



关于用第二制冷剂量热器法

进行制冷压缩机的性能测试

钱大馨

一. 概述

制冷压缩机性能试验要测试的参数是：在一定工况下的压缩机**质量流量**和压缩机的**功耗**，以及由此派生出的**能效比 EER(制冷)或性能系数 COP(制热)**。但通常不用压缩机的质量流量来表示压缩机的性能，而是用压缩机的**制冷量**来表示。制冷量的定义为：“由试验直接测得的流经压缩机的制冷剂的质量流量，乘以压缩机吸气口的制冷剂气体比焓与排气压力对应的膨胀阀前制冷剂液体比焓的差之值。”即：

$$Q = G \cdot (h_{g1} - h_{f1})$$

式中：Q：制冷量

G：试验直接测得的流经压缩机的制冷剂质量流量

h_{g1} ：规定工况下压缩机吸入的制冷剂气体比焓

h_{f1} ：规定工况下压缩机排气压力对应的膨胀阀前制冷剂液体比焓

上述的比焓差是根据理论工况来计算的，因此计算得到的制冷量是与“由试验直接测得的流经压缩机的制冷剂的制冷流量”成正比的，但使用制冷量来表达，就与压缩机的使用条件联系起来，比较直观。

这里有两个问题需要讨论：

1. “排气压力对应的膨胀阀前制冷剂液体比焓”的制冷剂液体的温度没有规定，而是留给具体的压缩机标准或压缩机生产厂家去规定。房间空调压缩机将标准工况下的这个温度规定为 46.1℃。
2. “试验直接测得的流经压缩机的制冷剂的制冷流量”，如果试验工况偏离了

理论上规定的工况，但偏差不大，则可以也需要作相应的修正。修正公式如下：

$$Q_0 = Q \cdot \frac{V_1}{V_{g1}} \cdot \frac{f_0}{f}$$

式中：Q₀：规定工况下的制冷量

V₁：压缩机吸气口制冷剂气体实际比容

V_{g1}：规定工况下压缩机吸入的制冷剂气体比容

f：试验频率

f₀：规定的工作频率

二.制冷压缩机的试验工况

以下工况唯一地确定了压缩机的性能，即确定了在该工况下的压缩机质量流量，除此以外，试验装置上其它参数对压缩机的性能均不产生影响，因而也无助于对压缩机性能的研究。

1.排气压力 Pd，为冷凝温度所对应的饱和压力。在试验过程中，每一测量值与规定值之间的最大允许偏差应小于±1%，与平均值的最大允许偏差应小于0.5%。房间空调压缩机标准工况的冷凝温度为 54.4℃。

2.吸气压力 Ps，为蒸发温度所对应的饱和压力。在试验过程中，每一测量值与规定值之间的最大允许偏差应小于±1%，与平均值的最大允许偏差应小于0.5%。房间空调压缩机标准工况的蒸发温度为 7.2℃。

3.吸气温度 Ts。吸气温度的规定应当是过热的。在试验过程中，每一测量值与规定值之间的最大允许偏差应小于±3℃，与平均值的最大允许偏差应小于1℃。房间空调压缩机标准工况的吸气温度为 35℃。

吸气温度和吸气压力确定了压缩机的吸气状态，而排气压力确定了压缩机的效率点。

4.环境温度 Ta。规定为 35℃±1℃。

5.周围空气流速，应在 0.75±0.25m/s 的范围内，周围 500mm 的距离内不应有影响试验的冷热源。

6.电源电压。在试验过程中，每一测量值与规定值之间的最大允许偏差应小于

±3%，与平均值的最大允许偏差应小于 1%。

7.电源频率。在试验过程中，每一测量值与规定值之间的最大允许偏差应小于 ±1%，与平均值的最大允许偏差应小于 0.5%。

8.含油率。在试验过程中，应当保持实际系统的油循环率进行试验，但压缩机试验方法标准又规定试验循环的制冷剂液体内含油量应不超过 2%。如果被试验的压缩机工作时的油循环率在 2% 以下，上述两个要求就可同时达到。但是，很多压缩机，特别是汽车空调用压缩机，其工作时的油循环率远远超过这个比例，所以目前的压缩机性能试验台只好在带油循环下工作，满足不了试验标准的要求，这实在是无奈之举。我们正在研究“制冷试验系统的油分离和回油装置”，试图解决这个问题。

三.试验系统及其对试验工况的控制

试验系统需要对上述工况进行控制，这是毫无疑问的。但是，为了保证工况控制的稳定，有时也需要对一些辅助参数进行控制，这是试验系统设计时必须要考虑的。辅助参数的控制只要达到所需的功能要求就可以了，在此前提下对其控制指标进行斟酌。

