

文章编号: ISSN1005-9180(2010)01-0060-06\*

# 组合式空调机组的节能分析及措施

张娟维

(开利空调销售服务(上海)有限公司, 上海 200001)

[摘要] 组合式空调机组是中央空调系统中主要的设备之一, 其在一般建筑物舒适空调系统所耗电量中占了整个空调系统的 20%~30%。本文着重对组合式空调机组的节能影响因素进行一一分析, 并提出对组合式空调机组的相应节能措施。

[关键词] 组合式空调机组; 节能; 分析和措施

[中图分类号] TU831

[文献标识码] B

## Analysis and Measure of Energy-saving Inair Handling Units

ZHANG Juanwei

(Carrier Air Conditioning Sales &amp; Services (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai)

**Abstract:** Air Handling Units is the key equipment of the air-conditional system which occupied 20~30% electrical energy in the whole air conditional system. The thesis is focus on the factor analysis of the air handling units energy saving, also provide some energy saving solutions for the air handling units.

**Keywords:** Air handling units; Energy-saving; Analysis and measure

## 1 引言

随着全球不断重视温室气体和碳排放对环境的影响, 特别在哥本哈根会议召开前夕, 我国政府公布了控制温室气体排放的行动目标——到 2020 年全国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%至 45%。建筑节能减排措施受到国家有关部门广泛关注, 国家和行业出台了相应产品的能效限定值及节能评价标准, 但作为空气处理的关键设备——组合式空调机组长期以来其节能不被重视, 特别是一些节能示范项目只重价格而轻视技术、节能等方面。导致了名为节能, 实际产品能耗大, 效率低等问题的出现。因此我们应该重视落实空气末端的相关节能措施工作。下面着重从量大面广的产品——组合式空调机组进行节能分析。

组合式空调机组是中央空调系统中主要的设备

之一, 它是将冷、热源的能源转变为空气状态改变的关键设备。组合式空调机组在一般建筑物舒适空调系统所耗电量占了整个空调系统的大约在 20%~30%<sup>[1]</sup>。若是洁净室或恒温恒湿用途, 其所耗电量比重更加高, 因此对于响应国家的节能减排要求, 提高组合式空调机组的节能效果是非常重要的。

## 2 组合式空调机组节能影响因素分析

由于组合式空调机组是一种被动式机组, 其冷、热量由相应的制冷和加热设备提供, 并通过机组内的表冷器、加热器热交换后提供合适温、湿度向环境送风, 以达到舒适空调或工艺环境要求。在整个空调系统中, 各设备间存在相互牵连作用, 任何设备出现不协调, 将导致整个空调系统处于高能耗、低效率的运行状况。下面着重从组合式空调机组设备本身进行节能分析, 通过比较分析并采取相

\* 收稿日期: 2009-1-31

作者简介: 张娟维 (1970-), 女, 工程师, 主要从事空调末端产品的设计工作。E-mail: juanwei\_zhang@carrier.utc.com

关的措施来提高其节能效果。

组合式空调机组的节能影响因素主要从以下几个方面分析:

(1) 产品性能影响因素:

1) 表冷器与加热器: 由于组合式空调机组风量、冷量普遍很大, 在实验台无法取得性能的确证, 因此在设计中其选型有相当重要性。如果表冷器或加热器选型准确度有差异, 在实际运行中, 将使整个空调系统的冷、热源设备和水泵偏离设计工况运行。例如由于表冷器实际性能与理论选型的差异, 在达到相同冷量时只有采用增加水流量和缩小温差来弥补。这样的结果造成水系统流量和水阻力增加, 水泵耗电增大, 同时冷水机组耗电量增大, 设备在高耗能、低效率条件下运行。

2) 风机: 在组合式空调机组中采用风机型式主要有: 前向多翼离心风机、后向板式(机翼形)离心风机和无蜗壳离心风机。组合式空调机组中普遍采用前向、后向离心风机为主, 各空调机组制造商由于配套的风机制造商不同, 性能上存在很大差异。因此对于实际项目, 由于风机选型不同其配用风机功率相差50%左右。因此要想实现节能效果, 我们有必要对组合式空调机组实行能效限定值及节能评价的评定工作。

表1 各种风机性能比较表

风机类型	风量 (m <sup>3</sup> /h)	风压 (Pa)	效率 (%)	轴功率 (kW)
前向多翼	20000	1000	59.2	11.09
后向板式	20000	1000	79.3	7.83
后向机翼	20000	1000	82.1	7.56
无蜗壳板式	20000	1000	67.1	8.28
无蜗壳机翼	20000	1000	69.8	7.96

