



中华人民共和国国家标准

GB/T 10870—2014
代替 GB/T 10870—2001

蒸气压缩循环冷水(热泵)机组 性能试验方法

The methods of performance test for water chilling (heat pump)
packages using the vapor compression cycle

2014-06-24 发布

2014-12-31 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	Ⅲ
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	2
5 试验方法	4
6 试验偏差	8
7 总输入功率	9
8 性能系数的评定	9
9 性能不确定度分析示例	10
附录 A (规范性附录) 风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组制热性能试验要求	11
附录 B (规范性附录) 风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组空气进口温度测量	16
附录 C (规范性附录) 试验用仪器仪表的型式及准确度的规定	20
附录 D (规范性附录) 压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵输入功率的测量和计算	22
附录 E (资料性附录) 水冷式冷水机组制冷性能测量不确定度分析示例	24

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 10870—2001《容积式和离心式冷水(热泵)机组性能试验方法》，与 GB/T 10870—2001 相比主要变化如下：

- 标准名称改为“蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法”；
- 修改了主要试验和校核试验试验结果的允许偏差的要求；
- 删除了水冷冷凝器校核试验方法；
- 增加冷水(热泵)机组制热性能系数的评定；
- 增加风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组制热性能试验要求；
- 增加风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组空气进口温度测量；
- 增加水冷式冷水机组制冷性能测量不确定度分析示例。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国冷冻空调设备标准化技术委员会(SAC/TC 238)归口。

本标准主要起草单位：合肥通用机械研究院、合肥通用机电产品检测院有限公司、宁波博浪热能科技有限公司、广东芬尼克兹节能设备有限公司、合肥通用环境控制技术有限责任公司。

本标准主要起草人：张秀平、王汝金、管世超、陈劲康、王凯。

本标准所代替的历次版本发布情况为：

- GB/T 10870—2001。

蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

1 范围

本标准规定了由电动机驱动的采用蒸气压缩制冷循环的冷水(热泵)机组的主要性能参数的术语和定义、试验规定、试验方法、试验偏差、总输入功率、性能系数的评定等。

本标准适用于由电动机驱动的采用蒸气压缩制冷循环的冷水(热泵)机组(以下简称“机组”)的性能试验。冷却塔一体机组、盐水机组、乙二醇机组等可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2624.1 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分:一般原理和要求

GB/T 2624.2 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第2部分:孔板

GB/T 2624.3 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第3部分:喷嘴和文丘里喷嘴

GB/T 2624.4 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第4部分:文丘里管

GB/T 5773—2004 容积式制冷剂压缩机性能试验方法

GB/T 18430.1 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组 第1部分:工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组

GB/T 18430.2 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组 第2部分:户用及类似用途的冷水(热泵)机组

GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范

JB/T 7249 制冷设备 术语

3 术语和定义

GB/T 5773—2004、GB/T 18430.1、GB/T 18430.2 和 JB/T 7249 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

总输入功率 gross electric power

在规定的制冷(热)能力试验条件下,机组运行时所消耗的输入功率的总和。

注1:总输入功率包括压缩机电动机、油泵电动机、电加热器和操作控制电路等的输入功率。

注2:对于风冷式机组,总输入功率还包括冷却风机功率;对于蒸发冷却式机组,总输入功率还包括淋水装置水泵功率及冷却风机功率。

3.2

制冷性能系数 coefficient of performance for cooling; COP_c

在规定的制冷能力试验条件下,机组制冷量与制冷总输入功率之比,其值用 W/W 表示。

3.3

制热性能系数 coefficient of performance for heating; COP_H

在规定的制热能力试验条件下,机组制热量与制热总输入功率之比,其值用 W/W 表示。

4 试验规定

4.1 一般规定

4.1.1 排除机组制冷系统内的不凝性气体,并确认没有制冷剂的泄漏。

4.1.2 机组制冷(热)系统内应有足够的制冷剂(按使用说明书的要求),制冷剂为混合工质的应保证其组分及构成,压缩机内应保持正常运转用润滑油量。

4.1.3 试验系统应设置温度计套管和压力表引出接头等。

4.1.4 试验用的测试设备和仪器仪表不应妨碍机组的正常运转和操作。

4.1.5 机组使用侧换热器、热源侧换热器和油冷却器等的水侧应清洗干净。

4.1.6 机组使用的水质应符合 GB 50050 的规定。

4.1.7 风冷式和蒸发冷却式机组的试验环境应充分宽敞,距离机组 0.5 m 处的空气流速不应大于 2 m/s。

4.2 试验要求

4.2.1 水冷式机组性能试验应包括主要试验和校核试验,两者应同时进行测量;风冷式和蒸发冷却式机组进行主要试验时,应采用两套仪表进行同时测量。机组性能试验时,应在对应测点位置处,预留一套测量仪表接口供第三方测试时使用。

校核试验仅适用于水冷式机组,风冷式和蒸发冷却式机组不做校核试验。

4.2.2 水冷式机组的校核试验与主要试验的试验结果之间的允许偏差应不大于式(1)计算值,并以主要试验的测量结果为计算依据。

风冷式和蒸发冷却式机组采用两套仪表同时测量时,两组测量值中水温测量值的偏差不大于 0.1 °C,水流量测量值的偏差不大于 2%,总输入功率测量值的偏差不大于 2%;两组试验结果之间的允许偏差应不大于式(1)计算值,并以两组试验测量结果的平均值作为计算依据。

$$\sigma = 10.5 - (0.07 \times FL) + \left(\frac{833.3}{DT_{FL} \times FL} \right) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

σ —— 试验结果的允许偏差, %;

FL —— 负荷百分数, %;

DT_{FL} —— 使用侧换热器满负荷运行时的进、出水温差,单位为摄氏度(°C)。

4.2.3 测量应在机组试验工况稳定 1 h 后进行。在测量开始前允许压力、温度、流量和液面作微小的调节。测量开始后不允许对机组做任何调节,所有记录的测量数据应满足 GB/T 18430.1 和 GB/T 18430.2 的试验规定。稳态试验时,每 5 min 取一组数据,每一个数据点的采集周期不应超过 10 s,至少采集 7 组数据作为测试报告的原始记录。

4.2.4 风冷式和蒸发冷却式机组制热性能试验要求按附录 A 执行。

4.3 试验方法

4.3.1 机组性能的主要试验方法为液体载冷剂法(见 5.1)。

4.3.2 机组性能的校核试验方法可采取以下一种:

—— 热平衡法(见 5.2);

——液体制冷剂流量计法(见 5.3)。

4.3.3 风冷式和蒸发冷却式机组的空气进口温度测量按附录 B 执行。

4.4 试验参数

试验时,试验参数按 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定执行。

4.5 仪器仪表

4.5.1 试验用仪器仪表应经法定计量检验部门检定合格,并在有效期内。

4.5.2 试验用仪器仪表的型式及准确度应按附录 C 的规定。

4.6 试验数据

4.6.1 一般应记录数据为:

- 试验日期、地点和人员;
- 机组型号和出厂编号;
- 电源电压、频率;
- 机组总输入功率;
- 使用侧冷(热)水进、出口温度;
- 使用侧冷(热)水体积流量;
- 使用侧进、出口水侧压降;
- 制冷剂、润滑油及其充注量;
- 大气压力及环境温度;
- 使用侧换热器隔热层的说明。

4.6.2 水冷式机组还应记录:

- 热源侧水进、出口温度;
- 热源侧水体积流量;
- 热源侧进、出口水侧压降。

4.6.3 风冷式机组还应记录:

- 热源侧换热器进风干、湿球温度;
- 风机转速。

4.6.4 蒸发冷却式机组还应记录:

- 热源侧换热器进风干、湿球温度;
- 风机转速;
- 淋水装置水泵电动机输入功率;
- 热源侧换热器供水温度;
- 热源侧换热器供水体积流量。

4.6.5 试验结果应记录:

- 水冷式机组的主要试验和校核试验的制冷(热)量,风冷式和蒸发冷却式机组的主要试验的制冷(热)量;
- 校核试验和主要试验的试验结果的偏差(适用于水冷式机组),或采用两套仪表试验的试验结果的偏差(适用于风冷式或蒸发冷却式机组);
- 机组总输入功率;
- 制冷(热)性能系数。

