

中国制冷展多联机质量提升论坛

多联式空调（热泵）机组性能测试 消耗功率修正方法

合肥通用机械研究院有限公司

2021年4月·上海

主要内容

1、研究背景

2、静压修正方案基本思路

3、静压修正方案（报批稿）

静压修正方案的基本思路

- 参照GB/T 18836-2017附录B的修正方法
 - 系数修正法
 - 内部阻力试验法
 - 风机变频试验法
- 考虑多联式空调（热泵）机组性能试验过程的特殊性
 - 室内机组合的多样性，一拖多试验
 - 存在一台风量测量装置安装多台室内机的试验
 - 在附录C中引入非稳态制热性能试验方法
- 考虑影响室内机风机功率的因素
 - 风量
 - 风压
 - 风机进气空气状态（温度、湿度——→空气密度）

静压修正方案的基本思路

■ 系数修正法

B.2.1 系数修正法

不计入空调机的实际消耗功率,用于产生空调机的机外静压所消耗的风机功率按照式(B.1)进行计算:

$$W_{TUBE} = \frac{\Delta p_{esc} \cdot Q_{vsc}}{\eta} \quad \text{..... (B.1)}$$

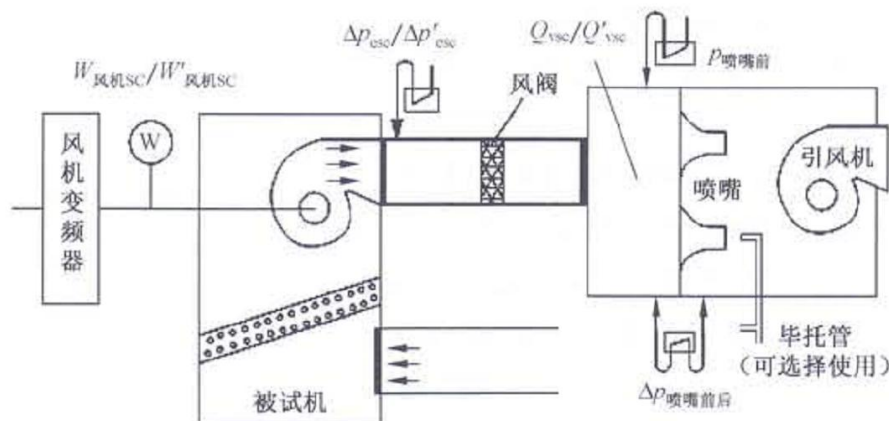
式中:

- W_{TUBE} —— 用于产生空调机的机外静压所消耗的风机功率,单位为瓦(W);
- η —— 空调机室内机风机的静效率,对于交流驱动的风机取 0.3,直流驱动的风机取 0.4;
- Δp_{esc} —— 性能试验时实测的空调机机外静压,单位为帕(Pa);
- Q_{vsc} —— 性能试验时实测的空调机风量,单位为立方米每秒(m^3/s)。

- 经国家压缩机制冷设备质量监督检验中心试验统计来看,室内机风机的**净效率值0.3、0.4**偏小,尤其是静压较高的机组采用该方法会导致风机功率被全部修正掉的情况发生;
- 多联机产品试验不同于风管机产品,存在一个**风量测量装置安装多台室内机**的情况,多台风机并联的**风机净效率取值**无法确定

