

变频调速泵系统特性测试

孟繁政 李小贵 腾金波 吕以波

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 用微机系统对变频调速泵进行了测试和分析,证明了变频调速的节能效果,为其推广应用提供了可靠的依据。

关键词 变频器 速度 调节 测试 节能

1 前 言

水泵是国民经济各部门应用面广、耗电大量的通用机械。目前,流量调节一般由节流阀来实现。这样,相当大一部分能量白白消耗在节流阀上,若采用变频调速则可解决这一问题。而当今大功率晶体的出现和微电子技术的发展为此提供了有利的条件,而脉宽调制型变频器就是该技术的推广应用。

但是到目前为止,对应用变频调速后的泵系统性能测试在国内还没有一个较好的方法,人们还不能深刻地了解变频调速泵系统的特性和使用价值,从而影响了它的推广应用。我们采用微机系统对它的特性进行了测试和分析研究,得到了较满意的效果,为变频调速装置的应用推广提供了可靠的依据。

2 变频调速的特点

2.1 变频调速的节能效果显著。变频调速与其它方法相比较(如图1所示)可知,该方法可减少节流阀的能量损失,同时保持了异步电动机固有的机械特性硬、转差率小

的特点,因而没有因调速而带来的附加转差损耗,所以它的节能效果十分显著。

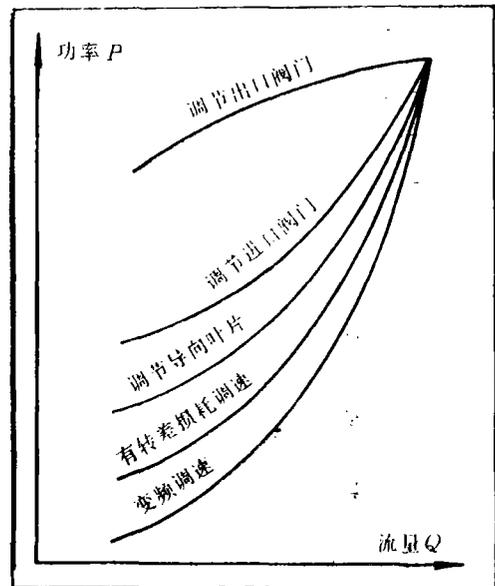


图1 各种调节方法消耗功率与流量的关系

2.2 变频调速为无级调速,调速范围宽,调速精度高,且因微电脑的应用而提高了它的可靠性。可实现电动机的软起动,可减少起动损耗,同时避免起动对电网的冲击。

2.3 变频器的输入、输出电流和电压波形

收稿日期 1991-03-11 修改定稿 1991-06-20

本文联系人 孟繁政 男 46 150036

发生严重畸变,使得电工测量变得困难。以前使用的常规电工仪表已不能适应。其输出

电流和电压波形(脉宽调制型变频器)如图2、图3所示。

