

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5266—1996

机械采油井系统效率测试方法

Efficiency measuring method of artificial lifted well system

1996-12-31 发布

1997-09-01 实施

中国石油天然气总公司 发布

标准下载网(www.bzxzw.com)

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 前言 | |
| 1 范围 | 1 |
| 2 定义 | 1 |
| 3 测试要求 | 1 |
| 4 测试仪器、仪表及其精度等级 | 1 |
| 5 测试方法和计算公式 | 1 |
| 6 测试报告编写 | 7 |
| 附录 A(标准的附录) 抽油机井系统效率计算示例 | 9 |
| 附录 B(标准的附录) 潜油电泵井系统效率计算示例 | 11 |

前 言

本标准 of SY 5266—91《机械采油井系统效率测试方法》的修订本，并代替 SY 5266—91。

本标准与 SY 5266—91 的区别是：

- 对 SY 5266—91 的内容排序做了调整；
- 把数字测量技术引进本标准；
- 进行抽油机井系统效率测试时，选用的数字式功率测量仪表应符合抽油机耗电原理；
- 本标准对测试所选用的仪器仪表给出了准确度要求。

本标准的附录 A 和附录 B 都是标准的附录。

本标准由中国石油天然气总公司技术监督与安全环保局提出并归口。

本标准起草单位：大庆石油学院石油工程节能技术研究开发中心，中国石油天然气总公司油田节能监测中心。

本标准主要起草人 崔振华 朱君 蔡利 李卫东 梁士军

机械采油井系统效率测试方法

Efficiency measuring method of artificial lifted well system

1 范围

本标准规定了机械采油井系统效率的定义、测试要求、仪器仪表精度等级、测试方法和测试报告的编写。本标准适用除自喷井外的各种机械采油井。

2 定义

2.1 机械采油井的输入功率 input power of artificial lifted well

拖动机械采油设备的电动机的输入功率

2.2 机械采油井的有效功率 effective power of artificial lifted well

将井内液体输送到地面所需要的功率为机械采油井的有效功率。

2.3 机械采油井的系统效率 efficiency of artificial lifted well system

机械采油井的有效功率与输入功率的比值。

2.4 抽油机井的光杆功率 polished rod power of pumping well

光杆提升液体并克服井下各种阻力所消耗的功率。

2.5 抽油机井的地面效率 surface equipment efficiency of pumping well

光杆功率与电动机输入功率的比值。

2.6 抽油机井的井下效率 subsurface equipment efficiency of pumping well

抽油机井的有效功率与光杆功率的比值。

2.7 机械采油井的平均系统效率 average efficiency of artificial lifted well system

各种机械采油井总的平均效率。

3 测试要求

3.1 测试井的选择

应选取机械采油井所配机、泵等运行正常的生产井为测试对象。

3.2 测试用仪器仪表

测试所选用的仪器仪表应在检定合格周期内。

3.3 待测参量的测试

检查仪器仪表连接无误后,按机械采油井的操作规定及程序进行启动。待机械采油设备正常运行20min后进行测试,应保证输入功率、油井产液量、动液面深度、油井油压和套压等主要参量同步测试。测试井为抽油机井时,还应保证光杆载荷和光杆位移与上述参量的同步测试。

4 测试仪器、仪表及其精度等级

测试仪器、仪表及其精度等级要求见表1。

5 测试方法和计算公式

5.1 测试参量

5.1.1 电气测试参量：输入功率或电流、电压和功率因数。

5.1.2 井口测试参量：油压、套压、产液量和含水率。

5.1.3 井下测试参量：油井动液面深度。

5.1.4 光杆（抽油机井）测试参量：光杆载荷和光杆位移。

表 1 测试仪器仪表明细表

| 序 号 | 仪器仪表名称 | 精度等级要求 |
|-----|----------|--------|
| 1 | 输入功率测试仪表 | 1.5 |
| 2 | 压力表 | 1.5 |
| 3 | 动力示功仪 | 1.0 |
| 4 | 回声仪 | 0.35 |
| 5 | 产液量计量装置 | 5.0 |
| 6 | 数字万用表 | 0.3 |
| 7 | 秒表 | 1.0 |
| 8 | 求积仪 | |

