

变频器在中央空调节能系统中的应用

苏丽秋, 李振平

(鹤壁职业技术学院, 河南 鹤壁 458030)

摘 要: 介绍了中央空调系统的组成和工作原理。传统的中央空调系统控制方式效率低、能耗大。采用变频调速方式控制, 可大量节能, 应积极推广。

关键词: 中央空调系统; 节能; 变频技术; 水循环系统

中图分类号: TM 921.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2013)08-0061-05

Application of Inverter in Energy Saving System of Central Air Conditioning

SU Liliu, LI Zhenping

(Hebi College of Vocation and Technology, Hebi 458030, China)

Abstract: The central air-conditioning system composition and control principle were described. Traditional central air-conditioning control, low efficiency, high energy consumption. Frequency control could save energy, should be actively promoted.

Key words: central air conditioning system; energy saving; frequency control technique; circulating water system

0 引 言

随着社会发展及科学技术的进步, 人们的物质生活水平不断提高, 对生活、工作场所的环境温度要求也越来越高。与此同时, 许多生物产品、医药品、食品以及一些高科技产品的生产制造也需要温度环境作为质量的保证。因此, 中央空调在大型商场、超市、写字楼、宾馆饭店、医院、工厂有着非常广泛的应用。地球上的温度每年四季、每天 24 h 都在变化着, 中央空调冷负荷始终处于动态变化之中。为了在一年四季中都能获得舒适或合适的生活工作场所, 中央空调的系统设计往往是以最大冷负荷作为最大设计容量的依据, 因此, 大部分系统一年中, 只有几十天时间, 需要处于最大负荷运行。环境及人文实时影响着中央空调的冷负荷。从美国制冷协会标准 880-56 数据可见, 平均年负荷约 60%。空调负荷的全年分布如表 1 所示。

一般情况下, 冷负荷在 25%~75% 内波动, 大多数建筑物每年至少 80% 是处于这种情况, 造成

表 1 空调负荷的全年分布

冷负荷率	占总运行时间的百分数/%
75% ~ 100%	10
50% ~ 75%	50
25% ~ 50%	30
<25%	10

了实际需要冷负荷与最大功率输出之间的矛盾, 形成了巨大能源浪费。给国家和企业造成巨额电费支出, 增加经营者的成本, 降低企业竞争力。随着科学技术的发展, 目前的中央空调主机有些已配自动调节功能, 可根据外界温度的变化调节输出功率, 但是循环系统仍靠增减工作泵的方法调节, 大流量、小温差的问题仍未得到彻底解决。

1 中央空调的组成及工作原理

中央空调主要由冷水机组、冷冻水循环系统、冷却水循环系统、风机盘管系统和散热水塔组成。其工作原理如图 1 所示。

冷水机组由压缩机将制冷剂压缩成液态后送

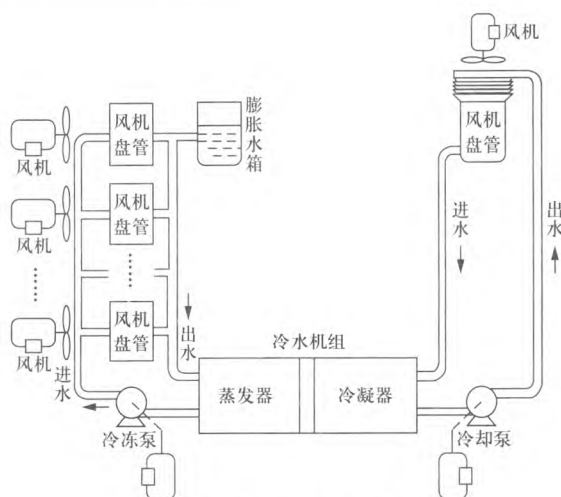


图1 中央空调工作原理图

蒸发器中与冷冻水进行热交换,将冷冻水制冷,冷冻水泵将冷冻水送到各房间风口的风机盘管中,由风机吹送冷风到房间里,达到降温的目的。经蒸发后的制冷剂在冷凝器中释放出热量,与冷却循环水进行热交换,由冷却水泵将带有热量的冷却水输送到冷却水塔中喷淋并与大气之间进行热交换,同时水塔风扇对其进行吹风,增加空气对流速度,将热量散发到大气中。

