



中华人民共和国国家标准

GB/T 5773—2004
代替 GB/T 5773—1986

容积式制冷剂压缩机性能试验方法

**The method of performance test for positive displacement
refrigerant compressors**

(ISO 917:1989 Testing of refrigerant compressors, MOD)

2004-06-09 发布

2004-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
ISO 前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验规定	1
5 试验方法	6
6 输入功率计算	18
7 制冷系数计算	19
8 容积效率计算	19
9 等熵效率计算	19
10 Y 法与 X 法试验之间的偏差	19
附录 A(资料性附录) 含油量测量方法	20
附录 B(资料性附录) 公式中使用的符号	21

前 言

本标准修改采用 ISO 917:1989(E)《制冷剂压缩机试验方法》。本标准是对 GB/T 5773—1986《容积式制冷压缩机性能试验方法》的修订。

本标准与 ISO 917:1989(E)的主要差异如下：

——引用标准采用国家标准；

——ISO 917:1989(E)的附录 A 属于标准的正文部分，其内容在本标准正文的“试验规定”中叙述，不再以附录出现；

——ISO 917:1989(E)的附录 C 不属于标准的正文部分，取消。

本标准与 GB/T 5773—1986 相比主要变化如下：

——适用范围不受功率限制，而采用与 ISO 917:1989(E)相同，适用于单级容积式制冷压缩机；

——增加规范性引用文件、术语和定义、试验方法 J：制冷剂气体冷却法等内容；

——压缩机性能试验包括主要试验和校核试验改为与 ISO 917:1989(E)相同，试验应包括 X 法和 Y 法两种试验方法，且两者应同时进行；

——公式中符号改为与 ISO 917:1989(E)相一致。

本标准附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准自实施之日起，代替 GB/T 5773—1986。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国冷冻设备标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：合肥通用机械研究所、浙江国祥制冷工业股份有限公司。

本标准参加起草单位：大连三洋压缩机有限公司。

本标准主要起草人：任金禄、陈俊健、岳海兵、杜希刚。

本标准由全国冷冻设备标准化技术委员会负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 5773—1986。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是各国标准化团体(ISO 成员团体)的一个世界范围的联盟。国际标准的制定工作通常是通过 ISO 的技术委员会进行的,对某个已成立了技术委员会的专业领域感兴趣的成员团体都有权参加该委员会。与 ISO 有联络的官方和非官方的国际组织也参与这项工作。ISO 在电工技术标准方面与国际电工委员会(IEC)紧密合作。

委员会所采纳的国际标准草案按照 ISO 程序需分发给各成员团体投票表决,作为国际标准发布时要求至少 75% 的成员团体投票批准。

国际标准 ISO 917 是由技术委员会 ISO/TC 86 制冷分委员会提出。

ISO 917 第二版替代第一版(ISO 917:1974),本标准是对它的修订。

使用本标准的各方应标明国际标准修订的时间,在其他国际标准中引用本标准就意味着是标准的最新版本(除非另有说明)。

容积式制冷剂压缩机性能试验方法

1 范围

本标准适用于单级容积式制冷剂压缩机(以下简称压缩机)的性能试验。所叙述和选择的试验方法,用于测量压缩机的制冷量、功率、容积效率、等熵效率和制冷系数(单位功率制冷量)。

其他型式的压缩机试验也可参考本标准所述的试验方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2624 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量(eqv ISO 5176-1:1991)

GB 9237 制冷和供热用机械制冷系统安全要求(eqv ISO 5149:1993)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

制冷剂压缩机制冷量 Φ_0 refrigerant compressor capacity

由试验直接测得的流经压缩机的制冷剂质量流量乘以压缩机吸气口的制冷剂气体比焓与排气口压力相对应饱和温度(或露点温度)下液体比焓之差。

3.2

容积效率 η_v volume efficiency

在规定位置处测得的压缩机吸气状态下的实际体积流量与压缩机理论输气量之比。

3.3

输入功率 P input power

开启式压缩机为输入压缩机的轴功率,封闭式(包括半封闭式和全封闭式)压缩机为电动机输入功率,以及维持压缩机正常运行所需的其他辅助功率,例如外设润滑油泵。

3.4

等熵效率 η_i isentropic efficiency

制冷剂的 actual 质量流量和压缩机等熵过程比焓变化量的乘积与压缩机输入功率之比。

3.5

制冷系数 ε coefficient of performance

压缩机的制冷量与输入功率之比。

4 试验规定

4.1 一般规定

4.1.1 排除试验系统内的不凝性气体。确认没有制冷剂的泄漏。

4.1.2 系统内应有足够的符合有关标准规定的制冷剂。压缩机内保持正常运转用润滑油量。

4.1.3 排气管道上应设置有效的油分离器,使循环的制冷剂液体内含油量不超过 1.5%(以质量计),

测量方法见附录 A。

4.1.4 压缩机吸、排气口的压力和温度应在同一测点测量,该测点应在吸、排气截止阀外 0.3 m 的直管段处。不带阀的封闭式压缩机应在距机壳 0.15 m 的直管段处。

4.1.5 试验系统装置的周围不应有异常的空气流动。

4.1.6 试验装置环境温度为 $(30\pm5)^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.7 提供测量含油量而抽取制冷剂-油混合物样品的设备。

4.2 试验规定

4.2.1 压缩机性能试验包括两种试验方法即 X 法和 Y 法,两种方法应同时进行测量。

4.2.2 X 法和 Y 法试验结果之间的偏差应在 $\pm 4\%$ 以内,并以 X 法和 Y 法测量计算结果的平均值为准。

4.2.3 压缩机试验时,系统应建立热平衡状态,试验时间一般不少于 1.5 h。测量数据的记录应在试验工况稳定半小时后,每隔 20 min 测量一次,直至四次的测量数据符合 4.3 表 2 和 4.2.2 的规定为止。第一次测量到第四次测量记录的时间称为试验周期,在该周期内允许对压力、温度、流量和液面作微小的调节。

4.2.4 试验方法种类

根据 4.2.1 的规定,所有的试验均应包括两种试验方法。在每个试验周期内应测量试验报告(见 4.5.2)中所规定的的数据,以及每种试验方法所要求的附加数据。九种不同的试验方法如下:

方法 A:第二制冷剂量热器法(见 5.1);

方法 B:满液式制冷剂量热器法(见 5.2);

方法 C:干式制冷剂量热器法(见 5.3);

方法 D1:吸气管制冷剂气体流量计法(见 5.4);

方法 D2:排气管制冷剂气体流量计法(见 5.4);

方法 F:制冷剂液体流量计法(见 5.5);

方法 G:水冷冷凝器量热器法(见 5.6);

方法 J:制冷剂气体冷却法(见 5.7);

方法 K:压缩机排气管道量热器法(见 5.8)。

4.2.5 试验方法 X 法和 Y 法的选择

试验方法 A、B、C、D1、D2、F、G 和 K 中任何一种均可作为 X 法使用。

除以下几点外,任何一种试验方法也可作为 Y 法使用。

- a) 被作为 X 法的试验方法;
- b) 测量的量与 X 法相同的任何一种方法,例如:假设 X 法测量的是压缩机排气管的气体流量,则其他测量压缩机排气管气体流量的试验方法就不再被选作 Y 法(如 D2 不能与 K 法组合)。
- c) 测量方法与 X 法的原理相同的任一种方法,例如:假设 X 法采用 D1 制冷剂气体流量计法,则 D2 制冷剂气体流量计法就不再被选作 Y 法。