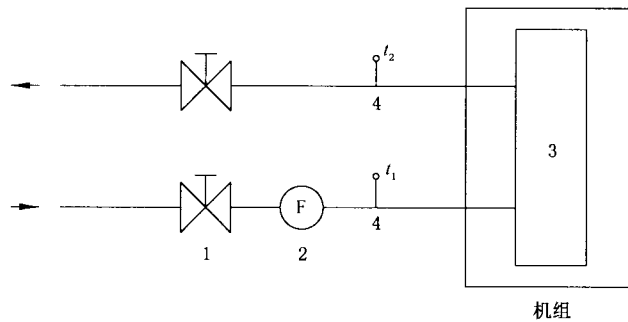
5 试验方法

5.1 液体载冷剂法

5.1.1 试验装置

试验装置如图 1 所示,在机组使用侧换热器的冷(热)水进(出)口处安装有水量测量装置,进、出口处设置水量调节阀。

水冷式机组试验时,还应有能提供满足热源侧水温和水流量试验条件的附加装置;风冷式或蒸发冷却式机组试验时,还应有能提供满足热源侧空气环境温湿度试验条件的附加装置。



说明:

- 1——流量调节阀;
- 2——流量计;
- 3——使用侧换热器;
- 4——温度计。

图 1

5.1.2 试验要求

5.1.2.1 使用侧冷(热)水进、出口温度及流量的允许偏差应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定。

5.1.2.2 热源侧水进、出口温度或空气进口温度及流量的允许偏差应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定。

5.1.2.3 电源电压、频率应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定。

5.1.3 制冷量和制热量

机组制冷量按式(2)计算:

$$Q_n = C\rho q_v(t_1 - t_2) + Q_{c,r} \quad \dots\dots\dots(2)$$

机组制热量按式(3)计算:

$$Q_h = C\rho q_v(t_2 - t_1) + Q_{c,h} \quad \dots\dots\dots(3)$$

对于使用侧换热器水侧进行隔热时,式(2)中的 $Q_{c,r}$ 和式(3)中的 $Q_{c,h}$ 可忽略不计;无隔热时, $Q_{c,r}$ 由式(4)确定, $Q_{c,h}$ 由式(5)确定:

$$Q_{c,r} = K_e A_e (t_a - t_{e,m}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_{c,h} = K_e A_e (t_{e,m} - t_a) \quad \dots\dots\dots(5)$$

式(2)~式(5)中:

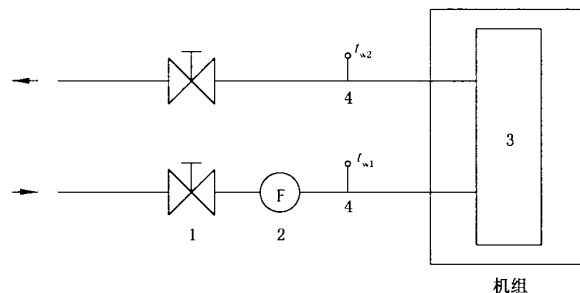
- Q_n ——主要试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- C ——平均温度下水的比热容,单位为焦每千克摄氏度[J/(kg·°C)];
- ρ ——平均温度下水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- q_v ——使用侧冷(热)水体积流量,单位为立方米每秒(m³/s);
- t_1 ——使用侧冷(热)水进口温度,单位为摄氏度(°C);
- t_2 ——使用侧冷(热)水出口温度,单位为摄氏度(°C);
- $Q_{c,r}$ ——环境空气传入使用侧换热器水侧的热量修正项,单位为瓦(W);
- Q_h ——主要试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- $Q_{c,h}$ ——使用侧换热器水侧向环境空气放出的热量修正项,单位为瓦(W);
- K_e ——使用侧换热器外表面与环境空气之间的传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 [W/(m²·°C)] [可取 $K=20$ W/(m²·°C)];
- A_e ——使用侧换热器水侧的外表面面积,单位为平方米(m²);
- t_a ——环境空气温度,单位为摄氏度(°C);
- $t_{e,m}$ ——使用侧换热器冷(热)水进、出口温度的平均值,单位为摄氏度(°C)。

5.2 热平衡法

5.2.1 试验装置

试验装置如图2所示,在机组热源侧换热器(以及油冷却器和压缩机气缸冷却水路等)的进水口处安装有水量测量装置,进、出水口处设置水量调节阀。

试验时,该装置应与采用液体载冷剂法的试验装置配合使用。



说明:

- 1——流量调节阀;
- 2——流量计;
- 3——热源侧换热器;
- 4——温度计。

图2

5.2.2 试验要求

5.2.2.1 热源侧水流量测量值的允许偏差应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定。

5.2.2.2 电源电压、频率和压缩机转速应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定。

5.2.3 制冷量和制热量

机组制冷量按式(6)计算:

$$Q_{n,i} = C\rho q_{vw}(t_{w2} - t_{w1}) + Q_{I,r} + Q_{II} - P - Q_{r,r} \quad \dots\dots\dots(6)$$

其中:

$$Q_{II} = K_f A_f (t_r - t_a) \quad \dots\dots\dots(7)$$

机组制热量按式(8)计算:

$$Q_{h,i} = C\rho q_{vw}(t_{w1} - t_{w2}) - Q_{I,h} - Q_{II} + P + Q_{r,h} \quad \dots\dots\dots(8)$$

对使用侧换热器制冷剂侧进行隔热时,式(6)中的 $Q_{r,r}$ 和式(8)中的 $Q_{I,h}$ 可忽略不计;无隔热时, $Q_{r,r}$ 由式(9)确定, $Q'_{I,h}$ 由式(10)确定:

$$Q_{r,r} = K_e A_e (t_a - t_{r,m}) \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$Q'_{I,h} = K_e A_e (t_{r,m} - t_a) \quad \dots\dots\dots(10)$$

对热源侧换热器制冷剂侧,式(6)中的 $Q'_{I,r}$ 由式(11)确定,式(8)中的 $Q_{r,h}$ 由式(12)确定:

$$Q'_{I,r} = K_h A_h (t_{h,m} - t_a) \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$Q_{r,h} = K_h A_h (t_a - t_{h,m}) \quad \dots\dots\dots(12)$$

热源侧换热器制冷剂侧无隔热时,取 $K_h = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$;对热源侧换热器进行隔热时, K_h 由式(13)确定:

$$\frac{1}{K_h} = \frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta_h}{\lambda_h} \quad \dots\dots\dots(13)$$

辅助设备无隔热时,取 $K_f = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$;对辅助设备隔热时, K_f 由式(14)确定:

$$\frac{1}{K_f} = \frac{1}{\alpha_f} + \frac{\delta_f}{\lambda_f} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式(6)~式(14)中:

- $Q_{n,i}$ ——校核试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- C ——平均温度下水的比热容,单位为焦每千克摄氏度[J/(kg·C)];
- ρ ——平均温度下水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- q_{vw} ——热源侧水体积流量,单位为立方米每秒(m³/s);
- t_{w1} ——热源侧水进口温度,单位为摄氏度(C);
- t_{w2} ——热源侧水出口温度,单位为摄氏度(C);
- $Q_{I,r}$ ——热源侧换热器制冷剂侧向环境空气放出的热量修正项,单位为瓦(W);
- Q_{II} ——压缩机至冷凝器段的油分离器、油冷却器等辅助设备向环境空气放出(吸收)的总热量,单位为瓦(W);
- P ——水冷式机组的压缩机电动机、油泵电动机、电加热器等的输入功率,单位为瓦(W);
- $Q_{r,r}$ ——环境空气传入使用侧换热器制冷剂侧的热量修正项,单位为瓦(W);
- K_f ——上述辅助设备外表面与环境空气间的传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 [W/(m²·C)];
- A_f ——上述辅助设备外表面积,单位为平方米(m²);
- t_r ——上述辅助设备外表面的平均温度,单位为摄氏度(C);
- t_a ——环境空气温度,单位为摄氏度(C);
- $Q_{h,i}$ ——(水冷式热泵机组)校核试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- $Q_{I,h}$ ——使用侧换热器制冷剂侧向环境空气放出的热量修正项,单位为瓦(W);
- $Q_{r,h}$ ——环境空气传入热源侧换热器制冷剂侧的热量修正项,单位为瓦(W);
- K_e ——使用侧换热器外表面与环境空气之间的传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 [W/(m²·C)] [可取 $K = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$];
- A_e ——使用侧换热器水侧的外表面面积,单位为平方米(m²);
- $t_{r,m}$ ——使用侧换热器的制冷剂侧外表面的平均温度(即制冷剂饱和温度),单位为摄氏度(C);

