

# 变频调速技术在暖通空调中的应用

倪潮鹏

(广州半导体研究所, 广州 510610)

**摘要:** 本文只论述变频技术在空调系统中的应用, 它具有高效、节约能源、保护电机的优点。它在空调系统中的应用具有广泛的市场。

**关键词:** 变频技术; 高效; 节能; 保护

## Application of the technology of frequency conversion in the air-condition

**Abstract:** The paper presents the application of the technology of frequency conversion in the air-condition. It has the high efficiency, saving the energy, protection of the machine. It has the big market in the future.

**Key words:** Technology of frequency conversion; High efficiency; Energy saving; Protection

### 1 引言

近十几年来, 随着电力电子技术、微电子技术及现代控制理论的发展, 变频器已广泛地用于交流电动机的速度控制。因为其具有高效率的驱动性能及良好的控制特性, 在各行各业得到很好的应用。在暖通空调领域应用变频调速技术, 一方面可以极大地节省水泵或风机的电能, 实现系统的节能运行; 另一方面可以提高系统的运行品质, 实现高精度控制, 满足对环境的舒适度和生产工艺过程对环境的温、湿度精度要求, 从而有效地提高经济效益和产品质量。第三方面变频技术能够有效保护电机, 提高电机使用寿命, 防止突然启动过大电流对电机的损坏。近几年来变频器在小区分质供水中比较广泛与成功使用, 有效节能和对电机的保护, 提高效率。所以变频器不仅在大型的通风、空调、供热等系统中得到了有效地利用, 而且也已进入家电产品中, 如家用空调器, 电冰箱等家电设备中都用到了变频调速技术。可以说在暖通空调领域, 凡是有需要速度控制的场合, 变频器都以其操作方便、体积小、控制性能好而获得了广泛应用。

本文仅就变频器用在泵与风机中的节能运行机理、变频调速控制系统的一般组成, 以及变频调速技术在暖通空调领域中的几个具体应用方向做一简单的介绍。

## 2 泵与风机应用交流变频器节能的运行机理

### 2.1 泵与风机的特性

泵与风机的轴功率  $N$  与其流量  $Q$ 、扬程  $H$  (压力) 与转速  $n$  之间的关系为:

$$N=H \cdot Q \cdot \rho \quad (1)$$

$$Q_1/Q_2=n_1/n_2 \quad (2)$$

$$H_1/H_2=(n_1/n_2)^2 \quad (3)$$

$$N_1/N_2=(n_1/n_2)^3 \quad (4)$$

式中,  $\rho$  为密度,  $Q_1$ 、 $H_1$ 、 $N_1$  是转速为  $n_1$  时的泵参数,  $Q_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$  是转速为  $n_2$  时的泵参数。

可以看出, 泵或风机的轴功率与转速的 3 次方成正比。扬程与转速的 2 次方成正比, 流量与转速的 1 次方成正比。

### 2.2 系统特性

流体在管路系统中的特性可以表达成如下的关系式:

$$\Delta H = \Delta P \cdot \rho \cdot g \quad (\rho \text{ 为密度, } g \text{ 为重力加速度}) \quad (5)$$

$$F = \tau S \quad (6)$$

式中  $\Delta P$  为管路系统的压差阻力 ( $P_2$ 、 $P_1$  为流体高、低压面的压强),  $\Delta H$  为流体高、低压面的高度差。  $F$  为摩擦力,  $S$  为管道表面积,  $\tau$  为管路系统的阻力系数, 与管路系统的沿程阻力和局部阻力以及几何形状有关。

### 2.3 泵与风机的工作点

根据管路系统特性所提出的流量及其相应的压头必须由泵或风机来满足。将泵或风机的性能曲线和管路系统的性能曲线同绘在一张坐标图上, 两条曲线相交的点  $O$  就是泵或风机的工作点。