4.2.6 试验方法 X 法和 Y 法的组合

表 1 给出了允许的以及推荐的 X 法和 Y 法的组合方式。

表 1 X 法和 Y 法的组合

X 法	Y 法	
	允 许	推 荐
A	D1、D2、F、G、K	F、G、K
B	D1、D2、F、G、K	F、G、K

表 1(续)

X 法	Y 法	
	允 许	推 荐
C	D1、D2、F、G、K	F、G、K
D1	A、B、C、F、G、J、K	F、G、J、K
D2	A、B、C、F、J	F、J
F	A、B、C、D1、D2、K	D1、D2、K
G	A、B、C、D1、D2、F	D1、D2
K	A、B、C、D1、F、J	D1、J

4.3 试验参数规定

4.3.1 试验时允许试验参数偏差的范围按表 2 规定。

表 2 试验参数允许偏差

试验参数	每一个测量值与规定值间的最大允许偏差	测量值的任一个读数相对于平均值的最大允许偏差
吸气压力	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$
排气压力	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$
吸气温度	$\pm 3.0^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$
轴转速	$\pm 3.0\%$	$\pm 1.0\%$
电压	$\pm 3.0\%$	$\pm 1.0\%$
频率	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$

4.3.2 量热器冷却或加热介质的进、出口温差在标定或试验时,均应不小于 6°C 。

4.4 测量仪表和精度的规定

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 试验用的仪表类型,可采用一种或数种进行测量。

4.4.1.2 试验用仪表应在有效使用期内,并应有近期经国家计量部门或有关部门校正的合格证明。

4.4.2 温度测量仪表和精度

4.4.2.1 仪表

测量温度的仪表有:玻璃水银温度计、热电偶、电阻温度计、半导体温度计和温差计。

4.4.2.2 精度

- 量热器的加热或冷却介质和制冷剂的进、出口温度;准确度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;
- 冷凝器中冷却水温度;准确度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;
- 压缩机吸气温度、流量节流装置前温度;准确度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;
- 其他温度;准确度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

4.4.2.3 温度测量的规定

- 温度计套管采用薄壁钢管或不锈钢薄壁管,垂直插入流体(温度计套管的尺寸不使气流受到明显影响)。管径较小时可斜插逆流或用测温管,插入深度为 $1/2$ 管道直径。套管内注冷冻机油,读数时不应拔出温度计;
- 可能时,在用于测量量热器加热或冷却介质和制冷剂进、出口温差时,应在每次读数之后,交换进、出口温度计进行测量,以提高测量准确度;
- 量热器环境温度的测量为距离量热器外表面 0.5 m ,高度为量热器中心位置处四个方向测量的温度平均值。

4.4.3 压力测量仪表和精度

4.4.3.1 仪表

测量压力的仪表有：弹簧管式压力表、U型管压差计、压力传感器和水银柱大气压力计等。

4.4.3.2 精度

所有压力测量仪表，其绝对压力读数或压差读数的准确度均为 $\pm 1\%$ 以内。

4.4.3.3 压力测量规定

- 用水银大气压力计测量大气压力时，读数应作温度修正，或向当地气象局询问大气压力值；
- U型压差计的玻璃管内径不小于6 mm。

4.4.4 流量测量仪表和精度

4.4.4.1 仪表

流量测量仪表有：液体计量容器、流量节流装置和液体质量或体积流量计等。

4.4.4.2 精度

- 量热器的加热或冷却介质、制冷剂液体的质量或体积流量：准确度为测量流量的 $\pm 1\%$ 以内；
- 制冷剂气体流量：准确度为测量流量的 $\pm 2\%$ 以内。

4.4.4.3 流量测量规定

- 流量节流装置的设计、制造、安装与计算应按照 GB/T 2624 的规定；
- 流量节流装置的压差读数应不小于250 mm液柱高度。

4.4.5 电工测量仪表和精度

4.4.5.1 仪表

电工测量仪表有：功率表(包括指示式和积算式)、电流表、电压表、功率因数表、频率表和互感器。

4.4.5.2 精度等级

- 功率表：指示式为0.5级精度、积算式为1级精度；
- 电流表、电压表、功率因数表和频率表：0.5级精度；
- 互感器：0.2级精度。

4.4.5.3 电工测量规定

功率表测量值应在满量程的1/3以上(“两功率表”法时其中一个功率表的测量值可以小于1/3)。用“两功率表”法或“三功率表”法测量三相交流电动机功率时，指示的电流和电压值应不低于功率表额定电流和电压值的60%。

4.4.6 压缩机功率测量仪表和精度

4.4.6.1 仪表

功率测量仪表有：转矩转速仪、天平式测功计、标准电动机和其他测功仪表等。

4.4.6.2 精度

准确度为测定轴功率的 $\pm 1.5\%$ 以内。

4.4.6.3 功率测量规定

- 测量三相交流电动机输入功率采用“两功率表”法或“三功率表”法；
- 有皮带或外部齿轮传动时，其传动效率如下：
直联传动：1.0；
精密齿轮传动(每级)：0.985；
三角皮带传动：0.965。

4.4.7 转速测量仪表和精度

4.4.7.1 仪表

转速测量仪表有：转速计数法、转速表和闪光测速仪等。

4.4.7.2 精度

准确度为测量转速的 $\pm 1\%$ 以内。

4.4.8 时间测量

采用秒表测量。准确度为测定经过时间的 $\pm 0.1\%$ 。

4.4.9 重量(质量)测量

采用各类台秤、天平和磅秤。准确度为测定重量(质量)的 $\pm 0.2\%$ 。

4.5 试验数据整理和试验报告

4.5.1 试验数据整理

4.5.1.1 计算用制冷剂物理性质参数值,应采用最新出版的有关制冷工质热物理性质表和图。

4.5.1.2 压缩机吸气压力及其他有关压力,应按试验时当地大气压力值修正。

4.5.1.3 所有测量值应按试验周期内连续四次测得的平均值为计算依据。

4.5.1.4 开启式压缩机的制冷量、轴功率采用轴转速修正。封闭式压缩机的制冷量、输入功率采用频率修正。

4.5.2 试验报告

4.5.2.1 一般数据

- a) 试验日期、启动时间、结束时间和测量时间;
- b) 压缩机类别、型号和出厂编号;
- c) 压缩机额定电源;
- d) 压缩机主要结构参数;
- e) 压缩机理论输气量;
- f) 压缩机名义转速或名义频率;
- g) 制冷剂和润滑油。

4.5.2.2 试验工况

- a) 压缩机吸气压力(相应蒸发温度或露点温度)、吸气温度;
- b) 压缩机排气压力(相应冷凝温度或露点温度)、过冷温度。

4.5.2.3 试验方法

X法:

Y法:

4.5.2.4 试验测量值的平均值

- a) 环境温度、大气压力;
- b) 压缩机吸气压力、温度;
- c) 压缩机排气压力、温度;
- d) 压缩机转速或频率;
- e) 压缩机润滑油压力、温度;
- f) 电源电压、频率、电动机输入功率;
- g) 冷却水进、出口温度和流量;
- h) 其他数据(根据所用的试验方法,可能需要一些不同的附加数据)。

4.5.2.5 试验结果

- a) 漏热系数;
- b) 制冷剂流量;
- c) 有关制冷剂比焓和比焓差;
- d) 压缩机制冷量;
- e) 容积效率;

- f) 开启式压缩机的轴功率和封闭式压缩机的输入功率;
- g) 等熵效率;
- h) 制冷系数;
- i) X法和Y法试验的偏差。

5 试验方法

5.1 方法A:第二制冷剂量热器法(图1)

5.1.1 构造

第二制冷剂量热器由一组直接蒸发盘管作蒸发器,该蒸发器被悬置在一个隔热压力容器的上部,电加热器安装在容器底部并被容器中的第二制冷剂浸没着。

制冷剂流量由靠近量热器安装的膨胀阀调节。为了减少外界热量的影响,膨胀阀和量热器之间的管道应隔热。

量热器的漏热量应不超过压缩机制冷量的5%。

应以0.005 MPa分度的压力测量仪表测量第二制冷剂压力,并使第二制冷剂压力按照GB 9237的规定不超过量热器的安全限度。

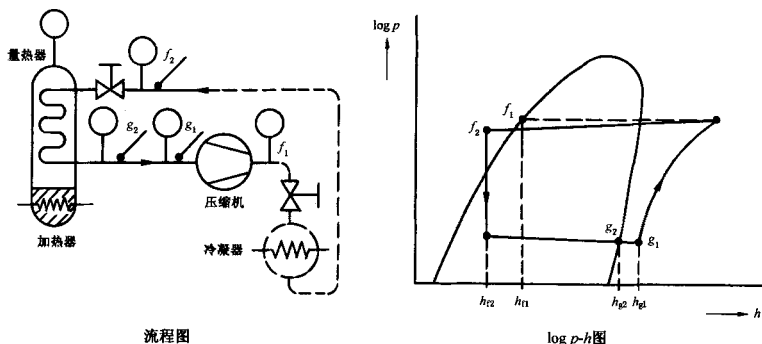


图1 方法A

5.1.2 漏热量的标定

关闭量热器制冷剂进、出口截止阀后进行漏热量的标定。

调节输入第二制冷剂的电加热量,使第二制冷剂压力所对应的饱和温度(或露点温度)比环境温度高15℃左右,并保持其压力不变。环境温度应在43℃以下,保持其温度波动不超过±1℃。

电加热器输入功率的波动应不超过±1%,每隔1h测量一次第二制冷剂压力,直至连续四次相对应的饱和温度(或露点温度)值的波动不超过±0.5℃。

漏热系数用式(1)计算:

$$F_1 = \frac{\Phi_h}{t_p - t_s} \quad \dots\dots\dots (1)$$

注:公式中符号见附录B,下同。

5.1.3 试验程序

5.1.3.1 压缩机制冷剂吸气压力通过膨胀阀调节,吸气温度由输入给第二制冷剂的电加热量调节。

5.1.3.2 压缩机制冷剂排气压力通过改变冷凝器冷却水量、换热面积或冷却水温度进行调节,也可由

排气管道中压力控制阀调节。

5.1.3.3 在试验周期内,输入电加热量的波动引起压缩机制冷量的变化应不超过1%。如果加热器是间断工作的,则与第二制冷剂液体压力相对应的饱和温度(或露点温度)的变化应小于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.3.4 附加数据

- 量热器出口制冷剂气体压力、温度;
- 膨胀阀前的制冷剂液体压力、温度;
- 量热器环境温度;
- 第二制冷剂压力;
- 输入量热器的电加热量。

5.1.4 制冷量计算

5.1.4.1 由试验测得的制冷剂流量

$$q_{mf} = \frac{\Phi_1 + F_1(t_s - t_2)}{h_{g2} - h_{l2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

5.1.4.2 规定工况实测制冷量

$$\Phi_{0s} = q_{mf} \frac{\nu_{gs}}{\nu_{gl}} (h_{g1} - h_{l1}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

5.2 方法 B: 满液式制冷剂量热器法(图 2)

5.2.1 构造

满液式制冷剂量热器由一个承压的蒸发器或几个并联的承压蒸发器构成,在蒸发容器中热量直接输给由试验压缩机进行循环的制冷剂。

制冷剂流量由靠近量热器安装的膨胀阀或液面控制器调节。为了减少外界热量的影响,膨胀阀与量热器之间的管道应隔热。

量热器的漏热量应不超过压缩机制冷量的5%。量热器应安装有安全保护器,按照 GB 9237 的规定应使制冷剂压力不超过蒸发器的设计压力。

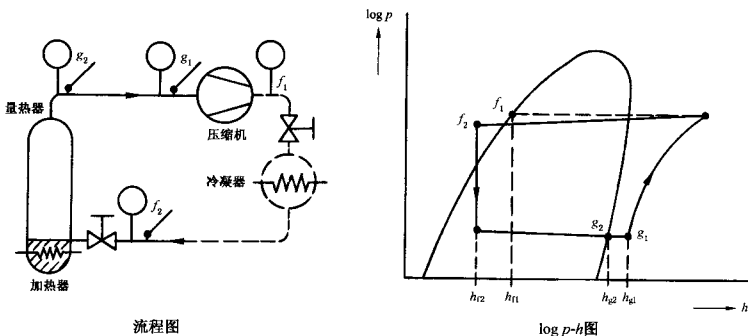


图 2 方法 B

5.2.2 漏热量的标定

5.2.2.1 量热器充入正常运转所需的制冷剂液体。关闭制冷剂液体和气体截止阀。调节输入的热量,使制冷剂温度比环境温度高 15°C 左右。环境温度应在 43°C 以下,保持其温度波动不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2.2 若用液体进行加热时,进、出口温度波动应不超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$,并控制流量使进、出口温差不小于 6°C 。热平衡建立后,在流量不变情况下,每隔1h测量加热液体进、出口温度和制冷剂饱和温度(或露

点温度)一次,直至进、出口温度连续四次测量值的波动不超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 和制冷剂温度波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

若用电加热时,输入功率的波动应不超过 $\pm 1\%$ 。热平衡建立后,每隔1 h测量制冷剂饱和温度(或露点温度)一次,直至连续四次温度值波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2.3 输入量热器的热量

用液体加热时:

$$\Phi_1 = c(t_1 - t_2)q_{\text{ml}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

用电加热时, Φ_1 即为输入电加热器的功率。

5.2.2.4 漏热系数计算

$$F_1 = \frac{\Phi_1}{t_r - t_s} \quad \dots\dots\dots (5)$$

5.2.3 试验程序

5.2.3.1 压缩机制冷剂吸气压力通过膨胀阀调节,吸气温度由输入热量调节。只有在控制液位的情况下,吸气压力由输给量热器的热量调节,吸气温度由输入过热器的热量控制。