- K_h —— 热源侧换热器外表面与环境空气之间的传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$;
- A_h —— 热源侧换热器外表面积,单位为平方米(m^2);
- $t_{h,m}$ —— 热源侧换热器的制冷剂侧外表面的平均温度(即制冷剂饱和温度),单位为摄氏度($^\circ C$);
- α_h —— 热源侧换热器外表面传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$;
- δ_h —— 热源侧换热器外表面隔热材料厚度,单位为米(m);
- λ_h —— 热源侧换热器外表面隔热材料导热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$;
- α_f —— 辅助设备表面传热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$;
- δ_f —— 辅助设备表面隔热材料厚度,单位为米(m);
- λ_f —— 辅助设备表面隔热材料导热系数,单位为瓦每平方米摄氏度 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ 。

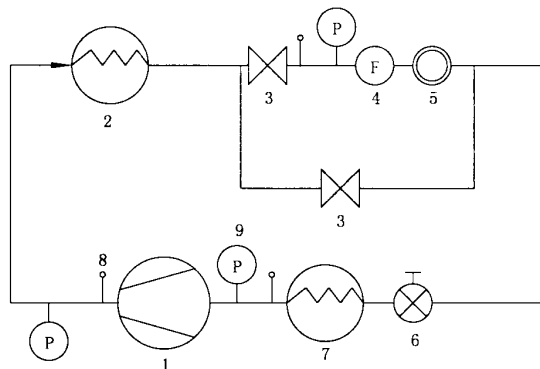
5.3 液体制冷剂流量计法

5.3.1 试验装置

试验装置如图3所示。为测定机组循环中的制冷剂液体流量,可使用记录式、积算式或指示式流量计。流量计安装在贮液器或冷凝器(无贮液器时)出液阀与节流阀之间的液体管道中。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窥镜。

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约相等。除了测量流量的时间以外,旁通管道应是畅通的。

试验时,还应提供为测量含油量而抽取制冷剂-润滑油混合物样品的设备,并应与液体载冷剂法试验装置配合使用。



说明:

- 1——压缩机;
- 2——冷凝器;
- 3——截止阀;
- 4——液体制冷剂流量计;
- 5——玻璃窥镜;
- 6——节流阀;
- 7——蒸发器;
- 8——温度计;
- 9——压力表。

图 3

5.3.2 试验要求

5.3.2.1 为防止制冷剂在流量计中气化,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温度过冷 3 ℃,因而试验时还应记录以下附加数据:

- 流量计进口制冷剂液体温度;
- 流量计出口压力对应制冷剂饱和温度。

5.3.2.2 试验时,液体制冷剂容积流量的波动引起机组制冷量的变化应不大于 1%。

5.3.2.3 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 倍~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 3 个点。

5.3.3 制冷量和制热量

机组制冷量按式(15)计算:

$$Q_{n,f} = \omega M(h_2 - h_1) \dots\dots\dots(15)$$

机组制热量按式(16)计算:

$$Q_{h,f} = \omega M(h_1 - h_2) \dots\dots\dots(16)$$

式(15)~式(16)中:

- $Q_{n,f}$ ——校核试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- $Q_{h,f}$ ——(水冷式热泵机组)校核试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- ω ——制冷剂和润滑油的混合物中制冷剂与混合液的质量比(油循环率为 $1-\omega$);
- M ——用制冷剂流量计测得的制冷剂和润滑油混合物液体质量流量,单位为千克每秒(kg/s);
- h_1 ——使用侧换热器进口制冷剂比焓,单位为焦每千克(J/kg);
- h_2 ——使用侧换热器出口制冷剂比焓,单位为焦每千克(J/kg)。

5.3.4 含油量的测定

制冷剂-润滑油混合物液体含油量的测定按 GB/T 5773—2004 中附录 A 的规定。

注: GB/T 5773—2004 已发布了第 1 号修改单。

6 试验偏差

水冷式机组校核试验和主要试验的试验结果的偏差由式(17)或式(18)计算。

$$\Delta_R = \frac{|Q_n - Q_{n,f}|}{Q_n} \times 100\% \dots\dots\dots(17)$$

$$\Delta_H = \frac{|Q_h - Q_{h,f}|}{Q_h} \times 100\% \dots\dots\dots(18)$$

风冷式或蒸发冷却式机组采用两套测试仪表试验的试验结果的偏差由式(19)或式(20)计算。

$$\Delta'_R = \frac{2|Q_{n1} - Q_{n2}|}{Q_{n1} + Q_{n2}} \times 100\% \dots\dots\dots(19)$$

$$\Delta'_H = \frac{2|Q_{h1} - Q_{h2}|}{Q_{h1} + Q_{h2}} \times 100\% \dots\dots\dots(20)$$

式(17)~式(20)中:

- Δ_R ——(水冷式)机组校核试验和主要试验的制冷试验结果的偏差,%;
- Δ_H ——(水冷式)机组校核试验和主要试验的制热试验结果的偏差,%;
- Δ'_R ——(风冷式或蒸发冷却式)机组采用两套测试仪表试验的制冷试验结果的偏差,%;

- Δ'_H ——(风冷式或蒸发冷却式)机组采用两套测试仪表试验的制热试验结果的偏差, %;
- Q_n ——主要试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_h ——主要试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- $Q_{n,f}$ ——校核试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- $Q_{h,f}$ ——(水冷式热泵机组)校核试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- Q_{n1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_{n2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_{h1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- Q_{h2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制热量,单位为瓦(W)。

7 总输入功率

机组压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵电动机等输入功率的测量和计算按附录 D 的规定。

8 性能系数的评定

水冷式机组制冷性能系数由式(21)确定:

$$\text{COP}_{C,w} = \frac{Q_n}{N_n} \quad \dots\dots\dots (21)$$

风冷式或蒸发冷却式机组制冷性能系数由式(22)确定:

$$\text{COP}_{C,A} = \frac{Q_{n1} + Q_{n2}}{N_{n1} + N_{n2}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

水冷式机组制热性能系数由式(23)确定:

$$\text{COP}_{H,w} = \frac{Q_h}{N_h} \quad \dots\dots\dots (23)$$

风冷式或蒸发冷却式机组制热性能系数由式(24)确定:

$$\text{COP}_{H,A} = \frac{Q_{h1} + Q_{h2}}{N_{h1} + N_{h2}} \quad \dots\dots\dots (24)$$

式(21)~式(24)中:

- $\text{COP}_{C,w}$ ——(水冷式)机组制冷性能系数, W/W;
- $\text{COP}_{C,A}$ ——(风冷式或蒸发冷却式)机组制冷性能系数, W/W;
- $\text{COP}_{H,w}$ ——(水冷式)机组制热性能系数, W/W;
- $\text{COP}_{H,A}$ ——(风冷式或蒸发冷却式)机组制热性能系数, W/W;
- Q_n ——主要试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_h ——主要试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- Q_{n1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_{n2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- Q_{h1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制热量,单位为瓦(W);
- Q_{h2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制热量,单位为瓦(W)。
- N_n ——(水冷式)主要试验测量的机组制冷总输入功率,单位为瓦(W);
- N_h ——(水冷式)主要试验测量的机组制热总输入功率,单位为瓦(W);
- N_{n1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制冷总输入功率,单位为瓦(W);

- N_{n2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制冷总输入功率,单位为瓦(W);
- N_{h1} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用一套测试仪表试验测量的机组制热总输入功率,单位为瓦(W);
- N_{h2} ——(风冷式或蒸发冷却式)采用另一套测试仪表试验测量的机组制热总输入功率,单位为瓦(W)。

9 性能不确定度分析示例

水冷式机组制冷性能测量不确定度分析示例参见附录 E。

附录 A
(规范性附录)

风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组制热性能试验要求

A.1 试验过程

A.1.1 预处理阶段

A.1.1.1 当试验满足 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 规定的试验工况参数的读数允差时,试验进入预处理阶段并持续运行至少 10 min。

A.1.1.2 如果在预处理阶段结束前进行了一个除霜循环,则试验需要在除霜结束后,应在满足 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 规定的试验工况参数的读数允差的条件下再持续制热运行超过 10 min。

