

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5265—1996

油田注水地面系统效率测试 和单耗计算方法

Method for efficiency testing and unit energy consumption
calculation of oilfield water-injection surface system

1996-12-31 发布

1997-09-01 实施

中国石油天然气总公司 发布

目 次

前言

1 范围	(1)
2 引用标准	(1)
3 定义	(1)
4 测试方法提要	(2)
5 仪表	(2)
6 测试方法及计算	(2)
7 测试报告编写	(7)
附录 A (标准的附录) 测试用表格式	(9)

前 言

本标准 of SY 5265—91《油田注水地面系统效率测试方法》的修订本，并代替 SY 5265—91。

本标准与 SY 5265—91 的区别是：

——增加注水单耗的测试及计算；

——增加电动机效率测试方法，并增加了按 GB/T 12497—1995《三相异步电动机经济运行》及 GB/T 8916—1988《三相异步电动机负载率现场测试方法》进行测算的内容；

——删去有关测试仪表型号的规定及接线方法，只规定仪表最低准确度；对于仪表准确度，应按其测试目的的不同而有所区别。

本标准的附录 A 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：大庆油田建设设计研究院、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 贾身乾 李卫东 云成生 孟繁今

油田注水地面系统效率测试和单耗计算方法

Method for efficiency testing and unit energy consumption
calculation of oilfield water-injection surface system

1 范围

本标准规定了油田注水地面系统效率和单耗的定义、测试方法提要、仪表准确度、测试方法及计算、测试结果的表述。

本标准适用于油田注水地面系统效率和单耗的测试及计算。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 12497—1995 三相异步电动机经济运行

GB/T 8916—1988 三相异步电动机负载率现场测试方法

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 油田注水地面系统（以下简称注水系统） oilfield water-injection surface system
注水泵站、注水管网及注水井口组成的系统。

3.2 油田（区块）注水系统平均效率 average efficiency of oilfield(tract) water-injection system
一个油田（区块）范围内注水系统有效功率与输入功率之比值，用百分数表示。

3.3 注水系统效率 efficiency of water-injection system
注水系统范围内有效功率与输入功率之比值，用百分数表示。

3.4 注水管网效率 efficiency of water-injection pipe network
注水管网内有效输出功率与输入功率之比值，用百分数表示。

3.5 注水站供水效率（以下简称注水站效率） efficiency of water-injection station
注水站外输水的功率与注水泵电动机输入功率之比值，用百分数表示。

3.6 注水泵机组效率 efficiency of water-injection pump set
注水泵外输水的功率与注水泵电动机输入功率之比值，用百分数表示。

3.7 注水泵效率 efficiency of water-injection pump
注水泵外输水的功率与轴功率之比值，用百分数表示。

3.8 注水系统单耗 system energy consumption of unit water injection
注水系统每注入 1m^3 水的耗电量。

3.9 注水站单耗 station energy consumption of unit water injection
注水站每输出 1m^3 水的耗电量。

3.10 注水泵机组单耗 pump set energy consumption of unit water injection
注水泵机组每输出 1m^3 水的耗电量。

4 测试方法提要

本测试方法以一个注水管网及所辖的泵机组（可能有一至多个泵机组）及注水井作为一个注水系统进行测试和计算，其主要程序如下：

- a) 测试和计算各运行电动机效率并计算该系统全部运行电动机的平均效率。
- b) 测试和计算各运行注水泵效率并计算该系统全部运行注水泵的平均效率。
- c) 测试和计算注水管网效率。
- d) 将电动机平均效率、注水泵平均效率、管网效率相乘，得到注水系统效率。
- e) 测量统计出注水系统的注水量及耗电量、注水泵站及注水泵机组的输出水量及耗电量，即可求得各部分的单耗。

5 仪表

测试仪表及其精度等级应符合测试目的要求，但不应低于表 1 的规定。

表 1 所测参量及仪表精度等级要求

序号	参量名称	参量符号	参量单位	仪表精度等级要求
1	电动机输入功率	P_e	kW	1.0
2	电动机空载功率	P_0	kW	1.0
3	电动机线电压	U	V	1.0
4	电动机线电流	I	A	1.0
5	电动机直流电阻	R	Ω	0.2
6	电动机功率因数	$\cos\varphi$	—	1.5
7	注水泵进口压力	p_1	MPa	0.4
8	注水泵出口压力	p_2	MPa	0.4
9	注水泵站出站压力	p_3	MPa	0.4
10	注水井口压力	p_4	MPa	1.5
11	离心式注水泵进水温度	t_1	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
12	离心式注水泵出水温度	t_2	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
13	注水泵流量	q_{vp}	m^3/h	1.5
14	注水井注入量	q_{vj}	$\text{m}^3/\text{h}, \text{m}^3/\text{d}$	2.0
15	电能表记时	t	s	$\pm 0.01\text{s}$
16	压力表安装高度	z	m	$\pm 0.1\%$
17	管内径	d	m	$\pm 0.1\%$