5.2.3.2 压缩机制冷剂排气压力通过改变冷凝器冷却水量、换热面积或冷却水温度进行调节,也可用排气管道中压力控制阀调节。

5.2.3.3 若用液体加热时,进、出口温度波动应不超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$,并控制流量使进、出口温差不小于 6°C ,加热液体流量波动应不超过 $\pm 0.5\%$ 。若用电加热时,输入功率的波动应不超过 $\pm 1\%$ 。

5.2.3.4 在试验周期内,输入热量的波动引起压缩机制冷量的变化应不超过 1% 。如果加热器是间断工作的,则与制冷剂液体相对应的饱和温度(或露点温度)的变化应小于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.3.5 附加数据

- a) 蒸发器出口制冷剂气体压力、温度;
- b) 膨胀阀前制冷剂液体压力、温度;
- c) 量热器环境温度;
- d) 量热器加热液体的流量和进、出口温度;
- e) 输入量热器的电加热量。

5.2.4 制冷量的计算

5.2.4.1 由试验测得的制冷剂流量

a) 用液体加热时

$$q_{\text{mf}} = \frac{C(t_1 - t_2)q_{\text{ml}} + F_1(t_s - t_r)}{h_{g2} - h_{t2}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

b) 用电加热时

$$q_{\text{mf}} = \frac{\Phi_1 + F_1(t_s - t_r)}{h_{g2} - h_{t2}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

5.2.4.2 规定工况实测制冷量

$$\Phi_{0s} = q_{\text{mf}} \frac{\nu_{g2}}{\nu_{g1}} (h_{g1} - h_{t1}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

5.3 方法 C:干式制冷剂量热器法(图3)

5.3.1 构造

干式制冷剂量热器由一组套管构成,由压缩机进行循环的制冷剂液体在管内蒸发并过热。管间通入已知其性质的加热液体,提供使管内制冷剂蒸发和过热所需热量。该量热器也可以由一组具有适当长度和直径的管状压力容器构成,在其中液体制冷剂进行蒸发,此时,管状容器应是电绝缘的,并且装有电加热装置。电加热装置可以装在管状容器内,也可以装设在管状容器外表面。

制冷剂流量由靠近量热器安装的膨胀阀调节。为了减少外界热量的影响,膨胀阀与量热器之间的

管道应隔热。

量热器的漏热量应不超过压缩机制冷量的 5%。

当加热器在量热器外表面加热时,加热器电绝缘外表面应安设 10 个以上等距离分布的温度测量点,以确定计算漏热量时所需的表面平均温度。

应测量加热液体的温度,并确保压力不超出设备的安全极限。

应采用保护措施,按照 GB 9237 的规定,应使制冷剂压力不超出设备的安全极限。

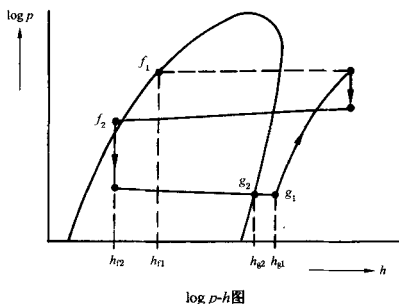
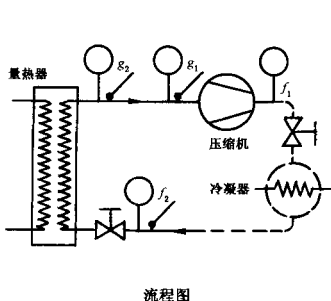


图 3 方法 C

5.3.2 漏热量的标定

5.3.2.1 当量热器为套管式时,管间通入加热液体,调节其流量和进口温度,使其进口温度高于环境温度 15℃ 左右,波动不超过 $\pm 0.3^\circ\text{C}$,并控制流量,使其进、出口温差不小于 6°C 。当量热器为管状容器时,输入电加热量使其表面平均温度比环境温度高 15℃。环境温度在 43°C 以下时,保持其温度波动不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

5.3.2.2 若用液体加热时,在流量稳定的情况下,每隔 1 h 测量一次加热液体进、出口温度,直至进、出口温度连续四次测量值的波动不超过 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

若用电加热时,输入功率的波动应不超过 $\pm 1\%$ 。每隔 1 h 测量一次制冷剂饱和温度(或露点温度),直至四次温度值波动不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

5.3.2.3 输入量热器的热量

用液体加热时:

$$\Phi_i = c(t_1 - t_2)q_{ml} \quad \dots\dots\dots (9)$$

用电加热时, Φ_i 即为输入电加热器的功率。

5.3.2.4 漏热系数计算

用液体加热时:

$$F_1 = \frac{\Phi_i}{\frac{1}{2}(t_1 + t_2) - t_a} \quad \dots\dots\dots (10)$$

用电加热时:

$$F_1 = \frac{\Phi_h}{t_c - t_a} \quad \dots\dots\dots (11)$$

5.3.3 试验程序

5.3.3.1 压缩机的制冷剂吸气压力通过膨胀阀调节,吸气温度由输入热量控制。

5.3.3.2 压缩机的制冷剂排气压力通过改变冷凝器冷却水量、换热面积或冷却水温度进行调节,也可由排气管道中压力控制阀调节。

5.3.3.3 用液体加热时,进、出口温度波动应不超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$,并控制流量使进、出口温差不小于 6°C ,加热液体流量波动不超过 $\pm 0.5\%$ 。用电加热时,输入功率的波动不超过 $\pm 1\%$ 。

5.3.3.4 在试验周期内,输入热量的波动引起压缩机制冷量的变化应不超过 1% 。

5.3.3.5 附加数据

- 蒸发器出口制冷剂气体压力、温度;
- 膨胀阀前制冷剂液体压力、温度;
- 量热器环境温度;
- 量热器加热液体质量流量和进、出口温度;
- 输入量热器的电加热量;
- 量热器的平均表面温度。

5.3.4 制冷量计算

5.3.4.1 由试验测得的制冷剂流量

- 用液体加热时:

$$q_{mf} = \frac{c(t_1 - t_2)q_{ml} + F_1(t_s - t_c)}{h_{g2} - h_{l2}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

- 用电加热时:

$$q_{mf} = \frac{\Phi_h + F_1(t_s - t_c)}{h_{g2} - h_{l2}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

5.3.4.2 规定工况实测制冷量

$$\Phi_{0,s} = q_{mf} \frac{v_{g1}}{v_{g1}} (h_{g1} - h_{l1}) \quad \dots\dots\dots (14)$$

5.4 方法 D1 和 D2:制冷剂气体流量计法(图 4)

5.4.1 构造

制冷剂气体流量计是一个喷嘴或孔板式流量测量节流装置或质量流量计,由其测量气体制冷剂体积流量或质量流量。流量计安装在压缩机吸气侧(方法 D1)或排气侧(方法 D2)的管道上[图 4a)和 b)]。流量计应安装在一个封闭系统中,该系统由被试压缩机,排气压力降为吸气压力的调节阀和气体过热度调节装置组成[图 4c)]或者由被试压缩机与图 5 或图 6 组成封闭系统。