5.2 计算公式

5.2.1 机械采油井的输入功率

用指针式三相电能表测量时，用下式计算输入功率：

$$P_1 = \frac{3600 n_p \cdot K \cdot K_1}{N_p \cdot t_p} \dots\dots\dots(1)$$

式中： P_1 ——输入功率，kW；

n_p ——有功电能表所转的圈数，r；

K ——电流互感器变比，常数；

K_1 ——电压互感器变比，常数；

N_p ——有功电能表耗电为1kW·h时所转的圈数，r/(kW·h)；

t_p ——有功电能表转 n_p 圈所用时间，s。

5.2.2 机械采油井的有效功率

$$P_2 = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{86400} \dots\dots\dots(2)$$

式中： P_2 ——有效功率，kW；

Q ——油井产液量，m³/d；

H ——有效扬程，m；

ρ ——油井液体密度，t/m³；

g ——重力加速度， $g=9.8\text{m/s}^2$ ；

5.2.3 有效扬程

$$H = H_d + \frac{(p_o - p_t) \times 1000}{\rho \cdot g} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: H ——有效扬程, m;

H_d ——油井动液面深度, m;

p_o ——油管压力, MPa;

p_t ——套管压力, MPa。

5.2.4 油井液体密度

当油井液体密度未能实际测得时, 可用下式近似计算:

$$\rho = (1 - f_w) \cdot \rho_o + f_w \cdot \rho_w \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: f_w ——含水率;

ρ_o ——油的密度, t/m^3 ;

ρ_w ——水的密度, t/m^3 。

5.2.5 光杆功率 (抽油机井)

$$P_3 = \frac{A \cdot S_d \cdot f_d \cdot n_s}{60000} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: P_3 ——抽油机井光杆功率, kW;

A ——示功图的面积, mm^2 ;

S_d ——示功图减程比, m/mm ;

f_d ——示功图力比, N/mm ;

n_s ——光杆实测平均冲次, min^{-1} 。

5.2.6 抽油机井的地面效率

$$\eta_d = \frac{P_3}{P_1} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: η_d ——抽油机井的地面效率。

5.2.7 抽油机井的井下效率

$$\eta_j = \frac{P_2}{P_3} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: η_j ——抽油机井的井下效率。

5.2.8 单井的系统效率

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: η ——单井系统效率。

5.2.9 一个区块某种机械采油井平均系统效率

采用输入功率加权平均法计算一个区块的平均系统效率, 即:

$$\eta_a = \frac{\sum_{i=1}^n P_{1i} \cdot \eta_i}{\sum_{i=1}^n P_{1i}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: η_a ——一个区块某种机械采油井平均系统效率;

P_{1i} ——机械采油井系统单井输入功率, kW;

η_i ——机械采油井单井系统效率;

n ——一个区块机械采油井测试井数。

5.2.10 某种机械采油井总的输入功率

$$P_{1i} = \sum_{j=1}^{n_i} P_{1ij} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: P_{1i} ——第*i*种机械采油方式测试井总的输入功率, kW;

P_{1ij} ——第*i*种机械采油井系统第*j*口测试井的输入功率; kW;

n_i ——第*i*机械采油方式测试井的井数。

5.2.11 机械采油井平均系统效率

采用输入功率加权平均法计算, 即:

$$\eta_m = \frac{\sum_{i=1}^m P_{1i} \cdot \eta_{ai}}{\sum_{i=1}^m P_{1i}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: η_m ——一个区块(或厂)机械采油井平均系统效率;

η_{ai} ——第*i*种机械采油井系统的平均效率;

m ——机械采油方式种数。

5.3 测试方法与步骤

5.3.1 输入功率测量

建议采用数字式功率仪表或指针式三相有功电能表测量输入功率。用公式(1)计算输入功率。

将三相有功电能测试仪表按其相序对应接入电动机的电源线(见图1和图2)。用三相有功电能表测量时, 测量电能表转10圈所用时间, 重复测3次, 求其平均值。测量抽油机井时, 采用的数字式功率仪, 应符合抽油机耗电原理。一次录取3个冲程的数据, 求其平均值。

