

ICS 27.010

CCS F 01

# 团 体 标 准

T/CABEE 129-2026

## 超低环境温度双级复叠空气源热 泵热水机组

Extremely low ambient temperature air source two-stage  
cascade heat pump water heating packages

2026-01-29 发布

2026-04-01 实施

中国建筑节能协会 发布

## 目 次

前言 .....	1
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 型式和基本参数 .....	4
5 要求 .....	6
6 试验方法 .....	8
7 检验规则 .....	11
8 标志、包装、运输和贮存 .....	12
附录 A (规范性) 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组试验方法 .....	14

## 前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑节能协会归口管理。

本文件起草单位：江苏蓄能谷实业有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、兰州交通大学、兰州中建建设科技有限责任公司、青海国晟新能源集团有限公司、华陇国际产业投资有限公司、甘肃省兰州公路事业发展中心、中海油能源发展股份有限公司清洁能源分公司、中海实业有限责任公司总部综合服务分公司、华润新能源投资有限公司内蒙古分公司、佩奇姆能源科技南通有限公司。

本文件主要起草人：苏树强、李晓萍、李以通、陈晨、赵周洋、甄箫斐、彭建明、王亚青、李瀚、蔺森山、严江林、董缇、郭翠双、孙超、王占鑫、刘航、张艳平、武天平、李静、江鹏、郭硕、苏朋。

本文件主要审查人员：李德英、冯国会、倪龙、徐稳龙、牟京芳、李保国、肖洪海。

# 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组

## 1 范围

本文件规定了超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组的术语和定义、型式和基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组的性能检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191 包装储运图示标志

GB/T 1720 漆膜划圈试验

GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 10870-2014 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

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 25127.1 低环境温度空气源热泵（冷水）机组第1部分：工业或商业用及类似用途的热泵（冷水）机组

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

NB/T 47012 制冷装置用压力容器

### 3 术语和定义

JB/T 7249界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组** extremely low ambient temperature air source two-stage cascade heat pump water heating packages

由电动机驱动的蒸气压缩制热循环，以空气为热源的供热热水机组，双级复叠（two-stage cascade）是指由两个独立的制热循环通过一个共同的换热器串联耦合组成的系统。

#### 3.2

**名义工况性能系数** performance coefficient of nominal condition; COP<sub>n</sub>

在表 1 规定的名义工况下，机组以相同单位表示的制热量与总输入电功率的比值。

#### 3.3

**综合部分负荷性能系数** integrated part load value; IPLV(H)

基于表2规定的部分负荷工况下机组的部分负荷性能系数值，通过公式（1）计算获得一个单一数值表示的机组的部分负荷效率指标。

综合部分负荷性能系数 IPLV (H) :

$$IPLV(H)=12.6\% * A_1 + 35.9\% * B_1 + 37.4\% * C_1 + 14.1\% * D_1 \quad \dots \quad (1)$$

式中：

$A_1$ ——100%负荷时的制热性能系数 COP，单位为瓦[特]每瓦[特] (W/W)；

$B_1$ ——75%负荷时的制热性能系数 COP，单位为瓦[特]每瓦[特] (W/W)；

$C_1$ ——50%负荷时的制热性能系数 COP，单位为瓦[特]每瓦[特] (W/W)；

$D_1$ ——25%负荷时的制热性能系数 COP，单位为瓦[特]每瓦[特] (W/W)。

**注1：**单位为瓦[特]每瓦[特] (W/W)，值保留2位小数。

**注2：**IPLV (H) 主要代表平均的单台机组的运行工况，不代表一个特有的工程安装实例。

**注3：** IPLV (H) 的计算参考兰州城市数据。

#### 3.4

**超低温工况性能系数** coefficient of performance at extremely low ambient temperature operating conditions; COP<sub>d</sub>

在表 3 规定的超低温工况下，机组以相同单位表示的制热量与总输入电功率的比值。

#### 3.5

**连续制热周期** continuous heating cycle

在制热运行模式下，从上一次制热开始（融霜结束）到本次融霜结束的一个完整的制热、融霜过程。

## 4 型式和基本参数

### 4.1 型式

4.1.1 按使用电源型式：三相电源式（380V, 50Hz）

4.1.2 按结构型式分为：

——整体式

——分体式

4.1.3 按机组功能：单热型

4.1.4 机组结构型式：机组由压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器、四通阀、冷凝蒸发器、风机、汽液分离器、过滤器等构成，原理示意图如图 1。