上表对比中可知轴功率最大与最小相差47%左右。

3) 过滤器: 组合式空调机组安装过滤器后会致系统压损的增加, 最终使空调机组的风机耗电量增加。如果按选用高阻力过滤器, 其风机耗能相当大, 整个风机耗电量增加180%以上, 并且其阻力变化呈动态。因此首先优化空调机组过滤断面的

风速, 在新风、回风和排风系统选用初、中效过滤器要考虑其初、终阻力, 选用最低阻力的空气过滤器, 降低其能耗。且过滤器的价格通常只有运转费用的3%~5%<sup>[2]</sup>。过滤器全年能耗计算式:

$$E = q \cdot \Delta p \cdot h / (\eta \cdot 1000)$$

其中:  $E$  一年运行能耗, kWh;  $q$  风量, m<sup>3</sup>/s;  $\Delta p$  一年平均阻力, Pa;  $h$  一年运行时间, h;  $\eta$  一风机运转效率。

(2) 装置性能影响因素:

组合式空调机组除了在产品性能方面的变化引起机组高耗能、低效率运行外, 其装置本身的问题同样会引起空调系统高耗能情况, 因此下面从几个方面来着重分析:

1) 均流段: 在组合式空调机组中均流段出现次数是相当高的, 由于其段长限制无法达到风机自由出风所需长度, 引起很大压力损耗, 其压力损耗与出口风速有关: 风机出口风速分别为10、12、14 m/s时, 压力损耗分别为75、110、150 Pa(未计均流板压损)。

2) 箱体冷桥: 组合式空调机组的箱体的冷桥性能好坏直接影响到整个机组节能性能, 由于冷桥现象存在, 当冷桥部位表面温度低于机组外表面空气露点温度时, 表面产生凝结水, 由于随着时间加长, 其表面最终变成水珠下滴, 这样就存在冷、热交换的状态, 从而导致能量损耗。

GB/T14294中对凝露试验工况条件为27/24℃, 该温度下的空气露点温度为22.92℃, 显然用此凝露试验工况条件来评判凝露合格与否, 与现场的实际情况是不相符的。

3) 箱体传热: 组合式空调机组的箱体的传热系数大小直接影响到箱体内、外空气热交换的程度。会导致能量通过壁板进行传递, 使能量流失。采用不同传热系数的箱体其能量损耗率见表2<sup>[3]</sup>。

表2 不同传热系数箱体的能量损耗率

箱体的传热系数	室内机组	室外机组
1.47	0.4%~0.1%	0.9%~0.3%
1.0	0.35%~0.08%	0.7%~0.2%
0.5	0.25%~0.05%	0.4%~0.1%

4) 箱体漏风: 组合式空调机组的箱体漏风主要有外漏与内漏二种, 其存在的结果会导致风机功率上升和能量损耗。箱体存在外、内漏对能量损耗的影响见表3。

表3 箱体存在外、内漏对能量损耗的影响

箱体外漏(向箱体外漏风)对能量损耗的影响		
箱体漏风率	风机功率增加率	盘管的能量损耗率
0.5%	1.5%	0.5%
1%	3%	1%
1.5%	4.6%	1.5%
2%	6.1%	2%
箱体内漏(盘管迎风断面漏风)对能量损耗的影响		
箱体内漏风率	盘管的能量损耗率	
0.5%	0.5%	
1%	1%	
2%	2%	
4%	4%	

### 3 提高组合式空调机组的运行效率、降低能耗的措施

#### 3.1 采用最新中央空调新技术, 提高产品节能水平

##### 1) 应用智能控制原理, 提高机组的运行效率

随着自动化控制技术的发展, 计算机技术和变频技术日趋完善, 智能模糊控制技术已被成功引入和应用在中央空调控制领域。与传统的恒温差、恒压差PID调节控制方式不同, 中央空调智能模糊控制系统将计算机技术、模糊控制技术、系统集成技术和变频调速技术集合应用于中央空调的系统控制, 为用户提供了一个先进的智能化的中央空调运行管理技术平台, 在保证空调服务质量的前提下实现了中央空调系统的高效节能运行, 可使空调主机、水泵、风机节能效果显著。