5.3.2 油井产液量测量

计量油井产液量, 应连续计量3次, 求其平均值。

5.3.3 油井含水率测量

井口取样, 用蒸馏水或离心法测量。

5.3.4 油井井口油管压力和套管压力测量

在油井井口油管和套管上分别装上压力表测其油压和套压。

5.3.5 油井动液面深度测量

在井口上装回声仪，测量油井环形空间的液面深度。应连续测量 3 次，求其平均值。

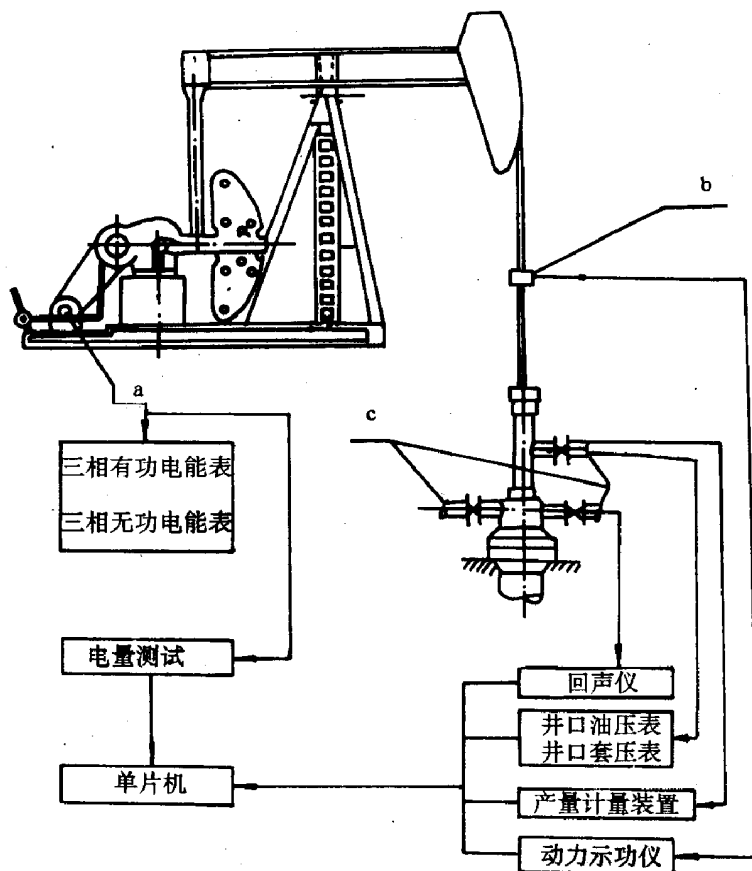


图 1 抽油机井系统效率测试布点位置和仪表连接示意图

a—测电动机输入功率；b—测光杆功率；c—测有效功率

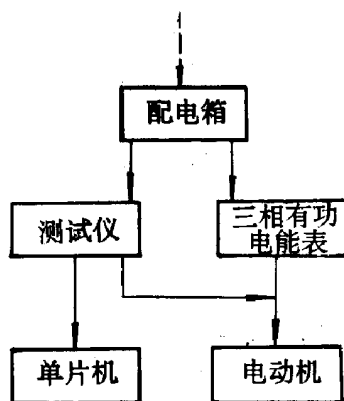


图 2 电量测量接线示意图

5.3.6 光杆功率(抽油机井)的测量

在抽油机悬绳器处装动力示功仪，测量抽油机的示功图，由公式 (5) 计算光杆功率。应连续测量 3 次，求其平均值，其测点位置见图 1。

5.4 数据整理

根据测试得到的数据，按各有关公式进行计算，并按表 2 和表 3 格式填写。

表 2 抽油机井系统效率测试计算表 (格式)

| | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------|---------------------------|--|
| 井号 | | 抽油机型号 | | 电动机型号 | |
| 泵径 mm | | 使用冲程 mm | | 使用冲次 min^{-1} | |
| 互感器变比 | | 动力示功仪力比 N/mm | | 泵挂 m | |
| 有功表 $r/(\text{kW}\cdot\text{h})$ | | 动力示功仪减程比 m/mm | | 测试日期 | |
| 测 量 值 | | | | | |
| 井口油压 MPa | | | 井口套压 MPa | | |
| 实测()冲次所用时间 s | | | | | |
| 工作电流 $I_{\text{Tmax}}/I_{\text{Umax}}$ A | | | | | |
| 有功电能表测量读数 r/s | | | | | |
| 油井日产液量 m^3/d | | | | | |
| 含水率 % | | 油井液体密度 t/m^3 | | 液面波长度 cm | |
| 计 算 值 | | | | | |
| 示功图面积 mm^2 | | 有效扬程 m | | 动液面 m | |
| 沉没度 m | | 实测冲次 min^{-1} | | 平衡度 % | |
| 平均输入功率 kW | | 光杆功率 kW | | 有效功率 kW | |
| 地面效率 % | | 井下效率 % | | 系统效率 % | |
| 示功图及液面波图粘贴处 | | | | | |

测试(记录)人:

审核人:

表3 潜油电泵井系统效率测试计算表 (格式)

| | | | |
|--------------------|--|-------------------------|--|
| 井号 | | 测试日期 | |
| 泵型 | | 额定电压 V | |
| 额定电流 A | | 电压互感器变比 | |
| 电流互感器变比 | | 有功表 $r/(kW \cdot h)$ | |
| 油嘴直径 mm | | 泵挂深度 m | |
| 测 量 值 | | | |
| 油压 MPa | | 套压 MPa | |
| 电流 A | | 电压 V | |
| 有功电能表测量读数 r/s | | 功率因数 | |
| 油井日产液量 m^3/d | | 含水率 % | |
| 油井液体密度 t/m^3 | | 液面波长度 cm | |
| 计 算 值 | | | |
| 动液面 m | | 泵沉没度 m | |
| 输入功率 kW | | 有效扬程 m | |
| 有效功率 kW | | 系统效率 % | |
| 液面波图粘贴处 | | | |

测试(记录)人:

审核人:

6 测试报告编写

6.1 测试报告封面

测试报告封面包括: 测试项目、测试地点(被测单位)、测试日期和测试单位。

6.2 测试报告签署页

测试报告签署页包括测试人员姓名、单位；报告编写人、审核人及批准人均应签署姓名及日期。

6.3 报告正文

报告正文包括：

- a) 测试目的和要求；
- b) 测试系统的选择及依据；
- c) 测试仪器仪表明细，包括规格型号、用途及精度等级等；
- d) 测试过程及情况；
- e) 测试结果分析，包括机械采油设备运行情况，给出技术指标，找出影响因素，提出改进措施和建议等。

6.4 测试结果

将测试数据和计算结果逐项填入测试表格。

抽油机井系统效率计算示例

A1 抽油机井系统效率计算

大庆油田喇 4—3266 井, 安装 CYJ10-3-37HB (Y) 抽油机, 使用冲程 $S=3\text{m}$, 使用冲次 $n=12\text{min}^{-1}$ 。通过测试计算该井的系统效率。

已知: 喇 4—3266 井测试参数, 电流互感器变比 $K=13.3$, $N_p=500\text{r}/(\text{kW}\cdot\text{h})$; 电压互感器变比 $K_1=1$, 测量 $n_p=10\text{r}$; $t_p=85.57\text{s}$, 力比 $f_d=686\text{N}/\text{mm}$, 减程比 $S_d=0.031\text{m}/\text{mm}$, 示功图面积 $A=1280\text{mm}^2$, 光杆实测平均冲次 $n_s=12.87\text{min}^{-1}$, $Q=148.89\text{m}^3/\text{d}$, $\rho=0.9\text{t}/\text{m}^3$, $H_d=167.80\text{m}$, $p_o=0.20\text{MPa}$, $p_t=0.22\text{MPa}$ 。

