



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

强制风冷制冷剂冷凝器性能试验方法

Forced convection air cooled refrigerant

condensers - Test procedure for establishing performance

(报批稿)

20241028

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	5
5 标准排热量	6
6 制造商提供的信息	8
7 测量	8
8 试验方法和试验装置	10
9 试验程序	14
10 排热量计算	18
11 标准工况转换	20
12 试验报告	21
附录 A (规范性附录) 流量计法	22
附录 B (资料性附录) 低压量热计法	24
附录 C (资料性附录) 空气侧量热计法	25
附录 D (资料性附录) 含油量测试	26

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《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这些专利的责任。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国制冷标准化技术委员会（SAC/TC 119）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

强制风冷制冷剂冷凝器性能试验方法

1 范围

本文件适用于非管道式的强制风冷制冷剂冷凝器/气体冷却器，冷凝器/气体冷却器内，干燥的空气侧与另一侧相变或被冷却的制冷剂进行热交换。本文件规定了试验方法，产品标识，名义排热量，名义风速，风机额定功率。本文件不包括技术要求和安全要求。

本文件规定了统一的考核方法，但不包括一致性评价。

本文件不适用于主要安装在机房内的成套产品和在工厂预组装的冷凝机组/气体冷却器机组。

本文件不适用于带有过冷器的冷凝器。

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 755 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1)

GB/T 1236 工业通风机 用标准化风道性能试验(ISO 5801)

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求 (ISO/IEC 17025)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