##### 2) 应用空调机组新型节能产品, 整体提高机组节能指标

随着我国对于建筑节能重视程度加强, 与之相

关的产品也制定了相应能效限定值及节能评价标准。应用新技术的低耗能产品不断出现, 如低阻力且过滤效率高的静电过滤器、低噪声和高效率的空调风机、高传热效率的热交换器等。

##### 3) 应用先进节能空调系统的节能技术, 整体提高空调系统的节能指标

随着国内外对于空调系统节能研究, 现阶段涌现出许多节能的空调系统, 与空调机组密切相关的节能技术有 a) 变风量空调技术; b) 低温送风技术; c) 多分区空调节能技术。多分区空调方式属于空调设计合理化的一种节能措施, 特别适合用于具有不同负荷变化特点的多个分区的空调系统中。在整个空调系统中密切合理使用如变频技术、热交换技术等也是实现节能的关键。

##### 4) 应用产品围护结构先进设计理念, 提高产品的性能等级

由于国外先进设计的标准和产品进入国内, 使国内产品在结构上有了重大改变。特别是性能上有此类先进产品的国际标准可循, 加快了国内产品的创新改革, 取得了减少漏风率、改善冷桥结构达到国际先进水平、提高了围护结构隔热效果等节能效果。

##### 5) 应用空气—空气热交换技术, 提高空调机组的节能指标

空气热回收设备有显热回收器和全热回收器两种。主要用于回收空调系统中排风的能量, 并将其回收的能量直接传递给新风。在夏季, 利用排风或回风比新风温湿度低来降低新风的温湿度。在冬季则相反, 利用排风或回风与新风进行热交换来提高新风的温湿度。该设备可单独设置在空调新排风系统中, 也可作为组合式空调机组的一个功能段, 一般可节省新风负荷量的70%左右。

#### 3.2 建立产品的质量监督和认证制度

##### 1) 建立产品性能全方位认证体系

如何确保系统中冷、热源装置在高效的情况下运行, 组合式空调机组中表冷(加热)器性能是起着关键作用, 作为系统中热交换作用装置设计选型和验证是相当重要。由于目前我国在空气末端产品方面未建立强制的相关产品性能认证, 导致性能参数五花八门, 其性能参数真实性受到质疑。而且由于现行国家验证手段和实施标准只能对小规格组合

式空调机组进行性能认证工作,一般此工作往往仅是针对某项目进行,不能全面覆盖所有品牌的整个产品系列范围。

世界上有产品性能认证的主要是美国ARI认证和欧洲EUROVENT认证,他们分别按美国标准和欧盟标准作为认证依据。通过性能认证来证实选型软件与实际产品性能差异,并及时修正选型软件偏差,这样通过认证过的选型软件其设计选型的产品性能参数得到保证。

因此我国如果能建立像“美国ARI认证和欧洲EUROVENT认证”的认证机构,那么实现我国产品迈向国际先进产品行列的可能性将不断提升,从而真正推广空气处理设备的节能措施落实工作。

2) 针对建筑节能先进的国际认证,积极采用国际先进标准的规定产品性能

我国许多新的建筑物正在或已获得美国绿色建筑认证(LEED),其中认证标准是以美国ASHRAE 90.1为主,由美国绿色建筑委员会(USGBC)制定并推出的能源与环境建筑认证体系。其中空气末端产品中的风机在ASHRAE 90.1作出了明确规定。

下面摘录美国ASHRAE 90.1标准中对风机功率限值规定。

(一) 风机功率限值

当空调系统的风机功率超过4 kW时,其功率应符合以下要求:

- a. 每个风机功率与设计的送风量(送风机)之比,不大于下表中风机功率限制。
- b. 如有空气处理或当过滤系统滤网总压降超过250Pa(在干净状态),热回收盘管或装置、直接蒸发加湿装置/冷却器,和其他在空气侧的装置等,可采用压力加权方式,由下表附注“允许的风机功率”方程式调整风机功率的允许值。
- c. 室温与送风温度间的温差大于11℃时,可由下表中附注“允许的风机功率”方程式调整其温度比例。

本项规范风机耗电的基准,4 kW风机约用于超过10USRT以上空调机组,避免空调机组系统供应区域过大或风管系统设计不良造成耗能,但允许因有其他装置或需低温冷风的加权修正。

在美国ASHRAE 90.1标准中,风机功率限值见下表(表4)。

表4 风机功率限值

送风量	允许电动机的铭牌功率	
	定风量	变风量
< 9400 L/s	1.9 kW/1000 L/s	2.7 kW/1000 L/s
≥ 9400 L/s	1.7 kW/1000 L/s	2.4 kW/1000 L/s

