符号意义

- $a$ ——地温梯度,  $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ;
- $A$ ——抽油杆截面积,  $\text{m}^2$ ;
- $B_0$ ——原油体积系数,  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;
- $d$ ——抽油杆直径,  $\text{mm}$ ;
- $D, D_1$ ——分别为螺杆泵转子截圆直径、油管内径,  $\text{mm}$ ;
- $e$ ——泵的偏心距,  $\text{mm}$ ;
- $f_w$ ——油井综合含水率, 小数;
- $F, F_g$ ——抽油杆柱所受轴向力、转子轴向力,  $\text{N}$ ;
- $F_t$ ——抽油杆在液体中自重,  $\text{N}$ ;
- $F_{许}, F_{杆}$ ——分别表示驱动头许用轴向力、光杆承受的轴向力,  $\text{N}$ ;
- $G$ ——驱动头自重,  $\text{N}$ ;
- $h$ ——环空动液面至泵入口的距离,  $\text{m}$ ;
- $H_{\Delta}, H$ ——分别表示螺杆泵举升剩余压头、本身具有压头,  $H$ 可由水力特性曲线查得;
- $\Delta H$ ——螺杆泵扬程,  $\text{MPa}$ ;
- $k$ ——泵级数, 级;
- $K$ ——流道形状系数, 小数;
- $L$ ——下泵深度,  $\text{m}$ ;
- $M$ ——光杆扭矩,  $\text{N}^{\circ}\text{m}$ ;
- $M_f$ ——定子与转子间的摩擦扭矩,  $\text{N}^{\circ}\text{m}$ ;
- $M_p$ ——举升扭矩,  $\text{N}^{\circ}\text{m}$ ;
- $M_y$ ——液体对抽油杆的摩擦阻扭矩,  $\text{N}^{\circ}\text{m}$ ;
- $n$ ——螺杆泵转速,  $\text{r}/\text{min}$ ;
- $N_{电}, N_{驱}$ ——电机功率、驱动头功率,  $\text{kW}$ ;
- $p_a$ ——泵排出口压力,  $\text{MPa}$ ;
- $p_c$ ——套压,  $\text{MPa}$ ;
- $p_d$ ——地面输油管线回压,  $\text{MPa}$ ;
- $p_h$ ——环空动液面到泵入口的液柱静压,  $\text{MPa}$ ;
- $p_m$ ——泵出口至井口液体流动的沿程损失,  $\text{MPa}$ ;
- $p_z$ ——泵出口至井口油管内液柱静压,  $\text{MPa}$ ;
- $p_{单}$ ——泵单级的压头,  $\text{MPa}$ ;
- $p_{吸}$ ——泵吸入口压力,  $\text{MPa}$ ;
- $\Delta p$ ——抽油系统要求的压头,  $\text{MPa}$ ;
- $q$ ——螺杆泵(转子)每转1周的理论流量,  $\text{m}^3$ ;
- $Q_{th}$ ——泵的理论排量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;
- $r$ ——液体重度,  $\text{N}/\text{m}^3$ ;
- $r_o, r_w$ ——分别为抽汲的原油、地层水重度,  $10\text{kN}/\text{m}^2$ ;
- $R_p$ ——原油生产气油比,  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;
- $t, t_0$ ——分别表示螺杆泵橡胶适应的温度和四季平

# 纳米聚硅材料在油田开发中的应用

苏咸涛 闫 军

(胜利石油管理局, 山东东营 257000) (石油大学石油工程学院, 山东东营 257061)

吕广忠 栾志安

**摘要** 纳米聚硅材料是解决低渗透油田注水井长期注入压力居高不下、注入量低、单井注入压力差异等问题的有效方法之一。通过岩心驱替试验、微观驱油试验表明: 纳米聚硅材料能够改变岩石润湿性, 提高水相相对渗透率, 同时, 其强憎水特性能够驱替吸附在孔隙内表面的水膜, 扩大孔径。驱替试验和现场应用表明: 选井是决定施工成败的关键。经济评价显示该方法具有较好的经济效益。

**关键词** 聚硅 驱替试验 微观驱油 憎水 经济评价

**作者简介** 苏咸涛, 1972年生。1994年毕业于石油大学(华东)开发系, 现在东胜精攻石油开发集团有限公司工作, 工程师。

纳米技术是20世纪80年代末期刚刚诞生并正在崛起的新科技, 它从一诞生就显示了卓越的应用前景, 在电器、纺织、陶瓷等行业都得到了广泛的应用。纳米颗粒是指颗粒尺寸为纳米级的超细微粒, 它的尺寸大于原子簇, 小于通常的微粉。纳米微粒粒径在1~100nm之间, 是肉眼和一般显微镜看不见的微小粒子。纳米材料一个重要的特性是表面效应。为解决低渗透油田注水问题, 在实际注入过程中采用了降压增注剂纳米聚硅材料(音译名: 泡雷西尔)。经过在各类油田的试验证明, 该材料能够提高低渗透油田注水井的吸水能力, 平衡注水井之间的压力差异。纳米聚硅材料作为一种新型的注水增注

剂, 在低渗透油田开发中发挥重要作用, 文章从试验和应用2个方面进行了介绍。

## 1 纳米聚硅材料简介

聚硅材料是一种以SiO<sub>2</sub>为主要成分、具有极强憎水亲油能力的颗粒状白色粉末物质, 是一种无毒、无味、无污染的无机非金属材料, 憎水率在99%以上, 是二氧化硅化学改性的产品, 它的离散颗粒尺寸达到10~500nm, 是按照一种专门工艺生产的航空硅, 这种航空硅是利用γ射线放射性激活的添加剂来进行化学改性的物质, 在不同的工业部门都有广阔的应用领域。聚硅根据其改性的方法不同而产生