2 中央空调系统传统的控制方式

2.1 冷水机组的控制方式

冷水机组的核心是制冷机,由单台或多台压缩机组成。对单台压缩机系统,其控制方式如下:当温度达到设定的温度下限时,压缩机卸荷运行,停止制冷;当温度达到设定温度的上限时,压缩机加载运行,开始制冷。对多台压缩机系统,其控制方式则采取在温度控制的范围内,逐步投入或停止(卸载)压缩机台数的方式,控制温度在设定的范围内波动。

2.2 冷冻水循环系统的控制方式

冷冻水循环系统由冷冻泵、分水器、集水器、各风机盘管及冷冻水管道组成。从冷水机组流出的冷冻水由冷冻泵加压送入分水器,并被送入各层的冷冻水管道,在各个房间风口的风机盘管中进行热交换,带走房间内热量,从而使房间内的温度下降,随后再进入到集水器送回冷水机组。其控制方式为通过手动或自动调整分水器出口各层冷冻水管道上阀门的开度,来控制进入各层房间风机盘管中的冷冻水流量,以达到控制各个房间

温度的目的。在该循环系统中,冷冻水泵始终处于额定转速运行,由于各层冷冻水的流量调整是分别进行的,为了保持最高层或最不利端的压力及进出水的压力平衡,在分水器 and 集水器之间加接了旁路管道,通过手动或自动调整旁路管上的阀门来平衡循环系统的压力。

2.3 冷却水循环系统的控制方式

冷却水循环系统由冷却泵及冷却水管道以及冷却塔组成。当冷水机组进行热交换时,在冷冻水温冷却的同时,必将释放大量的热量。该热量被冷却水吸收,使冷却水温度升高。冷却泵将升高了温度的冷却水压入冷却水塔,使之在冷却水塔中与大气进行热交换,并用风扇对其强迫风冷,随后再将降了温的冷却水送回到冷水机组。如此不断循环,带走冷水机组释放的热量。在该系统中,冷却水泵和冷却风扇始终运行在额定转速,管道中的冷却水靠阀门进行流量和压力调整。

3 系统节能的可能性

从中央空调的工作原理可知,其主要是由压缩机、泵和风机及各种管道组成,而风机、水泵的一个大的特点就是负载转矩与转速的平方成正比,轴功率与转速的立方成正比。因此,如果将系统以电机为定转速运转,用阀门调节水流量和风流量的方法,改用根据所需的流量、风量调节电机转速的方法,就可获得大量的节电效果。图2是风机的运转特性图,从图上可看出,使用挡板调节风流量和用转速来调整风流量相比,存在着较大的轴功率损失。

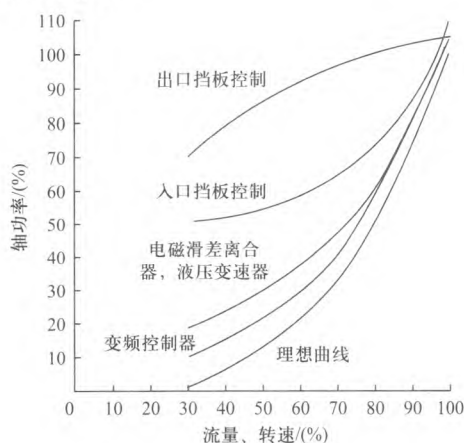


图2 风机的运转特性图

从流体力学理论可知,如果不考虑各种损失,泵或风机的轴功率由式(1)表示:

$$P = K \times Q \times H \quad (1)$$

由定律可知:

$$\begin{cases} \frac{Q}{Q_0} = \frac{n}{n_0} \\ Q = \frac{n}{n_0} \times Q_0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \frac{H}{H_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \\ H = \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \times H_0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{P}{P_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \\ P = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \times P_0 \end{cases} \quad (4)$$

