

# 浅谈变频器在中央空调系统节能改造中的运用

湖南恒凯环保科技投资有限公司 冯浩源\*

**摘要** 随着中国经济的快速发展,中央空调系统已在社会广泛应用,在为人们提供舒适的工作和生活环境的同时,中央空调系统也成为建筑的能耗大户。在全球推进低碳经济,节能减排的大趋势下,如何节能、高效地解决中央空调系统的节能减排问题,已经成为社会研究的热点。据国家能源局统计,我国建筑能耗约占全国总能耗的30%左右,而空调能耗又约占建筑总能耗的50%~65%,降低空调系统能耗对我国完成节能减排目标与推动建设为节约型社会具有非常重要的作用。

**关键词** 中央空调;变频器;可编程控制器(PLC);负载

## On the Drive in the Central Air Conditioning Systems Used in Energy Saving

Feng Haoyuan

**Abstract** With China's rapid economic development, central air conditioning system has been widely used in the community, to provide comfort for people working and living environment, central air conditioning system has become a major energy consumer in buildings. Advance in the global low carbon economy, energy saving and emission reduction trend, how energy efficient central air conditioning system to solve the problem of energy saving has become a hot research. According to the National Energy Bureau of Statistics, China's building energy consumption accounts for about 30% of the country's total energy consumption, while the air conditioning energy consumption has accounted for about 50% of total building energy consumption is about 65%, reduce air-conditioning systems saving energy and reducing energy consumption in China completed emission targets and to promote the construction and saving a very important role in society.

**Keywords** Central air conditioning; Inverter; PLC (PLC); The load

随着社会的发展,人们的生活水平不断的提高,生活和生产的环境也在不断的改善中。在大多数商厦、酒店、以及部分厂房内,中央空调系统已经成为了不可缺少的设施。据统计,中央空调的用电量占这些商厦、酒店的总用电量的70%以上,而且是全天24h长时间的运行。因为随着季节、入住率、生产饱和率的不同,中央空调的使用程度也不尽一样。因为中央空调的设计都是以满负荷情况下设计的,而且都留有一定的余量。因此中央空调90%时间都运行在效率非常低的场合,导致大量的电能的浪费,运行不经济。

在我国目前能源相对不足的情况下,对节约能源显得尤为重要。应用变频调速技术对中央空调系统进行节能技术改造,可以大幅度地节约用电,带来可观的经济效益和社会效益。

\* 冯浩源,1984年5月生,大专,工程师  
410015 湖南省长沙市芙蓉中路二段200号新世纪花园  
华侨国际大厦1303室  
13975108347  
E-mail:fenghaoyuan2008@yahoo.com.cn  
收稿日期:2010-10-22

## 1 节能原理

目前社会上也存在着非常多的节能改造技术,但大多数是废能或者是废热利用。因为这些技术是建立在已经产生了浪费能源的基础上,所以这些节能改造技术并不完善。只有从源头上进行直接的节能,才能达到最好的节能的目的。

而变频节能技术则是建立在这一基础上的最根本的节能技术。变频节能技术主要是针对风机、水泵等等设备上的,主要针对的调整对象是电机的转速。风机和水泵是平方转矩负载,这类型的负载的功率和转速的立方成正比,因此节电的潜力也是最大的。

## 2 中央空调系统的构成及工作原理简单介绍

它主要由制冷机组(空调主机)、冷冻水塔、外部热交换系统和冷却风机组成。各部分的基本工作原理如下:

### 2.1 制冷机组

通往各个房间的循环水由冷冻机组进行“内部热交换”作用,使冷冻水降温为5~7℃。并通过循环水系统向各个空调点提供外部热交换源。内

部热交换产生的热量,通过冷却水系统在冷却塔中向空气中排放。内部热交换系统是中央空调的“制冷源”。

## 2.2 冷冻水塔

用于为冷冻机组提供“冷却水”。

## 2.3 “外部热交换”系统

主要由以下2个循环水系统组成。

### 2.3.1 冷冻水循环系统

由冷冻泵及冷冻管道组成。从冷冻机组流出的冷冻水由冷冻泵加压送入冷冻水管道,在各个房间内进行热交换,带走房间内的热量,使房间内的温度下降。

### 2.3.2 冷却水循环系统

由冷却泵、冷却水管道及冷却塔组成。冷冻机组进行热交换,使水温冷却的同时,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,冷却泵将升了温的冷却水压入水塔,使之在冷却塔中与大气进行热交换,然后再将降了温的冷却水,送回到冷冻机组,如此不断循环,带走冷冻机组释放的热量。