静压修正方案的基本思路

■ 风机变频试验法



系数修正法、风机变频试验法并不太适合多联机，本次修订重点采用了内部阻力试验法

图 B.2 被试机室内机风机变频试验法示意图

- **多联机试验时一个风量测量装置安装多台室内机的情况**，多台风机并联时，工况的稳定，变频调节不存在**唯一性**，标准化无法统一

静压修正方案

- 参考GB/T 18836-2017附录B “内部阻力试验法”
- 针对多联机一拖多的特点，需对多台室内机的风机功率进行修正

$$W_{TUBE} = \sum W_{TUBE,i} \quad (H. 1)$$

式中：

W_{TUBE} —— 用于产生机组的机外静压所消耗的风机功率，单位为瓦（W）；

$W_{TUBE,i}$ —— 第 i 台室内机用于产生机组的机外静压所消耗的风机功率，单位为瓦（W）。

- 每台室内机的静压修正，采用 “内部阻力试验法” 确定其静压修正系数

H. 2. 3 每台室内机用于产生机组的机外静压所消耗的风机功率按照式 (B. 2) 进行计算：

$$W_{TUBE,i} = \zeta_i \cdot W_{\text{风机SC},i} \quad (H. 2)$$

式中：

ζ_i —— 第 i 台室内机风机消耗功率的修正系数；

$W_{\text{风机SC},i}$ —— 机组进行性能试验时实测的机组第 i 台室内机的风机功率，单位为瓦（W）。

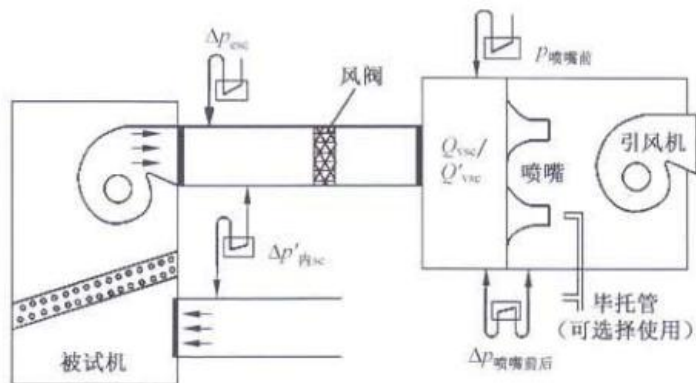
H. 2. 4 性能试验时每台室内机风机的功率修正按照 GB/T 18836-2017 附录 B 中 B.2.2.1 规定的内部阻力试验法进行试验。室内机风机消耗功率的修正系数按照按照式 (B. 3) 计算：

$$\zeta_i = \frac{\Delta p_{esc,i}}{\Delta p_{esc,i} + \Delta p'_{\text{内SC},i}} \quad (H. 3)$$

式中：

$\Delta p_{esc,i}$ —— 机组进行性能试验时实测的机组第 i 台室内机的机外静压，单位为帕（Pa）；

$\Delta p'_{\text{内SC},i}$ —— 机组按照 GB/T 18836-2017 附录 B 中 B.2.2.1 内部阻力试验法实测的第 i 台室内机的内部阻力，单位为帕（Pa）。



静压修正方案

■ 非稳态制热性能试验的考虑

- 非稳态制热试验过程中的**除霜过程**，室内机风机只是**开启与否**的问题，其制热性能试验周期内，风机的功率仅与**风量、风压以及空气状态**相关，与室外机的状态没有关系
- 制热性能试验时，GB/T 18837规定**名义制热**性能试验一定是**稳态试验过程**，中间制热、最小制热可能是非稳态试验过程，在进行**中间和最小制热能力试验**时，室内机分级档位应按照**名义制热性能试验时风机档位**进行试验，室内侧的空气状态与名义制热一致，风机的风量、风压、相差不大。

基于上述因素考虑，若制热性能试验过程为**-非稳态试验**，室内机风机消耗功率的**修正系数按照名义制热试验来确定**

静压修正方案

■ 不同工况条件的静压修正系数的进一步验证。

● 选择4台样机分别进行了APF工况的制冷和制热工况的风机风量试验

样机1#

工况条件	实测风量	出风静压	出口干球	出口湿球	风量比率	备注
名义制冷	1136.5	10.98	13.70	12.49	1.00	交流电机 (制热转速可能有提升)
中间制冷	1219.7	10.98	19.17	16.51	1.07	
最小制冷	1223.9	10.98	21.76	17.38	1.08	
名义制热	1320.9	9.75	41.27	20.22	1.00	
中间制热	1296.3	9.76	29.74	16.27	0.98	
最小制热	1277.9	9.75	24.64	14.29	0.97	
低温制热	1226.2	10.09	35.74	32.59	0.93	