一种方案的试验系统图如下所示，此系统对工况的控制方法如下：

1.排气压力 P_d 的控制：用电动调节阀调节通过冷凝器的水流量来控制。为了使调节回路工作稳定，以及为了使系统能适应在各种环境温度下工作，冷凝水的温度应当恒定，电动调节阀应置于回水管路上。为此，应配置一个恒温水箱，其中有冷却和加热装置，冷却水循环使用，水温 T_w 是可以调节的。

2.水箱中水温 T_w 的控制：在压缩机的能力不是很大的情况下，水箱中的冷却盘管的能力是恒定的，或是分级的，然后通过 SCR 调节水箱中的电加热来调节温度。由于水是循环使用的，也节约了用水。

3.吸气压力 P_s 的控制：通过调节电动膨胀阀的开度来实现。

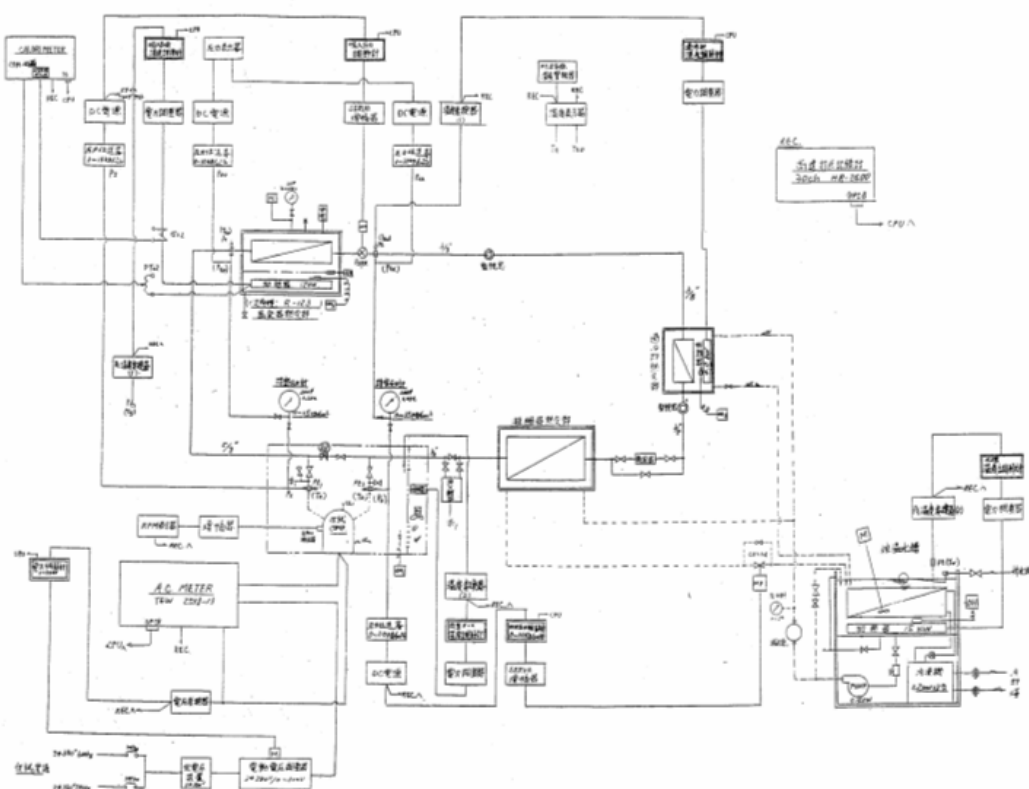
4.吸气温度 T_s 的控制：通过 SCR 调节量热器中的电加热量来实现。

5.膨胀阀前的液体制冷剂的温度 T_{ex} 的控制：通过 SCR 调节过冷器中的电加热量来实现，而通过过冷器的冷却水量是恒定的，但可用手动调节，以适应不同试验的需要。控制这个温度的目的，是保证膨胀阀前的液体制冷剂是过

冷的，且温度恒定，从而保证全系统的稳定。至于这个温度的高低对试验的结果是没有影响的，因为它不是压缩机的工况，而是试验系统中的参数。

6.压缩机箱中温度 T_a 的控制：控制压缩机箱中的温度有冷却和加热两个手段，有循环风流动。从水箱中引来冷却水通过一个盘管来冷却，除了配置一个手动阀来调节水流量外，其冷却能力是不可调的。通过 SCR 来调节压缩机箱中电加热的加热量来调节 T_a 。注意循环风量的控制应保证空气风速的要求。