## 2.4 冷却风机

### 2.4.1 室内风机

安装于所有需要降温的房间内,用于将由冷冻水冷却了的冷空气吹入房间,加速房间内的热交换。

### 2.4.2 冷却塔风机

用于降低冷却塔中的水温,加速将“回水”带回的热量散发到大气中去。

中央空调系统的4个部分都可以实施节电改造。但冷冻水机组和冷却水机组改造后节电效果最为理想。

## 3 系统存在的不足

### 3.1 冷却水系统的不足

从设计角度考虑,冷却水泵电机的容量是按照最大换热量(即环境气温最高,且所有场所的空调都全开的情况下),再取一定的安全系数来确定的。而通常情况下,由于季节和昼夜气温的变化以及开机数目的不同,实际换热量远小于设计值,因此,电机容量远大于实际负荷,出现了大马拉小车的情况。

再从冷却水流量考虑,冷却水的作用是要及时将冷凝器中的热量带走,以保证制冷机(空调主

机)能正常工作。从节能的角度看,只要能保证制冷机(空调主机)正常工作,冷却水流量越小,所做的无用功就越少,节能也就越明显。过去由于交流电机的转速不可调,因此一直处于最快速度循环,造成能量的大量浪费。

### 3.2 冷冻水系统的不足

冷冻水泵的作用是将经制冷机(空调主机)降温的冷冻水通过输送管道送到中央空调的各出风口处的风机盘管组件中,对环境起降温作用,冷冻水的流量与冷冻水泵的转速成正比,当冷冻水泵转速高时,冷冻水的流量大,流速也快。因此,当冷冻水流过风机盘管组件时,还没有充分的时间将所携冷量全部释放完,就又返回制冷机(空调主机)去了,因此冷冻水泵电机做了很多无用功,这些都是不必要的能耗。若能够调节冷冻水泵电机的转速,根据实际热负荷的大小来调节冷冻水的流量(实际上是调节交换冷量的大小)和流速,以便让冷冻水在风机盘管组件中有充分的时间释放与热负荷大小相当的冷量,冷冻水泵电机的功耗就可大大降低。

### 3.3 冷却水塔风机的不足

水塔风扇也是平方转矩负载,当季节和昼夜变化时,环境气温降低,通过喷淋的冷却水已能和大气充分地交换热量,风扇转速可以降低,因此,风扇电机耗电也可下降。

## 4 原系统配置情况

根据对某酒店现场的考察与了解,现分析其空调系统的工作情况如下。

### 4.1 制冷机组拖动系统(溴化锂机组)

4.2 冷冻泵拖动系统。由3台水泵组成。冷冻水泵的功率是55 kW 3台,2用1备。

4.3 冷却泵拖动系统。由3台水泵组成。冷却水泵的功率是75 kW 3台,2用1备。

4.4 风机(包括室内风机和冷却塔风机)拖动系统。冷却塔总共有4台11 kW 风机。

## 5 改造方案

### 5.1 进行变频改造的目的

#### 5.1.1 节能降耗

因为目前大部分中央空调的拖动系统为开环拖动,无法根据运行的工况自动的调整流量以及功率的大小,故能耗较大。特别是当中央空调系统的负

荷不足的情况下，能源浪费严重。

而使用该系统后可以使得中央空调的各个拖动系统，适应于实际的运行工况以及环境情况，自动的调整拖动系统中电机的转速以及运行，从而实现流量可控，达到节能降耗的目的。节能原理见前方所述。

当然节能降耗是该系统的主要功能而非全部功能，从另外一个大的方面来说，该系统可以大大提高系统运行的质量。

### 5.1.2 提高运行质量

单电机拖动系统无法根据负载的轻重进行调节，不能保持压力、流量、温度等参数的稳定，从而大大影响了制冷机组的工作性能，甚至可能增加机组的负荷，从而导致制冷机组的故障。