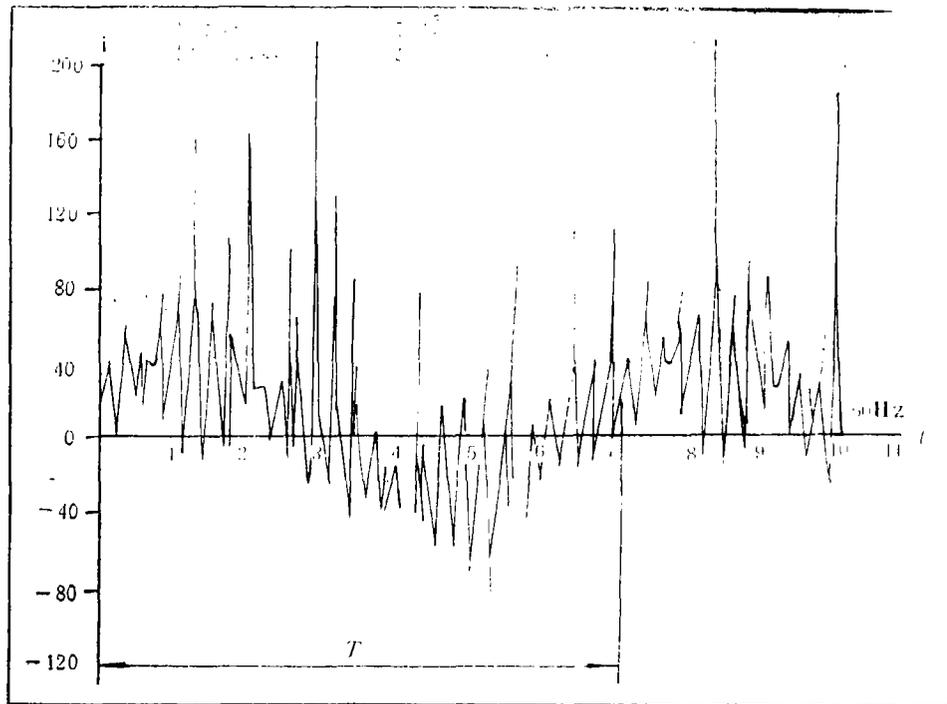


图 2 脉宽调制型变频器输出电流波形

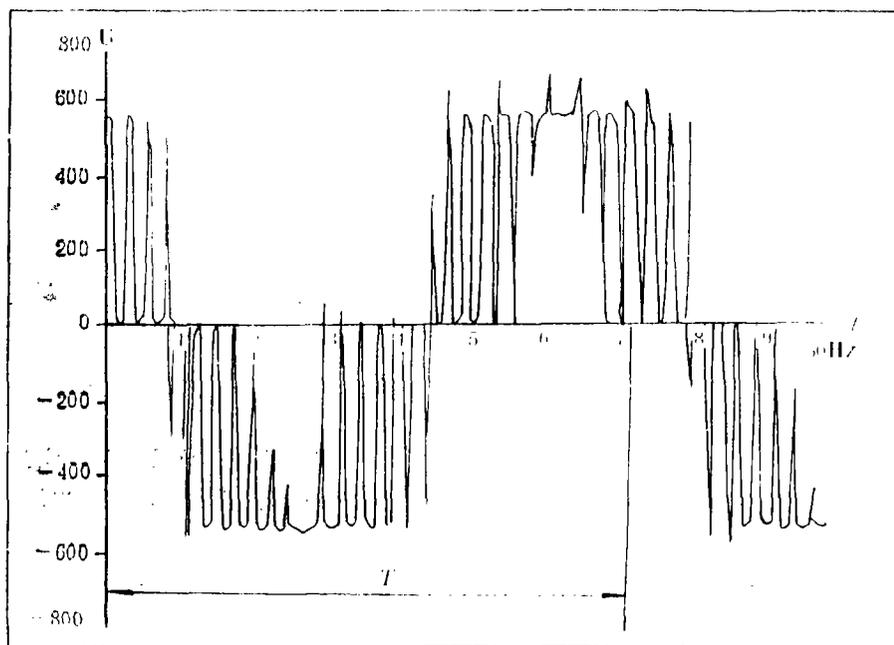


图 3 脉宽调制型变频器输出电压波形

从图中还可看出,因大功率三级管的开启、关闭而产生的浪涌电流、电压的峰值相当高,这也给测量带来困难。

3 测试计算方法

如前所述,因电流、电压波形严重畸变而使用常规动圈式电表或现有的电子数字式电表均不能进行准确测量。我们采用以AST-286型主机为核心的微机系统来进行测试,取得了较好的效果。

脉宽调制型变频器的输出即电动机输入的电工参数(电流、电压、功率等)的测算方法如图4所示。

根据周期性交变量有效值的定义,由微机系统以足够的速度连续采集一周期的电流、电压的瞬时值,由此计算出它们的方均根值则为被测电流、电压的有效值,即

$$I_A = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=0}^T i_{At}^2 \Delta t} \quad (1)$$

$$U_{AB} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=0}^T U_{ABt}^2 \Delta t} \quad (2)$$

对功率的测算,是根据两瓦特计测三相电路功率的原理进行的,即由微机系统按下式进行测算。

$$P = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T U_{ABt} \cdot i_{At} \Delta t + \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T U_{BCt} i_{Bt} \Delta t \quad (3)$$

式(1)、(2)、(3)中

T 为被测电流或电压的周期;

t 为采样时间;

Δt 为采样周期;