6 测试方法及计算

6.1 注水电动机效率测试

电动机效率按照 GB/T 12497 及 GB/T 8916 的方法测试。或测出电动机的输入功率、空载功

率及定子直流电阻后, 按本标准公式求得。

6.2 注水泵效率测试

测试注水泵效率可采用流量法或热力学法。

6.2.1 流量法:

流量法是采用测量注水泵流量、压力及泵轴功率等参量来计算泵效的方法。单泵流量计、压力表、电表应在检定周期内, 运行灵敏可靠。

在机组运行平稳时测量注水泵流量, 每个测点间隔时间不少于 5min, 每个测点至少测 3 次, 同时读取电动机输入功率和泵进出口压力。

6.2.2 热力学法:

热力学法是采用测量注水泵进出水温度、压力等参量来计算泵效的方法。

6.2.2.1 仪表安装及测前检查:

将内径为 8~10mm 的温度计套安装在距泵进出口法兰 0.5m 以内的管道上, 并插过管道中心 3~5mm, 温度计套与水流逆向安装, 伸入管道内的长度不少于 100mm, 外露不超过 20mm, 套内无异物, 并加入透平油。

温度计、泵效测试仪、泵进出口压力表或压力传感器均应在检定周期内。

在不同温度水混注时, 宜在水罐内混合均匀后再进泵, 使测试误差减小。

6.2.2.2 泵与电动机的测试:

泵和电动机的测试应同时进行, 同一测点在泵房及配电间(或变电站)同时记录。每一个测点必须等待温度稳定后才能测试, 两个测点间隔时间不小于 5min。在不作全性能测试时, 每个测点的测量次数, 应不少于 3 次。

6.3 注水管网性能测试

6.3.1 检查仪表:

注水井口压力表和流量计、注水泵进出口压力表及单泵流量计应在检定周期内。

6.3.2 测试:

测试工作应在注水站、注水井口同时进行。测试应在生产运行平稳期间进行。

6.4 电动机运行效率计算

6.4.1 电动机运行效率, 按 GB/T 12497 和 GB/T 8916 计算。

当采用测量法时, 电动机效率按公式 (1) 计算:

$$\eta_e = \frac{P_e - P_o - 3I^2 R - KP_e}{P_e} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$P_e = \sqrt{3} IU \cos\varphi \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: η_e ——电动机效率;

P_e ——电动机输入功率, kW;

I ——电动机线电流, A;

U ——电动机线电压, kV;

$\cos\varphi$ ——电动机功率因数;

P_o ——电动机空载功率, kW;

R ——电动机定子直流电阻, k Ω ;

K ——损耗系数, 随电动机杂散耗、转子铜耗功率的增大而增加; 常用的 2 极 1000kW~2250kW 电动机的 K 值为 0.009~0.011, 一般可取 0.01。

6.4.2 电动机平均运行效率, 按照公式 (3) 计算:

$$\bar{\eta}_e = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ei} \eta_{ei}}{\sum_{i=1}^n P_{ei}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: $\bar{\eta}_e$ ——电动机平均效率, %;

P_{ei} ——第 i 台电动机输入功率, kW;

η_{ei} ——第 i 台电动机效率, %。

6.5 注水泵运行效率计算

6.5.1 电动机与注水泵直接联接时, 轴功率按公式 (4) 计算:

$$P_p = P_e \cdot \eta_e \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: P_p ——注水泵轴功率, kW。

6.5.2 注水泵效率计算:

a) 流量法按公式 (5) 计算:

$$\eta_p = \frac{(p_2 - p_1) \cdot q_{vp}}{3.6 P_p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: η_p ——注水泵效率;

q_{vp} ——注水泵流量, m^3/h ;

p_1 ——泵进口压力, MPa;

p_2 ——泵出口压力, MPa。

b) 热力学法按公式 (6) 计算:

$$\eta_p = \frac{(p_2 - p_1)}{(p_2 - p_1) + 4.1868(\Delta t - \Delta t_s)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: t_1 ——泵进口水温, $^{\circ}C$;

t_2 ——泵出口水温, $^{\circ}C$;