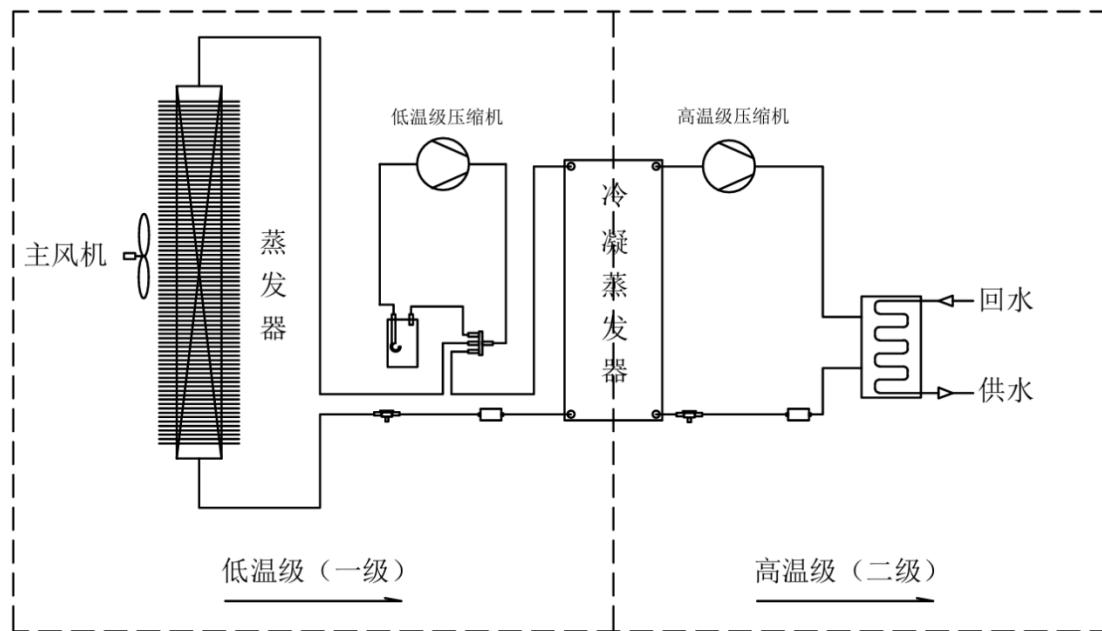


图 1 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组原理示意图

### 4.2 基本参数

#### 4.2.1 工况

##### 4.2.1.1 名义工况

机组的名义工况见表 1。

表 1 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组的名义工况

项目	使用侧		热源侧	
	单位制热量流量 $m^3 / (h \cdot kW)$	出口温度 $^{\circ}C$	干球温度 $^{\circ}C$	湿球温度 $^{\circ}C$
制热	0.172	41	-12	-13.5
单位制热量水流量单位 $m^3 / (h \cdot kW)$ 里的“kW”是单位名义制热量				

#### 4.2.1.2 部分负荷工况

机组部分负荷工况见表 2。

表 2 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组部分负荷工况

项目	负荷/%	使用侧		热源侧	
		单位制热量水流量 $m^3/(h \cdot kW)$	出口温度 °C	干球温度 °C	湿球温度 °C
制热	100%	0.172	55	0	/
	75%			-12	/
	50%			-20	/
	25%			-30	/

单位制热量水流量单位  $m^3/(h \cdot kW)$  里的“kW”是单位名义制热量

#### 4.2.1.3 超低温工况

超低温工况见表3。

表 3 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组的超低温工况

项目	使用侧		热源侧	
	单位制热量流量 $m^3/(h \cdot kW)$	出口温度 °C	干球温度 °C	湿球温度 °C
制热	0.172	65	-40	/

单位制热量水流量单位  $m^3/(h \cdot kW)$  里的“kW”是单位名义制热量

#### 4.2.1.4 融霜工况

机组融霜工况见表 4。

表 4 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组融霜工况

项目	使用侧		热源侧	
	单位制热量流量 $m^3/(h \cdot kW)$	出口温度 °C	干球温度 °C	湿球温度 °C
融霜	0.172	41	-30	/