在设计工况下, 泵或风机可以在流量为  $Q_0$  的条件下向管路系统提供  $H_0$  的扬程。

### 2.4 当需要的流量减少时传统的调节方法

通常泵或风机的容量是按照系统需要的最大要求而设计的, 然而在实际应用中, 系统大多数时间里在远小于设计容量下工作。传统的调节方法是在泵或风机的出口处加装阀门, 用关小阀门加大系统局部阻力即改变管路系统特性曲线的方法来进行调节。这种方法简单有效, 但严重影响了系统的效率。虽然流量减少

了,但消耗在阀门上的损耗增加了,实践证明,这种调节方法在流量减少的情况下,泵或风机的轴功率基本没有改变。

## 2、5 变频调速的方法

如果系统安装有变频调速控制装置,当需要的流量减少时,不总采用关小阀门出口的方法,而是利用变频调速控制装置改变泵或风机电动机的转速。在减少系统流量的同时降低了系统阻力,就可以达到既减少流量,又可以极大地减少电动机的轴功率,达到节能的效果。

泵或风机的轴功率与转速的3次方成正比,而流量与转速的1次方成正比,故泵或风机的轴功率与流量的3次方成正比。当流量减小为原流量的80%时,轴功率减少为原轴功率的51%;当流量减小为原流量的60%时,轴功率减少为原轴功率的22%左右。如果和改变泵或风机出口阀门开度的方法相比,变频调速方法的节能效果是非常明显的。

## 3 变频调速控制系统的组成

暖通空调中用到的变频调速控制系统一般由传感器、变送器、调节器、控制器、变频器、电动机及被控设备几部分组成。传感器用来感测被控设备中的被控参量,它可以是流量、压力、温度、湿度、气体含量等,一般是利用传感器把被控参数转换成电信号。变送器的作用是把传感器得到的电信号进行放大、整形等处理,然后统一调整为规则化的电压,如0V~5V或电流信号4mA~20mA等作为调节器的输入。调节器或控制器,它们其实就是一个由单片机组成的微型控制系统。本身具有计算、判断、逻辑分析功能。它有数字和模拟输入端、数字和模拟输出端,可以在软件的控制下实现PID或模糊控制等控制规律,还可以利用数字输出口,指挥数台电动机的调频与工频之间的切换、被控设备相关部件的开启或关闭等多种操作。变频器是利用电子器件的智能控制技术把电压频率固定的交流电变成了电压频率可变的交流电的一种控制设备。用变频器输出的频率、电压可变的交流电去驱动电动机就可以达到电动机的调速。变频器一般由供电部分、输出部分、控制部分、保护部分、显示部分和给定部分组成。容量从几十W到几百kW,既有三相的也有单相的。十多年以来,变频器的可靠性越来越强,价格越来越低,应用的领域越来越广泛。电动机和被控设备一起构成了生产过程的动力源和执行机构,用以保证生产或系统工作的正常。以上说明的控制系统是一种闭环控制系统,有时对于一些简单的控制系统也采用开环式的控制系统,这时传感器、变送器和调节器由人的五官和大脑来担任。当观测到或感觉到系统的被控参数发生

偏差以后,用人工的方法去调整变频器的给定值,使电动机的速度改变,从而达到控制被控参数的目的。

## 4 变频调速技术在暖通空调中的应用

### 4、1 变风量控制系统

空调系统的设计一般都是按室内负荷和室外温度最不利的设计。但一年中这种设计工况的维持时间只有数天或数十小时,绝大多数情况下都是在非满负荷下工作。我国目前大部分空调系统都是采用的定风量系统,在这种系统中,当空调冷负荷变小以后,常采用机器露点不变,再对冷却的空气进行不同程度的“再热”的方法来解决。这种方法虽然可以满足空调负荷变化的需要,但都增加了不必要的“再热”能量,是一种不经济的运行方式。变风量系统在室内冷负荷变小的时候,不是增加“再热”而是用减少风量的方法来适应负荷的变化,即去掉了“再热”又减少了风机的轴功率,如系统全年均在70%风量下工作,风机耗电约可减少一半,因此是一种节能的空调运行方式。在变频器技术不成熟以前,改变交流电动机转速的工作非常困难,限制了变风量空调系统的发展。随着变频器技术的成熟和价格的降低,变风量空调系统将得到广泛的应用。