式中: Q ——流量;

n ——转速;

H ——压力(或扬程);

P ——轴功率;

K ——系数,机械效率及输送的流体密度等有关;

Q_0 —— n_0 时的流量;

n_0 ——额定转速;

H_0 —— n_0 时的压力(或扬程);

P_0 —— n_0 时的轴功率。

由式(1)~式(4)可看出,在环境气压、气温等参数不变的情况下,当转速减少50%时,流量减少50%,扬程减少75%,功率消耗减少87.5%,节能效果非常显著。

若采用往风机进风口侧加挡板调节流量,电机运行于额定转速,在不同流量 Q 时,电机轴功率 P 与额定功率 P_e 和额定流量 Q_e 有下列经验公式:

$$P = \left(0.4 + \frac{0.6Q}{Q_e}\right) P_e \quad (5)$$

当 Q 为额定流量的70%时:

$$P = (0.4 + 0.6 \times 0.7) \times P_e = 0.82P_e$$

即电机的轴功率是额定功率的82%。在相同条件下,当用调速方式来改变流量时:

$$P = 0.73P_e = 0.343P_e$$

则节电率为

$$\eta = \frac{0.82P_e - 0.343P_e}{0.82P_e} = 58.17\%$$

由以上分析可看出,通过采用调节风机转速来调节风量,当风流量减小时,其节电效果十分明显。

但是,对于实际的泵负载,通常还存在一个与高低差有关的实际扬程;

在中央空调的冷冻水循环系统中,由于是闭式水系统,水泵的实际扬程由式(6)给出:

$$H = H_f + H_d + H_m \quad (6)$$

式中: H ——实际扬程;

H_f ——水系统总的沿程阻力损失;

H_d ——水系统局部阻力损失;

H_m ——设备阻力损失。

由于各种阻力损失较小,所以一般忽略不计,因此冷冻水循环系统的节能可参考风机系统,用相似定律来估算。

对于冷却水系统,由于是开式水系统,水泵的实际扬程由式(7)给出:

$$H = H_f + H_d + H_m + H_s + H_o \quad (7)$$

式中: H ——实际扬程;

H_f ——水系统总的沿程阻力损失;

H_d ——水系统局部阻力损失;

H_m ——设备阻力损失;

H_s ——冷却水的提升高度(从冷却塔的蓄水池水面到喷嘴的高度);

H_o ——冷却塔喷嘴喷雾压力。

水泵的实际扬程不能忽略,图3、图4给出了实际扬程为60%额定扬程时,泵的扬程-流量特性曲线和功率-流量特性图,从图中可查到,当实际流量为额定流量50%时,其节电率约为45%。

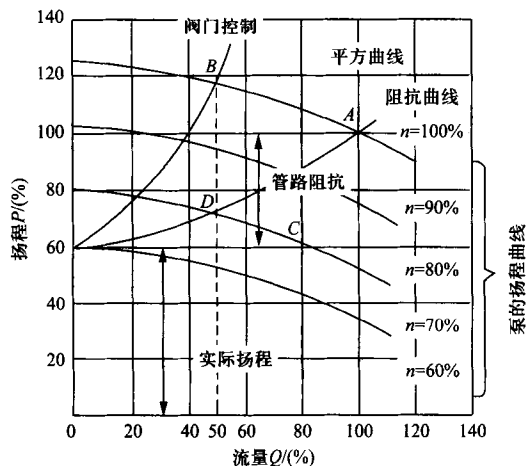
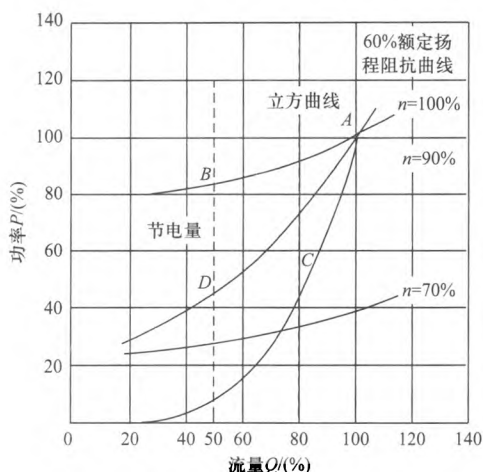