单位制热量水流量单位  $m^3/(h \cdot kW)$  里的“kW”是单位名义制热量

#### 4.2.1.5 工况的其他规定

机组工况的其他规定如下：

- a) 测试机组换热系统认定为清洁状态。
- b) 大气压力为 101 kPa。

#### 4.2.2 性能系数

4.2.2.1 机组各工况时的性能系数不应低于表5中给出的性能系数。

表5 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组应满足的性能系数

工况	名义工况 性能系数 (COPh)	综合部分负荷性能系 数 [IPLV (H)]	超低温工况 性能系数 (COPh)
制热	≥2.3	≥1.8	≥1.5

## 5 要求

### 5.1 一般要求

5.1.1 机组应符合本文件的规定，并按经规定程序批准的图样和技术条件（或按用户和制造商的协议）制造。

5.1.2 机组的黑色金属制件，表面应进行防锈蚀处理。

5.1.3 机组涂装件，不应有明显的气泡、皱纹、流痕、漏涂、底漆外露等缺陷及其他损伤。

5.1.4 机组电镀件表面不应有剥落、露底、针孔、明显的花斑和划伤等缺陷。

5.1.6 机组装饰性塑料件不应有裂痕、气泡和明显缩孔等缺陷，塑料件按相关标准规定的热老化和机械强度试验后，不应有明显的碎裂、变形等缺陷。

5.1.7 机组的铭牌和装饰板经型式试验后不应变形、脱落，其图案和字迹应清晰。

5.1.8 机组的紧固件及其他组件应符合有关标准规定，其易损件应便于更换。

5.1.9 机组各种控制设备应能正常工作。

5.1.10 机组主机各零部件的安装应牢固、可靠，压缩机应具有防振动措施。运转时无异常声响，管路与零部件间不应有相互摩擦和碰撞。

5.1.11 涂装件的涂层应牢固，涂装件涂层附着力按6.3.11 的方法试验，其附着力应达到GB/T 1720 规定的二级以上。

### 5.2 安全要求

机组安全与防护要求应符合 GB/T 25127.1 的有关规定。

### 5.3 性能要求

#### 5.3.1 密封性能

机组的制冷系统应具有良好的密封性能，按 6.3.1 进行气密性试验时，系统各部分不应有泄漏。

#### 5.3.2 强度要求

机组的水系统管路应具有足够的强度，按 6.3.2 进行压力试验时，系统各部位及接头处应无异常变形或水泄漏。

#### 5.3.3 名义工况性能

- 5.3.3.1 按 6.3.4.1 的方法试验, 机组的实测制热量应不小于名义制热量的 95%。
- 5.3.3.2 按 6.3.4.2 的方法试验, 机组的实测制热消耗功率应不大于名义制热消耗功率的 110%。
- 5.3.3.3 性能系数 (COP) 按 6.3.4.1 方法实测制热量与按 6.3.4.2 方法实测制热消耗功率的比, 应不小于明示值的 95% 且应不小于表 5 的规定值。

#### 5.3.4 部分负荷工况性能

- 5.3.4.1 按 6.3.5 的方法试验, 机组应按表 2 规定的工况测定制热 100%、75%、50%、25% 负荷点的性能系数, 按照公式 (1) 计算综合部分负荷性能系数  $IPLV(H)$ 。
- 5.3.4.2 如机组不能满足 5.3.4.1 部分负荷工况要求, 则按就上就近原则, 取就上就近负荷点数据作为该负荷点数据。

示例: 若机组可卸载至 75%, 但不能卸载至 50% 及以下, 则 50% 与 25% 负荷点取 75% 的负荷点数据; 若机组可卸载至 50%, 但不能卸载至 25% 及以下, 则 25% 负荷点取 50% 的负荷点数据。

- 5.3.4.3 综合部分负荷性能系数  $IPLV(H)$  应不小于明示值的 95% 且应不小于表 5 的规定值。

#### 5.3.5 超低温工况性能

- 5.3.5.1 按 6.3.6 的方法试验, 机组的实测制热量应不小于名义制热量的 95%, 机组的实测制热消耗功率应不大于名义制热消耗功率的 110%。
- 5.3.5.2 性能系数 (COP) 按 6.3.4.1 方法实测制热量与按 6.3.4.2 方法实测制热消耗功率的比, 应不小于明示值的 95% 且应不小于表 5 的规定值。