强制风冷制冷剂冷凝器 forced convection air cooled refrigerant condenser

制冷系统的组件之一，制冷剂蒸气排热给空气而凝结，热量通过风扇和风扇驱动器的机械运动将其从冷凝器表面散发给空气。

注1：该热量也包括风机线圈散发和吸收的热量。

注2：本文件中的强制风冷制冷剂冷凝器以下简称为“冷凝器”。

3.2

强制风冷制冷剂气体冷却器 forced convection air cooled refrigerant gas cooler

制冷系统的组件之一，空气通过风扇和风扇电机的机械运动在干燥的换热器表面循环，将制冷剂的热量带走，从而将制冷剂冷却。

注：本文件中的强制风冷制冷剂气体冷却器以下简称为“气体冷却器”。

3.3

制冷剂 refrigerant

制冷系统内用于进行热传递的流体工质，在低温和低压下吸收热量，在高温和高压下释放热量，主要通过流体的状态变化（相变）进行热量传递。

3.4

排热量 capacity

由制冷剂释放的总热量。总热量等于制冷剂质量流量与冷凝器/气体冷却器进口和出口处的制冷剂焓差的乘积。

3.5 压力 pressure

注：所有的压力均为在试验持续期间的平均值，均为绝对压力。

3.5.1

冷凝压力/气体冷却压力 condensing/gas cooling pressure

在冷凝器/气体冷却器进口处的制冷剂压力。

3.5.2

蒸发压力 evaporating pressure

在量热计的出口处的制冷剂压力（仅适用于低压量热计法）。

3.5.3

量热计压力 calorimeter pressure

量热容器的二次流体侧压力（仅适用于低压量热计法和具有间接热传导的高压量热计）。

3.6

温度 temperature

注：所有空气温度均为干球温度，所有的温度均为在试验期间的平均值，所有平均温度均为算数平均值。

3.6.1

进风口空气温度 air inlet temperature

与局部空气场相关的，流入冷凝器/气体冷却器的进风口处的空气平均干球温度。

3.6.2

环境空气温度 ambient air temperature

可与量热计进行热交换的、量热计周围的空气平均温度。

3.6.3

量热计内侧空气温度 temperature of the air inside the calorimeter

可与环境进行热交换的量热计内侧空气的平均温度。

3.6.4 制冷剂温度 refrigerant temperatures

3.6.4.1

露点温度 dew point temperature

冷凝温度 condensing temperature

冷凝器内的气体制冷剂，在一定的压力下开始凝结成液体的温度。

3.6.4.2

冷凝器/气体冷却器进口温度 condenser/gas cooler inlet temperature

制冷剂蒸气在冷凝器/气体冷却器进口处的温度。

3.6.4.3

过冷制冷剂温度 subcooled refrigerant temperature

储液器中的液体制冷剂的温度。

3.6.4.4

气体冷却器出口温度 gas cooler outlet temperature

气体冷却器出口处的制冷剂气体温度。

3.6.4.5

蒸发温度 evaporating temperature

蒸发压力对应的制冷剂露点温度（仅适用于低压量热计法）。

3.6.4.6

蒸气温度 vapour temperature

在量热计出口处的制冷剂温度。

3.6.4.7

冷凝器出口泡点温度 *bubble point temperature at condenser outlet*

在冷凝器出口处的制冷剂绝对压力对应的温度。

3.6.5 水温 water temperature

（仅适用于空气侧量热计法）

3.6.5.1

进水温度 water inlet temperature

进入量热计的水温。

3.6.5.2

出水温度 water outlet temperature

离开量热计的水温。

3.7 温差 temperature differences

3.7.1

冷凝器进口温差 condenser inlet temperature difference

冷凝器的冷凝温度与进风口空气温度之差。

3.7.2

气体冷却器进口温差 gas cooler inlet temperature difference

气体冷却器进口温度与进风口空气温度之间的温差。

3.7.3

过热度 superheating

冷凝器进口温度和冷凝温度之差。

3.7.4

过冷度 subcooling

过冷制冷剂温度和冷凝温度之差。

3.8

高滑移 high glide

冷凝温度为40℃时，冷凝温度和泡点温度之差超过3K以上。

3.9

风机功率 fan power

在风扇电动机电气接线端子处测量的风扇电动机电功率。

3.10

名义风机功率 nominal fan power

风量试验时，修正到1013.25hPa标准大气压条件下，所测得的风机电功率。

注：风机实际运行温度不同，风机功率也会不同。由于风机功率只占总冷负荷的一小部分，由此引起的偏差可以忽略不计。

3.11

风机转速 rotational speed of the fans

风机（风扇）的平均旋转速度。

3.12

名义风量 nominal air flow

单位时间内流过冷凝器/气体冷却器的空气体积流量。

3.13

内容积 internal volume

冷凝器/气体冷却器进出口之间可容纳制冷剂部分的容积。

3.14

污垢热阻 fouling resistance

附着于换热器表面并导致换热器的传热性能降低的沉淀物所形成的热阻。

注1：洁净表面的污垢热阻为零。

注2：通过在工厂的清洗，将所有生产中的残留物从传热表面和风扇上清除后，可认为是洁净的。

3.15

含油量 oil content

制冷剂在换热器的循环过程中含有油的质量比例。

4 符号

本文件中的符号如表1所示：

表1 符号

符号	名称	单位
E	量热计的输入热量（量热计的制冷剂侧）	kWh
HLF	量热计的热损因子	kW/K
h_{sup}	冷凝器进口处过热蒸气的焓	kJ/kg
h_{sub}	冷凝器出口处过冷制冷剂的焓	kJ/kg
h_{R1}	空气冷却器进口处制冷剂的焓	kJ/kg
h_{R2}	空气冷却器出口处制冷剂的焓	kJ/kg
h_{R4}	量热计进口处制冷剂的焓	kJ/kg
h_{R5}	量热计出口处过热制冷剂的焓	kJ/kg
h_{W1}	量热计进口处水的焓	kJ/kg
h_{W2}	量热计出口处水的焓	kJ/kg
n	风扇转速	min^{-1}
P_{fan}	风扇功率	kW
P_{atm}	大气压力	hPa
p_c	冷凝压力/气体冷却压力	kPa

符号	名称	单位
p_{R1}	气体冷却器进口处压力	kPa
p_{R2}	气体冷却器出口处压力	kPa
p_e	蒸发压力	kPa
p_i	量热计内第二流体的压力	kPa
q_{mR}	制冷剂的质量流量	kg/s
q_{mW}	水的质量流量	kg/s
q_{va}	空气的体积流量(风量)	m ³ /s
t_{A1}	进风口空气温度	°C
t_R	制冷剂的温度	°C
t_{R1}	气体冷却器进口温度	°C
t_{R2}	气体冷却器出口温度	°C
t_{RM}	流量计的制冷剂温度	°C
t_{sup}	过热的蒸气温度	°C
t_{sub}	过冷的制冷剂温度	°C
t_w	水温	°C
t_{WM}	流量计中的水温	°C
t_{amb}	环境空气温度	°C
t_i	量热计内部空气温度	°C
Δt_1	冷凝器/空气冷却器进口温差	K
Δt_{sup}	过热度	K
Δt_{sub}	过冷度	K
τ	试验时间	s
U	试验电压	V

注：1bar=100kPa=1000hPa

下标：

m-质量

v-体积

W-水

R-制冷剂

上标：

st——标准

数字：

附录中规定的位置。

5 标准排热量

5.1 标准排热量数据的总则

制冷剂的质量流量、热量和冷凝温度对风冷冷凝器的整体换热性能的影响较小。实际情况是，在10K到20K之间的进口温差范围内，排热量与温差基本成正比。过热度对排热量的影响也很小，每1K过热度对排热量的影响小于+0.5%。