A.1.1.3 可用自动除霜或手动除霜方式以结束预处理阶段。

A.1.2 平衡阶段

A.1.2.1 预处理阶段结束后为平衡阶段。

A.1.2.2 平衡阶段持续时间应不少于 1 h。

A.1.2.3 在平衡阶段,试验应满足表 A.1 规定的试验工况参数的读数允差。

A.1.3 数据采集阶段

A.1.3.1 平衡阶段结束后立即进入数据采集阶段。

A.1.3.2 按第 4 章的要求采集所需的数据,并计算热泵机组制热量。

A.1.3.3 应采用一个积分式的电功率计或试验系统测量热泵机组的耗电量。

A.1.3.4 应在数据采集阶段的前 35 min 内计算机组使用侧进、出水的平均温差变化率 $\Delta T_i(\tau)$ 。数据采集期间每 5 min 取值一次,其中第一个 5 min 的进、出水温度偏差 $[\Delta T_i(\tau=0)]$ 应记录保存以计算温差变化率。温差变化率根据式(A.1)计算:

$$\% \Delta T = \frac{\Delta T_i(\tau=0) - \Delta T_i(\tau)}{\Delta T_i(\tau=0)} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$\% \Delta T$ —— 机组使用侧进、出水温度变化百分率;

$\Delta T_i(\tau=0)$ —— 第 1 个 5 min 时间段的进、出水温度偏差,单位为摄氏度(°C);

$\Delta T_i(\tau)$ —— 第 $(\tau+1)$ 个 5 min 时间段的进、出水的温度偏差,单位为摄氏度(°C)。

A.2 稳态和非稳态试验的判定

A.2.1 试验情形 1: 以一个除霜循环结束预处理阶段

A.2.1.1 若在平衡阶段中,机组进行了除霜,则此次制热量试验应确认为一个非稳态试验;反之,若机组在平衡阶段没有除霜,则在数据采集阶段前 35 min 内,对 $\% \Delta T$ 值或机组是否除霜进行判断,若期间 $\% \Delta T$ 超过了 2.5% 或机组进入除霜循环,则此次制热量试验应确认为一个非稳态试验(见 A.3)。

A.2.1.2 在数据采集阶段的前 35 min, 如果 A.2.1.1 提到的情形没有出现, 同时试验满足 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 规定的试验工况参数的读数允差, 则此次制热量试验确认为一个稳态试验。稳态测试的数据采集周期为 35 min。

A.2.2 试验情形 2: 未能以一个除霜循环结束预处理阶段

A.2.2.1 在平衡阶段或在数据采集阶段的前 35 min, 如果机组开始除霜, 机组制热量试验应该重新开始, 试验按 A.2.2.3 的规定执行。

A.2.2.2 在数据采集阶段的前 35 min 内, 如果 $\% \Delta T$ 超过 2.5%, 机组制热量试验应重新开始。在重新试验前, 应完成一个除霜循环。该除霜过程可以手动触发, 也可以等至热泵机组自动触发。

A.2.2.3 若符合 A.2.2.1 或 A.2.2.2 的要求时, 机组应在除霜结束后运行 10 min, 之后重新开始一个持续 1 h 的平衡阶段。本阶段试验应尝试满足 A.1.2、A.1.3 和 A.2.1 的试验要求。

A.2.2.4 如果在试验平衡阶段和数据采集的前 35 min, 没有出现 A.2.2.1 或 A.2.2.2 所描述的情形, 同时试验满足 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 规定的试验工况参数的读数允差, 则此次制热性能试验确认为一个稳态试验。稳态试验的数据采集周期为 35 min。

A.3 非稳态试验的要求

A.3.1 根据 A.2.1.1, 确定机组制热量试验为非稳态过程时, 按 A.3.2 和 A.3.3 的规定执行。

A.3.2 一个有效的机组非稳态过程制热量试验, 在试验的平衡阶段和数据采集阶段, 都应满足表 A.1 规定的试验工况参数的读数允差。

A.3.3 数据采集阶段应该延长至 3 h (或热泵机组完成 3 个除霜循环, 取其短者)。如果在 3 h 内, 机组进行了一个除霜循环, 必须等循环完成后方可结束数据采集。一个完整的循环应该包括一个制热过程和一个除霜过程 (从一个除霜结束到另一个除霜结束)。

注: 连续的循环应该是可重复的, 有相同的结霜和除霜间隔, 以利于计算积分式的制热量和耗功。

表 A.1 非稳态试验工况参数的读数允差

读 数		与测试工况的平均变动幅度		与测试工况的最大变动幅度	
		间隔 H ^a	间隔 D ^b	间隔 H ^a	间隔 D ^b
出水温度 ℃		±0.5	—	±0.5 ℃	—
水流量 m ³ /(h·kW)		±5%			
室外进风温度 ℃	干球	± 1.0	± 1.5	± 1.0	± 5.0
	湿球	± 0.6	± 1.0	± 0.6	—
电压 V		—	—	± 2%	± 2%
静压 Pa		—	—	±5	—
^a 适用于热泵的制热模式, 除了除霜过程和除霜结束之后的前 10 min。 ^b 适用于热泵除霜过程和除霜结束之后的前 10 min。					

A.4 制热量试验结果

A.4.1 稳态制热量计算

A.4.1.1 用数据采集阶段 35 min 所记录的制热量的平均值作为平均制热量。

A.4.1.2 用数据采集阶段 35 min 所记录的输入功率的平均值或 35 min 所记录的积分的输入功率作为平均输入功率。

A.4.2 非稳态制热量计算

A.4.2.1 对于在数据采集期间,如果包含一个或多个完整循环,机组平均制热量应由积分的制热量和数据采集期间所包含的所有时间来确定,平均输入电功率应由积分的输入功率和数据采集期间与测量制热量相同的时间来确定。

注:一个完整的循环包含一个热泵制热过程和从除霜终止到下一次除霜终止的除霜过程。

A.4.2.2 对于在数据采集期间,没有发生完整循环的,机组平均制热量应由积分的制热量和数据采集期间内发生的时间来确定,平均输入电功率应由积分的输入功率和数据采集期间与测量制热量相同的时间来确定。