流量计若装设在压缩机吸气管道上,则制冷剂气体应过热均匀并且完全不带液滴地全部流经流量计。

为减少和消除制冷剂气体流量的脉动,在相应管道上应装设脉动缓冲器(图 4)。

为减少流量计的测量误差,应设置有效的油分离装置,使流经流量计的制冷剂气体中含油量不超过 1.5% (以质量计)。

5.4.2 试验程序

5.4.2.1 压缩机的吸气压力由制冷剂气体调节阀调节[图 4c)]或者由膨胀阀调节(图 5 或图 6)。

5.4.2.2 压缩机的排气压力通过改变冷凝器冷却水量或冷却水温度进行调节,也可由排气管道中压力控制阀调节。

5.4.2.3 压缩机的吸气温度由液体膨胀阀来调节[图 4c)]或者由蒸发器加热介质调节(图 5 或图 6)。

5.4.2.4 附加数据

- 流量计前的制冷剂气体压力、温度;
- 流量计的压力降。

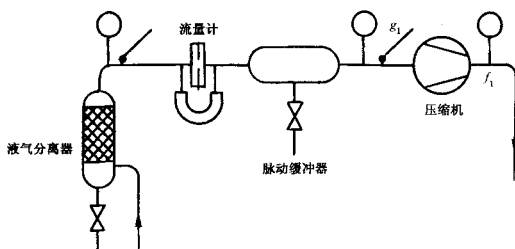
5.4.3 制冷量计算

5.4.3.1 由试验测得的制冷剂流量由式(15)计算或者直接测出

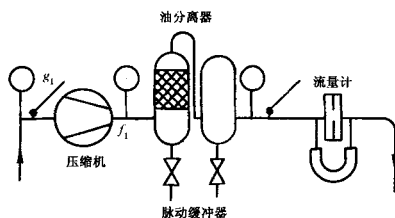
$$q_{mf} = 1.11072 \cdot \alpha \cdot \varepsilon_1 \cdot d^2 \sqrt{\Delta P \cdot \rho} \quad \dots\dots\dots (15)$$

5.4.3.2 规定工况实测制冷量

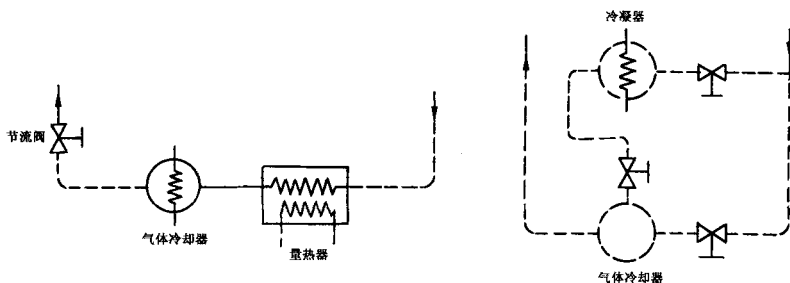
$$\Phi_{0a} = q_{mf} \frac{v_{g1}}{v_{g1}} (h_{g1} - h_{l1}) \dots\dots\dots (16)$$



a) 方法 D1(吸气管流量计法)



b) 方法 D2(排气管流量计法)



c) 二个完整的流程实例

图 4 方法 D1 和 D2

5.5 方法 F: 制冷剂液体流量计法(图 5)

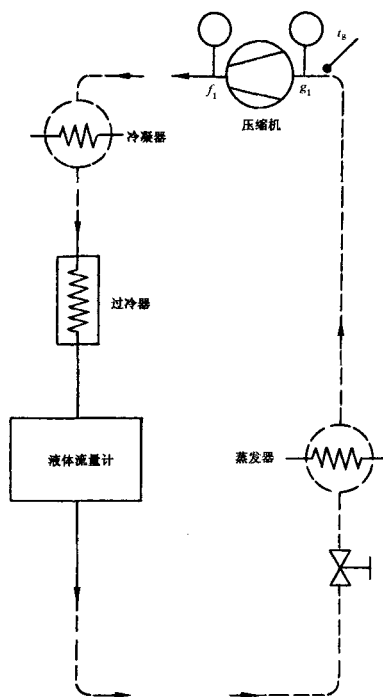
5.5.1 构造

制冷剂液体流量计为测定制冷循环中的制冷剂液体流量,可使用积算式或指示式流量计,制冷剂流量以容积或质量为单位。流量计安装在过冷器与膨胀阀之间的液体管道上。为了保证流量计在所有情况下精确测量,还应配置如下设备:

为防止制冷剂在流量计中气化,在其前面装一个制冷剂过冷器。在此,制冷剂由冷却水过冷。为观察制冷剂液体中是否含有气泡,在紧接流量计后面安装一个玻璃视镜。

流量计还应配置一旁通管道,其中旁通管道上的截止阀和管路的阻力应和流量计的阻力大致相等,除了测量流量的时间以外,旁通管道应是畅通的。

将温度测量点配置在过冷器和流量计的制冷剂液体进口处,以测量制冷剂液体温度。压力表安装在流量计的出口处。



a) 流程图

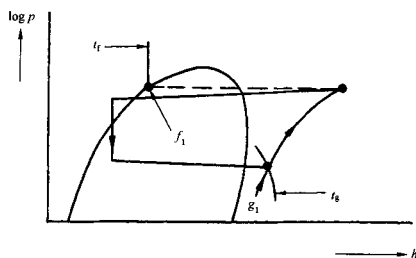
b) $\log p - h$ 图

图 5 方法 F

5.5.2 标定

流量计应定期校正,校正液体的黏度为使用制冷剂黏度的 0.5~2 倍。校正时的流量用流量计刻度范围内的最小、中间、最大值等至少进行三点。

5.5.3 试验程序

5.5.3.1 打开旁通管道上的截止阀使系统运转,达到工况规定值后关闭截止阀,使制冷剂液体通过流量计。进入流量计的制冷剂温度应至少比流量计出口压力对应的饱和温度(或泡点温度)过冷 3℃。并按附录 A 规定的方法进行制冷剂液体中含油量的测定。

5.5.3.2 附加数据

- 流量计的读数;
- 过冷器进口和流量计进口制冷剂液体温度;
- 流量计出口压力对应的制冷剂饱和温度(或泡点温度)。

5.5.4 制冷量计算

考虑含油量的影响,则规定工况下的实测制冷量为:

$$\Phi_{0s} = \frac{q_v \cdot \rho}{1 - X(1 - v_o \cdot \rho)} [(1 - X)(h_{g1} - h_n) - C_0 X(t_f - t_g)] \cdot \frac{v_{g1}}{v_{g1}} \quad \dots\dots\dots (17)$$

5.6 方法 G:水冷冷凝器量热器法(图 6)

5.6.1 构造

水冷冷凝器是组成被试压缩机试验系统设备之一,按照 4.4 的规定,设置测量温度、压力和冷却水流量的仪表而作为量热器。

作为量热器的冷凝器的漏热量应不超过压缩机制冷量的 5%。

5.6.2 漏热量的标定

用截止阀将冷凝器与试验系统隔绝或用同一型式和尺寸的冷凝器进行。

5.6.2.1 冷凝器中充入一定量的制冷剂液体,在冷却水回路中输入加热水并维持制冷剂温度比环境温度高 15℃ 以上,且接近于试验时的制冷剂饱和温度(或露点温度)。