Δt_s ——等熵温升值, $^{\circ}C$, 详见表 2。

6.5.3 注水泵平均运行效率按公式 (8) 计算:

$$\bar{\eta}_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \eta_{pi}}{\sum_{i=1}^n P_{pi}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: $\bar{\eta}_p$ ——注水泵平均效率, %;

P_{pi} ——第 i 台注水泵轴功率, kW;

η_{pi} ——第 i 台注水泵效率, %。

6.6 注水管网运行效率计算

6.6.1 注水管网运行效率按公式 (9) 计算:

表 2 等熵温升值 $\Delta t_s / ^\circ\text{C}$

t_1 $^\circ\text{C}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
11	-0.022	0.003	0.026	0.048	0.069	0.089	0.109	0.127	0.145	0.163	0.179	0.196	0.212	0.227	0.242	0.256	0.271	0.285	0.298	0.312	0.325	0.337	0.350	0.362
12	-0.023	0.004	0.029	0.054	0.077	0.099	0.120	0.140	0.159	0.178	0.196	0.214	0.231	0.248	0.264	0.280	0.296	0.311	0.326	0.340	0.354	0.368	0.382	0.395
13	-0.023	0.006	0.033	0.059	0.084	0.108	0.130	0.152	0.173	0.194	0.213	0.232	0.251	0.269	0.287	0.304	0.321	0.337	0.353	0.369	0.384	0.399	0.413	0.427
14	-0.024	0.008	0.037	0.065	0.092	0.117	0.141	0.165	0.188	0.209	0.231	0.251	0.271	0.290	0.309	0.328	0.346	0.363	0.380	0.397	0.414	0.430	0.445	0.460
15	-0.024	0.010	0.041	0.071	0.099	0.127	0.153	0.178	0.202	0.225	0.248	0.270	0.291	0.311	0.332	0.351	0.371	0.389	0.408	0.426	0.443	0.460	0.477	0.493
16	-0.024	0.012	0.045	0.077	0.107	0.136	0.164	0.191	0.216	0.241	0.265	0.288	0.311	0.333	0.354	0.376	0.396	0.416	0.435	0.454	0.473	0.491	0.509	0.526
17	-0.023	0.014	0.050	0.083	0.116	0.146	0.175	0.204	0.231	0.257	0.283	0.307	0.331	0.354	0.377	0.399	0.421	0.442	0.463	0.483	0.503	0.522	0.541	0.559
18	-0.023	0.017	0.054	0.090	0.124	0.156	0.187	0.217	0.245	0.273	0.300	0.326	0.351	0.376	0.400	0.423	0.446	0.468	0.490	0.512	0.532	0.553	0.573	0.592

$$\eta_n = \frac{\sum_{i=1}^n p_{4i} q_{vji}}{\sum_{i=1}^n p_{2i} q_{vpi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: η_n ——管网运行效率, %;

p_{4i} ——第 i 口注水井井口压力, MPa;

q_{vji} ——第 i 口注水井注水量, m^3/h ;

p_{2i} ——第 i 台注水泵出口压力, MPa;

q_{vpi} ——第 i 台注水泵流量, m^3/h 。

6.6.2 注水泵流量用热力学方法测量时, 按公式 (10) 计算。

$$q_{vp} = \frac{P_p}{0.27778(p_2 - p_1) + 1.163(\Delta t - \Delta t_s)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

6.7 注水系统效率计算

注水系统效率按公式 (11) 计算:

$$\eta = \bar{\eta}_e \cdot \bar{\eta}_p \cdot \eta_n \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: η ——注水系统效率, %。

6.8 注水站效率计算

6.8.1 注水站效率按公式 (12) 计算:

$$\eta_s = \frac{(p_3 - p_1) \cdot q_{vp}}{3.6 \sum P_e} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: η_s ——注水站效率, %;

p_3 ——注水站外输水出站压力, MPa;

q_{vp} ——注水站外输水流量, m^3/h ;

$\sum P_e$ ——注水站拖动注水泵电动机输入功率之和, kW。

6.8.2 注水站平均运行效率按公式 (13) 计算:

$$\bar{\eta}_s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum P_{ei} \cdot \eta_{si}}{\sum_{i=1}^n \sum P_{ei}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中: $\bar{\eta}_s$ ——注水站平均运行效率, %;

η_{si} ——第 i 个注水站运行效率, %;