允许风机的功率 = [表中风机功率限值 × (温度比) + 压力加权 + 排风机加权]

其中

表中风机功率限值 = 表列值 ×  $Q_n / 1000$

温度比 =  $(T_i - T_s) / 11$

压力加权 (kW) =  $[Q_n (P_n - 250) / 486000] + [Q_{HR} \cdot P_{HR} / 486000]$

排风机加权 (kW) =  $F_R [1 - (Q_{RF} / Q_n)]$

$Q_n$  — 过滤系统的单位送风量 (L/s)

$Q_{HR}$  — 热回收盘管或表冷(加热)盘管的送风量 (L/s)

$Q_{RF}$  — 正常冷却设计运转的排气机风量 (L/s)

$P_n$  — 当过滤器系统中过滤器为干净状态时的空气压降 (Pa)

$P_{HR}$  — 热回收盘管或表冷(加热)盘管的空气压降 (Pa)

$T_i$  — 室内温度控制器设定值 (°C)

$T_s$  — 室内温度控制器所在区域之送风温度设计值 (°C)

$F_R$  — 排风风机的铭牌额定值 (kW)。

(二) 组合式空调机组的机械性能:

根据GB/T14294和欧盟标准EN1886标准要求,明确组合式空调机组相关机械性能参数和等级,作为产品性能最基本的要求。

a. 冷桥因子

冷桥因子分成三个等级考核:

等级TB1: 要求  $0.75 < K_b < 1$

等级TB2: 要求  $0.6 < K_b \leq 0.75$

等级TB3: 要求  $0.45 < K_b \leq 0.6$

b. 传热系数

传热系数分成三个等级考核:

等级T1: 要求  $U \leq 0.5 (W/m^2K)$

等级T2: 要求  $0.5 < U \leq 1 (W/m^2K)$

等级 T3: 要求  $1 < U \leq 1.4$  ( $W/m^2K$ )

#### c. 箱体漏风率

机组内静压保持正压段 700Pa、负压段 400Pa 时, 机组漏风率不大于 2%, 用于净化空调系统的机组, 机组内静压应保持 1000Pa, 机组漏风率不大于 1%。

#### d. 盘管断面漏风率

等级 1: 断面漏风率 0.5%

等级 2: 断面漏风率 1%

等级 3: 断面漏风率 1.5%

等级 4: 断面漏风率 2%

## 4 制定能效限定值及节能评价标准, 实施产品节能认证

为了确保组合式空调机组的高效、低耗能运行。建议编制组合式空调机组的节能产品认证规则, 并结合国际上产品认证特点和我国现有空调产品节能认证经验, 推出符合国情的组合式空调机组

表 5 产品认证项目

序号	项目	要求	备注
1	传热系数	T1~T5	EN1886
2	热(冷)系数	TB1~TB5	
3	隔声量	定量分析	
4	机械强度	D1~D3	
5	过滤断面漏风率	F9~(G1-F5)	
6	箱体漏风量	L1~L3	
7	风量	-2%	EN 13053 EUROVENT
8	机外静压	-2%	
9	过滤器或风机段断面流速	V1~V9	
10	吸收电动机功率	P1~P7	
11	噪声	八倍频程的偏差	
12	空气流速	V1~V5	EN1216 EUROVENT
13	冷量	-2%	
14	热量	-2%	
15	水阻力	+2%	参照 EUROVENT
16	能量效率等级	A、B、C、D、E	

节能产品认证方案。

根据欧洲 EUROVENT 认证体系, 其中组合式空调机组的三个标准: EN 1216; 1999 Heat exchangers. Forced circulation air — cooling and air — heating coils Test procedures for establishing the performance、EN1886; 2002 (E) Ventilation for buildings Air handling units Mechanical performance 和 EN 13053; 2006 Ventilation for buildings. Air handling units. Rating and performance for units, components and sections 组成了认证要求, 具体产品认证项目见表 5。

表 6 EUROVENT 能量效率等级

能量效率等级	A	B	C	D	E
过滤器或风机段断面流速	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8
吸收电动机功率因子	0.9	0.95	1.0	1.06	1.12