A.5 除霜期间制热性能试验过程示例图

A.5.1 所有示例都含有一个用除霜循环来结束预处理阶段的情况。非稳态试验的数据采集周期需持续 3 h 或 3 个完整循环。

A.5.2 除霜期间制热性能试验过程示例图见图 A.1~图 A.6。

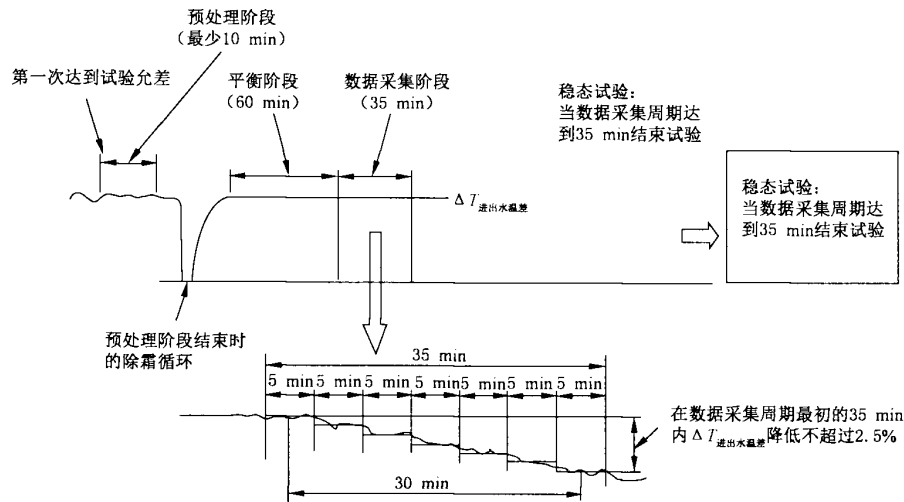


图 A.1 稳态制热性能试验

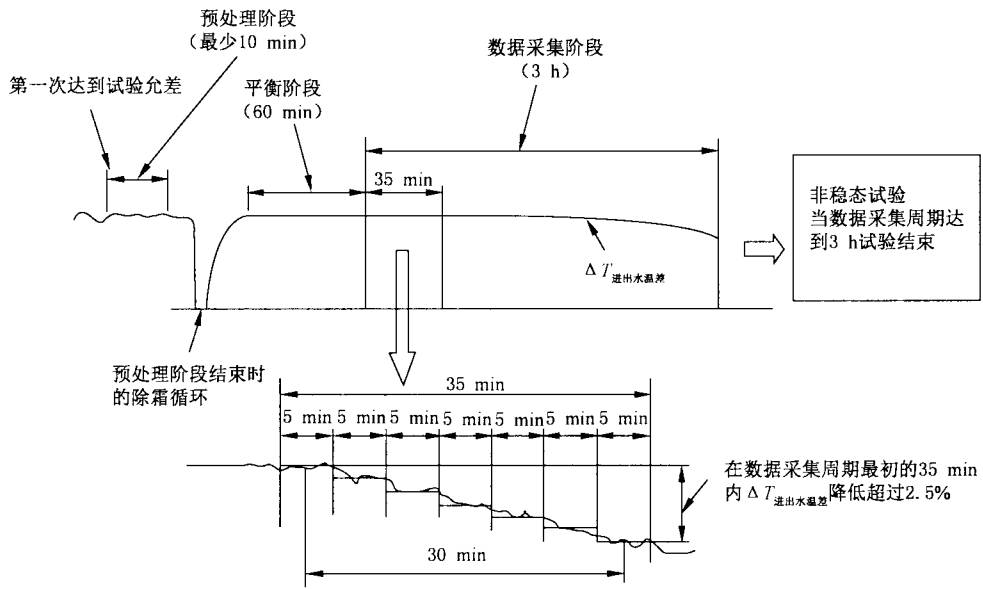


图 A.2 无除霜循环的非稳态制热性能试验

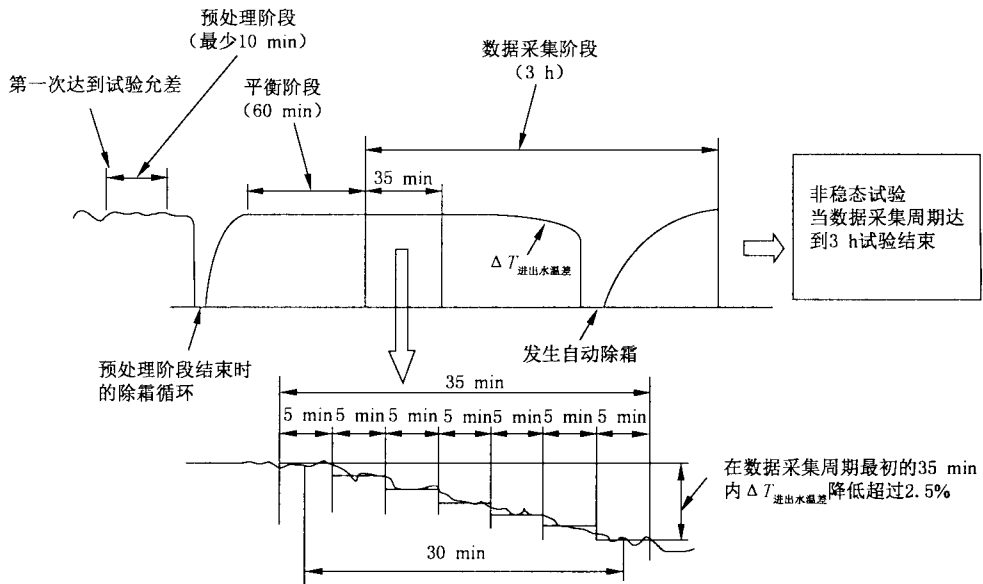


图 A.3 在数据采集期间有一个除霜循环的非稳态制热性能试验

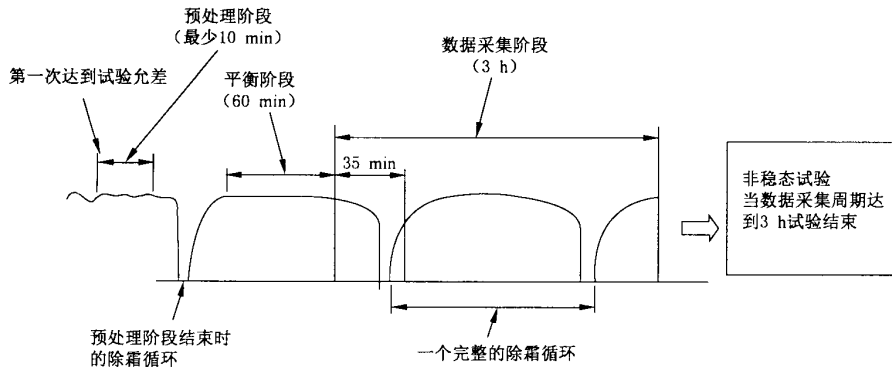


图 A.4 在数据采集期间有一个完整除霜循环的非稳态制热性能试验

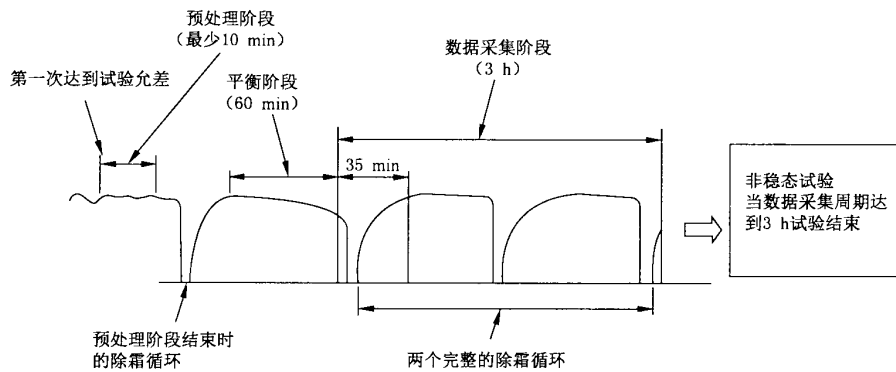


图 A.5 在数据采集期间有两个完整除霜循环的非稳态制热性能试验

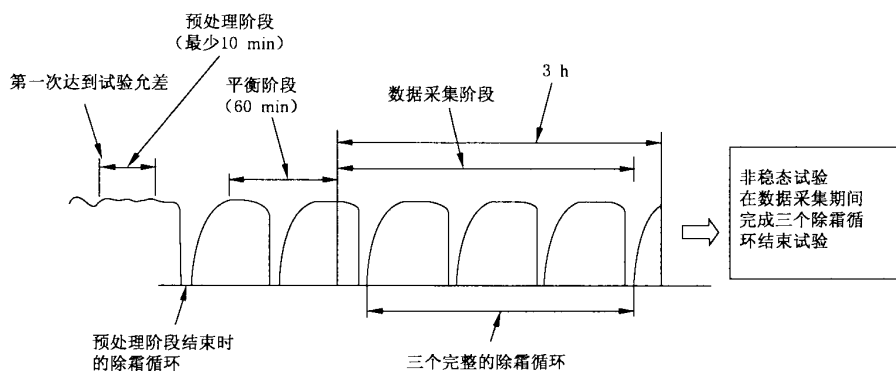


图 A.6 在数据采集期间完成三个完整循环的非稳态制热性能试验

附录 B (规范性附录)

风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组空气进口温度测量

B.1 概述

本附录规定了风冷式和蒸发冷却式冷水(热泵)机组的空气进口温度的测量方法,同时规定了该类机组试验时,机组空气进口温度分布要求。

B.2 定义

B.2.1 空气取样器

空气取样器是一种空气取样管组件,这种组件通过取样管提取空气,来提供进入风冷换热盘管的均匀空气样品。

B.2.2 温湿度测定盒

温湿度测定盒是一种与空气取样器连接,用于安装测量空气温度和湿度的探头的设备。

B.3 一般要求

B.3.1 温度测量仪表及准确度应符合附录 C 的要求。

B.3.2 测试房间和测试装置应合理设计和运行,以保证气流分布的足够均匀及空气的充分混合。

B.3.3 测试环境应避免机组风冷换热器盘管排风的再循环,可使用如下方法检验换热器排风是否循环回换热器盘管:在机组排风口周围均匀安装多个单个读数热电偶(每个取样位置至少布置 1 个),所安装热电偶位于风冷换热盘管风机排气口平面的下方且刚好超过风冷换热器盘管的顶端。这些热电偶的温度与温湿度测定盒处测取的温度之差应不大于 2.8 °C。

B.3.4 测试装置在进行测量前应仔细检查和校正。试验时,机组进口空气温度分布要求应满足表 B.1 规定。

表 B.1 机组空气进口温度分布要求

项 目	变化范围 °C
平均空气干球温度与任何单个温湿度测定盒处的空气干球温度之间的偏差	±1.00(制冷量≤700 kW)
	±1.50(制冷量>700 kW)
用空气取样器热电偶组测量平均值和对应的温湿度测定盒处的空气干球温度之间的之差	±0.80
平均湿球温度与任何单个温湿度测定盒处的空气湿球温度之间的偏差	±0.50