A1.1 抽油机井输入功率

由公式 (1):

$$P_i = \frac{3600 n_p \cdot K \cdot K_1}{N_p \cdot t_p} = \frac{3600 \times 10 \times 13.3}{500 \times 85.57} = 11.19(\text{kW})$$

A1.2 光杆功率

光杆实测示功图如图 A1。

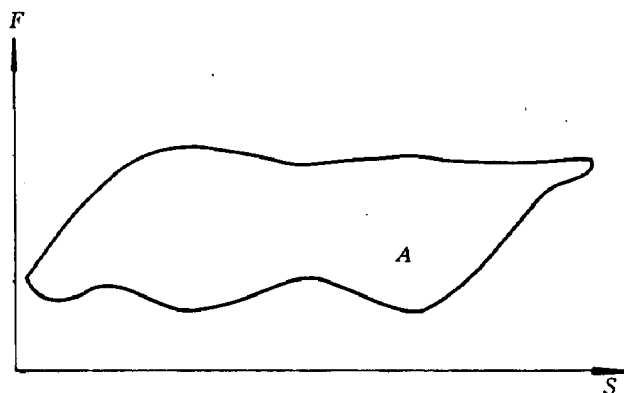


图 A1 示功图

由公式 (5):

$$P_3 = \frac{A \cdot S_d \cdot f_d \cdot n_s}{60000} = \frac{1280 \times 0.031 \times 686 \times 12.87}{60000} = 5.839(\text{kW})$$

A1.3 有效扬程

由公式 (3):

$$H = H_d + \frac{(p_o - p_t) \times 1000}{\rho \cdot g} = 167.80 + \frac{(0.20 - 0.22) \times 1000}{0.9 \times 9.8} = 165.5(\text{m})$$

A1.4 有效功率

由公式 (2):

$$P_2 = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{86400} = \frac{148.89 \times 165.5 \times 0.9 \times 9.8}{86400} = 2.515(\text{kW})$$

A1.5 地面效率

由公式 (6):

$$\eta_d = \frac{P_3}{P_1} = \frac{5.839}{11.19} = 52.18\%$$

A1.6 井下效率

由公式 (7):

$$\eta_j = \frac{P_2}{P_3} = \frac{2.515}{5.839} = 43.07\%$$

A1.7 抽油机单井系统效率

由公式 (8):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{2.515}{11.19} = 22.48\%$$

潜油电泵井系统效率计算实例

B1 潜油电泵井系统效率计算

已知: 喇 9—171 井测试参数, 产液量 $Q=198\text{m}^3/\text{d}$, 油压 $p_o=1.2\text{MPa}$, 套压 $p_t=0.1\text{MPa}$, 动液面深度 $H_d=468.3\text{m}$, 有功表圈数 $n_p=19.253\text{r}$, 时间 $t_p=600.34\text{s}$, 油井液体密度 $\rho=0.989\text{t}/\text{m}^3$, $K=40$, $K_1=1500/380$, $N_p=300\text{r}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

计算该井的系统效率。

B1.1 输入功率

由公式 (1):

$$P_1 = \frac{3600 n_p \cdot K \cdot K_1}{N_p \cdot t_p} = \frac{3600 \times 19.253 \times 40 \times \frac{1500}{380}}{300 \times 600.34} = 60.76(\text{kW})$$

B1.2 有效扬程

由公式 (3):

$$H = H_d + \frac{(P_o - P_t) \times 1000}{\rho \cdot g} = 468.3 + \frac{(1.2 - 0.1) \times 1000}{0.989 \times 9.8} = 581.8(\text{m})$$

B1.3 有效功率

由公式 (2):

$$P_2 = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{86400} = \frac{198 \times 581.8 \times 0.989 \times 9.8}{86400} = 12.92(\text{kW})$$

B1.4 系统效率

由公式 (8):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{12.92}{60.76} = 21.26\%$$