

变频调速应用于空调系统的节能分析

李卫国

(太原理工大学机电厂, 太原 030024)

摘要: 分析了空调系统流体输送的特点和流量调节方式, 指出变频调速装置用于空调的变风量调节可显著节能。

关键词: 变频调速; 空调系统; 节能

中图分类号: TM43 **文献标识码:** A

随着人们生活水平的不断提高, 空调的使用量越来越大。但传统空调系统的流量一般不变, 即根据空调的最大负荷设计风系统, 而实际上空调大部分时间是处于部分负荷状态, 这样势必浪费大量电能。自90年代以来, 变频调速技术在暖通空调行业逐渐被认识并采用, 它具有多种速度切换、加减速时间的外部设定、V/F曲线设定、转矩升高调整、输出频率上下限幅、频率跳跃等功能; 并有各种接口, 能与计算机、可编程序控制器及自动化仪表联机, 还具备远程控制的功能; 特别是空调系统采用变频调速后, 其节能效果十分明显, 本文主要就变频器应用于空调风系统的节能问题作一分析。

1 节能原理

由流体力学知, 当风机转速由 n_1 变到 n_2 时, 风量 Q 、风压 H 、轴功率 P 三者关系为:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

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

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (3)$$

若用 η 表示风机的效率, η_d 表示生产机械的传动效率, 则风机轴功率的计算公式为:

$$P = K_T \frac{QH}{\eta\eta_d} \quad (4)$$

式中 K_T —— 常数

Q —— 风量, m^3/min

H —— 风压, Pa

式(4)表示, $\eta\eta_d$ 一定时, P 与 Q 、 H 的乘积成正比。

当风机以 n_1 的速度运行时, $H-Q$ 特性如图1中曲线1所示, 管网的风阻特性(风门开度: 全开)如曲线2所示。曲线1和曲线2的交点 A 为工况点, 风机在 A 点运行时, 轴功率 P_A 与图中矩形 AH_1OQ_1 的面积成正比。当实际流量需要从 Q_1 减小到 Q_2 并保持恒流量时, 可采用以下两种方法进行: (1) 转速 n_1 不变, 通过节流装置(如风门)控制流量, 如曲线3; (2) 将电动机转速由 n_1 调至 n_2 , 如曲线4所示。这两种方法都属于减小空气动力的节电方式, 但节电效果却不大相同。前一种方式通过风门调节风量, 风压由 H_1 增加到 H_2 , 增加了管网的阻力, 阻力特

性曲线由 2 变到 3, 工况点由 A 变到 B, P_B 与矩形 BH_2OQ_2 的面积成正比, P_B 、 P_A 相差不多。但采用后一种方式时, 转速由 n_1 变至 n_2 , 工况点为 C, 流量仍为 Q_2 , 可 P_C 对应的面积 CH_3OP_2 却大大减小, 节约的功率 $\Delta P = P_B - P_C$ 与矩形 BH_2H_3C 的面积成正比, 风压由 H_2 降为 H_3 。可见, 在对风压无特殊要求的场合下, 风机在 n_2 下运行, 即可维持 Q_2 不变, 又可大幅度节省电能。

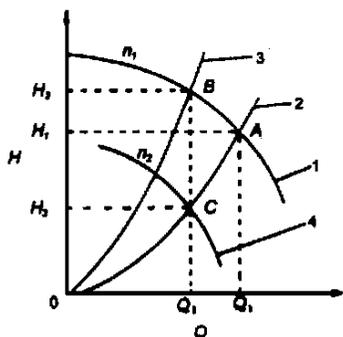


图 1 风机特性曲线

2 变风量空调系统节能效益分析

传统空调系统的送风量是根据空调房间的最大热、湿负荷设计的, 当空调负荷减小时, 通过调节送风温度来维持室温, 风量不变, 这种方法浪费电能。如果采用变风量空调系统, 即根据房间温度参数的变化, 通过变频调速装置调节风机的转速, 保持送风温度不变, 显然可以减小风机的功率损耗, 提高空调系统的运行经济性。

图 2 为夏季供冷冬季供热的变风量空调系统全年运行调节图。例如当夏季室内负荷下降时, 先减小送风量, 当送风量降至最小送风量时, 利用末端再热装置适应室内冷负荷的减小。当再热量不足以补偿室内负荷变化时, 系统由夏季工况转入冬季运行工况, 系统开始送热风。为了节省电能, 可先进行定风量变风温调节, 当供热负荷继续增大时, 再改为定风温变风量调节, 表 1 给出几种风机调节装置的实际功耗与设计功耗的比较, 可见变频调速节能效果最好。

