

# 变频器在风机节能改造中的应用

文 / 董圣英 · 山东德州职业技术学院

本文介绍了风机的运行特性，对变频器改变风机的转速来控制风量以达到节约能源的原理进行了简要说明，最后以某工厂风机采用变频调速的示范工程为例，分析和计算了其节能效果。

## 1 引言

在工矿企业中，风机是量大面广的通用设备。在我国电动机的用电量占全国发电量的60%~70%，而风机的耗能在交流电动机总耗能中占很大的比重<sup>[1]</sup>。通常风机设备是根据生产工艺可能出现的最大负荷条件来选择的，而传统的风机控制也是全速运转，即不论生产工艺的需求大小，风机都提供固定数值的风量，在生产工艺需要风量减小时，通常是调节风门或挡板开度的大小来控制风量，这就使得能量在风门或挡板的节流中损失掉了。这不仅造成大量的能源浪费，而且风量控制精度也受到了限制。

变频调速技术是20世纪80年代随着电力电子技术、微电子技术和信息技术的发展而形成的一种调速新技术<sup>[2]</sup>。普通电机在采用变频调速技术后，在其拖动负载无需任何改动的情况下，就可以

根据生产需要调整电机转速。因此，风机设备完全可以用变频调速方案取代风门、挡板调节方案，从而降低了电动机的能耗，达到了提高经济效益的目的。

## 2 风机变频调速节能原理

对电动机而言，变频器是可以改变频率和电压的电源。当风机负荷变化时，调节驱动风机的电动机转速，可降低功耗，节约电能。由流体力学理论可知，风机风量与转速的一次方成正比，风压与转速的平方成正比，轴功率与转速的3次方成正比<sup>[3]</sup>，即：

$$Q_1 / Q_2 = \frac{n_1}{n_2}$$

$$H_1 / H_2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$N_1 / N_2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

式中  $Q_1$ ——转速 $n_1$ 时的风量， $m^3/s$   
 $Q_2$ ——转速 $n_2$ 时的风量， $m^3/s$   
 $H_1$ ——转速 $n_1$ 时的风压，Pa  
 $H_2$ ——转速 $n_2$ 时的风压，Pa  
 $N_1$ ——转速 $n_1$ 时的轴功率，kW  
 $N_2$ ——转速 $n_2$ 时的轴功率，kW

因此，当系统工艺流程需要风量减少时，减小转速可使功率消耗降低很多。例如，当风量与转速均下降到90%时，功率将降低到额定功率的73%；当风量与转速均下降到80%时，功率将降低到额定功率的51%；当风量与转速均下降到70%时，功率将降低到额定功率的34%；当风量与转速均下降到60%时，功率将降低到额定功率的21%。可见其节能效果十分显著。其节能原理可用图1（风机的风压—风量特性）曲线来说明。

## 4 结束语

通过将HITECH的PWS3261型人机界面应用于SXFA289型棉精梳机使得精梳机的操作使用更加便捷，PWS3261型人机界面（Human Machine Interface）具有10.4寸的宽视角大屏幕触摸界面，全面的人机交互功能便于用户对设备的运行状态信息、故障信息及报警历史信息进行监控，便于

用户根据工作需要及工艺流程对机器的工作参数进行修改。目前SXFA289型棉精梳机广泛的应用于我国的山东、河北、河南等地区的纺织企业，HITECH的PWS3261型人机界面在SXFA289型棉精梳机上稳定可靠的性能得到了一线操作员工的好评。

## 参考文献：

[1] 王兆义. 小型可编程控制器实用技

术. 北京：机械工业出版社，1997.7

[2] 胡寿松. 自动控制原理. 北京：科学出版社，2001.2

[3] 周金冠. 精梳机研发创新与生产工艺设计. 北京：中国纺织出版社，2010.6

[4] 周金冠. 现代精梳生产工艺与技术. 北京：中国纺织出版社，2006.1

[5] EasyBuilder8000使用手册. 深圳市维纶通科技有限公司

[6] ADP软件使用手册

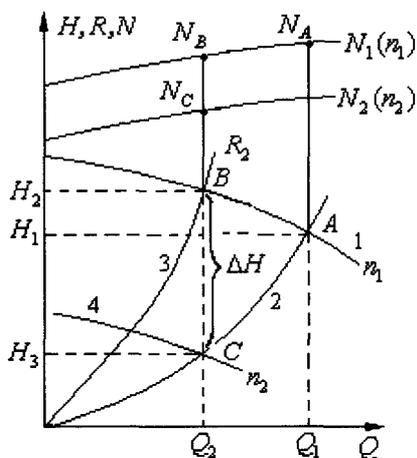


图1 风机的特性曲线

图中曲线1为风机在转速 $n_1$ 下的风压-风量( $H-Q$ )特性曲线,曲线2为管网风阻特性(风门开度全开)曲线。设额定工作点为A,输出风量 $Q_1$ 为100%,此时风机轴功率 $N_A$ 的大小与 $Q_1$ 与 $H_1$ 的乘积即面积 $AH_1OQ_1$ 成正比。根据工艺要求,风量从 $Q_1$ 降至 $Q_2$ 时,可通过两种控制方法:

(1) 风门控制。风机转速不变,调节风门(开度减小),即增加管网阻力,使管网阻力特性变到曲线3,系统工作点由A移到B点。由图1可见,此时风压反而增加,轴功率 $N_B$ 与面积 $BH_2OQ_2$ 成正比,其大小与 $N_A$ 差不多,节能效果不明显。

(2) 调速控制。风机转速由 $n_1$ 降到 $n_2$ ,根据风机参数的比例定律,画出转速 $n_2$ 下的风压-风量( $H-Q$ )特性曲线,即图中曲线4;则工作点由原来的A移到C点。可见在相同风量 $Q_2$ 的情况下,风压 $H_3$ 大幅度降低,轴功率 $N_C$ 与面积 $CH_3OQ_2$ 成正比,功率显著减小。所以变频调速方式与调节风门方法相比,功率显著减少,节约的 $\Delta N = \Delta HQ_2$ 功率与面积 $BCH_2H_3$ 成正比,由此不难看出结论,调速节电的经济效益是十分明显的。

### 3 风机节能的计算

风机风量变化时,如前所述,采用变频调速是有效的节电措施。根据《三相异步电动机经济运行》对电机经济运行管理的规定,有如下的计算公式。

采用挡板调节流量时,对应电动机输入功率 $P_{1v}$ 与流量 $Q$ 的关系为:

$$P_{1v} \approx [0.45 + 0.5 \left(\frac{Q}{Q_N}\right)^2] P_{1e} \quad (1)$$

式中— $P_{1e}$ 额定流量时电动机输入功率, kW;  $Q_N$ —额定流量,  $m^3/s$   
节电率为

$$K_i = 1 - \frac{\left(\frac{Q}{Q_N}\right)^3}{0.45 + 0.5 \left(\frac{Q}{Q_N}\right)^2} \quad (2)$$

### 4 风机节能实例

某工厂风机功率为75kW,风机投入运行后发现风机出力过大,风机入口调节阀开度在65%以下运行,风机运行效率低,电耗高。根据上述情况,采取以下改造措施:

- (1) 将风门全部打开(开度100%);
- (2) 用变频器控制风机电动机的转速,进而控制风量的大小;

(3) 系统采用开环控制,通过人工监控保持比较平衡的压力,从而得到一个合适的流量;

(4) 变频调速系统与原控制系统可进行切换,避免变频器出现故障时影响正常生产。

系统控制框图如图2所示。

系统节能效果可通过公式(1)、(2)计算可得。假设系统 $Q/Q_N=0.65$ ,由式(2)得:

$$K_i = 1 - \frac{0.6^3}{0.45 + 0.5 \times 0.6^2} = 0.6$$

由式(1)得

$$P_{1v} = [0.45 + 0.55 \times 0.65^2] \times 75 = 51.17 \text{ kW}$$

采取风门调节风量时风机所需的电

动机输入功率为51.17kW,变频器调节风量时相对调节风门调风量的节电率为0.6。

(1) 每年节电量计算(每年按工作300天计算)

$$\text{每年节电量} = \text{每年工作天数} \times \text{小时数} \times \text{功率} \times \text{节电率} = 300 \times 24 \times 51.17 \times 0.6 = 221054 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

(2) 每年节电费计算(电价按0.6元/kW·h计算)

$$\text{节电费} = \text{电费单价} \times \text{用电量} = 0.6 \times 221054 = 132632 \text{ 元}$$

### 5 结束语

风机设备采用变频器调速技术是一种理想的调速控制方式,不仅具有明显的节电效果,而且还具有功率因数补偿节能、软启动节能、完善的保护等功能[4]。操作简单可靠,提高了设备的效率,较好的满足了生产工艺要求,能获得良好的运行性能和显著的节能效果。□

### 参考文献

[1] 张锦荣. 风机变频调速节能的应用实例[J]. 风机技术, 2001,2: 38-39.  
 [2] 王廷才, 王伟. 变频器原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.  
 [3] 孙宝成, 金哲. 现代节电技术与节电工程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.  
 [4] 张秉祺. 变频器在风机风量调节中的应用[J]. 电机与控制技术, 2008, 35(1): 30-31.

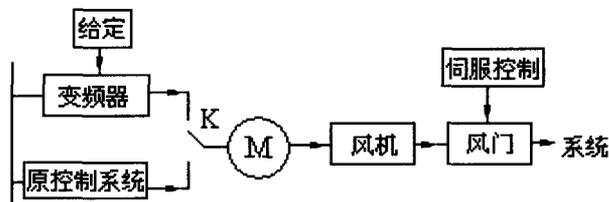


图2 系统控制框图