均温度, °C;

$T$ ——定子导程, mm;

$W_n$ ——抗扭截面模量;

$Z$ ——天然气压缩因子;

$\eta$ ——泵效, 小数;

$\eta_{传}$ ——电机皮带传动效率, 推荐取80%;

$\eta_{驱}$ ——驱动头(包括光杆、盘根)的摩擦机械效率, 推荐取85%;

$\eta_{容}$ ——螺杆泵的容积效率, 小数;

$\sigma$ ——复合应力, MPa;

$\sigma_s$ ——抽油杆屈服极限强度, MPa;

$\sigma_t$ ——拉应力, MPa;

$\tau$ ——剪应力, MPa;

$s$ ——安全系数;

$\mu$ ——介质的平均粘度, mPa·s。

### 参 考 文 献

- [1] 韩修廷. 螺杆泵采油原理及应用. 黑龙江哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998: 93~104
- [2] 郑俊德, 岳湘安, 曹广胜. 聚合物驱采油井IPR曲线确定方法. 石油钻采工艺, 1998, 20(5): 56~60
- [3] 万仁溥主编. 采油工程手册. 北京: 石油工业出版社, 2000-08

(收稿日期 2002-04-01)

【编辑 郑秀娟】

\* 闫军为第4作者。

## DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A HYDRAULIC—MECHANICAL DUAL—ACTING LINER HANGER

by Ma Lanong (Petroleum Exploration and Development Research Inst. of SINOPEC), Zhang Yan

**Abstract** The cementing technique of using liner hanger is very helpful for solving the problems exist in drilling and completion of the difficult wells. However, the use of conventional liner hanger is limited in such wells, due to the uncertainty of successful setting and latching. A novel hydraulic—mechanical dual—acting liner hanger is developed, with more reliable and safe performances as compared with the conventional one. Its structure design and working mechanism, the surface testing and field setting testing are presented.

**Key words** liner hanger cementing dual—acting mechanical setting hydraulic setting

## EVALUATION ON THE PRIMARY WELL COMPLETION IN GAS CONDENSATE FIELD OF YAHA—

23

by Rao Wenyi, Chen Fei, Liu Xiarong (Tarim Oilfield Company), Zhang Anxin

**Abstract** Gas condensate field of Yaha—23 is a deep condensate gas reservoir rich in condensate oil. The primary well completion technique of tubular conveying under—balanced perforation is conducted for reservoir protection, i. e., the perforating string is used as completion string for gas production or injection. The key of this technique lies on the sequence of packer setting and perforating, as well as the resulting problems. It is recommended to set the packer first and then perforate, and this plan is proved to be feasible by computation.

**Key words** gas condensate field completion tubular conveying under—balanced perforating

## EVALUATION TECHNOLOGY OF FORMATION DAMAGE CAUSED BY THE QUALITY OF FLOODING WATER

by Li Mingzhong, Qin Jishun (University of Petroleum, Dongying), Zheng Lianying

**Abstract** The evaluation technology of formation damage causing by the quality of flooding water was studied, and the main mechanism of the causing in the process of water injection was analyzed. The calculating method of skin factor, brought by each damage factor, was put forward. Take Lijin Oilfield as an example, the situation about formation damage was analyzed. It shows that the formation damage caused by water flooding in Lijin Oilfield is very severity, which damage mechanism is mainly brought by solid phase. The effect of latency mechanism in Lijin Oilfield is smaller.

**Key words** water flooding formation damage skin factor evaluation

## OPTIMIZATION DESIGN AND FAULT DIAGNOSIS OF SCREW PUMP PRODUCTION SYSTEM FOR POLYMER FLOODING

by Zhao Ming (China University Geoscience), Zheng Junde, Sun Zhi

**Abstract** Optimization design theory of screw pump production system has been discussed particularly, which include selection of screw pump, rod, tube, matching tool and drive sub. By using of visible language, software of optimization design of screw pump production system and analysis system of fault diagnosis for polymer flooding has been authorized, optimization design of screw pump, working parametric and matching tool can be realized, and design form, fault analysis and solving method etc can be given. This software is convenience and practicality. Production rate and managing level has been improved maximally. The apply foreground of extending is amplitude.

**Key words** polymer flooding screw pump optimization diagnosis

## APPLICATION OF NANOMETER POLYSILICON IN OIL FIELD DEVELOPMENT

by Su Xiantao, Yan Jun (Shengli Petroleum Administration Bureau), Lu Guangzhong, Luan Zhi'an

**Abstract** Nanometer Polysilicon is one of the method to resolve the problem that injected pressure is high in a long time, water flooding volume is low, the difference of injected pressure of each well is very large in water flooding of low permeability oil field. Nanometer Polysilicon can change the wettability of rock, enhance relative permeability of water, at the same time, because of its stronger hydrophobility, reduce significantly the flow resistant of water flooding through core driving experiment and micro—driving test. The core driving experiment and full size field test prove that it is important for success of construction to select well. Its best economic profit can be proved through economic evaluation.

**Key words** polysilicon driving experiment micro—driving test hydrophobility economic evaluation

## OPTIMIZATION OF PERFORATION LENGTH AND DENSITY TO HOMOGENIZE PRODUCTION PROFILE

by Gong Bin, Wang Zhiming (University of Petroleum, Beijing)

**Abstract** The idea about profile control by perforation is basically on the distributing of formation seep resistance. After optimizing perforation seep resistance, the discrepancy range of seep resistance about all the different is reduce.