1. 制冷性能试验时：风量在10%之内；
2. 制热性能试验时：风量在10%之内。

样机2#

工况条件	实测风量	出风静压	出口干球	出口湿球	风量比率	备注
名义制冷	5747.1	9.98	14.17	13.62	1.00	直流电机
中间制冷	5911.9	9.99	19.32	16.38	1.03	
最小制冷	5964.3	9.99	21.14	17.05	1.04	
名义制热	6291.6	10.76	36.49	21.43	1.00	
中间制热	6153.2	10.19	28.50	18.20	0.98	
最小制热	6159.5	10.20	26.11	18.86	0.98	
低温制热	5740.8	7.83	30.44	18.75	0.91	

1. 制冷性能试验时：风量在5%之内；
2. 制热性能试验时：风量在10%之内。

样机3#

工况条件	实测风量	出风静压	出口干球	出口湿球	风量比率	备注
名义制冷	2743.8	49.98	14.00	13.35	1.00	直流电机 (制热转速有提升)
中间制冷	2765.4	50.02	14.80	14.11	1.01	
最小制冷	2879.1	49.97	20.65	16.87	1.05	
名义制热	3125.7	50.06	39.55	19.35	1.00	
中间制热	3105.5	50.08	35.83	19.56	0.99	
最小制热	3039.1	50.04	26.86	16.57	0.97	
低温制热	2844.9	49.83	34.09	14.50	0.91	

1. 制冷性能试验时：风量在5%之内；
2. 制热性能试验时：风量在10%之内。

样机4#

工况条件	实测风量	出风静压	出口干球	出口湿球	风量比率	备注
名义制冷	2606.6	15.04	14.51	14.01	1.00	直流电机
中间制冷	2671.6	15.05	20.24	16.71	1.02	
最小制冷	2666.2	15.04	21.47	17.15	1.02	
名义制热	2782.4	15.02	35.27	20.68	1.00	
中间制热	2721.0	15.00	27.00	18.02	0.98	
最小制热	2712.9	15.03	25.50	17.19	0.98	
低温制热	2528.2	13.49	29.64	17.82	0.91	

1. 制冷性能试验时：风量在2%之内；
2. 制热性能试验时：风量在10%之内。

静压修正方案

■ 不同工况条件的静压修正系数的进一步验证。

- 选择4台样机分别进行了APF工况的制冷和制热工况的风机风量试验。

试验结果如下：

从上面分析可以看出，制冷、制热性能试验时，风量的误差保持在10%以内，对应的风机内部阻力差别不大，制冷、制热试验时，静压修正系数以名义制冷和名义制热试验来一次确定

静压修正方案

■ 一个风量测量装置安装多台室内机情况的静压修正

- 经国家压缩机制冷设备质量监督检验中心反馈，试验时静压相同的室内机一般安装于同一个风量测量装置进行试验
- 多台风机并联安装主要是风量加倍，因此可以将上述多台室内机作为一台风机进行修正

采用GB/T 17758-2010附录A规定的室内焓差法进行性能试验时，若多台室内机采用一个独立的风量测量装置进行试验，则安装于该风量测量装置的多台室内机应作为一个整体（被认为是1台风机）进行功率修正。

静压修正方案

- 进行静压修正时，可关闭室外机，在室内机送风运转状态下测试，减轻测试负荷
 - 室内机的静压修正系数的确定，与室内机风机风量、对应的风机内部阻力和风机出风静压相关，还与室内机的进风温湿度条件相关
 - 室内机的进风温湿度条件主要影响空气密度，理论上风机的体积流量不变，但会影响风机的内部阻力。