U_{ABt} 、 i_{At} 分别为 t 时采集的电压和电流的瞬时值。

功率因数为

$$\cos\varphi = P / \sqrt{3} I_A U_{AB} \text{ (}\Delta\text{接法)} \quad (4)$$

变频器输入的电工参数及空载时电机的

电压、电流的测试方法同上。

由微机系统测算上述主要电工参数的同时,用常规仪表按照GB1032-85和GB3216-82的要求来测算其他的电工参数和热工参数。从而得到了变频调速泵系统的特性数据,并整理绘出了其特性曲线。图5是我们测得的大庆采油二厂南6-1站变频调速输油泵系统 $\eta-Q$ 特性曲线。

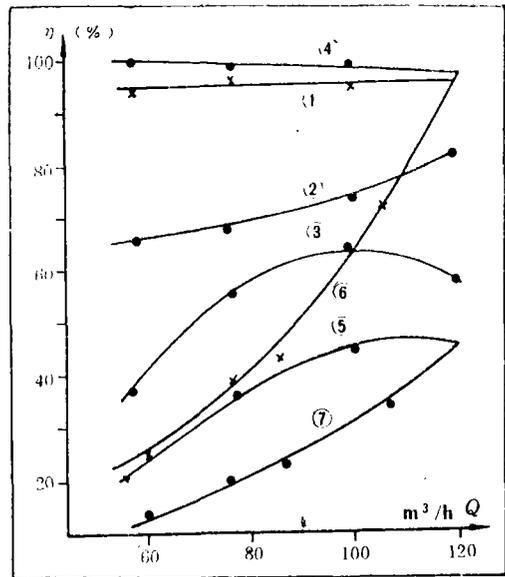


图5 变频调速泵系统 $\eta-Q$ 特性

$\eta-Q$ 特性曲线所对应的对象:

- ① 变频器; ② 调速电动机;
- ③ 调速泵; ④ 调速管网;
- ⑤ 调速输油系统; ⑥ 节流管网;
- ⑦ 节流输油系统。

显然,变频调速时,随着输油量的减少,变频器的效率基本不变,约为95%,电动机的效率有所下降,油泵的效率也有降低的趋势;管网效率因变频调速时节流阀处于全开状态,所以其效率很高且基本不变,为99%左右。总的结果使输油系统的效率呈下降趋势。