表 1 风机调节装置的实际功耗与设计功耗比较

实际风量比设计风量	风阀	导流叶片	联轴器	变频器
80%	93%	70%	67%	51%
50%	73%	49%	29%	15%

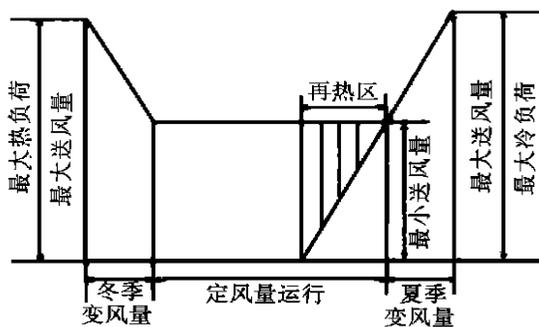


图 2 变风量全年运行调节

3 应用举例及节能分析

以某大型商场的冷冻系统为例, 采用 4 台 900RT 型离心冷水机组, 冷冻冷却水泵采用一机对一泵, 均有一台备用泵, 冷却塔为 4 台。空调机组水阀采用电磁阀, 新风机组水阀采用电动调节阀。每个空调系统的被调房间内设有温度、CO₂ 浓度和相对温度传感器, 由 CO₂ 浓度控制新风量, 由温度控制变频器频率, 进而控制空调机组的送风量, 空调机组的水流量保持不变。当冷负荷减小时, 总回水温度降低, 由总回水温度控制冷冻机及其匹配的设备。冬夏季变频器频率变化方向由计算机程序控制。其系统原理图如图 3 所示。

系统采用全空气系统, 共 56 台空调机组, 每台机组风量 35 000 m³/h, 电机功率 15 kW/台。设空调每天运行 12 h, 全年运行 200 天, 共计 2 400 h。并设空调负荷特点如表 2 所示, 则传统空调和变频调速风系统空调的能耗比如表 3。假如电价为 0.45 元/kWh, 变频器价格 1000 元/kW, 那么设备增加费约 84 万元, 16 个月即可收回投资。

表 2 空调负荷特点

空调负荷率	所占运行时间比例(%)
100	10
80	50
50	30
30	10

表 3 传统空调与变频调速风系统的能耗比

	传统空调	变频调速风系统空调
年耗电量(× 10 ³)/kWh	2016	662
年电费/万元	90.72	29.79

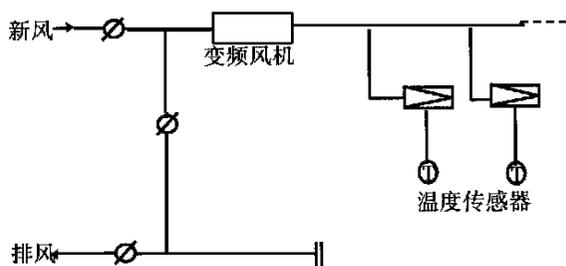


图3 变风量空调系统原理图

4 结语

由上可见,采用定水流量变风量的空调控制方式,不仅风机风量可无级调节,节能明显,而且噪声低,设备运转平稳,使用寿命长。目前,我国空调风系统多数还是靠风阀节流调节风量的,如果对其全部进行变频调速改造的话,将会带来巨大的经济效益。

参考文献:

- [1] 钱以明. 高层建筑空调与节能[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990. 217-234; 431-455.
- [2] 杨庆宜. 通风机[M]. 北京: 机械工业出版社, 1986. 241-246.
- [3] 管文吉. 变频调速在空调风系统中的实际应用[J]. 暖通空调, 1997, (3): 51-53.
- [4] 李向东, 等. 变频调速装置在空调水系统中的应用[J]. 暖通空调, 1997, (4): 24-27.
- [5] 孙志高. 变频调速在空调系统节能中的应用研究[J]. 节能技术, 2000, (1): 11-13.

Energy-saving Analysis of Variable Frequency Speed-control in Air-conditioning System

LI Wei-guo

(Machinery & Electronics Plant of Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The fluid transfer system and flow-control way of air-conditioning system was analyzed. It was pointed out that the variable flow system with variable frequency speed-control is remarkable in save-energy.

Key words: variable frequency speed-control; air-conditioning system; save-energy