风机静压修正系数的确定与风机风量和室内侧环境条件相关，室外机压缩机的运行与否基本不会对静压修正系数有所影响，因此，可在静压修正试验时不开启压缩机。

静压修正方案

■ 室内机功率代替风机功率

- 室内机静压修正时需要测量风机功率，但是对于室内机采用直流电机的话，特别是**直流电机中PCB板内装的**，**风机功率的无法测试**。所有电机在APF测试时，需要切断电机引线，接入功率计，**操作时难度较大**，特别对于第三方测试机构来说，更难操作。
- 在机组实际运行时，室内机在没有电加热运行时，**室内机控制板功率**占整个室内机功率的比率**很小**，一般室内机PCB板、风摆电机、电子膨胀阀的运行功率在20W以下。

基于此，本修改单室内机静压修正时，使用**室内机功率**来代替风机功率。

记录：被试机第*i*台室内机的**实测风量** $Q_{VSC,i}$ 、**实测机外静压** Δp_{esc} 和**室内机实测功率** $W_{SC,i}$ 等关键参数...

静压修正方案（报批稿）

GB/T 18837-2015 《多联式空调（热泵）机组》

国家标准第1号修改单

（报批稿）

一、在“5.4.18 性能系数”中补充室内机的机外静压不为0的机组其制冷功率的修正要求，将该条的第一段替换如下：

5.4.18 性能系数

机组的性能系数应不小于明示值的95%，且不小于表4的数值。如果机组的室内机最小机外静压大于0Pa，则性能系数计算时，计入机组实际制冷功率的室内机风机功率应按附录H规定的办法进行修正。

二、在附带的最新新增“附录H（规范性）多联式空调（热泵）机组性能测试制冷功率修正方法”，新增内容如下：

附录H

（规范性）

多联式空调（热泵）机组性能测试制冷功率修正方法

H.1 概述

机组进行性能测试时，对于室内机的机外静压不等于0的机组，室内机风机的制冷功率的一部分为克服机组内部阻力所消耗的功率，另一部分为产生的机外静压用以克服所连接系统阻力所消耗的功率。此时，机组室内机风机用于克服机组内部阻力所消耗的这部分功率应该被计入机组的制冷功率，而另一部分应该从机组的制冷功率中扣除。

机组的性能系数按修正后的室内机风机功率和室内机功率按本附录规定的办法进行修正。

H.2 用于产生机组的机外静压所消耗风机功率的计算

H.2.1 按照 GB/T 18834-2017 附录B的图B.1 设置安装机组室内机，并增加室内风机的制冷功率测试布置图中所示的室内机进出口静压测试点。机组室内机安装时，室内机进出口可不接风管，此时室内机进出口静压值为0。

H.2.2 按照 GB/T 17758-2010 规定的试验方法，水冷式机组进行名义工况（100%负荷）、75%负荷工况、50%负荷工况、25%负荷工况等性能测试；风冷式机组进行名义制冷、中间制冷、最小制冷、名义制热、中间制热、最小制热、低温制热等性能测试。在完成机组性能系数计算前，需测试并记录关键参数，进行室内机风机克服内部阻力所消耗的功率的测试，具体方法如下：

- 按照 GB/T 17758-2010 的规定进行被试机组性能测试，待工况稳定后，测试被试机组性能系数测试机组室内机的风量 $Q_{vol,i}$ 、室内机机外静压 $\Delta p_{out,i}$ 和室内机功率 $W_{int,i}$ 等关键参数。
- 完成性能测试后，针对相同工况及风量下，进行被试机组室内机的进出口静压差 $\Delta p_{int,i}$ （即被试机内部阻力）的测试，按下述规定进行：
 - 保持被试机组室内机进出口空气状态与同一性能测试工况时一致；
 - 关闭机组室外机和被试机的室内机风机，同时将被试机组室内机进出口风管上的风阀关闭，通过风量测量装置测得的引风机在此时被试机组室内机的风量 $Q_{vol,i}$ 与同一性能测试工况时的风量 $Q_{vol,i}$ 的偏差应不大于3%以内；
 - 测试工况稳定后，测试并记录被试机组室内机的进出口静压差 $\Delta p_{int,i}$ 、风量 $Q_{vol,i}$ 等关键参数。

