

# 变频技术空调的节能分析

## ——热回收型多元 VRV 空调系统

**摘要:**为了降低空调系统的能耗,用变频技术空调中的变冷媒流量系统(VRV)能达到节能效果;本文对变冷媒流量系统(热回收型多元 VRV 空调系统)的结构、运行模式及其节能性进行了分析,同时也进行了实例分析。

**关键词:**系统结构;运行模式;节能

**中图分类号:** TB657.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-2714(2004)03-0079-04

## 0 引言

随着国民经济的不断发展,人们的生活水平也不断提高,对居住条件和舒适性都提出了更高的要求。房间空调器被广泛的应用。对于多个房间的住宅或者中小型的办公楼,很多都是采用了一室一机的形式,随着空调技术的发展,一拖多的空调已经开始来适应这种新的需要。为改善系统性能,提高系统的能效比,变频技术与电子膨胀阀技术也都得到了广泛地应用。空调系统的能耗在人们生活能耗中占有相当大的比例,能源问题仍然不容乐观,降低空调能耗,为国节能,为民节资。在提高空调舒适性的同时,降低能耗,才是空调技术发展的方向和前进的动力。

对于多个房间的建筑来说,可能在有的房间需要制热的同时,另外一些房间需要制冷,而传统的空调形式都是只能同时制冷或者同时制热。即使是一室一机的形式,能够满足这种要求,但室内的冷量和热量都没有被充分的利用起来,不仅使空调器的容量大大增加,还造成了能源的巨大浪费。为此,本文提出了 VRV (Variable Refrigerant Volume 中文为可变冷媒流量)智能型中央空调结构与运行模式,并对其节能性能进行了分析。该

系统不仅能够满足多个房间同时需要制冷和制热的要求,而且充分利用了室内需要由空调系统带走的冷量和热量,不是简单的把他们排放到室外的空气中去,而是在系统内加以转化和利用,实现了一个空调系统内的几个房间的能量的按需分配,合理利用,同时压缩机根据室内机的不同使用率采用变频控制冷媒的流量,从而达到节能与舒适的目的。

## 1 系统结构

多元热回收 VRV 空调系统由多个室内机和多个室外机构成,本文对其中最典型的一个室外机的系统进行分析,系统结构及原理图如下图 1 所示。

室外机由变频压缩机、换热器模块等部件构成,室内机只是一个换热器模块。换热器模块由电子膨胀阀(EEV)、换热器(BS)、二位三通电磁阀(TWV)以及三个联管(高压气体管,高压液体管和低压气体管)构成,室内外机的换热器模块构成是相同的,只是通过二位三通电磁阀和电子膨胀阀的转换,将换热器模块引上系统:

(1)冷凝器:二位三通电磁阀将高压气体管联通,同时电子膨胀阀全开。压缩机排气将通过电

子三通阀连通的高压气体管流入换热器,再经过全开的电子膨胀阀,进入高压液体管。

(2) 蒸发器:二位三通电磁阀将低压气体管连通,电子膨胀阀打开到一定开度。高压液体管中的液体经过电子膨胀阀节流,流入换热器,再经过二位三通电磁阀流进低压气体管,返回压缩机。因此系统可以进行制冷和制热自由转换。

(3) 关机:电子膨胀阀和二位三通电磁阀同时关闭,冷媒不再流进流出换热器。

通过上面的分析,室内外换热器模块结构一致,通过电子膨胀阀和二位三通电磁阀的适当转换,任一模块都可自由转化运行模式,系统也可以进行制冷和制热的转换,并可满足不同房间同时需要制冷和制热的要求。

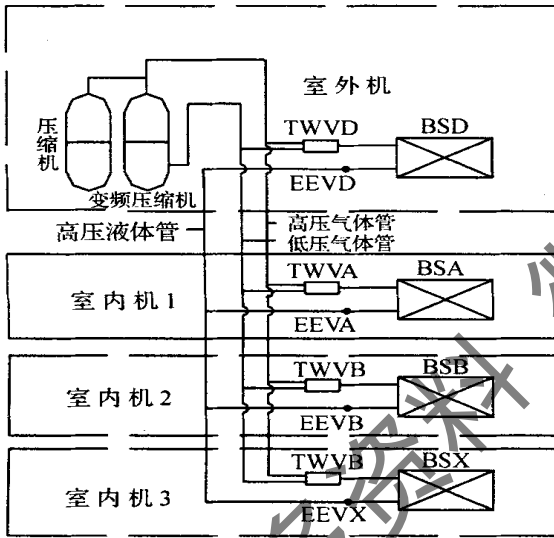


图 1 变频热回收型 VRV 空调系统原理简图

## 2 运行模式

为便于分析,本文选取两个室内机的系统,系统有以下三种运行模式<sup>[1,2]</sup>:

(1) 全部制冷:两个室内机都处于制冷运行状态,此时室外换热器作为冷凝器,两个室内机都作为蒸发器,冷媒在系统内的流向原理如图 2 所示。

(2) 全部制热:两个室内机都处于制热运行状态,此时室外换热器作为蒸发器。两个室内机作为冷凝器,冷媒在系统内的流向原理如图 3 所示。

(3) 热回收(同时制冷制热):一个室内机(如室内机 2)处于制冷运行状态,则室内机 2 的换热器(BSB)为蒸发器,室内机 1 处于制热运行状态,室内机 1 的换热器(BSD)作为冷凝器,室内机 1 所

需要的冷媒流量恰好等于室内机 2 需要的制冷剂流量,室外换热器关闭,冷媒在系统内的流向原理如图 4 所示。

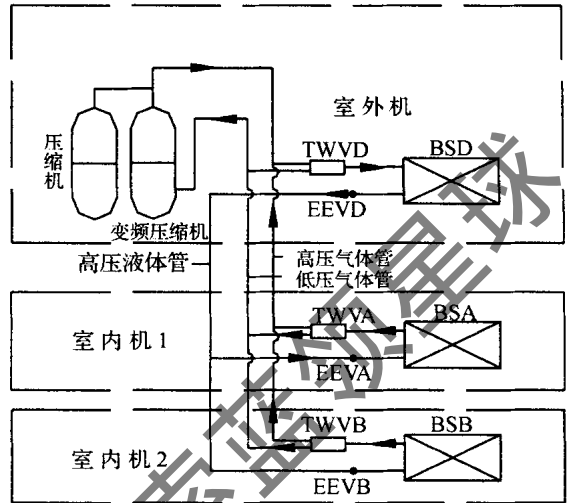


图 2 全部制冷冷媒流向原理图

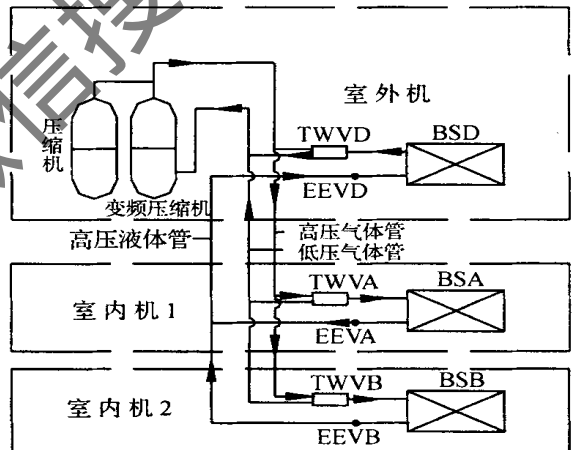


图 3 全部制热冷媒流向原理图

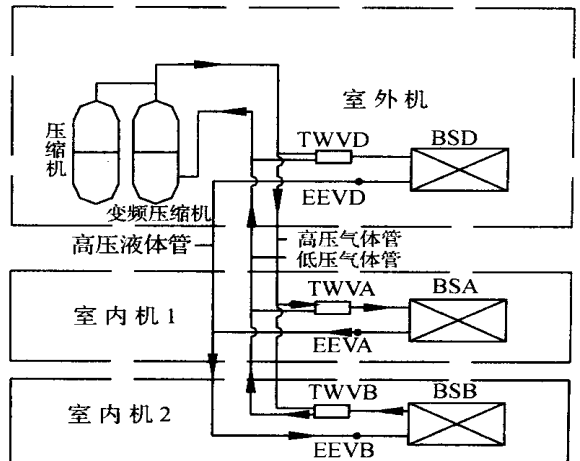


图 4 热回收冷媒流向原理图

通过以上三种运行状态,每个房间都可以随时进行制冷和制热,能量按照用户的需要在室内通过空调系统进行转移,尽量减少了对外界能量的输入和输出,从而大大提高了系统的能源利用效率,减少了对外界环境的影响。

### 3 节能性分析

#### 3.1 传输冷量(热量)时的能量损耗

VRV 空调系统采用冷媒直接蒸发制冷的方式,冷量和热量传递到室内只有一次热交换;而传统风冷热泵冷热水机组或水冷冷水机组能量的传递方式为两次热交换,在传递同样冷量或热量时,能量的不必要损耗大很多。以每传输 10 万 kcal/h 冷量的两种系统能量不必要损耗为例进行比较,测量结果见表 1。

表 1 VAV 与 VRV 系统能量不必要损耗比较

空调系统名称	VAV (变水流量系统)	VRV (变冷媒流量系统)
典型空调类型	风冷热泵冷热水机组 水冷冷水机组等	VRV 变频空调系统
能量损耗	4.7kW	2.5kW

#### 3.2 能量调节方式<sup>[3]</sup>

VRV 空调系统采用变频控制的方式,室外机的能量输出根据室内负荷的变化自动调节,即室内需要多少冷量,室外机就输出多少冷量这一最智能化的控制。以 VRV 系统中一台室内机运转为例,室外机可根据内机实际所需冷媒,通过压缩机变频进行调节,其耗电量相当于同等功率的一套一拖一空调机所耗的电。

