

# 低效油井弹性间抽制度确定方法

孙启明

(胜利油田桓台金家石油开发有限责任公司 山东 淄博 256400)

**[摘要]**低效抽油机井实行间抽,是实现提高泵效,降低能耗的有力措施,并不是增产手段。抽油机井间歇开井,首先要保证抽井有足够供液能力,这样才能实现降低吨液耗电量,且能延长油井检泵周期的作用。由于油井供液能力和抽汲参数不同,应根据由动液面绘制油井流入与流出动态曲线IPR,结合示功图确定间抽生产时的合理沉没度范围和启停机时间,采用弹性间抽制度。在保证稳产同时,且能大幅降低吨液耗电。优化注采结构调整降低无效低效循环,是降低能耗的有力措施。抽油机油井节能是一项系统工程,机采与注水结合,进行节能管理效果最优。

**[关键词]**低效油井; 间抽生产; 合理沉没度; 节能管理

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2021.11.1458

## 一、基于示功图的泵效分析

要通过示功图来分析泵效,首先根据抽油杆柱动态微分方程将地面示功图转化为泵功图,通过对泵功图分析而得到柱塞的有效冲程,柱塞有效冲程与光杆冲程的比值即为泵效。计算得到泵功图后行归一化处理。按等位移取值,并将位移、载荷数据归一化,具体处理方法如下:

$$u'_i = \frac{u_i - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}}$$

$$f'_i = \frac{f_i - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}}$$

式中:  $u'_i$  为无量纲位移;  $u_i$  为位移, m;  $u_{\max}$ ,  $u_{\min}$  分别为位移的最大、最小值, m;  $f'_i$  为无量纲载荷;

$f_i$  为载荷, kN;  $f_{\max}$ ,  $f_{\min}$  分别为载荷的最大、最小值, kN。

通过泵功图上各点斜率的值来确定阀的状态。理论上,固定阀开闭点应在上载荷线附近,而游动阀开闭点应在下载荷线附近,且开闭点处的斜率应等于零。为了消除现场的影响,取前后两点的斜率之和作为判别标准,并且取一个阈值。具体判别方法为:当前后两点斜率小于2.0时,为固定阀开启点;当前后两点斜率大于-1.5时,为固定阀关闭点;当前后两点斜率小于1.5时,为游动阀开启点;当前后两点斜率大于-0.8时,为游动阀关闭点。柱塞有效冲程为游动阀或固定阀开闭点对应柱塞位置之差的绝对值中较小的一个。

## 二、智能间抽控制系统的实现

在油田数字化平台的基础上开发了一套油井智能间抽系统。该系统将数字化系统采集得到的示功图转化为泵功图,根据泵功图对泵工况进行诊断,对工况为供液不足的井转为间抽模式。对间抽井提出了根据泵效的大小来确定间抽的时间。该系统在2个数字化丛式井组中进行应用,结果表明该系

统起到了很好的节能降耗的作用。

根据泵效  $\eta_1$  的大小来对油井实施间抽,当计算得到的泵效小于10%即间抽。油井间抽的时间确定方法:①2h后启动抽油机进行抽油,采集地面示功图后停机,按②③④步运算;②由地面示功图按前述的泵效计算方法计算泵效  $\eta_2$ ,从而得出有效冲程恢复速度为  $\eta_2 - \eta_1$ ,即得到2h的有效冲程恢复大小;③取恢复的最大泵效为60%,最小泵效为10%,计算大致的停抽时间为  $0.5S - 1$ ;④当  $\eta_2 > 60\%$  时启动抽油机,当  $\eta_2 < 10\%$  时则停止抽油,直至停抽时间比停止时间多2h时再次启动抽油机,该时的停止时间大于2h,从而训练出一个合适的间抽时间,以后按该间抽时间进行抽油。

基于上述理论在油田数字化平台的基础上开发了间抽井智能控制模块,利用数字化平台采集得到的示功图数据,计算分析得到泵功图,根据泵功图首先对泵工况进行诊断,如泵工况出现故障则停机且自动报警,如出现供液不足的情况则转入间抽模式。

## 三、抽油机井液耗电情况

A油田是低产低渗透油田,正常生产抽油机井,平均动液面 1252,平均沉没度 167A,平均单井日产液 4.4t,平均单井日产液1.2t。进行产量、功图、液面、系统效率等参数的测量,并按功图分析结果类型的进行分类。可见供液充足的采油井吨液耗电最低为36.1kWh。供液不足井共有 93 口占总井数的 76.6%,供液不足井是吨液耗电升高的主要原因,创造改善供液不足井的抽汲条件,可最大程度将吨液耗电由 48.7kWh 可降低到36.1kWh。

### (一) 选井原则

(1) 油层有效厚度小,渗透率低,与周围水井连通状况较差,能量补充难,地层压力低,沉没度低于200 m的低产、低压井。(2) 在现有设备条件下,油井机采参数无法下调,注、采系统得不到进一步调整。

### (二) 试验井基本情况

间抽试验现场共选取 15 口井,间抽前平均单井日产液

12.9t, 日产油 0.90t, 综合含水 93.02%, 动液面 863m, 沉没度 86m, 泵效 25.6%, 有功率 6.51kw, 示功图均为气体影响和供液不足。