图3 60% 额定扬程-流量特性图



因此,可以采用变频装置对冷冻水和冷却水泵及冷却风扇进行调速的方法,来控制系统的流量和压力,达到节约能源的作用。

4 变频控制的原理

从以上分析可知,对于中央空调的冷冻水循环系统、冷却水循环系统及冷却风扇电机使用调速方式能够降低系统的功耗。因此,可以采用变频器对水泵和风机作调速控制,其控制原理如图5所示。这其中分为3个部分:

(1) 冷冻水泵的控制部分。冷冻水泵的控制方式为变频器作最高层(或最不利端)的压力PID闭环控制,保持最不利端的压力恒定,这样可以防止压力损失并较大幅度提高效率,以取得好的节能效果。

(2) 冷却水泵的控制部分。由于冷却塔的水温是随环境温度而变化的,其单侧水温不能准确反映冷冻机组产生热量的多少。因此,对于冷却水泵,以冷凝器进水和回水的温差作为控制依据,实现进水和回水间温差的PID恒温差控制较为合理。温差大,说明冷冻机组产生的热量大,应提高冷却泵的转速,增大冷却水的循环速度;反之则应降低转速。同时考虑到冷却水系统是个开式水系统,其有一个实际扬程问题,所以在系统中设定一个下限频率,以保证冷却水泵能可靠工作。这样能在各种环境下,使系统处于最佳状态,并达到节能的目的。

(3) 冷却风扇的控制方式。使用冷却风扇

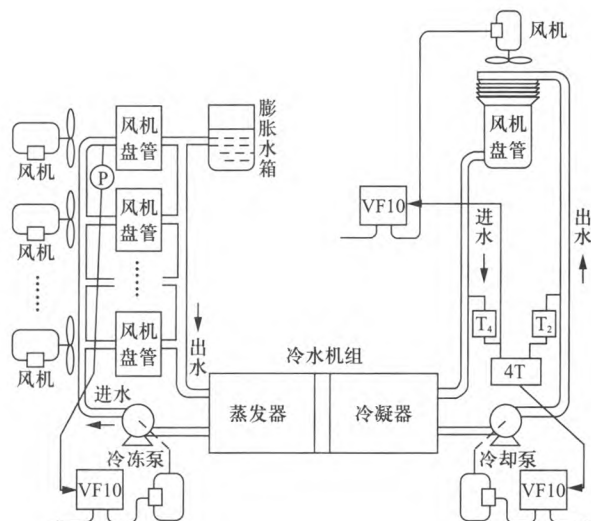


图5 中央空调变频控制工作原理图

5 变频器的应用

某公司的中央空调冷冻水循环系统和冷却水循环系统各有三台水泵作一用二备控制系统,其冷冻水泵功率为 $30\text{ kW} \times 3$,冷却水泵功率为 $37\text{ kW} \times 3$ 。控制方案如下:

用一台 30 kW 变频器设计成一拖三(一用二备)系统,控制冷冻水循环系统。每 24 h 切换一次水泵,水泵轮流工作。控制上采用最高层的压力 PID 闭环控制,使用变频器的内部 PID 调节器来控制系统压力。

用一台 37 kW 变频器设计成一拖三(一用二备)系统,控制冷却水循环系统。每 24 h 切换一次水泵,水泵轮流工作。控制上以冷凝器的进水与出水温度差作为控制对象,用变频器内部的 PID 调节器作温差闭环控制。