传统中央空调系统一般采用能量卸载的方式进行能量调节。一般调节级数只有 3~5 级,调节性能较差。尤其是在只有部分室内机在运行时,室外机也是按照额定容量在输出,能量的不必要损耗极大(这也是很多办公大楼休息天和加班期间没有空调可用的一个直接原因)。而且,传统中央空调系统在负荷小于 20% 时,机组是无法正常开机的,VRV 系统能解决此类问题。

#### 3.3 COP 值比较

空调系统在实际运行过程中,满负荷运行的时间很短,一般只占全年运行时间的 1%~3%,

其余时间都是在部分负荷下运行的,而其中又有 70% 的运行时间是在 30%~70% 这个部分负荷段之间。因此衡量一个空调产品节能性的好坏,其部分负荷的 COP 值是一个至关重要的因素,COP 值是以一年的机器制冷制热容量总和与一年的总耗电量之比。VRV 的部分负荷 COP 值极高,最高可达 4.1,而一般风冷热泵冷热水机组的 COP 值满负荷时只有 3.0 以下,部分负荷时会降低到 2.0 以下。表 2 是以日本大金 VRV- 系列产品为例的满负荷及部分负荷运转时的 COP 实验测量值。

表 2 大金 VRV- 系列负荷运转 COP 测量值

室外机 容量	100% 负荷		50% 负荷	
	制冷	制热	制冷	制热
10HP	3.1	3.4	5.5	4.0
16HP	2.9	3.6	5.5	4.0
20HP	3.1	3.4	5.5	4.4
30HP	2.8	3.5	5.4	4.5

综上所述,VRV 空调系统是一种超级节能的空调系统,VRV 系统室外机采用变频控制,室外机的输出可根据室内负荷的大小自动调节,而且 VRV 空调在部分负荷时的能效比(COP 值)相当高;而大型冷水机组只能通过有限的卸载来进行能量调节,尤其在低负荷时的运行能耗相对较大。VRV 相对于传统冷水机组能节能 40%~50%,以下实例可以验算。

### 4 实例分析

全年耗电量分析及年度总 COP 值比较。

比较方式:进行全年度总耗电量比较及全年总 COP 值(以一年的机器制冷制热容量总和除以一年总耗电量和总能耗)进行比较(电费以 0.85 元/度计算),具体数据见表 3。

比较对象:大金 VRV,水冷螺杆式冷水机组 + 锅炉,风冷热泵;

建筑物面积:约 50 000m<sup>2</sup>;

建筑物用途:办公;

制冷运行时间:5~11 月份,每天运行 7 小时,每月 20 天;

制热运行时间:12~4 月份,每天运行 7 小时,每月 20 天;

全年运行时间:1 680 小时;

一年的机器制冷制热总容量:9 767 520 kWh。

表3 三种空调系统一年耗电量和 COP 值比较

系统名称	总容量 (kWh)	总耗电量 (kWh)	COP 值	电费 (元)	比例
大金 VRV 空调系统		3 005 538	3.24	2 554 707	100 %
水冷螺杆冷水机组 + 锅炉	9 769 520	4 402 076	2.21	3 741 765	146.5 %
风冷螺杆式热泵冷热水机组		4 318 860	2.26	3 671 038	143.7 %

## 5 小结

本文提出了 VRV 变频空调系统的结构与运行模式,并对其进行了性能分析。

系统的容量随着房间负荷的变化而变化,采用了变频压缩机和电子膨胀阀技术来满足各个房间冷热量的要求;

系统可以运行于制冷、制热与热回收等三种运行模式下,并可以通过二位三通电磁阀和电子膨胀阀根据房间制冷制热的要求自由的转换,可以满足多个房间同时制冷和制热的需求;

先进的冷媒控制技术:VRV 系统比例积分控制,由两个控制系统组成,能够控制系统内冷媒和机油的正常运动和防止抽吸旁流的稳定机构,从而使冷媒维持在最佳状态。

从上面的分析可以看出,VRV 变频空调系统能够在同时满足多个房间制冷和制热的同时,保持很高的能源利用效率,大大减少了对室外环境的热污染,是一种高效的能量转化与利用的方式。

### 参考文献:

- [1] 邵双全,石文星,李先庭.多元变频 VRV 空调技术综述[J].制冷与空调,2003,(2):6-10.
- [2] 邵双全,石文星.多元 VRV 空调系统原理[C].全国暖通空调制冷 2002 年学术年会论文集,2002,(1).
- [3] 安大伟,王江江.变频技术在空调器节能中的应用[J].节能技术,2003,(3):14-15.
- [4] 郑贤德.制冷原理与装置[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [5] 张建业.制冷装置节能技术[M].北京:机械工业出版社,1999.

# An Analysis of Energy Saving by Employing Variable Frequency Technology in Air Conditioning: Heat Recovery Multiple VRV Air Conditioning System

NI Xiaojing, ZHOU Zhaofeng & CHEN Huajiang

(Zhejiang Shuren University, Hangzhou, Zhejiang, 310015, China)

**Abstract:** In order to reduce energy consumption in air conditioning system, VRV of variable frequency technology is used in air conditioning. Based on the analysis of an actual case, this paper analyses the structure, the running pattern and the energy saving property of VRV.

**Key words:** system structure; running pattern; energy saving

责任编辑