表 7 认证节能产品主要参数项目

序号	项目	要求	备注
1	传热系数	T1~T3	参照 EN1886
2	热(冷)系数	TB1~TB3	
3	隔声量	定量分析	
4	机械强度	D1~D3	
5	过滤断面漏风率	F9~(G1-F5)	
6	箱体漏风量	L1~L3	
7	风量	-2%	参照 ASHRAE 90.1; 2004 EN 13053 EUROVENT
8	机外静压	-2%	
9	过滤器或风机段断面流速	V2~V6	
10	吸收电动机功率	P2~P6	
11	噪声	八倍频程的偏差	参照 EN1216 EUROVENT
12	冷量	-2%	
13	热量	-2%	
14	水阻力	+2%	
15	能量效率等级	A、B、C、D、E	参照 EUROVENT

根据欧洲 EUROVENT 认证、美国 LEED 认证和我国现有多种产品已实行能效限定值及节能评价

认证工作经验, 又结合组合式空调机组的本身特点采用一系列参数(和性能、节能相关参数)作为认证节能产品依据, 并将节能产品分成五个等级, 主要项目见表7。

这样将能尽快淘汰落后、低效、高耗能的产品, 规范了产品的技术和价值水平。下面将各大公司的空气处理机组作一比较分析, 以ASHRAE标准作为评定依据, 列出不同产品的性能数据(表8)。

表8 部分公司新风空调机组产品情况比较表(摘自各公司的产品样本)<sup>[4]</sup>

项目	T 公司		M 公司		S 公司		G 公司	
	150B	120B	150 型	120 型	SDK15	SDK12	GK15	GK12
型号	150B	120B	150 型	120 型	SDK15	SDK12	GK15	GK12
名义风量(m <sup>3</sup> /h)	15000	12000	15000	12000	15000	12000	15000	12000
机外余压(Pa)	400	300	300	300	369	283	430	290
供冷量(kW)	91.6	70.7	95	73	87.9	71.7	96	76.5
电机功率(kW)	3.0	2.2	4.0	3.0	3.3	2.4	4.4	3
单位风量的风机功率 (kW/1000L/s)	0.72	0.66	0.96	0.90	0.79	0.72	1.05	0.90
机组重量(kg)	536	458	480	420	700	633	732	589

从上表可知: 按ASHRAE标准评定T公司两种产品单位风量的风机功率为最低, 属节能产品。但单凭上表数据得出的结论显然过于片面性, 不能真正反映其产品节能性能。因此作为组合式空调机组的产品特殊性, 则引入诸如以下一些与节能性能相关的参数:

- a) 漏风(内/外)
- b) 热(冷)桥
- c) 隔热
- d) 风量、机外静压、冷(热)量

因此, 制定组合式空调机组的能效限定值及节能评价标准不能象以往空调设备那样单凭一个参数就能定夺, 而要通过综合评价来确定其节能等级。

## 5 结论

- 1) 组合式空调机组作为空调系统中的关键设备, 很有必要加强产品性能和节能效率的监督;
- 2) 从技术上分析了组合式空调机组的节能潜力, 及其节能的数据比较;
- 3) 国家相关部门建立产品性能和节能产品认证机构, 形成产品的优胜劣汰的规律;
- 4) 尽快着手编制组合式空调机组能效限定值及节能评价标准。

## 6 参考文献

- [1] 李世朋, 狄哲, 林泉标, 等. 北京市旅馆类建筑的现状调查与分析(一) 能耗统计与分析/全国暖通空调制冷2000年学术年会论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000, 1
- [2] 谢扬盛, 蔡尤溪. 滤网效能与设计对空调耗能之研究[J]. 冷冻空调和能源科技, 2009, (8): 70, 79-81
- [3] 傅斌, 赵炜. 组合式空调机组供冷工况的能量损耗分析[J]. 制冷与空调, 2009, (4): 29-30
- [4] 黄忠, 刘宪英. 中央空调末端设备及水系统节能探讨[J]. 制冷与空调, 2005(增刊): 26-28
- [5] GB/T 14294-2008 组合式空调机组[S].
- [6] EN 1216: 1999 Heat exchangers Forced circulation air-cooling and air-heating coils Test procedures for establishing the performance
- [7] EN1886: 2002(E) Ventilation for buildings Air handling units Mechanical performance
- [8] EN 13053: 2006 Ventilation for buildings Air handling units Rating and performance for units components and sections
- [9] European Standards Eurovent Certification AHU
- [10] ASHRAE 90.1: 2004 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- [11] 商景泰. 通风机实用技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005, 4