### 4、2 变冷水量系统

在非设计负荷条件下,空调区域的需冷量减少,一般是采用二通阀来调节末端设备冷水的流量来适应需冷量的变化,在一级泵系统中,流过末端设备的冷水和流过冷机蒸发器的冷水是串联的。通过冷机蒸发器的水流量是不能低于所需水量额定值的,否则将导致结冰的危险。一般冷机厂家要求通过蒸发器的水流量恒定,即定流量工作。为了解决负荷侧变流与冷源侧定流量之间的矛盾,一般采用在供回水管路上设旁通管,在旁通管上装压差调节器,控制旁通管上的二通阀,即改变旁通水量的方法来解决。这样虽然可以解决上面的矛盾。但是这种系统水泵的能耗没有因为需冷量的减少而降低,因此是不经济的。为了达到既变水量又节能的目的,可以采用二级泵系统,在这种系统中冷源侧采用定流量控制的一次泵,负荷侧增加了采用变流量控制的二次泵。当系统的需冷量减少,二通阀关小,用户侧供回水管压差增大时,降低二次泵的转速以维持用户侧供回水管压差的恒定,这样就达到了节能的目的。实践证明采用具有变频调速功能的二级泵变流量冷水系统具有显著的减少输送能的节能效果。

### 4、3 锅炉鼓引风机的节能运行

设计人员在确定锅炉鼓引风机的电动机功率时,由于有些系数的具体数值难以准确确定,往往会造成

装机容量超过锅炉最大负荷时所需功率的情况,同时锅炉不可能总在满负荷下运行,随着室外温度的提高,供暖负荷会有相应的减少,为了适应负荷的变化就要减少燃料的供应量,同时减少鼓引风机的通风量。采用关小风阀的办法可以达到减少通风量的目的,但会增加系统的阻力和噪声,是不经济的调节方法。采用变频调速技术,根据锅炉的实际燃烧情况,通过控制器直接去调节鼓引风机的转速就可以达到调节风量又节能的要求。

据有关锅炉鼓引风机改造工程的实际数据,一台1.4MW的热水采暖锅炉的鼓引风机年节电可达18万kWh。

#### 4.4 采暖与空调水系统的恒压点控制

采暖与空调水系统的定压常采用高架开口水箱(膨胀水箱)的方法。但有时会遇到没有适当的架设位置的困难,这时常采用气压罐定压和补给水泵等方式,气压罐定压占地面积比较大,在锅炉房面积比较小的地方难以采用。补给水泵定压又可分为间歇补水定压和连续补水定压。间歇补水定压的定压点在上、下限压力之间波动,通常波动范围为0.05MPa左右,波动范围过小,则接触开关频繁动作易于损坏。连续补水定压的工作原理如图12所示。它有两种工作方式,第一种利用自力式补水调节阀,当定压点的压力过低时补水调节阀开大,增加进入网路的补水量,使压力上升到要求的压力,如压力过高,补水调节阀关小,减少进入网路的补水量,使压力下降到规定值。在这种工作方式下,水系统定压点的压力稳定,但补给水泵始终以50Hz的频率工作,是不经济的。第二种方式是把补给水泵改成变频调速控制,利用远传压力表测量到的定压点的实际压力值与预先设定的控制压力值在控制器中进行比较,根据其差别的大小调整控制器的输出,进而改变补给水泵运转的速度,达到恒定定压点的要求。因为补给水泵可以根据压力的不同情况在不同的频率下工作,所以可以节省补给水泵电动机的能耗。实际工作表明这种定压方式,控制精度高,定压点的压力值可以精确地控制在0.01MPa的范围内。

