

# 水泵和风机采用调速液力耦合器的节能效果

俞世民 (浙江大学)

〔摘要〕 调速液力耦合器对水泵和风机进行无级调速具有明显的节能效果,同时又能对负载轻载起动和过载保护。此外,对耦合器节能效果的理论计算和实测进行了比较。

关键词 调速液力耦合器 节能 轻载起动 过载保护  
分类号 TH137

## 1 前言

水泵和风机通常是由电机驱动的,它们量多、面广且耗电量大。据统计资料,工业用电量占全国总用电量的 66.8%,而水泵和风机的用电量就占全国工业用电量 50%,可见节约水泵和风机的用电量是节能的关键。

目前,国内使用的水泵和风机的调速装置种类较多,适用范围各异,节能效果也不尽相同,如何根据实际运转需要来选择有效的调速节能装置是普遍关注的问题。本文就调速液力耦合器对水泵和风机调速的节能效果作一概述。

## 2 调速液力耦合器结构和调速原理

调速液力耦合器主要由泵轮、涡轮、转动外壳、输出轴、输入轴、导流管和支架等部件构成。泵轮通过输入轴与电动机相联,涡轮通过输出轴与负载(泵或风机)相联,其上装有

径向叶片,形成工作油循环的流道。导流管设置在辅助油室内,可作径向往复移动,改变充油量以达到调速的目的。

当电动机带动泵轮旋转时,流道中的油在泵轮叶片离心力作用下流向轮缘形成高速液流冲击涡轮叶片旋转,实现泵轮到涡轮的能量转换,由输出轴带动负载。

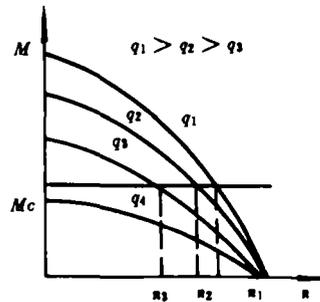


图 1 调速特性

负载调速是通过控制导流管的位置,以改变进入流道内的充油量而实现的。液力耦合器调速特性如图 1 所示。随充油量  $q$  的减少,其特性变软。工作点随充油量  $q_1$  减至  $q_2, q_3, \dots$ , 其相应的输出转速也将由  $n_1$  减到  $n_2, n_3, \dots$ , 从而实现无级调速。

收稿日期 1992-02-13 修改定稿 1992-07-06

本文联系人 俞世民 男 57 高级工程师 310013 杭州浙江大学求是村 69 幢 302 室

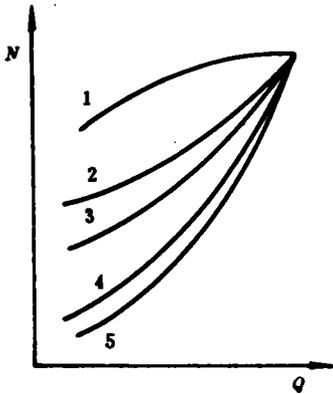


图 2 不同调速方式功率消耗与流量关系

### 3 调速液力耦合器的节能特点

调速液力耦合器应用在水泵和风机上, 节能效果从多方面显示出来。

#### 3.1 用于无级调速中的节能

通常, 驱动水泵和风机多以异步电动机为动力源。采用调速液力耦合器, 显然比常年全负荷运转或阀门调节可获得明显的节能效果(见图 2)。图 2 是不同类型调速方式消耗功率与流量关系: 1. 出口阀门调节; 2. 进口阀门调节; 3. 导向叶片调节; 4. 液力耦合器调速; 5. 电子类调速。可见采用液力耦合器调速比阀门调节更接近电子调速。由浙江大学设计的 2DT360 调速液力耦合器在江苏启东棉纺织厂 2# 空调风机上应用获得明显的节能效果。该机是参照了英国 FLUIDRVE 公司 SCR 型调速液力耦合器的结构, 对流道进行改进, 通过一系列试验, 选出特性参数较高的 ( $\lambda_{a,0} \approx 2.07 \times 10^6$ ) 扁圆形流道。其特点是在相同直径下功率带宽, 调速性能好。该厂原是 30 kW 电动机直接带动风机, 通过更换不同直径的皮带轮进行有级调速, 操作不便且耗能大。在电动机与风机间安装相应功率的 2DT360 调速液力耦合器后, 通过手柄控制导

