

# 房间热平衡法多功能试验台的研制

哈尔滨建筑工程学院 陆亚俊 马最良

吉林建筑工程学院 朱林

## 摘 要

1989年8月在哈尔滨建筑工程学院暖通空调实验中心建成了构思新颖的房间热平衡法多功能试验台。该试验台可以完成9种暖通空调制冷设备热工性能的测试,实现了一台多用的目的。本文介绍了试验台的功能、设计、组成与调试。

### 一、前言

房间热平衡试验方法的基本原理是,将被测试的设备置于绝热良好的热卡室内,向热卡室提供可以测量的热量(通常是电加热量)来抵消被试设备的制冷量,或向热卡室提供可以测量的冷量(通常是冷冻水)来抵消被试设备的制热量,以维持热卡室内某一要求的气象条件。通过测量提供给热卡室的热量或冷量来确定被试设备的制冷量或制热量。目前世界上许多国家的房间空调器的国家标准和国际推荐标准中都规定制冷量的试验方法是房间热平衡法。我国于1980年在哈尔滨建筑工程学院建成了国内第一个房间空调器的标定型房间热平衡法试验台。1986年江淮仪表厂和宝成仪表厂先后引进了两套日本制造的房间空调器的平衡型房间热平衡法试验台。1988年哈建院与青岛空调设备仪器厂合作建成了(室内)的标定型房间热平衡法试验台。这些试验台的建造或引进,都是为了一个目的——测量房间空调器的性能。但这个方法从其原理来说,可以测量暖通空调和制冷中的制冷、制热设备或机组的性能。国外的标准中已有反映,如美国ASHRAE75-77标准规定冷库用的冷风机和自然对流冷却排管的制冷量可用房间热平衡法进行测量,民主德国TGL180-3201标准规定用房间热平衡法测量带全封压缩机的制冷机组的性能,美国ANSI/ASHRAE16-1983标准(1984年批准)规定房间空调器和末端空调器的制冷量测量都用房间热平衡试验法。我们于1982年开始对房间热平衡试验方法应用于其他空调设备的性能试验进行了尝试,先后对冷冻除湿机、水冷式低温空调机组、风机盘管的性能进行了测试。这些试验证明了这种试验方法用于其他空调设备的性能试验是可行的,并具有较高的精度。

国内外建造的试验装置绝大部分只为一种设备试验用。而一些从事暖通空调制冷设备的研究、生产的研究所、院校和工厂一般都需要拥有多种设备的热工性能试验手段。建造多种设备的高精度的试验台无疑是投资多,占用建筑面积大。因此,我们根据房间热平衡试验方法的原理,延伸它的应用面,研究建造了房间热平衡法多功能试验台,以用于多种暖通空调制冷设备的热工性能试验。

### 二、试验台的功能

暖通空调制冷设备中有很多设备实质上是一种热交换设备,它产生热量或冷量。这些设备原则上都可以用房间热平衡法来测量其制热量或制冷量。我们规划的试验台的功能应具有测试以下设备的制冷量、制热量或除湿量:(1)风机盘管机组,(2)诱导器,(3)空气加热器,(4)水冷式空气冷却器,(5)直接膨胀空气冷却器,(6)冷库用冷风机或冷却排管,(7)冷冻除湿机,(8)小型水冷式空调机组,(9)小型制冷机组等。

试验台具有的测试能力为:被测试设备的制冷量范围为2500~12000W,制热量范围为2500~10000W,除湿量 $<1.5 \times 10^{-3} \text{kg/s}$ 。