该系统于去年 11 月份投入使用,至今已运行了 10 个月,运行稳定可靠。

使用变频控制前后的用电情况对比如表 2 ~ 表 4 所示。

表2 不使用变频控制的用电量/天

序号	名称	功率/kW	数量	1天的耗电量/(°)
1	冷却水泵	37	3	842.40
2	冷却水泵	30	3	735.93

表3 使用变频控制的用电量/天

序号	名称	功率/kW	数量	1天的耗电量/(°)
1	冷却水泵	37	3	521.24
2	冷却水泵	30	3	477.54

表4 节电率

序号	名称	功率/kW	数量	节电率
1	冷却水泵	37	3	38.12 %
2	冷却水泵	30	3	35.11%

6 结 语

通过以上分析和实例说明可知,中央空调系统的冷负荷是随室外气象和室内环境条件的变化而变化的,但空调系统的设计及设备选型是按最不利工况进行的。因此,根据空调负荷变化情况对冷冻水和冷却水循环系统以及冷却塔系统风机、甚至送风系统风机进行变频控制,对于中央空调系统节能具有重要意义。

【参 考 文 献】

- [1] 俞炳丰. 中央空调新技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 王延才, 胡雪梅. 变频器原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

收稿日期: 2012-03-20

(上接第60页)

- [4] LI S, YANG X, YANG D. Active disturbance rejection control for high pointing accuracy and rotation speed[J]. Automatica, 2009, 45(8): 1854-1860.
- [5] ZHAO C Z, HUANG Y. ADRC based integrated guidance and control scheme for the interception of maneuvering targets with desired LOS angle[C] // Proceedings of the 2010 Chinese Control Conference, Beijing, China, 2010(7): 6192-6196.
- [6] 黄庆, 黄守道, 匡江传, 等. 基于模糊自抗扰的PMSM无速度传感器控制[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2012, 39(7): 37-43.
- [7] LEE C C. Fuzzy logic in control system: fuzzy logic controller-part I/II [J]. IEEE Trans Syst Man Cybern, 1990, 20(2): 404-435.
- [8] 王成元, 夏加宽, 杨俊友, 等. 电机现代控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [9] 陈敏俊, 南余容, 王刚. 基于空间矢量脉宽调制的新型永磁同步电机矢量控制调速系统[J]. 电机与控制应用, 2007, 34(4): 39-44.
- [10] 韩京清, 王伟. 非线性跟踪—微分器[J]. 系统科学与数学, 1994, 14(2): 177-183.
- [11] 韩京清. 一类不确定对象的扩张状态观测器[J]. 控制与决策, 1995, 10(1): 85-88.
- [12] 韩京清. 自抗扰控制器及其应用[J]. 控制与决策, 1998, 13(1): 19-23.
- [13] 孙亮, 吴根忠. 自抗扰控制器优化设计及其应用[J]. 电机与控制应用, 2010, 37(3): 26-30.
- [14] 薛树功, 瞿成明, 魏利胜. 永磁同步电机自抗扰控制研究[J]. 安徽工程大学学报, 2011, 26(4): 44-46.
- [15] ZHAO C Z, HUANG Y. ADRC based input disturbance rejection for minimum-phase plants with unknown orders and/or uncertain relative degrees[J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2012, 25(4): 625-640.
- [16] 吴晓莉, 林哲辉. MATLAB辅助模糊系统设计[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.

收稿日期: 2012-12-24

变频器在中央空调节能系统中的应用

作者: [苏丽秋](#), [李振平](#), [SU Liqui](#), [LI Zhenping](#)
作者单位: [鹤壁职业技术学院, 河南鹤壁, 458030](#)
刊名: [电机与控制应用](#) **ISTIC** **PKU**
英文刊名: [Electric Machines & Control Application](#)
年, 卷(期): 2013, 40(8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zxxdj201308014.aspx