B.4 空气取样器要求

B.4.1 空气取样器用于抽取一份进入风冷换热器盘管的气流均匀样品。典型空气取样器结构见图 B.1。一般用不锈钢、塑料或其他合适的耐久材料制成,其支管应带有适当间隔的孔,其尺寸应在远离干管时通过增加孔尺寸来保证在所有孔中提供相同的气流,从而维持支管和干管中的静压恢复效应。通过取样器孔的平均最小速度应为 0.75 m/s。该取样器组件应有一个管状接口,用于取样风管连接到取样器和温湿度测定盒上。

单位为毫米

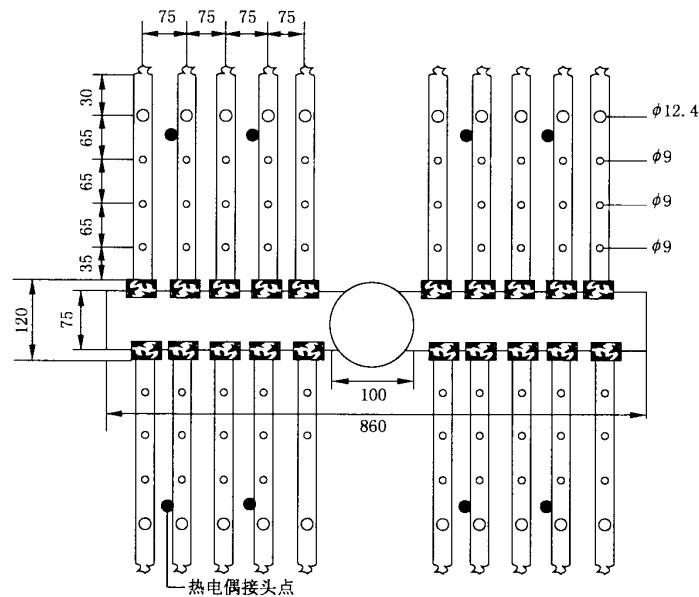


图 B.1 典型空气取样器

B.4.2 取样器还应配有一套热电偶组用于测量取样器上气流的平均温度。热电偶组在每个取样器上应至少有 8 个测点,这些测点均匀间隔分布在取样器上。较小的机组若只带有两个取样器,可以接受单独测量 8 个热电偶点,作为空间分层的确定依据。

B.5 温湿度测定盒要求

温湿度测定盒由一个过流段和抽吸空气通过该过流段的一台风机组成。过流段应配有两个干球温度探头接口,其中一个用于设备干球温度的测量,另一个通过使用附加的温度传感器探头对干球温度测量进行确认。过流段还应配有两个湿球温度探头接口,其中一个用于设备湿球温度的测量,另一个用来通过附加的湿球传感器探头对湿球温度测量进行确认。温湿度测定盒应包括一台可手动或自动调节的风机以保持穿过传感器的空气平均速度。温湿度测定盒的典型配置见图 B.2。

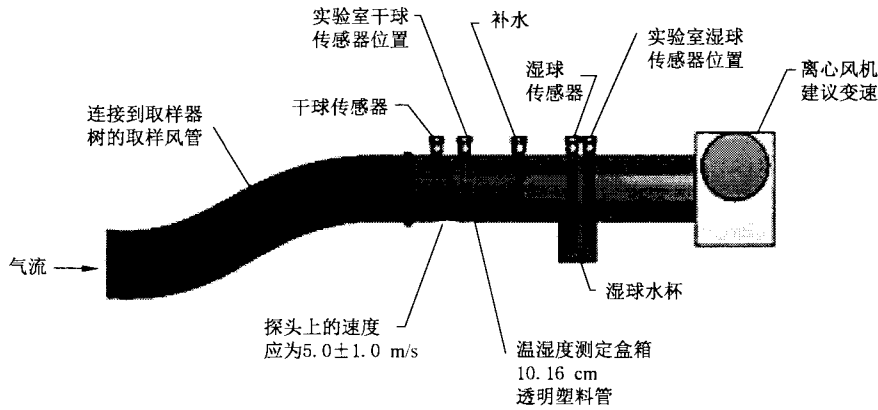


图 B.2 温湿度测定盒

B.6 试验装置

B.6.1 试验装置中,空气取样器的位置设置应满足下列条件:

- a) 机组进风口的上流;
- b) 空气取样器取样管的孔应对着气流方向;
- c) 空气取样器应设置在距机组 500 mm 处,且放置在进风面换热器中心高度;
- d) 空气取样器的风管应不接触地坪,以免妨碍空气的流通;
- e) 机组迎风面长度方向上每隔 1.5 m 对应中心位置处放置一个空气取样器。

B.6.2 在任何情况下应使用至少两个空气取样器以便评估空气温度的均匀性。

B.6.3 冷水机组的每侧应使用至少一只温湿度测定盒(对于有三侧的机组,可使用两只取样器共用一个温湿度测定盒,但对第三侧将需要一个单独的温湿度测定盒)。对于空气进入机组的侧边和底部的机组,应使用附加的空气取样器,附加空气取样器的位置设置应满足上述要求。

B.6.4 一个温湿度测定盒最多连接 4 个空气取样器。应使用经过保温的取样风管将取样器连接到温湿度测定盒,以防止热量传给气流。

B.6.5 空气取样器和温湿度测定盒的典型配置见图 B.3。

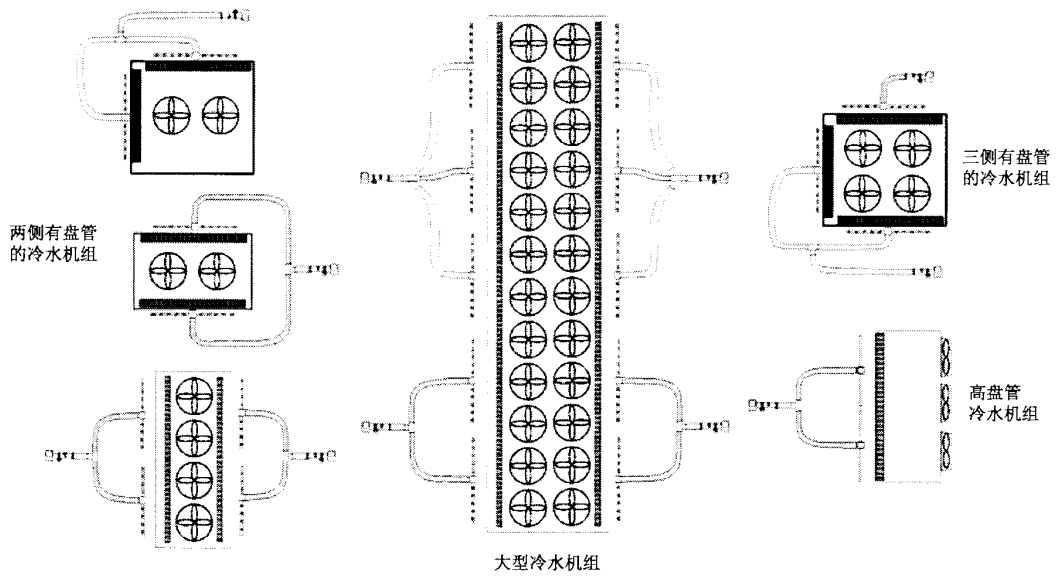


图 B.3 典型试验装置配置

附 录 C
(规范性附录)

试验用仪器仪表的型式及准确度的规定

C.1 试验用仪器仪表的型式及准确度

试验用仪器仪表的型式及准确度按表 C.1 的规定。

表 C.1 试验用仪器仪表的型式及准确度

类别	型式	准确度
温度测量仪表	水银玻璃温度计、电阻温度计	制冷剂温度: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水温及水温温差: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 空气温度: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
	热电偶	热电偶温度: $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
制冷剂压力测量仪表	压力表、变送器	测量压力: $\pm 2.0\%$
空气压力测量仪表	气压表、气压变送器	静压差: $\pm 2.45\text{ Pa}$
流量测量仪表	记录式、指示式、积算式	测量流量: $\pm 1.0\%$
电量测量仪表	功率表(指示式、积算式)、数字功率计、 电流表、电压表、功率因素表、频率表、 互感器	功率表: 指示式不低于 0.5 级精度, 积算式不低于 1 级精度 数字功率计: $\pm 0.2\%$ 量程 电流表、电压表、功率因素表、频率表: 不低于 0.5 级精度 互感器: 不低于 0.2 级精度
功率测量仪表	转矩转速仪、天平式测功计、标准电动机和其他测功仪表	测定轴功率的 $\pm 1.5\%$
转速测量仪表	机械式、电子式	测定转速的 $\pm 1.0\%$
时间测量仪表	秒表	测定经过时间的 $\pm 0.2\%$
质量测量仪表	各类台秤、磅秤等	测定质量的 $\pm 1.0\%$