流管行程, 改变充油量, 实现无级调速。在不同季节调节风量, 保证车间温度、湿度、换气量及多品种生产工艺要求的条件下, 方便地对风机实行无级调速, 节能效果明显, 通过实测, 在一台机组上仅 8 个月就节能 28 820 kW · h。

#### 3.2 轻载起动能提高电动机起动能力及节电

通常交流电动机起动扭矩较小, 为最大输出扭矩的 1/4, 当负载扭矩  $M_L$  大于起动扭矩  $M_s$  时, 便不能起动, 见图 3。于是需加大电动机容量来起动负载, 但起动后至额定工况点 a, 长期处在“大马拉小车”运转状态, 而设置液力耦合器后, 电动机经液力耦合器起动负载, 与电动机起动扭矩无关, 特性通过座标原点, 使可通过液力耦合器轻载起动负载, 如果匹配得当, 起工况点 C 正落在电动机尖峰扭矩, 使电动机在最小容量下稳定起动至额定工况点 a, 这方面的节电效果也相当可观。

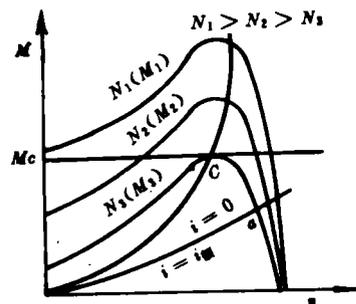


图 3 轻载起动原理图

如天津毛纺厂原用 55 kW 电动机, 配置液力耦合器后, 改用 40 kW 便能满足要求, 仅此一项每年每台可节电 45 000 kW · h, 再加上风量的无级调速, 两项每年节电 11 万 kW · h。

### 3.3 防止电动机过载,延长机组寿命

配置液力耦合器后其本身成为电动机拖动的负载,这样施加于电动机的载荷由液力耦合器输入特性 2' 决定,见图 4。曲线 2' 低于电动机特性 1,因此施加于电动机的载荷不致超过尖峰值,即使负载扭矩大于液力耦合器最大扭矩(特性 2)时,涡轮被制住,因两轮无刚性联系,由液体传递能量,故泵轮仍能稳定旋转,不致使原动机烧毁或熄火。

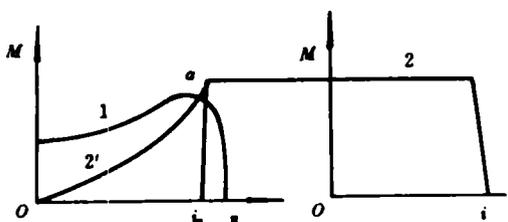


图 4 过载保护原理图

## 4 经济效益分析和实测结果比较

任何机组当离开全工况时效率有所降低,液力耦合器的调速过程也相同。对水泵和风机调速过程中功率与转速成三次方比例关系。

耦合器输入扭矩  $M_1$  和输出扭矩  $M_2$  值相等:

$$M_1 = M_2 \quad (1)$$

输入功率  $N_1$  和输出功率  $N_2$  分别为:

$$N_1 = K_N n_1 M_1 \quad (2)$$

$$N_2 = K_N n_2 M_2 \quad (3)$$

则耦合器效率为:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{K_N n_2 M_2}{K_N n_1 M_1} = \frac{n_2}{n_1} = i \quad (4)$$

这样液力耦合器输出功率和输入功率为:

$$N_2 = K_N n_2 M_2 = K_N n_2 C n_2^2 = C' n_2^3 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} N_1 &= K_N n_1 M_1 = K_N n_1 M_2 = K_N M_2 \\ &= K_N C n_2^2 n_1 = C' n_2^2 n_1 \end{aligned} \quad (6)$$

液力耦合器功率损失为:

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_1 - N_2 = C' n_2^2 n_1 - C' n_2^3 \\ &= C' n_1^3 (i^2 - i^3) = A (i^2 - i^3) \end{aligned} \quad (7)$$

利用数字求极值方法,可以算出当转速调整到  $n_2/n_1 = i = 2/3$  时为功率损失最大值,代入式(7):

$$\Delta N_{\max} = A [(2/3)^2 - (2/3)^3] = \frac{4}{27} A \quad (8)$$

常数  $A$  可由额定工况下的输入功率确定  $i = i_{\text{额}}$ :

$$N_1 = N_{\text{额}} = C' n_2^2 n_1 = C' n_1^3 i_{\text{额}}^2 = A i_{\text{额}}^2 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} A &= N_{\text{额}} / i_{\text{额}}^2 \\ &\approx N_{\text{额}} (i_{\text{额}} = 0.97 \sim 0.98 \approx 1) \end{aligned} \quad (10)$$