试验台的热卡室可以模拟的气象条件为：干球温度-5~30℃，相对湿度40~90%，被测设备前的空气流速<0.5m/s。

### 三、试验台的组成

图1为多功能试验台的原理图。整个试验台分五部分：热卡室、冷冻水系统、热水系统、低温盐水系统、控制与测量系统。

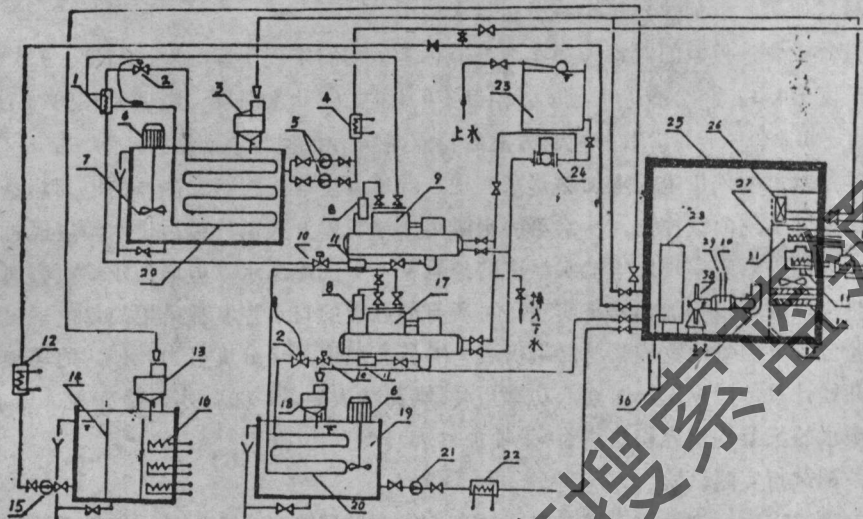


图1 房间热平衡法多功能试验台原理图

- 1—回热交换器，2—膨胀阀，3、13、18—水量桶，4、12—微调电加热器，5、15、21—水泵，6—搅拌器，7—冷水箱，8—油分离器，9—冷冻水系统压缩机，10—电磁阀，11—干燥器，14—热水箱，16—电加热器，17—盐水系统压缩机，19—盐水箱，20—盘形管组，23—冷却水箱，24—管道泵，25—热卡计室，26—冷却器，27—空气再处理机组，28—被测机组，29、30—干湿球温度计，31—电加热器，32、33—室外和室内电加湿器，34—混流器，35—出风口，36—量桶，37—取样风机，38—取样头

热卡室是一间隔热隔汽良好的木结构小室。内部尺寸为长×宽×高-3.2×3×2.4m。六面均用150mm厚的聚苯泡沫塑料作绝热层。内壁为铝板，外壁为五合板。绝热层的两面均贴有塑料薄膜。小室内壁与外壁均贴牛皮纸，刷清漆两遍，内部再刷油漆两遍，小室外壁贴墙纸。热卡室内设有再处理机组，外形尺寸为2400×820×2160mm(长×宽×高)。它的功能是向热卡室提供可以计量的热量、加湿量和制冷量，并造成室内空气循环。再处理机组中设12kW电加热器，水冷式冷却器(制冷量为12000W)，电热式加湿器(加湿量 $1.5 \times 10^3 \text{kg/s}$ )两台，一台在处理机组内，另一台在热卡室外(在低温工况时使用)，轴流风机三台(风量为 $3500 \times 3 \text{m}^3/\text{h}$ )，双层混流器和双层百叶出风口。冷却器在再处理机组长度方向布满，并采用控制水温和流量来调节冷却器的制冷量。电加热器每根长2200mm，沿机组长度方向布置。加湿器设均匀配汽管。采用上述措施后，再加上风机的搅拌作用和混流器的混和作用，从而使再处理机组出风的温湿度达到均匀。

冷冻水系统的功能有二, 其一是作被试设备(如风机盘管、水冷式空气冷却器、诱导器等)的冷媒, 其二是供给再处理机组中的空气冷却器, 用于抵消被试设备的制热量。冷冻水由R12单级压缩制冷机组制备。供水温度可在 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围内调节。

低温盐水系统的功能是在冷库用冷风机或冷却排管试验时, 提供 $-17^{\circ}\text{C}$ 以上的低温盐水。低温盐水由一套R12的JZ-1/3FV7B单机双级压缩冷凝机组制备。

热水系统的功能是为被试设备(如风机盘管、空气加热器等)提供 $90^{\circ}\text{C}$ 以下的水。热水用电加热器加热, 电加热器直接装设在热水箱中。

试验台中要求控制的对象与精度为: (1)热卡室内的空气干球温度, 精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 湿球温度, 精度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , (2)冷冻水温度, 精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , (3)盐水温度, 精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , (4)热水温度, 精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。上述参数的控制方案的特点是: (1)自控与手动结合, (2)热卡室内的干球温度通过控制再处理机组的电加热器来实现, 湿球温度通过控制加热器的电加热量来实现, (3)冷冻水温度实现两级控制, 冷水箱的水温用压缩机停开控制, 最后供水温度通过控制水管上的微调电加热器来实现, (4)盐水温度的控制基本上同冷冻水, 但增加压缩机旁通调节的措施, (5)热水温度通过电加热器来实现, (6)所有的温度的自动控制都采用简易电子温度调节器。

试验台主要测量的物理量与测量仪表: (1)所有温度采用分度值为 $0.1^{\circ}\text{C}$ 的玻璃棒水银温度计, 并经计量部门标定, (2)输入功率用 $0.5$ 级瓦特表测量, (3)盐水、冷冻水、热水、凝结水、加湿水的流量均用容积法测量(量桶加秒表)。