#### 4.5 冷却塔风机的变速控制

冷却塔风机的作用是驱动空气与在冷凝器吸收了热量的冷却水强行进行热湿交换,以使冷却水降温后再返回冷凝器进行吸热。为使制冷设备在一定的负荷范围内稳定运行,必须使进入冷凝器的冷却水温度保持稳定。对于吸收式制冷机,冷却水温度过低将出现溶液结晶事故。对于大型封闭式离心机组,冷凝压力过低会引起电机冷却液流动不畅,可能造成电机局部过热甚至烧毁。冷却水温度过高则会降低制冷机效率。稳定冷却水温度可以采用调节运行台数或调节风机转速的

方法,也可以采用利用三通阀调节通过冷却塔的水量与通过旁通水量比例的方法。利用三通阀调节旁通水量的方法,冷却水泵的输送能量并没有减少,如果把冷却水泵改成变频泵,因为流过冷凝器的水量一般情况下不能变化很大,所以变频的范围也受到了限制。较好的方法是采用变频调速技术去调节冷却塔风机转速,可以把冷却水温度控制在一个比较高的精度范围内,又可以节省风机的电耗。

#### 4.6 变频空调器

一般的窗式空调器或分体式空调器,采用ON/OFF控制方式,这种控制方式室内温度和湿度会发生波动,影响人的舒适感。压缩机在启动时有很大的冲击电流,需要配置比连续运行时更大的电源容量,为了克服以上缺点,近几年出现了所谓的变频空调器,这种空调器中的控制器根据传感器得到的被控房间的温度值与预先给定的温度设定值比较,根据二者的偏差去控制变频器的频率输出,进而改变制冷压缩机的转速,达到调节被控房间温度的目的。使用变频空调可以达到以下效果:

(1) 在轻负载时,压缩机在较低转速下工作,相对压缩机容量,蒸发器和冷凝器在相对比率较高的情况下工作,整体效率有所提高,因而可以节能。

(2) 由于使用了变频技术,压缩机的开停次数减少,制冷系统的压力变化损耗减少。

(3) 室内温度不再是一个波动值而是在设定值上下一个极小范围内变化。人的舒适度得到了改善。

(4) 减少了电动机的启动电流,可以增加压缩机的使用寿命。日本大金公司生产一种所谓的VRV的变频控制空调系统,它分成室内机和室外机两部分。室内机中由蒸发器、风机组成。室外机由可变频的压缩机、冷凝器、冷凝风机和节流元件组成。两边通过制冷剂管路联接。一台室外机可以根据需要带数台至十几台室内机,它强大的自动控制系统可以根据系统配置的实际情况和被控点的温度情况及时地调整室外机中压缩机的转速及制冷剂的流量,使整个系统协调一致高效地工作。该产品还有单冷型、热泵型和带热回收型几种型式。

变频调速技术在大型制冷机特别是离心式制冷机中也得到了很好的应用。如美国约克公司生产的离心式制冷机,使用了变频调速技术大大改善了制冷机的调节特性。

#### 5 结论

变频调速技术是随着电力电子技术、微电子技术和计算机技术发展起来的一门新兴的应用技术,具有控制性能好、运行效率高、体积小、操作方便的特点,特别是在泵与风机的控制方面有很好的节能效果。暖

# 试论我国家电企业的物流战略

——广东岭南职业技术学院

徐 御

综观我国家电行业这 20 余年的发展, 成绩是令人瞩目的。中国已成为世界屈指可数的家电大国之一。但经过多年发展, 家电产品的同质化趋势严重。在市场激烈竞争下, 不同品牌的产品之间的差异日渐减少。尤其近 10 多年来的行业价格大战, 使得家电企业的销售利润不断下滑。因此靠大规模生产、扩大销售来降低生产成本获取利润的空间也非常有限。随着微利时代的来临, 家电企业为了寻找新的利润源, 纷纷将目光投向过去并不为人注意的物流环节。向物流要利润是我国家电企业需要攻占的新堡垒。