$\sum P_{ei}$ ——第 i 个注水站拖动注水泵电动机输入功率之和, kW。

6.9 油田 (区块) 注水系统平均效率计算

油田 (区块) 注水系统平均效率按公式 (14) 计算:

$$\bar{\eta}_t = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot P_{esi}}{\sum_{i=1}^n P_{esi}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中: $\bar{\eta}_t$ ——油田(区块)注水系统平均效率, %;

η_i ——第 i 个注水系统效率, %;

P_{csi} ——第 i 个注水系统的注水泵电动机输入功率, kW。

6.10 注水单耗测试及计算

6.10.1 注水单耗测试:

用统计方法或测试方法得到该系统的耗电量、注水量以及注水站和注水泵的输出水量。

6.10.2 注水系统单耗计算:

注水系统单耗按公式(15)计算:

$$DH_1 = \frac{W_1}{V_1} \dots\dots\dots(15)$$

式中: DH_1 ——注水系统单耗, kWh/m³;

W_1 ——注水系统电动机耗电量, kWh;

V_1 ——注水系统注水量, m³。

6.10.3 注水站单耗计算:

注水泵站单耗按公式(16)计算:

$$DH_2 = \frac{W_2}{V_2} \dots\dots\dots(16)$$

式中: DH_2 ——注水站单耗, kWh/m³;

W_2 ——注水站电动机耗电量, kWh;

V_2 ——注水站输出水量, m³。

6.10.4 注水泵机组单耗计算:

注水泵机组单耗按公式(17)计算:

$$DH_3 = \frac{W_3}{V_3} \dots\dots\dots(17)$$

式中: DH_3 ——注水泵机组单耗, kWh/m³;

W_3 ——注水泵机组耗电量, kWh;

V_3 ——注水泵输出水量, m³。

在时间为 1h 的情况下:

$$W_3 = P_e \dots\dots\dots(18)$$

$$V_3 = q_{vp} \dots\dots\dots(19)$$

7 测试报告编写

7.1 测试报告包括前言和正文两部分。

7.1.1 前言包括:

a) 测试项目、测试地点(或被测单位)。

b) 测试时间、测试单位、测试人员、测试负责人(报告编写人)、报告审核人、报告审批人。

7.1.2 正文包括:

- a) 测试目的和要求。
- b) 测试日期、测试工况及设备运行情况。
- c) 测试依据及测试系统选择。
- d) 列表说明测试所用仪器仪表的名称、型号、准确度等级、测量范围、生产厂家及是否周期检定合格并在检定周期内。
- e) 将实测和计算中的主要数据填入《测试数据汇总表》中，并给出主要技术指标。
- f) 根据测试结果，对系统能耗情况进行分析，找出影响效率的主要原因，提出改进措施。

7.2 测试结果

将实测和计算中的主要数据及测试计算结果填入附录 A（标准的附录）中，其格式见表 A1～表 A5。

测试用表格式

表 A1 注水系统机泵测试数据汇总表

序号	所属单位及编号	拖动注水泵电动机参数				注水泵参数	
		型号	额定功率 kW	实测输入功率 kW	运行效率 %	型号	额定流量 m ³ /h

序号	注水泵参数						泵机 组效率 %	泵机组单耗 kWh/m ³
	进口压力 MPa	出口压力 MPa	实测流量 m ³ /h	实测扬程 m	输出功率 kW	效率 %		

测试人: 校审人: 年 月 日

表 A2 注水站效率测试表

序号	站 名	机组号	电动机参数			泵入口 压力 MPa	出站水		泵站 效率 %
			型号	额定功率 kW	实测输入功率 kW		流量 m ³ /h	压力 MPa	

测试人: 校审人: 年 月 日

表 A3 注水井测试数据汇总表

序号	单位地区	井 号	注水量 m^3/d	井口压力 MPa	井口有效功率 kW

测试人: 校审人: 年 月 日

表 A4 系统效率测试表格

测试范围 名称	电动机		注水泵		注水管网		注水系统 效率 %
	测试台数 台	平均效率 %	测试台数 台	平均效率 %	测试井数 口	平均效率 %	

测试人: 校审人: 年 月 日

表 A5 单耗计算表格

测试范围 名称	电动机 耗电量 kWh	注水泵 输出水量 m^3	注水站供 出水量 m^3	注水量 m^3	注水泵 机组单耗 kWh/m^3	注水站 单耗 kWh/m^3	注水系 统单耗 kWh/m^3

测试人: 校审人: 年 月 日