#### 四、调试与实际试验

试验台建成后, 进行了调试与实测试验, 以考核试验台的性能是否符合设计要求。

##### 1. 标定热卡室的漏热量

标定的方法是维持热卡室内恒定的温度, 测量输入的电功率, 从而计算出热卡室每 $1^{\circ}\text{C}$ 温差的漏热量。标定的结果是 $12.9\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ 。当热卡室内外温差为 $10^{\circ}\text{C}$ 时, 热卡室的漏热量相当于最小被试设备容量( $2500\text{ W}$ )的 $5.16\%$ 。因此, 这项值的测量精度对总体测量精度影响很小。

##### 2. 再处理机组出风口温湿度分布的均匀性

为了验证在再处理机组中采取的均匀出风温湿度措施的效果, 在出风口均匀布置了8支干球温度计和4支湿球温度计, 并开动加热器和加湿器, 在同一时刻测定各点的温度。测定结果表明各支干球温度计的读值与平均值的偏差平均为 $0.085^{\circ}\text{C}$ , 最大偏差为 $0.14^{\circ}\text{C}$ , 各支湿球温度计的读值与平均值的偏差平均也为 $0.085^{\circ}\text{C}$ , 最大偏差为 $0.11^{\circ}\text{C}$ 。因此, 出风口的温湿度是均匀的。

##### 3. 取样装置的标定

取样装置从被试机组的进风口处取样, 为了验证取样装置测得的温度与取样处的平均温度的一致性, 进行了如下试验: 在取样处设8支 $0.1^{\circ}\text{C}$ 分度值的玻璃棒温度计, 在同一时刻对取样处和取样装置中测量段的温度计进行读值, 然后进行比较。测试表明, 两者之差最大不超过 $0.11^{\circ}\text{C}$ , 从而说明了两者是基本一致的。

##### 4. 热卡室的速度场

通过调整再处理机组的出风口的百叶片的角度, 使出风均匀, 无论是一台、二台、三台风机运行都能保证在被试机组前的风速小于 $0.5\text{ m/s}$ 。

##### 5. 实际测试验证

在试验台上先后做了FP-5LM风机盘管的制冷量与制热量试验, 水冷式表面式冷却器的热工性能和空气加热器的热工性能试验。

风机盘管的制冷量共做了2种风量, 4种冷冻水温度、变水量和定水量等多组试验。制热量做了2种水量的试验。表冷器的试验与焓差法结果进行了对照。该台表冷器曾在中国建筑科学研究院空调所用焓差法进行过测试, 在本试验台上模拟了已做过的工况进行了测试。测试结果表明, 两种试验方法的结果相差大约2.3%。空气加热器进行了5种工况的测试。所有这些试验, 两侧热平衡误差均在4%以内, 一般都在2~3%之间。测试初步验证了试验台的多功能性。在今后将继续完成预定的其他各种设备的试验。

#### 五、结语

所研制的房间热平衡法多功能试验台构思新颖, 集中多种暖通空调和制冷设备的热工性能试验于一台, 既节省了各种试验台的建造费用和减少了实验用房面积, 又提高了试验台的利用率。这无疑为暖通空调制冷设备的研究部门和生产厂家理想的试验手段。

实践与理论分析业已证明, 房间热平衡法是一种测试精度高的试验方法。本试验台利用这一方法完成多种暖通空调制冷设备或它们的小型样机的热工性能测试, 保证了测试结果的高精度, 是研究工作的可靠手段。本试验台的建成也发展了房间热平衡试验法。

(上接192页)

对于空调系统, 独立及单一的房间进行舒适性空调, 选用整体空调机也是目前设计人员经常采用的方法, 因为设计简单, 占地面积小。但空调机不是按这一工况设计的, 直接选用并不合适, 往往风量偏小, 风压不够。本工程加串了加压风机, 但加串风机会影响原配风机的工作, 工作状态不理想。希望生产单位能生产适用于餐馆、咖啡厅等舒适性空调要求的低噪音整体空调机, 这会避免很多不必要的浪费。

(五)关于机房的隔声与吸声。对于服务性的舒适性空调或通风机房, 由于受建筑条件的限制, 往往将空调机房设于被空调的建筑物内。如设于地下室, 则环境条件还稍好一些; 如设于空调房间近邻, 则机房本身的隔声、吸声处理就更重要了。所以在进行空调设计时, 除了考虑本专业的消声、减震设计之外, 应对建筑专业提出房间隔声、隔震及机房内吸声的要求, 最大限度的减少机房噪声对相邻房间的影响。同时也为机房工作人员提供一个较好的工作条件。这一问题往往不被重视, 致使使用后造成较大影响。本工程注意了这些问题的解决, 但总的看来, 也不尽理想, 以后再有同类设计时还应进一步解决。

本工程, 由于设计工期较紧, 很多问题未及深入探讨。以上所谈, 不当之处, 望批评指正。