为了便于换算成标准工况，对于在气体冷却器中被冷却但未被冷凝的制冷剂，其测试条件应保持较高精度。

经过冷凝器/气体冷却器的风量对其排热量有很大的影响。由于关系复杂，不同风量的简单换算不可能有足够的精度。因此影响风机转速（电压和频率）的电气值应符合标准工况的条件。

5.2 标准排热量工况

标准排热量根据以下试验结果得出。在清洁干燥的冷凝器/气体冷却器上按下列控制条件进行测试：

表2 冷凝器标准工况条件

标准工况条件	t_{A1}	Δt_1	Δt_{sub}
	°C	K	K
SC1	25	15	≤3
SC2	25	10	≤3
SC3	35	15	≤3

表3 气体冷却器的标准工况条件

标准工况条件	t_{A1}	P_{R1}	t_{R1}	t_{R2}
	°C	bar	°C	°C
SC10	25	90	110	35

表4给出部分可选制冷剂的过热度值：

表4 过热度值

制冷剂	$\Delta t_{sup}, K$
R134a	25
R404A/R507A	25
R407A	35
R410A	40
R717 (NH ₃)	50

其他制冷剂进入冷凝器时的过热度为：蒸发温度为-10°C，过热至+10°C，再经等熵压缩至冷凝温度为40°C时的过热度。

5.3 名义风量工况条件

名义风量是应在空气温度为+20°C和大气压力为1013.25hPa条件下测得。

注1：对于 R744 (CO₂) 制冷剂，气体冷却器的进口温度由 CO₂ 制冷剂的最优高压确定。

注2：如果风扇速度恒定，风量不会受到大气压力和温度的影响。

5.4 名义风机功率工况条件

名义风机功率应在空气温度为+20°C和大气压力为1013.25hPa条件下测得。

6 制造商提供的信息

对每种类型的冷凝器/气体冷却器，制造商或供应商应至少提供如下信息：

- a) 制造商名称；
- b) 冷凝器/气体冷却器型号；
- c) 风机型号；
- d) 风扇电机的额定功率（根据 GB/T 755 确定）；
- e) 在应用范围内的标准工况条件下的标准排热量，所用制冷剂名称；
- f) 名义风量；
- g) 名义风机功率；
- h) 名义电压和频率；
- i) 总传热面积（空气侧）；
- j) 翅片间距和厚度；
- k) 管外径和内部增强传热的说明；
- l) 管路型式；
- m) 循环管路布置；
- n) 包含端头在内的内部容积；
- o) 安装说明；
- p) 最高允许运行压力，PS.

7 测量

7.1 测量不确定度

表5给出了主要测量参数允许的不确定度

表5 测量不确定度

测量参数	单位	测量不确定度
进风口空气温度	℃	±0.2K
其他空气温度	℃	±0.5 K
常规制冷剂温度	℃	±0.2 K
冷凝器或气体冷却器制冷剂压力	Pa	其冷凝压力对应的温度应为±0.2K， 气体冷却器的压力应为±1.0bar
制冷剂体积流量或质量流量	m ³ /s 或 kg/s	±2%
液体温度	℃	±0.2K
液体温差	K	±0.1K
液体体积流量	m ³ /s	±1%
输入电能	W	±1% 或 小于 1W
电流	A	±0.5%
电压	V	±0.5%
频率	Hz	±0.5%
制冷剂中的含油量	kg	测量值的±20%
大气压力	hPa	±5hPa

测量参数	单位	测量不确定度
风扇转速	rpm	±1%

7.2 测量准则

7.2.1 管道内温度的测量

管道内制冷剂温度应采用如下方法测量：

a) 方法 A

当在连接管的外侧进行温度测量时，对于垂直管道，应在同一横截面的两个对应的点上测量，如果管道是水平的，则应在同一断面上测量上下两个点。

管道应在每一侧的温度测点进行绝缘隔热处理，保温层长度至少应为管道外径的 10 倍。并确保，传感器和管道测量点之间有良好的热接触。

测量值是指两个独立测点的算术平均值。

b) 方法 B

当传感器嵌入到管道中进行温度测量时，应垂直插入流体，管径较小时可逆流向斜插，插入深度为管道直径 1/2，应采取适当措施使温度分层和流动模式不影响测量的准确度。

7.2.2 冷凝器/空气冷却器进口温度

进口温度的测量应尽可能的接近制造商所提供的进口处，测量点处应无液体存在，优先选用方法B测量。

7.2.3 过冷制冷剂温度

采用方法 B 测量储液器内液态的过冷制冷剂温度，测温装置应固定嵌入在液体内。

感温元件应置于带有自然排液系统的储液器的液体部分中。

注：由于来自冷凝器的制冷剂温度不均匀，应将制冷剂进行混合。

7.2.4 水温（平衡空冷器量热计空气侧）

采用方法B，测量水进入或离开量热计空气侧的水温。

7.2.5 气体冷却器出口温度

应尽可能的接近由制造商提供的出口处测量出口温度。

注：优先选用方法B。

7.2.6 空气温度

7.2.6.1 进风口空气温度

将进风口等分成至少 6 个区域，在每个区域的几何中心测试空气入口温度。各区域的面积应相等，尽可能呈正方形，且单个区域的面积不得超过 0.2m^2 。感温元件应能屏蔽辐射和任何其他形式的传热，以免影响测量精度。