而采用了该变频节能系统后，可以根据机组的运行情况自动的调整水循环系统的流量，从而保证了机组的安全运行。

## 5.2 改造系统结构

系统的拖动拓扑图见图 1。

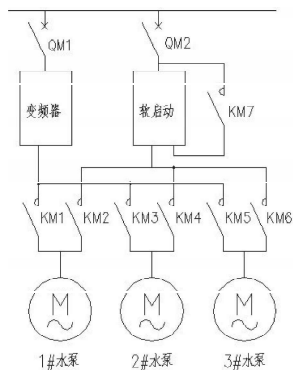


图 1 系统的拖动拓扑图

冷热水泵和冷却水泵的控制系統基本连接方式如图 1，构成基本的变频固定泵的方式。利用变频拖动其中 1 台水泵作为主调节水泵。利用转速的变化调整其整个系统的流量输出。当水泵运行流量不足或者是过高时系统会通过 PLC 自动的控制其他的水泵投用或者是切除。实现 2 用 1 备的控制方式。

同时当其中 1 台水泵出现故障时，可以手动切换变频水泵，将有故障水泵设置到检修的位置进行维修，将备用水泵投入运行。

冷却风机的控制系统如图 2 所示。

采用一个大的变频器同时带 4 台风机变频运行，同时任何一台风机都可以退出变频运行。同时退出变频运行的风机都可以工频运行。系统通过 PLC 检测水泵的进出口温度，从而通过 PLC 运算控制水泵的流量。

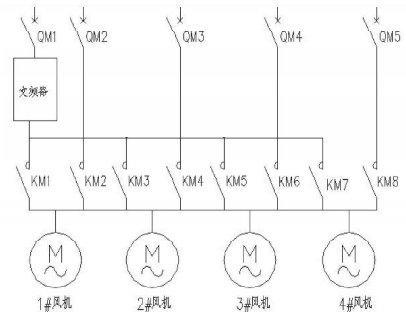


图 2 冷却风机的控制系统图

## 5.3 冷却水系统改造方案

### 5.3.1 系统构成

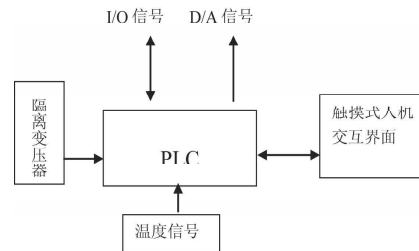


图 3 冷却水系统构成图

其系统的构成如图 3 示意（冷却塔风机、冷热水泵与此类似），软件通过 PLC 温度模块，采集 4 路温度信号分别为：T1 冷温水入口温度；T2 冷温水出口温度；T3 冷却水入口温度；T4 冷却水出口温度（为保证系统的运行稳定，在采集程序中增加了中值滤波程序，保证其采样值的真实性）。通过 PLC 的 I/O 部分采集拖动系统的运行、启动、故障信号，输出拖动系统的频率大小，同时采集空调主机的启动信号，进行联动（以上加入了输入延时滤波处理，防止信号抖动）。系统配置了触摸屏，通过触摸屏可以对系统进行全方位的操作，同时对系统进行完全的监控。

### 5.3.2 控制流程及功能

#### 5.3.2.1 控制目标

使得冷却泵输出频率跟踪机组负荷而变化，温度异常时停泵。如前所述，冷却水循环系统主要是将冷水机组（主机）运行制冷过程中产生的热量携带并释放到大气中去。因此冷却水循环系统必须紧紧的跟踪机组负荷的波动，从而及时的调整其冷却水循环的流量 达到节能降耗以及保护主机的目的。该软件其最终的控制量为冷却水温差，因为可以从冷却水的温差大小直接的判断出机组的负载变化情况，以及大气散热的好坏情况等。

#### 5.3.2.2 拖动方式

采用变频固定泵的控制方式，首先启动 1 号泵

变频运行,当变频泵以最大频率持续运行 300 s 后,冷却水温差仍较高,说明流量不够,则在人机界面上提示需要启动 2# 泵,同时发出报警信号。待操作工人到现场将水泵灌引水,水泵具备可启动条件后,按下按钮就可以自动通过软起启动水泵了。

### 5.3.2.3 故障自投

当某台泵发生故障时,有 1 s 故障确认时间,1 s 后故障仍存在,则停故障泵,在人机界面上提示故障信息,并提示将自动启动备用水泵,待操作工人确认后启动备用水泵。