当调节节流阀减少输油流量时,管网效率陡然下降(如曲线⑥所示),因而造成输油系统的效率随输油量的减少而严重下降。

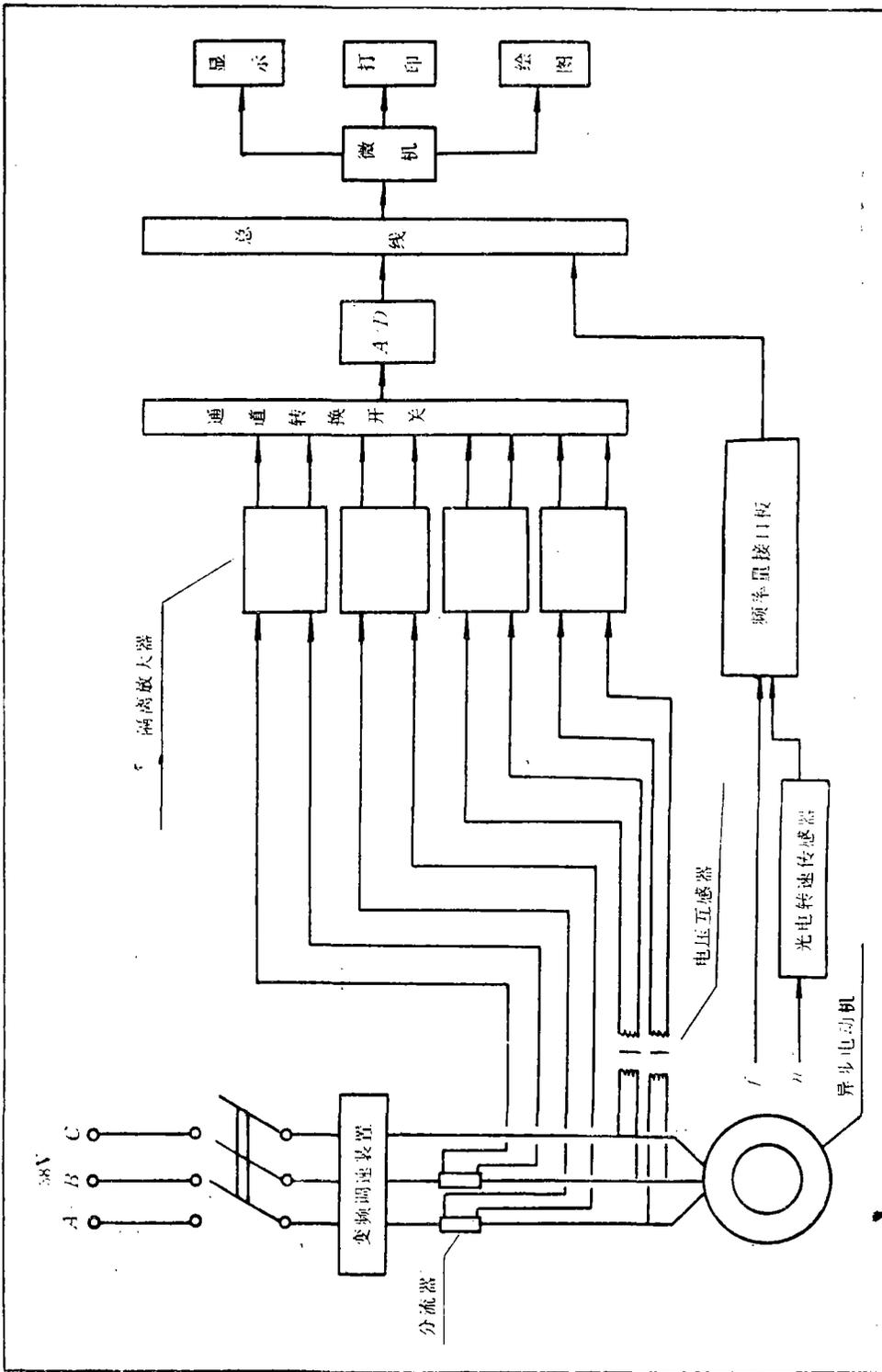


图 4 变频器输出电参数测试原理系统图

由曲线⑤和⑦可知,输油系统效率,变频调速法远比节流法高。这就是变频调速节能的本质原因。下面就其节能效果作具体分析。

4 变频调速输油泵系统 效益分析

要保持输油站三合一分离罐的界面为设定值,就得经常调节输油量。这一调节功能若由变频器来实现,即由变频器供给电动机变频电源,改变输油泵转速,从而调节输油量,其节能效果是十分显著的。仍以南6—1站输油系统为例来分析。该站给55 kW电动机配了日本SVF型75kVA的变频器。根据测得的该系统的特性数据,绘制了两种调节方法输油系统功耗和单耗的特性曲线,如图6。

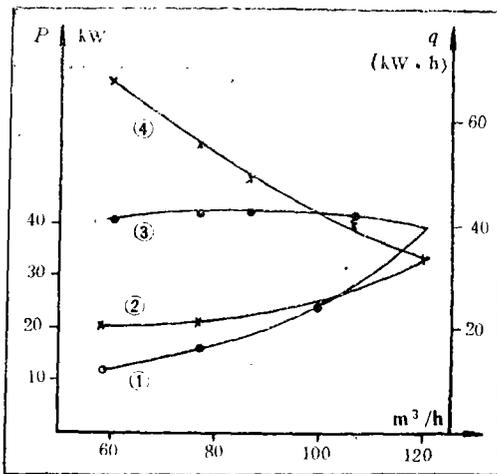


图6 两种调节法输油系统功耗、单耗与流量的关系

- P 为输油系统消耗功率,简称功耗;
 q 为每输 1m^3 油所消耗电能,简称单耗;
 ① 为变频调速输油系统 $P-Q$ 特性;
 ② 为变频调速输油系统 $q-Q$ 特性;
 ③ 为节流调节输油系统 $P-Q$ 特性;
 ④ 为节流调节输油系统 $q-Q$ 特性;