也可以采用电加热制冷剂液体的方法。

环境温度应在 43℃ 以下并保持温度波动不超过 ±1℃。建立热平衡后,每小时测量一次,直至连续四次制冷剂温度波动不超过 ±0.5℃。

5.6.2.2 漏热系数计算

$$F_1 = \frac{\Phi_1}{t_r - t_s} \quad \dots\dots\dots (18)$$

5.6.3 试验程序

5.6.3.1 冷凝器压力通过改变冷却水量或温度进行调节。

5.6.3.2 附加数据

- 冷凝器进口制冷剂气体压力、温度;
- 冷凝器出口制冷剂液体压力、温度;
- 冷却水进、出口温度;
- 冷却水流量;
- 冷凝器环境温度。

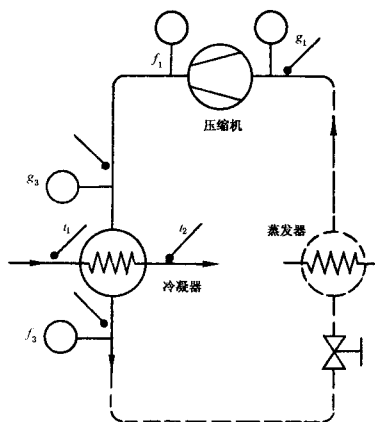
5.6.4 制冷量计算

5.6.4.1 由试验测得的制冷剂流量

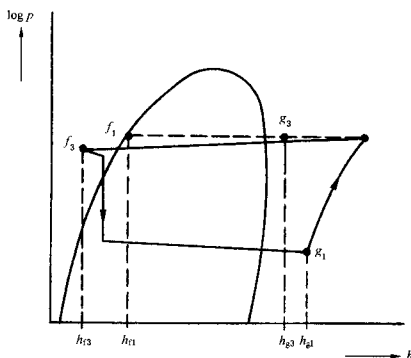
$$q_{mf} = \frac{C(t_2 - t_1)q_{mc} + F_1(t_r - t_s)}{h_{g3} - h_{f3}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

5.6.4.2 规定工况实测制冷量

$$\Phi_{0a} = q_{ml} \frac{\nu_{ga}}{\nu_{gl}} (h_{gl} - h_{fl}) \quad \dots\dots\dots (20)$$



a) 流程图



b) log p - h 图

图 6 方法 G

5.7 方法 J: 制冷剂气体冷却法 (图 7)

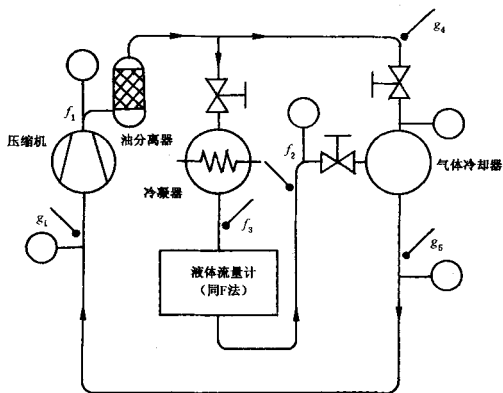
5.7.1 构造

在高压侧制冷剂气体的一部分冷凝,并测量其流量。然后使其在一个气体冷却器中于低压侧压力下再蒸发,用以冷却经降压的剩余循环蒸气,由此计算出制冷剂总流量。

在进行了漏热量修正后,已冷凝的制冷剂质量和未冷凝的制冷剂质量之比等于在气体冷却器中两股蒸气比焓变化之比的倒数。

气体冷却器通过一个手动或由排气压力自动控制的流量调节阀与压缩机排气管相连。冷凝器出口应有如 5.5 中所述的液体流量计,流量计出口通过膨胀阀与气体冷却器相连,膨胀阀可以是手动或自动,以调节吸气压力达规定值。

气体冷却器由一容器构成(在漏热量标定时能给制冷剂液体加热),制冷剂液体喷入其中,直接与从压缩机排气管道来的未冷凝制冷剂蒸气混合后再蒸发,从气体冷却器出来的制冷剂蒸气应不含制冷液滴,并至少过热 8°C 。



a) 流程图

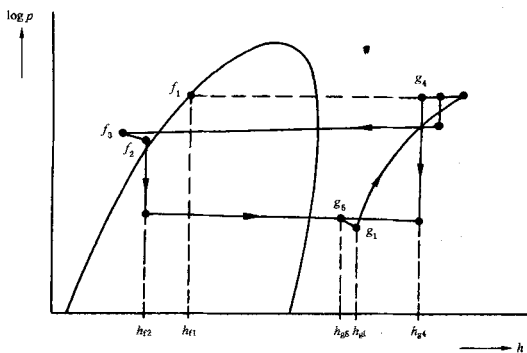
b) $\log p - h$ 图

图 7 方法 J

气体冷却器应隔热,使其漏热量不大于其换热量的 5%。

液体流量计后应有一个贮液器,其上设有截止阀和旁通阀,使其能与循环回路完全隔开或能接收循环回路的液体,并向系统供液。

5.7.2 漏热量标定

5.7.2.1 在气体冷却器中充入足量的制冷剂液体,关闭进、出口截止阀,对制冷剂加热,保持其温度比环境温度高 15°C 左右,且保证气体冷却器中的制冷剂液体没有完全蒸发。环境温度在 43°C 以下时,保持其温度波动不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

热平衡建立后,每隔 1 h 测量制冷剂饱和温度(或露点温度)一次,直至连续四次温度值波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.7.2.2 漏热系数的计算

$$F_1 = \frac{\Phi_1}{t_r - t_a} \dots\dots\dots (21)$$

5.7.3 试验程序

5.7.3.1 气体冷却器的制冷剂液体流量通过控制阀调节,使其蒸发速度等于冷凝器的冷凝速度。

5.7.3.2 冷凝压力可以通过排气管和冷凝器之间的压力控制阀调节,也可通过改变冷却水量、换热面积或冷却水温度进行调节。

5.7.3.3 压缩机吸气压力及其过热度采用从贮液器中抽出或返回制冷剂液体来改变制冷剂质量流量的方法进行调节。

5.7.3.4 在达到试验工况所规定的吸、排气压力和温度后,调节液体控制阀,保持流量稳定不变。

试验中,由部分冷凝的制冷剂液体的流量波动所引起的制冷量计算值的变化应小于1%。

5.7.4 附加数据

- a) 气体冷却器出口制冷剂气体压力、温度;
- b) 膨胀阀前制冷剂液体压力、温度;
- c) 进入气体冷却器的制冷剂气体压力、温度;
- d) 气体冷却器中制冷剂气体压力;
- e) 气体冷却器的环境温度;
- f) 被冷凝的制冷剂液体质量流量。

5.7.5 制冷量计算

5.7.5.1 由试验测得的制冷剂流量

$$q_{m1} = q_{m1} \left[1 + \frac{(h_{g5} - h_{l2}) - F_1(t_a - t_r)/q_{m1}}{h_{g4} - h_{g5}} \right] \dots\dots\dots (22)$$