## 5.4 冷却塔风机软件控制方案

通过控制使得冷却塔风机根据冷却水循环的速度,以及天气情况自动的调整其散热的快慢。冷却塔风机主要作用是将冷却水中所携带的热量通过散热塔释放到大气中去。因此冷却塔风机需要根据冷却水循环中冷却水中携带的热量的多少控制风机的转速。当冷却水入口的温度过高时表示散热不够,风机转速增加;当冷却水入口温度较低时,表示散热能力过剩,风机转速要自动降低。

## 5.5 冷温水泵变频控制

### 5.5.1 控制目标

通过主机的负荷情况自动的控制冷温水泵的输出频率和流量。冷温水是将空调主机中产生的制冷量(或者是制热量)带到用户去的循环系统。之所以叫冷温水,就是因为它有 2 种运行方式,空调制热的时候它循环的是比环境温度高的热水;空调制冷的时候它循环的是比环境温度低的冷水。所以它的控制流程也要分成 2 个部分进行控制。因为他是空调和用户之间的载体,因此必须根据用户的使用情况自动的调整冷温水的循环速度,从而决定了主机的负载的大小。

用户的需求量,可以从冷温水的入口温度来反映,当用户数量增加,或者是天气炎热,冷温水的入口温度就会升高;相反用户较少时因为用户端的温度趋于稳定,热交换较小,因此冷温水的入口温度就会下降,因此根据冷温水的入口温度就可以根据用户使用情况调整冷温水的循环速度,从而调整主机的负载。

### 5.5.2 拖动方式

采用变频固定泵的控制方式,首先启动 1 号泵变频运行,当变频泵以最大频率持续运行 300 s 后,冷温水出口温度仍较高,说明流量不够,则自动的用软起启动 2# 水泵。若变频泵以最小频率运行 300 s 后,冷温水出口温度仍较低,说明流量过大了,

则自动停止 2# 水泵的运行。

### 5.5.3 拖动方式故障自投

当某台泵发生故障时,有 1s 故障确认时间,1s 后故障仍存在,则停故障泵,自动投入备用泵。

## 5.6 其他特殊的控制方式

### 5.6.1 安全可靠的容错处理

为了保证系统的安全可靠的运行。控制过程中加入了大量的故障容错处理。当温度采集、控制回路等出现故障,信号失真时软件自动进入容错运行,防止故障的扩散,同时防止因为小故障而导致的空调主机的停机。

### 5.6.2 信号安全滤波

为了防止信号在采集过程中的抖动,同时为了防止在故障的反复发生,系统软件中必须设置安全滤波软件。信号必须进行滤波后再进行采集和处理。

## 6 改造效果

采用了该系统后,实现了空调主机的全自动化的运行。使得中央空调的各个循环系统在该软件的控制协调下可以自动的推算出空调主机负荷状态,以及冷却塔对大气散热的好坏状态,冷却水循环状态,热水的供应状态等。

并且根据 PLC 的推算,系统控制中央空调循环系统的各个部分的运行速度,使得中央空调的循环系统的循环速度,跟随着空调主机、外界环境、以及用户的需求量的变化而变化。改变原来单一的工频速度循环为可控的自动调整的循环系统。在满足空调以及用户需求的情况下大幅度的节能降耗,安装该软件控制系统后普遍的节电量都在 30% 左右。同时该软件系统通过和微处理器之间数据的共享技术,实现了对循环系统全方位的显示和监控。在人机交互界面中,可以显示出循环系统的运行状态。系统显示包括冷温水进出口温度,冷却水进出口温度,冷却水循环速度,冷温水循环速度,热水温度、压力,热水循环速度。并且该系统软件对每个采集的数据进行合理性分析,当数据异常时系统会通过内部的容错处理防止系统的误动作。当系统采集的数据中发现循环系统的部分部件故障跳闸时,系统会通过指令投入备用系统运行,这使得整个中央空调循环系统实现了智能化节能运行。

## 参考文献

- [1] 陈万仁,王保东,等.热泵与中央空调节能技术(工业设备节能技术丛书)[M].北京:化学工业出版社,2010
- [2] 李玉街.中央空调系统模糊控制节能技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2009