H.2.3 功率修正的计算按以下规定进行：

- 机组性能测试制冷功率的修正需按对开式的室内机分别进行修正，不计入机组的室内机功率，用于产生机组的机外静压所消耗的功率按附录H.1进行计算：

$$W_{FIBRE} = \sum W_{FIBRE,i} \quad \text{--- (H.1)}$$

式中：

W_{FIBRE} ——用于产生机组的机外静压所消耗的功率，单位为瓦（W）；

$W_{FIBRE,i}$ ——第i个室内机用于产生机组的机外静压所消耗的功率，单位为瓦（W）；

- 每个室内机用于产生机组的机外静压所消耗的功率按附录H.2进行计算：

$$W_{FIBRE,i} = \zeta_i \cdot W_{int,i} \quad \text{--- (H.2)}$$

式中：

ζ_i ——第i个室内机风机功率的修正系数；

$W_{int,i}$ ——机组进行性能测试时测得的机组第i个室内机的功率，单位为瓦（W）；

- 每个室内机风机功率的修正系数按附录H.3计算：

$$\zeta_i = \frac{\Delta p_{int,i}}{\Delta p_{int,i} + \Delta p_{out,i}} \quad \text{--- (H.3)}$$

式中：

$\Delta p_{int,i}$ ——机组进行性能测试时测得的机组第i个室内机的机外静压，单位为帕（Pa）；

$\Delta p_{out,i}$ ——机组按照本附录H.2.2测得的第i个室内机的进出口静压差，单位为帕（Pa）；

H.2.4 水冷式机组75%负荷工况、50%负荷工况、25%负荷工况等性能测试时，室内机风机功率的修正系数按附录H.2.2测得的第i个室内机的进出口静压差，单位为帕（Pa），

H.2.5 风冷式机组进行中间制冷、最小制冷性能测试时，室内机风机功率的修正系数按附录H.2.2测得的第i个室内机的进出口静压差，单位为帕（Pa），

H.2.6 风冷式机组进行中间制热、最小制热性能测试时，室内机风机功率的修正系数按附录H.2.2测得的第i个室内机的进出口静压差，单位为帕（Pa），

H.2.7 风冷式机组进行低温制热性能测试时，室内机风机功率的修正系数按附录H.2.2测得的第i个室内机的进出口静压差，单位为帕（Pa），

H.2.8 采用 GB/T 17758-2010 附录A规定的室内机性能测试时，若多个室内机采用一个独立的风量测量装置进行测试，则应基于该风量测量装置的多台室内机应作为一个整体（被试机组1台风机）进行功率修正。

H.3 性能系数的计算

H.3.1 水冷式机组进行综合部分负荷性能系数测试时，机组名义工况（100%负荷）、75%负荷工况、50%负荷工况、25%负荷工况等性能测试所测得的制冷功率应减去室内机克服机外静压所消耗的功率 W_{FIBRE} ，并将修正后的制冷功率数据代入综合部分负荷性能系数计算，并以此计算机组修正到0机外静压状态时的性能系数。

H.3.2 风冷式机组进行制冷季节能效比SEER、全年性能系数APF测试时，机组名义制冷、中间制冷、最小制冷、名义制热、中间制热、最小制热、低温制热等性能测试所测得的制冷功率应减去室内机克服机外静压所消耗的功率 W_{FIBRE} ，并将修正后的制冷功率数据代入制冷季节能效比SEER、全年性能系数APF计算，并以此计算机组修正到0机外静压状态时的性能系数。

谢谢!