C.2 测量规定

C.2.1 温度测量

C.2.1.1 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), 管径较小时可逆流或斜插或用测温管, 插入深度为二分之一管道直径。套管内注润滑油或其他导热介质, 读数时不应拔出温度计。

C.2.1.2 可能时, 在用于测量水和制冷剂进、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。

C.2.1.3 空气进口温度的测量按附录 B 的规定。

C.2.2 压力测量

用水银大气压力计测量大气压时,读数应作温度修正。

C.2.3 流量测量

C.2.3.1 流量节流装置的设计、制造、安装和计算应按 GB/T 2624.1~2624.4 的规定。

C.2.3.2 流量节流装置的压差读数应不小于 250 mm 液柱高度。

C.2.4 电气测量

功率表测量值应在满量程的三分之一以上(采用“两功率表”法测量时,其中一个功率表的测量值可以小于满量程的 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压和电流值的 60%。

对于数字功率计:如果使用电流互感器,电流的实际显示值应不低于互感器量程的 20%。

附录 D (规范性附录)

压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵输入功率的测量和计算

D.1 适用范围

本附录适用于机组压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵电动机输入功率和压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵轴输入功率的测量和计算。

D.2 电动机输入功率

压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵电动机输入功率应在电动机输入线端测量。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。测量仪表和精度按附录 C 的规定。

电动机输入功率由式(D.1)计算。

$$N = \sum P_i \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

N ——电动机输入功率，单位为瓦(W)；

P_i ——每个电动机的功率表测得的功率，单位为瓦(W)。

D.3 轴输入功率

D.3.1 压缩机、油泵、风机和淋水装置水泵轴输入功率的测量和计算应采用 D.3.2~D.3.4 中的任一种方法。

D.3.2 直接法。采用转矩转速仪直接测得轴的输入扭矩和转速。

D.3.3 标准电动机法。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，求得轴功率。

D.3.4 天平式测功计法。轴功率由式(D.2)计算：

$$N_z = \frac{GIn_1}{974} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

N_z ——轴输入功率，单位为瓦(W)；

G ——放在电动机定子外壳固定横杆上，用以平衡压缩机(或油泵、风机、淋水装置水泵)制动力矩的砝码质量，单位为千克(kg)；

I ——砝码至电动机转子中心距离，单位为米(m)；

n_1 ——压缩机(或油泵、风机、淋水装置水泵)实际转速，单位为转每分(r/min)。

D.3.5 对于有皮带或外部齿轮传动时，D.3.2~D.3.4 测得的功率，还应乘上传动效率。其中：直联传动的传动效率为 1.0；精密齿轮传动的传动效率为每级 0.985；三角皮带传动的传动效率为 0.965。

D.4 功率修正

必要时，开启式压缩机轴功率采用轴转速修正，封闭式压缩机输入功率采用电网频率修正。修正值按式(D.3)计算：

$$N_c = N_z \frac{n}{n_1} \text{ 或 } N_c = N \frac{f}{f_1} \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

N_c —— 经转速修正的轴功率或频率修正的输入功率，单位为瓦(W)；

N_z —— 轴输入功率，单位为瓦(W)；

N —— 电动机输入功率，单位为瓦(W)；

n_1 —— 压缩机(或油泵、风机、淋水装置水泵)实际转速，单位为转每分(r/min)；

n —— 压缩机名义转速，单位为转每分(r/min)；

f —— 电源名义频率，单位为赫兹(Hz)；

f_1 —— 电源实际频率，单位为赫兹(Hz)。

附录 E
(资料性附录)

水冷式冷水机组制冷性能测量不确定度分析示例

以下给出水冷式冷水机组制冷性能测量的不确定度分析的示例。

E.1 测量原理和数学模型

E.1.1 概述

本算例中,水冷式冷水机组的主要试验采用液体载冷剂法,校核试验采用热平衡法。其测量原理见第 5 章。忽略使用侧或热源侧换热器及压缩机至冷凝器段的辅助设备与环境空气的传递热量的影响。

本算例水冷式冷水机组名义制冷量为 300 kW,名义制冷消耗总功率为 60 kW。

E.1.2 主要试验测量的机组制冷量

根据规定,主要试验采用液体载冷剂法测量的机组制冷量的计算式如下:

$$Q_{ne} = C_e \rho_e q_{ve} (t_{1e} - t_{2e}) \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

测试过程中冷水的温度变化很小,可视 C_e 和 ρ_e 为常数。影响机组制冷量的直接测量为 q_{ve} 、 t_{1e} 和 t_{2e} 。

根据测量不确定度合成原理,主要试验测量的机组制冷量的扩展不确定度为:

$$U(Q_{ne}) = k \sqrt{u_1^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2 + (c_4 u_4)^2} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

其中: $c_2 = \frac{\partial Q_{ne}}{\partial q_{ve}} = C_e \rho_e (t_{1e} - t_{2e}) \quad \dots\dots\dots (E.3)$

$$c_3 = \frac{\partial Q_{ne}}{\partial t_{1e}} = C_e \rho_e q_{ve} \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

$$c_4 = \frac{\partial Q_{ne}}{\partial t_{2e}} = -C_e \rho_e q_{ve} \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

式(E.1)~式(E.5)中:

- Q_{ne} —— 主要试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);
- C_e —— 平均温度下使用侧水的比热容,单位为焦每千克摄氏度[J/(kg·°C)];
- ρ_e —— 平均温度下使用侧水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- q_{ve} —— 使用侧水的体积流量,单位为立方米每秒(m³/s);
- t_{1e} —— 使用侧冷(热)水进口温度,单位为摄氏度(°C);
- t_{2e} —— 使用侧冷(热)水出口温度,单位为摄氏度(°C);
- $U(Q_{ne})$ —— 主要试验测量的机组制冷量的扩展不确定度;
- k —— 包含因子;
- u_1 —— 主要试验的重复测量引起的 A 类标准不确定度分项;
- u_2 —— 主要试验的流量测试系统 B 类标准不确定度分项;
- u_3 —— 主要试验的进水温度测试系统 B 类标准不确定度分项;
- u_4 —— 主要试验的出水温度测试系统 B 类标准不确定度分项;
- c_i —— 各项灵敏系数。

E.1.3 输入功率

输入功率扩展不确定度为:

$$U(P_0) = k \sqrt{u_5^2 + u_6^2} \quad \dots\dots\dots (E.6)$$

式中:

$U(P_0)$ ——输入功率扩展不确定度;

k ——包含因子;

u_5 ——重复测量引起的 A 类标准不确定度分项;

u_6 ——功率测试系统 B 类标准不确定度分项。

E.1.4 校核试验测量的机组制冷量

根据规定,校核试验采用热平衡法测量的机组制冷量的计算式如下:

$$Q_{nc} = C_c \rho_c q_{vc} (t_{w2,c} - t_{w1,c}) - P_0 \quad \dots\dots\dots (E.7)$$

测试过程中热源侧水的温度变化很小,可视 C_c 和 ρ_c 为常数。影响机组制冷量的直接测量量为 q_{vc} 、 $t_{w1,c}$ 和 $t_{w2,c}$ 。

根据测量不确定度合成原理,校核试验测量的机组制冷量的扩展不确定度为:

$$U(Q_{nc}) = k \sqrt{u_7^2 + (c_8 u_8)^2 + (c_9 u_9)^2 + (c_{10} u_{10})^2 + (c_{11} u_{11})^2} \quad \dots\dots\dots (E.8)$$

$$c_8 = \frac{\partial Q_{nc}}{\partial q_{vc}} = C_c \rho_c (t_{w2,c} - t_{w1,c}) \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

$$c_9 = \frac{\partial Q_{nc}}{\partial t_{w1,c}} = -C_c \rho_c q_{vc} \quad \dots\dots\dots (E.10)$$

$$c_{10} = \frac{\partial Q_{nc}}{\partial t_{w2,c}} = C_c \rho_c q_{vc} \quad \dots\dots\dots (E.11)$$

$$c_{11} = \frac{\partial Q_{nc}}{\partial P_0} = -1 \quad \dots\dots\dots (E.12)$$