早在 1970 年, 日本早稻田大学的西泽修教授就提出了“物流是继降低成本、扩大销售之后企业的第三利润源”的理论。可以说家电业的竞争, 已从质量竞争、服务竞争、价格竞争, 进而向物流领域延伸的态势。而美国学者也提出了“软三元”的理论。该理论是指一件商品如果在美国的零售价是四元的话, 其出厂价仅为二元。此时, 若要从生产成本减省 5 至 10 美分, 是十分不容易的。然而, 要从出厂价至零售价之间的三元中降低成本、以增加利润, 却是可行的。这“软三元”包括了产品设计、原材料采购、物流运输、批发零售、融资、信息和管理等成本。而我们说的企业物流战略就是重点在这个“软三元”里头做工作, 为企业制定一套分析和管理工作方法, 以对市场需求和生产流通全过程作一整体和有系统的检视, 并为策略的制定和执行提供一个思考框架, 使企业能在新的经济环境下参与竞争, 创造盈利。

所谓企业物流战略是指企业物流部门根据企业的总体战略和竞争战略, 并结合企业的具体实际情况制

定的旨在降低物流成本、提高物流服务水平 and 物流效率的业务战略。按照实施的方式来划分, 家电物流战略主要有以下几种:

## 一、企业自有物流战略

企业自有物流战略是指企业自己组建配送公司, 其中最具代表性的当属海尔集团。他们早在 1999 年就认识到物流的竞争优势, 并将原来分散在 28 个产品事业部的采购、仓储、配送等职能进行整合, 产生了专业的物流公司。海尔物流的“一流三网”充分体现了现代物流的特征。“一流”即订单信息流, “三网”分别是: 全球供应链网络、计算机信息网络和全球用户资源网络。“三网”同步运动, 为订单信息流的增值提供支持。海尔物流通过它的“一流三网”实现了零库存、零距离、零运营资本的目标。我们一起分析一下海尔物流的“一流三网”的同步模式具有的特征:

1 海尔 “一流三网”同步模式是以软硬件的领先技术的应用为基础, 整个物流中心全部实现现代化物流自动化和智能化。

2 注重合作, 实现双赢。海尔建立了全球供应链网络, 与供应商形成了长期的战略伙伴关系, 如 GE、爱默生、巴斯夫等位列世界 500 强企业都成为海尔的供应商, 更有一批国际化大公司以其高科技和新技术参与到海尔产品的前端设计中, 目前可以参与产品开发的供应商比例已高达 32.5%, 实现了双赢。

3 海尔物流通过 3 个 JIT, 即 JIT 采购、JIT 配送和 JIT 分拨物流来实现同步流程。并实现了为订单而采购, 从根本上消除了呆滞物资、消灭了库存。目前, 海尔集团每个月平均接到 6000 多个销售订单, 这些订单

通空调系统耗能在整个建筑物耗能中所占的比例日益增大, 其中泵与风机的流体输送能耗又占了很大比例, 把变频调速技术应用于暖通空调系统, 对减少建筑物的整体能耗, 提高系统运行效率有很大的意义。同时, 应用变频调速技术还可以改进自动控制系统的控制效果, 可以提高被控环境的质量和生产工艺过程对湿度的精度要求, 从而提高产品质量, 有很好的经济效益和社会效益。

## 参考文献:

- [1] 朱绍祥, 张宏生, 等. 可编程控制器 (PC) 原理与应用 [M]. 上海交通大学出版社, 2005.
- [2] 田瑞庭, 等. 变频技术应用技术 [M]. 机械工业出版社 2001.
- [3] 余小龙. 水环热泵夏冷冬暖应用节能性分析 [J]. 制冷空调与电力应用. 2005 年第二期.
- [4] 王早生. 机电安装实务应用与管理 [M]. 中国建筑出版社, 2005 年 ◆