#### 5.3.6 最大负荷工况要求

按 6.3.7 的方法试验, 机组各部件不应损坏, 过载保护器不应跳开, 机组应能正常运行。

#### 5.3.7 融霜

- 机按 6.3.8 的方法进行融霜试验, 机组符合以下要求:
- 安全保护元器件不应动作而停止运行;
  - 融霜应自动进行、功能正常、融霜彻底, 融霜时的融化水应能正常排放;
  - 融霜所需的总时间应不超过试验总时间的 20%。

#### 5.3.8 噪声

机组噪声测量按 6.3.9 的规定进行, 实测最大噪声值应不大于规定值, 且不应大于机组明示值, 允差  $+2\text{dB(A)}$ 。

## 6 试验方法

### 6.1 仪表准确度和测量规定

6.1.1 试验用仪器、仪表准确度按GB/T 10870-2014中附录C的规定并经校准或检定合格。温度和压力等受现场接线或安装影响的仪器、仪表，宜在测量现场对传感器、二次仪表和软件等进行整体校准。

#### 6.1.2 测量按以下规定进行

- a) 测量仪表的安装和使用按GB/T 10870-2014中附录C的规定；
- b) 机组空气干、湿球温度的测量按GB/T 10870-2014中附录B的规定；

#### 6.2 机组安装和试验规定

6.2.1 测试过程中，相关水温、流量等读数的平均变动幅度应符合表6的规定；最大变动幅度应符合表7的规定。

表 6 机组测试温度和流量读数允差（平均变动幅度）

项目	使用侧		热源侧（或放热侧）	
	水流量 m <sup>3</sup> /h	出水水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
名义工况	±5%	±0.3	±0.5	±0.5
最大负荷工况		±0.5	±0.5	/
超低温工况		±0.5	±0.5	/
融霜工况		±0.3	±0.5	/

表 7 机组测试温度和流量读数允差（最大变动幅度）

项目	使用侧		热源侧（或放热侧）	
	水流量 m <sup>3</sup> /h	出水水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
名义工况	±5%	±0.5	±1	±1
最大负荷工况		±1	±1	/
超低温工况		±1	±0.5	/
融霜工况		±0.5	±0.5	/

6.2.2 电源条件：机组应在其铭牌规定的额定电压和额定频率下运行，电压偏差应不大于±5%，频率偏差应不大于±1%。

#### 6.3 试验项目

##### 6.3.1 气密性试验

机组制冷剂侧在设计压力下，按NB/T 47012中泄漏试验的方法进行检验，应符合5.3.1的规定。

##### 6.3.2 压力试验

机组水侧在 1.25 倍设计压力下, 按NB/T47012 中液压试验方法进行检验, 应符合 5.3.2 的规定。

### 6.3.3 电气控制设备试验

机组在接近超低温工况条件下连续运行 6h, 检查电气控制设备和保护器件, 应符合 5.1.9 的规定。

### 6.3.4 名义工况性能试验

#### 6.3.4.1 制热量和消耗总功率试验

将机组的能量调节调整至对应工况模式下, 按照附录A的方法, 按照 GB/T 10870 的规定, 主要采用液体载冷剂法进行试验测定和计算, 在表 1 规定的名义工况和 6.2.2 规定的电源条件下, 在超低温实验室利用电磁流量计、多功能电表测定组的制热量和功耗。

#### 6.3.4.2 性能系数 COP

根据 6.3.4.1 测得超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组的制热量、制热消耗总功率, 在系统运行结束后, 根据公式 (2), 得到值应符合表 5 及 5.3.3.3 的要求。

$$\text{性能系数} \quad \text{COP} = Q_n / N_o \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中:

$Q_n$  —— 由 6.3.4.1 测定的制热量, 单位为千瓦 (kW) ;