式(E.7) ~ 式(E.12)中:

Q_{nc} ——校核试验测量的机组制冷量,单位为瓦(W);

C_c ——平均温度下热源侧水的比热容,单位为焦每千克摄氏度[J/(kg·°C)];

ρ_c ——平均温度下热源侧水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

q_{vc} ——热源侧水的体积流量,单位为立方米每秒(m³/s);

$t_{w1,c}$ ——热源侧水进口温度,单位为摄氏度(°C);

$t_{w2,c}$ ——热源侧水出口温度,单位为摄氏度(°C);

P_0 ——水冷式机组的压缩机电动机、油泵电动机、电加热器等的输入功率,单位为瓦(W);

$U(Q_{nc})$ ——校核试验测量的机组制冷量的扩展不确定度;

k ——包含因子;

u_7 ——校核试验的重复测量引起的 A 类标准不确定度分项;

u_8 ——校核试验的流量测试系统 B 类标准不确定度分项;

u_9 ——校核试验的进水温度测试系统 B 类标准不确定度分项;

u_{10} ——校核试验的出水温度测试系统 B 类标准不确定度分项;

u_{11} ——输入功率标准不确定度。

E.2 标准不确定度分量评定

E.2.1 标准不确定度分量的 A 类评定

对被测冷水机组进行不少于 7 次独立的重复测量,测量数据(示例值)见表 E.1。

表 E.1 机组制冷量的 7 次测量数据(示例值)

序号	Q_{nc}	Q_{nc}	P_o
	kW		
1	301.978	299.700	60.112
2	303.771	297.580	60.497
3	303.375	297.615	60.406
4	302.780	297.865	60.666
5	302.198	296.848	60.617
6	302.125	298.683	60.382
7	303.116	298.250	60.314
平均值	302.763	298.077	60.428
标准不确定度	$u_1=0.261$	$u_7=0.347$	$u_5=0.071$

A 类方法评定的不确定度分量按式(E.13)计算：

$$u(x_i) = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad \dots\dots\dots (E.13)$$

式中：

- $u(x_i)$ —— 分别代表主要试验测量的机组制冷量、校核试验测量的机组制冷量或输入功率的 A 类标准不确定度分量；
- m —— 独立的重复测量总次数，本算例中为 7；
- j —— 独立的重复测量次数；
- x_{ij} —— 分别代表主要试验测量的机组制冷量、校核试验测量的机组制冷量或输入功率的第 j 次独立测量值；
- \bar{x}_i —— 分别代表主要试验测量的机组制冷量、校核试验测量的机组制冷量或输入功率的 j 次独立测量的平均值。

E.2.2 标准不确定度分量的 B 类评定

E.2.2.1 概述

以各测量的平均值为计算依据，计算出各项灵敏系数，进一步得到各项测量不确定度分量。

E.2.2.2 主要试验测量参数的不确定度分量

灵敏系数 c_2 为 20 869 kJ/m³，根据检定/校准证书给出的不确定度为 0.1% F.S.(示例值)，得到 $u_2=3 \times 10^{-5}$ m³/s，则主要试验的流量的不确定度分量 $c_2 u_2=0.626$ kW。灵敏系数 c_3 为 60.86 kW/K，根据检定/校准证书给出的标准不确定度 $u_3=0.03$ K(示例值)，则主要试验的进水温度的不确定度分量 $c_3 u_3=1.757$ kW。灵敏系数 c_4 为 -60.86 kW/K，根据检定/校准证书给出的标准不确定度 $u_4=0.03$ K(示例值)，则主要试验的出水温度的不确定度分量 $c_4 u_4=-1.757$ kW。

E.2.2.3 输入功率的 B 类标准不确定度

功率计的最大允许误差为±0.5%(示例值),按均匀分布考虑,输入功率的 B 类标准不确定度为:

$$u_6 = \frac{60.428 \times 0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.174 \text{ kW} \dots\dots\dots (E.14)$$

E.2.2.4 校核试验测量参数的不确定度分量

灵敏系数 c_8 为 20 635 kJ/m³,根据检定/校准证书给出的不确定度为 0.1%F.S.(示例值),得到标准不确定度 $u_8 = 3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$,则校核试验的流量的不确定度分量 $c_8 u_8 = 0.619 \text{ kW}$ 。灵敏系数 c_9 为 -72.67 kW/K,根据检定/校准证书给出的标准不确定度 $u_9 = 0.03 \text{ K}$ (示例值),则校核试验进水温度的不确定度分量 $c_9 u_9 = -2.181 \text{ kW}$ 。灵敏系数 c_{10} 为 72.67 kW/K,根据检定/校准证书给出的标准不确定度 $u_{10} = 0.03 \text{ K}$ (示例值),则校核试验的出水温度的不确定度分量 $c_{10} u_{10} = 2.181 \text{ kW}$ 。

E.3 合成标准不确定度的评定

表 E.2 给出了标准不确定度数据。

表 E.2 标准不确定度数据

输入量	灵敏系数 c_i	标准不确定度 u_i	$ c_i u_i $	输入量	灵敏系数 c_i	标准不确定度 u_i	$ c_i u_i $
u_1	1	0.261 kW	0.261 kW	u_6	1	0.174 kW	0.174 kW
q_{ve}	20 869 kJ/m ³	$3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$	0.626 kW	u_7	1	0.347 kW	0.347 kW
t_{1c}	60.86 kW/K	0.03 K	1.757 kW	q_{vc}	20 635 kJ/m ³	$3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$	0.619 kW
t_{2c}	-60.86 kW/K	0.03 K	1.757 kW	$t_{w1,c}$	-72.67 kW/K	0.03 K	2.181 kW
u_5	1	0.071 kW	0.071 kW	$t_{w2,c}$	72.67 kW/K	0.03 K	2.181 kW

根据测量不确定度合成原理,主要试验测量的机组制冷量的合成标准不确定度按式(E.15)计算:

$$u_c(Q_{ne}) = \sqrt{u_1^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2 + (c_4 u_4)^2} = 2.576 \text{ kW} \dots\dots\dots (E.15)$$

主要试验测量的机组制冷量的相对合成标准不确定度为 0.9%;

根据测量不确定度合成原理,输入功率的合成标准不确定度按式(E.16)计算:

$$u_c(P_0) = \sqrt{u_5^2 + u_6^2} = 0.188 \text{ kW} \dots\dots\dots (E.16)$$

输入功率的相对合成标准不确定度为 0.3%;

根据测量不确定度合成原理,校核试验测量的机组制冷量的合成标准不确定度按式(E.17)计算:

$$u_c(Q_{nc}) = \sqrt{u_7^2 + (c_8 u_8)^2 + (c_9 u_9)^2 + (c_{10} u_{10})^2 + u_{11}^2} = 3.165 \text{ kW} \dots\dots\dots (E.17)$$

其中: $u_{11} = u_c(P_0)$ 。

校核试验测量的机组制冷量的相对合成标准不确定度为 1.1%。

注:相对合成标准不确定度为合成标准不确定度与对应的独立重复测量结果算术平均值的比值。

E.4 扩展不确定度的评定

取置信概率 $p=95\%$, 包含因子 $k=2$ 。按照式(E.2)、式(E.6)和式(E.8)计算扩展不确定度: 机组主要试验测量的机组制冷量的扩展不确定度 $U(Q_{nc})=5.152$ kW, 主要试验测量的机组制冷量的相对扩展不确定度为 1.8%; 输入功率的扩展不确定度 $U(P_0)=0.376$ kW, 输入功率的相对扩展不确定度为 0.6%; 校核试验测量的机组制冷量的扩展不确定度 $U(Q_{nc})=6.330$ kW, 校核试验测量的机组制冷量的相对扩展不确定度为 2.2%。

注: 相对扩展不确定度为扩展不确定度与对应的独立重复测量结果算术平均值的比值。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
蒸 气 压 缩 循 环 冷 水 (热 泵) 机 组
性 能 试 验 方 法
GB/T 10870—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

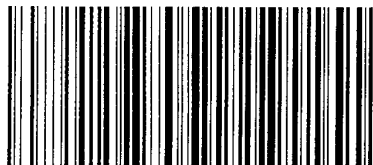
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 58 千字
2014年9月第一版 2014年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-49730 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 10870—2014