5.7.5.2 规定工况实测制冷量

$$\Phi_{0a} = q_{m1} \frac{\nu_{g1}}{\nu_{g1}} (h_{g1} - h_{l1}) \dots\dots\dots (23)$$

5.8 方法 K: 压缩机排气管道量热器法(图 8)

5.8.1 构造

在压缩机排气管道上,设一使制冷剂气体全部流经的热交换器型式的量热器。

冷却(或加热)制冷剂气体要设置冷却(或加热)水回路。为了不使制冷剂气体在量热器中冷凝,则冷却水进口温度(加热时为出口温度)应高于压缩机排气压力对应的冷凝温度(或露点温度)10℃以上。

也可采用电加热制冷剂气体的方法。

压缩机吸气温度可采用气体过热度调节装置,如图 8 中系统 A 或系统 B。

为了减少热量损失,量热器应予隔热。量热器的漏热量应不超过压缩机制冷量的 2%。

5.8.2 漏热量的标定

5.8.2.1 量热器环境温度应在 43℃ 以下,并保持温度波动不超过 ±1℃。输入量热器的热量保持量热器表面平均温度约高于环境温度 15℃。表面平均温度应为安装在量热器表面 10 支以上温度计测量的平均值。

5.8.2.2 若用液体加热,则进出口温差应不小于 6℃,建立热平衡后,在保持流量不变条件下,以 1 h 为间隔,测量进、出口温度,直至连续四次测量值的波动不超过 ±0.3℃。

若用电加热,输入功率波动不超过 ±1%。建立热平衡后,以 1 h 为间隔测量,直至量热器的表面温度连续四次测量值波动不超过 ±0.5℃。

5.8.2.3 输入量热器的热量

用液体加热时:

$$\Phi_1 = C(t_1 - t_2)q_{m1} \dots\dots\dots (24)$$

用电加热时, Φ_1 即为输入电加热器的功率。

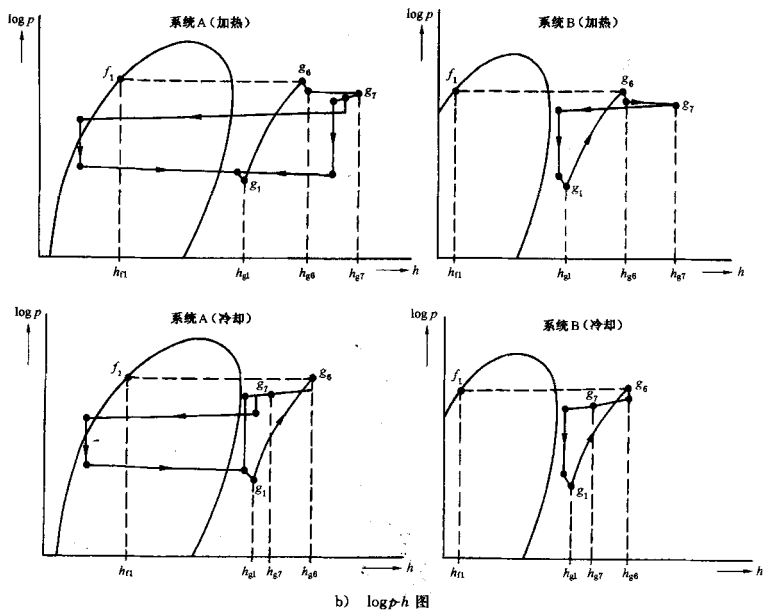
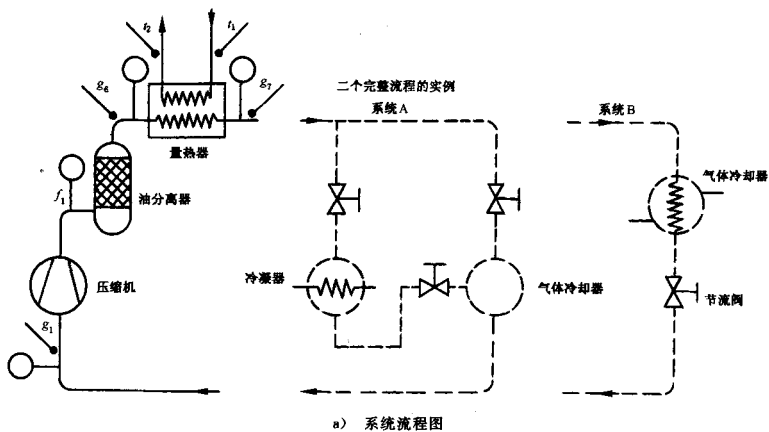


图 8 方法 K

5.8.2.4 漏热系数计算

$$F_1 = \frac{\Phi_1}{t_c - t_a} \dots\dots\dots (25)$$

5.8.3 试验程序

5.8.3.1 采用图8中系统A时,调节过程同5.7中规定。

5.8.3.2 采用图8中系统B时,用调节气体冷却器的冷却水流量或温度来调节排气压力。用气体冷却器出口的气体减压阀来调节吸气压力。

5.8.4 附加数据

- a) 量热器进、出口制冷剂气体压力、温度;
- b) 量热器表面温度;
- c) 量热器环境温度;
- d) 冷却水(加热水)进、出口温度及流量;
- e) 或量热器电加热量。

5.8.5 制冷量计算

5.8.5.1 由试验测得的制冷剂流量

$$q_{mf} = \frac{q_{ml}(t_2 - t_1)C + F_1(t_2 - t_3)}{h_{g6} - h_{g7}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

5.8.5.2 规定工况下制冷量

$$\Phi_{0a} = q_{mf} \frac{v_{ga}}{v_{g1}} (h_{g1} - h_{f1}) \quad \dots\dots\dots (27)$$

6 输入功率计算

6.1 电动机输入功率

6.1.1 电动机输入功率测量

电动机输入功率应在电动机入线端处测量。

6.1.2 电动机输入功率计算

$$P_s = \sum P_i \quad \dots\dots\dots (28)$$

6.2 压缩机轴功率计算

6.2.1 转矩转速仪

直接测定压缩机轴的输入扭矩和转速。

$$P_s = \frac{N \cdot n_s}{99.33} \quad \dots\dots\dots (29)$$

6.2.2 天平式测功计

$$P_s = \frac{G \cdot l \cdot n_s}{974} \quad \dots\dots\dots (30)$$

6.2.3 标准电动机

根据测得的输入电流、电压、输入功率查电动机实测效率曲线,求得压缩机轴功率。

6.2.4 若有齿轮或皮带传动时,则由6.2.1~6.2.3测得的功率乘以4.4.6.3规定的传动效率。

6.3 输入功率

输入功率应是上述电动机输入功率或压缩机轴功率经过修正后再加上为维持压缩机运转所需的辅助功率。

上述功率应按式(31)对开启式或封闭式压缩机分别进行修正,得出输入功率。

$$P = P_s \frac{n}{n_s} \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \text{ 或 } P = P_s \frac{f}{f_s} \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \quad \dots\dots\dots (31)$$