比较曲线①和曲线③知,当阀门全开,额定电压下,两种调节方法的功耗相等,即输油量为 $120\text{m}^3/\text{h}$,均消耗功率 40kW ;调小流量,节流法所消耗功率变化甚小,而变频调速所耗功率明显下降。

同样比较曲线②和曲线④,阀门全开,额定电压下,单耗也是相同的,即流量为 $120\text{m}^3/\text{h}$,单耗均为 $0.33\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$;减小流量时,变频调节的单耗有所降低,节流调节反而显著增大。

目前,该系统的常用工况为 $76\text{m}^3/\text{h}$,变频调节、节流调节的功耗分别为 16kW 和 42kW ,单耗分别为 $0.206\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 和 $0.55\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。据此计算,采用变频调速,每年可节省约23万千瓦·小时电能,约合人民币3.2万元。国产脉宽调制型TP系列75kVA的变频器每台现价6.3万元,两年则可回收投资。

大庆采油二厂共有62个输油站,若每站均先以南6—1站同样的规模改造一个输油系统,即加装一台75kVA变频器,则仅采油二厂一家每年就可节电1426万千瓦·小时,约合人民币200万元。显然,其节能效果是相当可观的。

参 考 文 献

- 1 上海市经委节能办公室. 风机水泵调速节能手册. 机械工业出版社, 1987.12

(下转298页)

若使 $(q_4 + q_6)$ 降低10%，则 η 相应提高10%，

$$\eta_{\text{变}} = 100 - \varepsilon q_{\text{变}} = 79.68\%$$

$$Q_{\text{变}} = \eta_{\text{变}} \cdot Q_r = 72\,774.0 \text{ kJ/kg}$$

$$B_{\text{变}} = \frac{D_q \cdot (i_q - i_{qs} - r_w)}{Q_{\text{变}}} = 621.08 \text{ kg/h}$$

$$B_{\text{节}} = \frac{B - B_{\text{变}}}{B} \times 100\% = 12.55\%$$

只要使机械不完全燃烧损失，灰渣热物理损失减少10%，就可节约燃料12.55%。

3.5 铺渣燃烧后锅炉的热效率达到了74.78%。

表 3

项 目	符 号	单 位	数 值
炉渣含碳量	C_{1z}	%	12.04
飞灰含碳量	C_{fh}	%	21.7
固体未燃烧损失	q_4	%	10.02
排烟温度	t_{py}	°C	135
排烟热损失	q_2	%	10.2
气体未燃烧损失	q_3	%	1.3
散热损失	q_5	%	3.2
灰渣物理热损失	q_6	%	0.4

从表3中我们发现，铺渣燃烧后炉渣的含碳量有了明显的降低。机械不完全燃烧损

失 q_4 和灰渣热物理损失 q_6 共降低了2.577%。并且降低了排烟温度，使排烟热损失 q_2 和气体未燃烧损失 q_3 也有明显的下降。

3.6 在低温动力燃烧时，由于燃烧温度低，温度对燃烧速度的影响非常敏感。燃烧速度随着温度的上升，而急剧地增快，几乎成指数曲线增加。若炉排上铺的是热渣能使鼓入炉膛的空气得到预热。新煤落在热渣上，除接受炉膛的辐射热外，还接受热渣的散发热，干馏层始终被高温氧化层覆盖，使上下煤层能同时干燥，析出挥发物，减少预热干馏区。同时补给充足的氧气，扩大氧化区，使焦炭得到充分燃烧。

锅炉热平衡试验由浙江大学节能服务部协助进行，在此谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 西安交通大学. 机械工程手册 第6篇. 机械工业出版社, 1978
- 2 国家计委、经委、物资总局编. 企业热平衡. 1980.3
- 3 赵立新. 锅炉与锅炉房设备 (第五章). 中国建筑工业出版社, 1981.7

(上接287页)

The Testing of Variable Frequency Speed Governing Pump System Characteristics

Meng Fanzheng, Li Xiaogui, Teng Jinbo, Lu Yibo

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

A microcomputer system is used for testing and analysing the characteristics of a variable frequency speed governing pump. The energy-saving effect has been verified of the variable frequency speed governing, thus providing a reliable basis for its extensive applications.

Key words: frequency changer, speed, regulation, testing, energy-saving