将式(10)代入(8)得:

$$\Delta N_{\max} \approx (4/27) N_{\text{额}} = 0.148 N_{\text{额}} \quad (11)$$

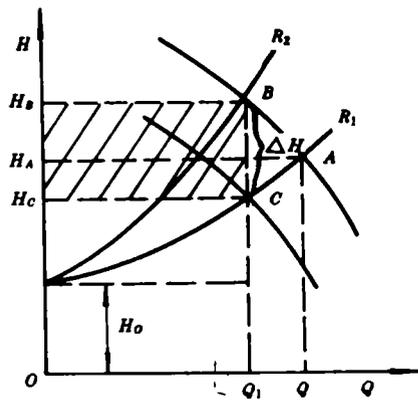


图 5 Q-H 关系

可见,液力耦合器对水泵和风机调速功率损失绝对值很小,最大值不超过额定功率的 14.8%。

以水泵为例来分析调整速液力耦合器的节能效果。图 5 所示是不同控制方式中流量  $Q$  和压头  $H$  的关系曲线。 $H(n_1)$  和  $H(n_2)$  表示液力耦合器调速的  $Q-H$  曲线; $R_1, R_2$  表示阀

门调节时的管路阻力曲线,  $H_0$  为静压头, 从图中看出, 阀门调节时,  $Q \rightarrow Q_1, A \rightarrow B$  点,  $H_A \rightarrow H_B$ ; 液力耦合器调速时,  $Q \rightarrow Q_1, A \rightarrow C$  点, 当调节到同样  $Q_1$  时,  $H_A \rightarrow H_C$  向下早移, 相应的  $N - Q$  关系见图 6。

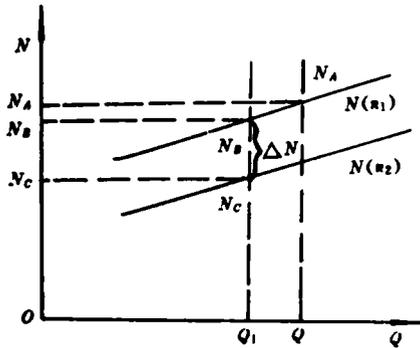


图 6  $Q - N$  关系

根据轴功率公式:

$$A \text{ 点 } N_A = QH_A/\eta \quad (12)$$

$$B \text{ 点 } N_B = Q_1 H_B/\eta = Q_1(H_C + \Delta H)/\eta = Q_1 H_C + Q_1 \Delta H + Q_1(H_C + \Delta H) \times [(1/\eta) - 1] \quad (13)$$

$$C \text{ 点 } N_C = Q_1 H_C/\eta = Q_1 H_C [(1/\eta) - 1] \quad (14)$$

可见, 采用液力耦合器调速与阀门节流调节相比可节省的功率为:

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_B - N_C \\ &= Q_1 \Delta H + Q_1 \Delta H [(1/\eta) - 1] \\ &= Q_1 \Delta H/\eta \end{aligned} \quad (15)$$

从图 5 可见, 阀门调节  $Q - Q_1$  消耗功率为  $OH_B BQ_1$  所包容, 而液力耦合器调速则为  $OH_C CQ_1$  所包容, 两者之差即为阴影线所包容面积。所以调速液力耦合器对水泵和风机调速节能效果明显。

通过浙江大学的 2DT360 液力耦合器在启东棉纺织厂对 2" 空调风机调速的实测结果也证实了上述的分析。见下表。

序号	风机转速 r/min	风量 m <sup>3</sup> /h	电压 V	电流 A	功率 kW	节电量 kW·h/h	节电率 %
1	400	67 000	390	30	18.2	11.8	39.3
2	640	84 000	390	31	18.8	11.2	37.3
3	840	97 000	390	32	19.4	10.6	35.3
4	1 040	137 000	390	36.5	22.16	7.84	26.1
5	1 240	159 000	390	43	26.07	39.3	13.1
6	1 400	165 000	390	52	30.5	-0.5	-1.3

表中的节电量是符合理论分析的。根据实测现场统计节电效果明显: 全年可节电 8~10 万 kW·h, 若考虑轻载起动, 更换为 22 kW 电动机, 节电效果更好, 1.5~2 年可回收投资。