$N_o$  —— 由 6.3.4.1 测定的机组总耗电功率, 单位为千瓦 (kW) 。

### 6.3.5 部分负荷工况性能试验

机组在表 2 规定的部分负荷工况, 按 6.3.4.1 方法进行制热量试验, 并按公式 (2) 计算性能系数, 按公式 (1) 计算名义综合部分负荷性能系数  $IPLV(H)$ , 应符合表 5 和 5.3.4 的规定。

### 6.3.6 超低温工况性能试验

机组在表 3 规定的超低温工况, 按 6.3.4.1 方法进行制热量试验, 并按公式 (2) 计算性能系数, 得到值应符合表 5 及 5.3.5 的要求。

### 6.3.7 最大负荷工况

在额定频率下, 试验电压分别为额定电压的 90% 和 110%, 按表 2 的最大负荷工况运行, 在达到稳定后, 连续运行 1h; 然后停机 3min (此间电压上升不超过 3%), 再启动运行 1h。应符合 5.3.6 的规定。

### 6.3.8 融霜试验

按表 4 规定的融霜工况下, 首次融霜周期结束后, 再连续运行两个完整的制热融霜周期或继续运行 3h, 取其长者, 应符合 5.3.7 的规定。

### 6.3.9 噪声试验

机组在额定电压、额定频率下, 在接近名义工况, 应按 GB/T 25127.1 中附录 C 的方法检测机组噪声, 结果应符合 5.3.8 的规定。

### 6.3.10 盐雾试验

机组电镀件的盐雾试验按GB/T 2423.17的规定进行，试验周期为24h。试验前，电镀件表面应清洗除油；试验后，应先用清水冲掉残留在表面的盐分，然后再检查电镀件的腐蚀情况。

### 6.3.11 涂装件涂层附着力试验

机组涂装件应按 GB 1720 进行附着力试验，其附着力应符合5.1.11 的规定。

### 6.3.12 安全性能试验

机组的安全性能试验按 GB/T 25127.1 的有关规定进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验类别

机组的检验分为出厂检验、抽样检验和型式检验三类。检验项目、技术要求和试验方法按表8的规定。

表 8 出厂、抽样和型式检验的项目、要求和试验方法

序号	检验项目	出厂检验	抽样检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	一般检测				5.1	视检
2	泄漏电流				5.2	6.3.12
3	电气强度		√		5.3.1	6.3.1
4	接地电阻				5.3.2	6.3.2
5	防触电保护				5.1.9	6.3.3
6	气密性		√		5.3.3.1	6.3.4.1
7	压力试验				5.3.3.2	6.3.4.1
8	电气控制设备				5.3.3.3	6.3.4.2
9	名义制热量				5.3.4	6.3.5
10	名义制热消耗功率				5.3.5	6.3.6
11	名义制热性能系数				5.3.6	6.3.8
12	部分负荷性能系数				5.3.7	6.3.8
13	超低温工况				5.3.8	6.3.9
14	最大负荷				5.1.4	6.3.10
15	融霜				5.1.3	6.3.11
16	噪声					
17	盐雾试验					
18	涂装件涂层附着力					

表注：“√”为做试验；“—”不做试验

### 7.2 出厂检验

每台机组均应进行出厂检验。检验项目、要求和试验方法按表 8 的规定。

### 7.3 抽样检验

- 7.3.1 机组应从出厂检验合格的产品中抽样，检验项目、要求和试验方法应按表 8 的规定。
- 7.3.2 抽样方法按 GB/T 2828.1 执行；逐批检验的抽检项目、检验批量、抽样方案、检查水平及合格质量水平（AQL），均应符合相关技术文件的规定。

### 7.4 型式检验

- 7.4.1 下列情况之一的应做型式检验，检验项目、要求和试验方法按表8的规定：

- a) 试制新产品；
- b) 当产品在设计、工艺和材料等有重大改变时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 每间隔三年进行一次。

- 7.4.2 型式检验运行时如有故障，在故障排除后应重新试验。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

- 8.1.1 每台机组应在明显位置设置永久性铭牌，铭牌应符合GB/T13306 的规定，铭牌内容应包括：

- a) 制造厂名称及商标；
- b) 产品型号和名称；
- c) 主要技术性能参数 [名义制热量、电源（电压、相数、频率）、保护类别、额定电压、额定频率、额定电流、输入功率等]。
- d) 产品出厂编号；
- e) 生产日期。