7.电源电压的控制：注意控制点在试验压缩机的接线端子上。



四.关于第二制冷剂热量计

如第一节所述，测定压缩机的性能就是测定在一定工况下的压缩机排气的质量流量。在第二制冷剂热量计法中，第二制冷剂热量计就是一个质量流量计。它的工作范围是：从膨胀阀进口的温度、压力测点以后，到量热计出口的温度、压力测点之前。其工作原理说明如下：



冷媒流经“1”点后经量热计再通过“2”点，由于从外部向量热计加入热量“Q”，所以冷媒的比焓从 h_1 增大为 h_2 。 h_1 和 h_2 是根据测量该点冷媒的温度和压力计算得到的。由于计算的需要，在“1”点冷媒应当是过冷的，在“2”点冷媒应当是过热的。根据能量守恒原理，应有以下平衡式：

$$Q = G \times (h_2 - h_1)$$

式中 G 即为流经量热计的冷媒流量。于是，冷媒流量可按下列式计算：

$$G = \frac{Q}{h_2 - h_1}$$

以上的计算与量热计中能量如何交换毫无关系，也就是与量热计的具体结构毫无关系。

另外，前面已经说明，在压缩机的工况确定以后，压缩机的质量流量就已经确定了。所以，只要“1”点的温度是过冷的，“1”点温度设定的高低对所求得的结果是毫无影响的，这点我们已经用试验证明过。因此，在计算压缩机的制冷量时，计算 h_1 时所用的温度应当用规定的工况理论值，而不是试验值，这点在第一节中已经说明了。在计算测量的冷媒质量流量时，计算“1”点冷媒比焓所用的温度，应当用试验测量值，而不能用理论值。如果试验时膨胀阀前的压力偏离了规定值，不必再进行修正。

从以上分析还可得知，量热计中的冷媒状态，与它作为流量计的宏观功能是毫无关系的。也就是说量热计可当作一个“黑匣子”来看待，它的具体结构可以是多种多样的，但效果都是一样，膨胀阀以后的量热计中的热力参数状况，与被试压缩机的性能没有什么联系。

还有，量热器尽管是隔热的，但总是有漏热存在，这部分热量也要计算在上述公式之内：

$$G = \frac{Q + K_1(t_a - t_s)}{h_2 - h_1}$$

式中： t_a ：是量热器周围的环境温度

t_s ：是量热器中的温度，即第二制冷剂的饱和温度

K_1 ：是漏热系数，确定的方法可查标准

上面计算量热计的漏热损失时，使用了第二制冷剂的饱和温度与环境温度之差。对于特定的量热计结构，漏热量只与这个温度差有关。因

为，量热计中的第二制冷剂是处于二相状态，其中的温度就是第二制冷剂的
压力所对应的饱和温度，因此使用第二制冷剂的压力所对应的饱和温度来代
表其中的温度是准确的，再去研究量热计保温层中的温度分布，是得不到确
定结果的。

五. 试验过程中系统含油率的控制

在上面的所有讨论中，都未涉及系统含油率的问题，实际上是假定系统含油
率为 0。实际上这是不可能的。任何压缩机的运行都需要用油来润滑，都是带
油运行的。不同类型的压缩机运行时带出的油量也是不同的，通常活塞式压
缩机运行时的油循环量较少，而旋转式压缩机(柱塞式、旋叶式等)运行时的油
循环量较多。压缩机性能试验方法标准规定“循环的制冷剂液体内含油量不
应超过 2%”，充其量只有活塞式压缩机才能满足。

对于运行时油循环量超过 2%的压缩机类型，应当如何进行试验呢？

一条基本的原则是，使压缩机在接近实际工作时的油循环量下进行试验，否
则，会引起压缩机故障，同时使试验偏离了实际的使用情况。

如何做到这一条呢？有 2 点操作注意事项：

1. 对于新制的试验台或清洗后的试验台第一次试验前，应向试验台系
统中补充适量的油，以使得系统中油和冷媒的比例接近于实际使用
时的比例，或稍少一些。
2. 试验压缩机每次上台前和下台后都要称重量，使得上台时压缩机中
的含油量等于上次下台时压缩机中的含油量，从而保持系统中的总
含油量不变。
3. 每经过一定试验周期后，试验台要经过重新清洗，再按上述 1、2 两
点进行操作。

至于从压缩机中排出的油是不是可以不带到试验系统中去，这要看该试验台
所采用的试验方法而定。如果是第二制冷剂量热计法，则带不带到试验系统
中都可以。如果是气体流量计法，则一定要先将油从冷媒中分离出来，然后
再进行测量，否则测量得到的质量流量中包含有油的份量。

至于分离油和测量油循环率的技术，将在另外的文章中讨论。