### 5 结论

1. 调速液力耦合器对水泵和风机进行无级调速比阀门节流调节可获得明显的节能效果。

2. 因具有轻载起动特性, 可充分利用电动机能容, 避免“大马拉小车”现象, 又可缩短

## 参 考 文 献

起动时间,提高节能效果。

3. 液力耦合器具有过载保护特性,使机组运行平稳、延长寿命。

4. 由于存在滑差,虽不及变频或串激调速效率高,但它具有轻载起动、过载保护、操作维护简单和初投资成本低等优点,所以优于其它调速方式。因此调速液力耦合器在水泵和风机上应用具有广阔的前途。

- 1 林启华. 泵与风机的变速节能. 水利工业出版社, 1987. 8; P2. 3. 23. 26. 27. 179-186
- 2 上海节能办公室. 风机水泵调速节能手册. 机械工业出版社. P4. 8-9. 47-48
- 3 Гавриленко Б. А., Мишин В. А. Гидродинамические Муфты. Москва: Государственное Издательство Оборонной Промышленности, 1959. P21~24; P25~29; P103~107

## 【新型机组】

## Mars/RT44 型燃气轮机

据“Diesel & Gas Turbine Worldwide”1993年4月号报道,索拉透平公司与库帕罗斯公司合作,通过把新研制的库帕—贝塞姆的RT44二级动力涡轮匹配索拉的Mars T-14000燃气发生器得到了新型的Mars/RT44燃机,将把它用作为天然气输气管线压缩机的驱动装置。

在ISO条件下,Mars/RT44燃机的额定功率为10515 kW,热耗率为10815 kJ/kWh,相当于热效率为33.4%。

Mars燃气发生器为单轴机器,具有15级轴流式压气机,其中六级可变几何,压比为

16,压气机涡轮为二级,其空气质量流量为39.0 kg/s。RT44动力涡轮是高效率的二级轴流式设计。

由于该燃机效率高、节省燃料,从而可用它来代替Pratt & Whitney的GG3和GG4、GE的LM1500、Orenda的OT3、Rolls-Royce的Avon 76航空改装燃气轮机、GE的frame 3、Westinghouse的W92/W101和Orenda的OTF重型燃气轮机,更新现有的一些压缩机组。

(学牛 供稿)

In this paper an analysis is given of the regeneration corrosion mechanism of sodium ion exchange water treatment and a completely new method for preventing the said corrosion presented. The proposed method may play a positive role in further improving the sodium ion exchange water treatment technology. **Key words:** *sodium ion exchange water treatment, regeneration corrosion, chemicals feeding, basic chemicals feed quantity, actual chemicals feed quantity*

**(326) A study on the Load Distribution of a Thermal Power Plant Peak-shaving Unit from a Cost-effective Viewpoint** ..... Hong Jun (*Beijing Electric Power College*)

In this paper is discussed the problem of achieving a rational use of fuel and reduction of energy consumption during the implementation of load distribution of a thermal power plant peak-shaving unit. By the use of optimization techniques a nonlinear programming mathematical model has been set up for use in the load distribution of a peak-shaving unit of Beijing-Tianjin—Tangshan Power Network. An optimization calculation has been conducted with electric power supply/coal consumption being taken as an objective function. The resulting optimization curves can serve as a helpful and effective means for optimizing peak-shaving operations, thereby attaining sizable energy-saving effects. **Key words:** *peak-shaving unit, load distribution, nonlinear programming*

**(329) Energy-saving Effectiveness of Pumps and Fans equipped with Speed-governing Hydraulic Couplings** ..... Yu Shimin (*Zhejiang University*)

Speed-governing Hydraulic couplings when employed on pumps and fans for stepless speed regulation can play a significant role in enhancing energy-saving effectiveness and also facilitate low-load start-up and overload protection. The author has made a comparison of the theoretical calculation results of the said coupling energy-saving effectiveness with those obtained through actual measurements. **Key words:** *speed-governing hydraulic coupling, energy-saving, low-load start-up, overload protection*

Edited and Published by Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute and Editorial Staff of this Journal	Cable: 6511, Harbin, China Post Code Number 150036 ISSN1001-2060 Periodical Registration: CN23-1176/TK
Printer: Printing House of Harbin Institute of Technology	Distributed by China International Book Trading Corporation, P. O. Box 399, Beijing, China
Address: P. O. Box 77, Harbin China	