- 8.1.2 其他标志要求：机组相关部位上应有标明运行状态的标志如进、出水口、排污口、安全标识（如接地装置、警告标识等）。

- 8.1.3 机组包装箱上应有下列标志：

- a) 制造单位名称；
- b) 产品型号、名称和商标；
- c) 净质量、毛质量；
- d) 包装外形尺寸；
- e) 执行标准；
- f) 其他标志（有关包装、储运图示标志，运输包装收发货标志应分别符合 GB/T 6388 和 GB/T 191 的有关规定）。

### 8.2 包装

8.2.1 机组在包装前应进行清洁处理，各部件应清洁、干燥，易锈部件应涂防锈剂；热水机应外套塑料罩或防潮纸并应固定在包装箱内，其包装应符合 GB/T13384 的规定。

8.2.2 包装箱内应附随机文件，随机文件包括产品合格证、产品说明书和装箱单。

8.2.2.1 产品合格证的内容包括：

—型号和名称；

—出厂编号；

—制造厂名称和商标；

—检验结论；

—检验员签章；

—检验日期。

8.2.2.2 产品说明书的内容包括：

—主要技术参数，如产品型号和名称、工作原理、适用范围、执行标准、主要技术参数（除铭牌标示的主要技术性能参数外，还应包括最大总功率、最大运行电流等）；

—产品的结构示意图、电气原理图及接线图等；

—安装说明和要求、使用要求、维修及注意事项。

8.3 运输和贮存

8.3.1 机组在运输和贮存过程中不应碰撞、倾斜、雨水淋湿。

8.3.2 机组应贮存在干燥、通风良好的仓库中，并注意电气系统的防潮。

## 附录A

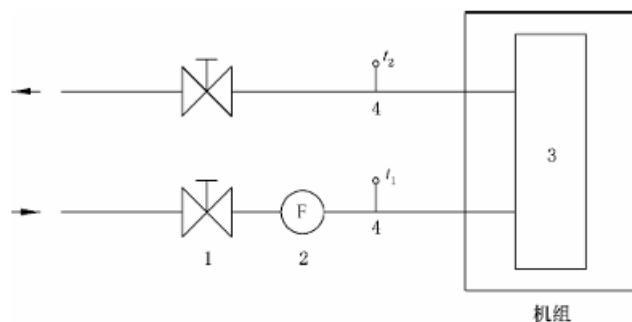
### (规范性)

## 超低环境温度双级复叠空气源热泵热水机组方法

### A.1 液体载冷剂法

#### A.1.1 试验装置

试验装置如图A.1所示，在机组使用侧换热器的热水进（出）口处安装有水流量测量装置，进、出口处设置水流量调节阀门。



图A.1

标引序号说明：

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

#### A.1.2 试验要求

A.1.2.1 使用侧热水进、出口温度及流量的允许偏差应符合 GB/T 18430.1的规定。

A.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的规定。

A.1.2.3 电源电压、频率应符合 GB/T 18430.1的规定。

A.1.2.4 制热量机组制热量按公式 (A.1) 计算：  $Q_h = C \rho q_v (t_2 - t_1)$  (A.1)

式中：

$C$  ——平均温度下水的比热容，单位为焦每千克摄氏度 [ $J/kg \cdot ^\circ C$ ]；

$\rho$  ——平均温度下水的密度，单位为千克每立方米 ( $kg/m^3$ )；

$q_v$  ——使用侧热水体积流量，单位为立方米每秒 ( $m^3/s$ )；

$t_1$  ——使用侧热水进口温度, 单位为摄氏度 (°C);

$t_2$  ——使用侧热水出口温度, 单位为摄氏度 (°C);

$Q_h$  ——主要试验测量的机组制热量, 单位为瓦 (W);

## A. 2 试验仪器与设备

### A. 2. 1 试验仪器

试验仪器仪表有: 温度传感器、电磁流量计、多功能电表、压力变送器、数据采集系统、压力表、耐压绝缘测试仪、兆欧表、制冷剂测漏仪。

### A. 2. 2 试验设备

试验设备有: 超低温试验室、冷却塔、蓄热水箱、变频循环水泵、变频器、可调流量阀、测试工作台、真空泵、打压设备。