若平均吸气温度与规定值偏差小于 $\pm 1.0^\circ\text{C}$,或平均轴转速或平均频率与规定值间偏差小于 $\pm 1\%$ 时,则该项可不进行修正(包括下述 ϕ_0 、 η_v 、 η_f 等)。

7 制冷系数计算

7.1 压缩机制冷量

根据实测制冷量再经转速修正或频率修正,即:

$$\Phi_0 = \Phi_{0s} \frac{n}{n_s} \text{ 或 } \Phi_0 = \Phi_{0s} \frac{f}{f_s} \dots\dots\dots (32)$$

7.2 制冷系数

根据 3.5 定义,则

$$\epsilon = \frac{\Phi_0}{P} \dots\dots\dots (33)$$

8 容积效率计算

根据 3.2 定义,容积效率由式(34)计算:

$$\eta_V = (q_{mf} \cdot \nu_{gs} / V_{sw}) \frac{f}{f_s} (\text{或 } \frac{n}{n_s}) \dots\dots\dots (34)$$

9 等熵效率计算

根据 3.4 定义,等熵效率按式(35)计算:

$$\eta_i = [q_{mf} \cdot (h_{g1} - h_{gs}) / P] \frac{f}{f_s} (\text{或 } \frac{n}{n_s}) \dots\dots\dots (35)$$

10 Y 法与 X 法试验之间的偏差

$$\Delta = \frac{2 \times (\Phi_{0X} - \Phi_{0Y})}{\Phi_{0X} + \Phi_{0Y}} \times 100\% = \frac{2 \times (q_{mX} - q_{mY})}{q_{mX} + q_{mY}} \times 100\% \dots\dots\dots (36)$$

附 录 A
(资料性附录)
含油量测量方法

A.1 运转工况

含油量测量工况按有关标准或规定进行运转。当工况稳定到连续四次测量符合 4.3.1 表 2 中的规定后进行含油量的测量。

A.2 抽样位置

在贮液器和膨胀阀之间的制冷剂液体管道上抽取制冷剂-油混合物的样品。

A.3 测量程序和计算方法

A.3.1 把抽样容器抽空并准确称重。

A.3.2 将抽样容器与制冷剂管道相连,并将连接管道中的气体排除。抽取制冷剂-油混合物的样品。

A.3.3 对盛有抽样样品的容器称重。

A.3.4 对瓶口带有松的棉花塞的清洁空烧瓶称重。

A.3.5 用一根管子穿过棉花塞并伸到烧瓶口下方,将容器中的制冷剂-油混合物液体缓慢放进烧瓶里。

A.3.6 重新将已放空的容器称重。取该质量与按 A.3.1 方法确定的容器质量的平均值为该空容器的质量。用按 A.3.3 测得的盛有抽样样品容器的质量减去空容器的质量就是制冷剂-油样品的质量。

A.3.7 将烧瓶里的制冷剂缓慢蒸发。

A.3.8 重新对带有棉花塞的烧瓶称重,该质量减去按 A.3.4 确定的空烧瓶质量就是油的质量。

A.3.9 从按 A.3.6 确定的制冷剂-油样品的质量中减去油的质量就是样品中制冷剂的质量。

A.3.10 含油量即为从按 A.3.8 确定的油的质量除以按 A.3.9 确定的制冷剂质量所得的商乘以 100%。

附录 B
(资料性附录)
公式中使用的符号

公式中使用符号如表 B.1 所示。

表 B.1

符号	定 义	单位(SI)
C	液体比热容	J/(kg · K)
C_0	油的比热容	
d	流量节流装置的孔径	m
f	名义频率	Hz
f_s	实测频率	
F_1	漏热系数	W/K
G	放在测功电动机定子外壳固定横杆上,用以平衡压缩机制动力矩的砝码质量	kg
h_{11}	与基本试验工况所规定的压缩机排气压力相对应的饱和温度(或露点温度)下的制冷剂液体比焓	J/kg
h_{12}	进入膨胀阀的制冷剂液体比焓	
h_{13}	离开冷凝器的液体比焓	
h_{2s}	基本试验工况所规定的进入压缩机的制冷剂理论比焓	
h_{2t}	与进入压缩机的制冷剂蒸汽具有相等焓值的制冷剂蒸汽,经等熵压缩后,在压缩机排气压力下的理论比焓	
h_{21}	在规定的试验工况下,进入压缩机的制冷剂比焓	
h_{22}	离开量热器或气体冷却器的被蒸发的制冷剂比焓	
h_{23}	进入冷凝器的制冷剂蒸汽比焓	
h_{24}	进入气体冷却器的制冷剂蒸汽比焓	
h_{25}	离开气体冷却器被冷却的制冷剂蒸汽比焓	
h_{26}	进入排气管道量热器的制冷剂蒸汽比焓	
h_{27}	离开排气管道量热器的制冷剂蒸汽比焓	
l	砝码至测功电动机中心距离	m
N	压缩机轴扭矩	N · m
n	压缩机的名义转速	r/s
n_s	压缩机的实测转速	
P	输入功率	W
P_s	实测输入功率	
P_i	功率表分别测得的功率	
P_s	实测轴功率	
q_{mc}	冷却水质量流量	kg/s
q_{m0}	由试验所测得的制冷剂质量流量	
q_{m1}	液体质量流量	
q_{m2}	制冷剂总质量流量	
q_{mX}	X 法试验测得的制冷剂质量流量	
q_{mY}	Y 法试验测得的制冷剂质量流量	

表 B.1(续)

符号	定 义	单位(SI)
q_v	制冷剂-油混合液的体积流量	m^3/s
t_a	平均环境温度	$\text{K} (^{\circ}\text{C})$
t_c	量热器的平均表面温度	
t_i	对应于压缩机排气压力的饱和温度或露点温度	
t_s	压缩机吸气温度	
t_p	对应于第二制冷剂液体压力的饱和温度	
t_r	制冷剂的平均饱和温度(或露点温度)	
t_s	第二制冷剂饱和温度	
t_1	进口温度	
t_2	出口温度	
ν_{sa}	进入压缩机的制冷剂蒸汽的实际比容	m^3/kg
ν_{sl}	与规定基本试验工况相对应的吸入工况时制冷剂蒸汽的比容	
ν_o	油的比容	
V_{sw}	压缩机理论输气量	m^3/s
X	制冷剂-油混合物中油的含量(混合物以 kg 表示)	—
α	工作状态下的流量系数	—
Δ	X 法和 Y 法试验之间的偏差	—
Δp	流量节流装置前后的压差	Pa
ε	流体通过流量节流装置时的可膨胀性系数	—
ε_1	制冷系数	—
Φ_e	输入加热器的电功率	W
Φ_i	输入量热器或气体冷却器的热量	
Φ_o	压缩机的制冷量	
Φ_{oa}	压缩机实测制冷量	
Φ_{oX}	X 法试验测得的压缩机制冷量	
Φ_{oY}	Y 法试验测得的压缩机制冷量	
η	等熵效率	—
η_v	容积效率	—
ρ	与测量流量时相对应的压力和温度下制冷剂的密度	kg/m^3