(三) 间抽周期的确定

合理的间抽周期能最大限度地减少原油产量的损失, 达到节能降耗的目的, 因此间抽周期的确定非常关键。确定间抽周期的方法是监测液面变化, 即每天定时监测井筒内液面变化情况, 根据液面变化情况确定开、关井时间。为了最大限度减少油量损失, 确定间抽周期遵循两个原则: 其一, 针对液面恢复速度快的井, 要求动液面恢复到 100-200m 时可以开井生产; 其二, 对于液面恢复速度慢的井, 当液面恢复速度趋于稳定时, 也可以开井生产。以 A 井为例, 该井间抽前日产液 16.8t, 日产油 2.2t, 综合含水 87%, 动液面 915m, 沉没度 23m, 泵效26%, 有功率 7.95kw, 日耗电 191kw.h, 功图为供液不足。确定间抽周期时, 液面在前 3 天属于快速恢复期, 从 891m 上升到 301m, 上升幅度为 590m, 后 3 天属于缓慢恢复期, 液面从 301 上升到 221m, 上升幅度 80m, 上升速度变缓, 在开井恢复生产阶段, 同样经历了快速下降期和缓慢下降期, 因此确定间抽周期为 6 天, 其中开井生产 3 天, 关井恢复 3天。

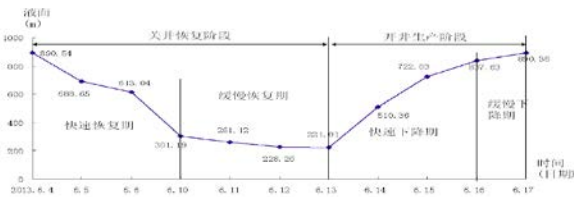


图 1 A井确定间抽周期曲线

四、严重供液不足井问题分析

(一) 间停制度不合理

A 油田 122 口正常生产抽油机井有 93口井采取间抽生产, 占总数的 76.6%。该生产方式不仅能够节能降耗, 更重要的是能够保证供采协调关系, 提高油田开发质量。但实践过程发现, 间抽开采油制度时缺乏理论指导, 导致间抽采油制度不合理, 依然出现供液不足的现状。

(二) 抽油机参数不合理

调查供液不足 49口井, 平均冲程 2.4 米, 小于额定 3 米冲程, 最大冲程为 3 米的井有 14 口, 占 30.1%, 调查严重供液不足 49口井, 平均冲次 4.6Ain-1, 冲次大于 6Ain-1 的井有 10口, 占 21.4%。

(三) 连通注水井注水难度大, 无效注水循环井增多

A 油田是低产低渗透油田, 油层致密且薄, “注不进、

采不出”的矛盾比较突出。目前注水井有 19 口井未完成注入量。导致周围连通的 4口井严重供液不足, 无效做功。部分注水井无效循环注水, 耗电量增加。

(四) 油井单井单环及低产低效环增多

随着油田开发延长, 油井含水上升, 随方案调整关井, 转注, 转提捞等油井的增加导致单井单环增加。同时还有环管线所带油井多, 但产油量很低的低产低效环管线存在。距离长, 能耗增加。

五、经济效益评价

(一) 间抽效果

统计结果显示, 油井平均间抽周期5.5天, 每周期内平均开井3.5天, 关井2.1天。每周期内开井生产后保持合理沉没度时平均单井日产液21.6t, 日产油1.46t, 综合含水93.27, 动液面484m, 沉没度462m, 泵效45.3%, 有功率7.15kw, 平均单井日耗电171kw.h。一个间抽周期内单井平均日产液增加1.1t, 日产油增加0.06t, 较正常生产时增加1.33%, 综合含水上升0.04个百分点。

(二) 经济效益评价

15口井每周期内产油量增加0.93t, 全年原油产量增加74.41t, 吨油价格按1848.3元计算, 年创造经济效益13.75X 10<sup>4</sup>元。每周期内节电2529 kw.h, 全年节电18.6895 X10kw.h, 电单价为0.5473元//kw.h, 全年节电创造的经济效益为10.23 X 10<sup>4</sup>元。间抽周期内减少了抽油机运转时间, 减少了维修保养费用, 预计单井节约材料费0.1万元, 全年创造经济效益1.5 X 10元。另一方面油井实现间抽减少泵供液小足造成的磨损, 降低了抽油机作业成本, 低液面造成检泵比例约为20%, 可节约作用费用12 X 10<sup>4</sup>元。综上所述, 从原油产量、节电效益、节约维修和作业成本四方面考虑, 全年创造经济效益37.48 X 10<sup>4</sup>元。

几点认识: (1) 对于低产低压井, 只要合理优化间抽制度, 间抽后小会影响油井单井产量, 节电效果明显, 是油井生产中一项可行的零投入的节能降耗技术。(2) 间抽井在开井之初能耗增加, 当液面下降到间抽前水平时, 能耗与原来水平持平, 油井实行间抽整体节电效果明显。(3) 间抽周期的确定以经济效益最大化为原则, 小仅仅考虑井筒内液面恢复速度, 同时更应该选择原油损失最低的间抽周期, 以达到节能降耗的目的。

参考文献:

[1]关宁, 欧阳华章, 李华. 抽油机低效间抽井产液变化规律[J]. 油气田地面工程, 2016(02): 17-18.