如果进风口区是竖直的，应在进风口处的下边缘和上边缘各增加一个温度传感器，以检查有无明显的温度分层。

7.2.6.2 高压和低压下的环境空气温度——量热计法

距绝热的量热计周围400mm至500mm的距离之间的6个矩形平面的中心处，测量的温度算术平均值为环境空气温度。

7.2.6.3 空气温度-空气测量热室法

应在垂直于量热室表面的 0.15m 处测量空气温度。如果量热室与地面直接接触，应测量绝热层外表面的温度。

注：温度测点的数量和位置取决于量热室的结构和内部气候温度分布情况。

六个面的表面周围至少应各有一个内部测点和环境温度测点。

7.2.7 流量测点

流量测点应设在等直径的管道直线部分的中心位置，即冷凝器 / 气体冷却器的连接管上，其位置应在其长度不小于10倍管径的处，并确保测点附近无障碍。流量测点应放在温度测点和冷凝器/气体冷却器的连接处之间。

制冷剂和水流量应根据流量测量装置的安装说明的建议进行测量。

7.2.8 制冷剂流量

测量液体制冷剂的流量时，为避免闪发气体影响测量结果，制冷剂应充分过冷。为检查有无闪发气体，液体流量计之后应安装视镜。

注1：通常在液体管处测量液体制冷剂的流量。

注2：对于气体冷却器，通常是测量气体冷却器出口处的流量。

注3：流量通常是随时间波动的。因此测量流量时，积分式设备比瞬时式更适合。

7.2.9 水流量

注：与制冷剂相同，水流量的测量宜采用积分式设备，而非瞬时示值设备。

7.2.10 含油量

除非制冷剂含油量低于总质量的1%，否则应进行含油量测试。

推荐测试过程可参考附录D（资料性附录）进行。

7.2.11 非共沸制冷剂

对于高滑移温度的制冷剂，除非确认其质量分数与制造商提供数据的差值小于2%，否则应测量其质量分数。

8 试验方法和试验装置

8.1 排热量的试验方法

8.1.1 总则

应同时使用以下两种方法测量排热量：

——使用量热计法作为主测法测量排热量；

——使用制冷剂流量计法作为校核方法测量排热量；

——校核试验的结果应与主测法测得结果一致，误差应在 $\pm 4\%$ 以内；

——标准排热量应是两种方法测量结果的算术平均值。

——试验过程详见附件 A, B 和 C。

注：如果这两种方法之间的偏差较大，可以假设在试验程序或在试验执行过程中是有错误的。

试验方法见 8.1.2、8.1.3、8.1.4、8.1.5 和 8.1.6。

8.1.2 高压量热计法（主测法）

8.1.2.1 总则

在一定的冷凝温度和已知的加热量下，使冷凝器内凝结的制冷剂在量热计内重新蒸发和过热。可利用泵或重力实现制冷剂的循环（参见图 A.1 和 A.2）。

注1：通常状况下，风冷式冷凝器出口制冷剂为气液两相混合状态，不可能出现过冷，此处仅有液相即说明出现了过冷，原因有两个：1、冷凝器出口管路过小，液体制冷剂在此积聚，这会使冷凝器无法正常工作；2、系统中存在不凝性气体，这些气体产生的额外压力将导致测得的冷凝压力高于实际冷凝压力，因此，为保证测试结果准确性，应除去系统中的不凝性气体。

注2：该方法不适用于高滑移制冷剂及运行压力高的场合。

8.1.2.2 排热量的直接测量

确定输入量热计的热量时，应考虑冷凝器的排热量、所有的热损失和由循环泵引入的热量。

8.1.2.3 流量试验方法

该方法是，通过量热计测得的热流量除以量热计进出口的焓差，可间接得到制冷剂流量。制冷剂流量乘以冷凝器进出口的焓差即可得到排热量。

热损失和泵引入的热量都应考虑在内。

8.1.3 低压量热计法（主测法）

该方法是通过制冷循环中低压侧的量热计，测量压缩机中循环的制冷剂流量（见图 B.1）。通过量热计的输入热量除以量热计进出口的焓差，得到制冷剂的流量。然后用制冷剂流量乘以冷凝器/气体冷却器进出口的焓差即可得到排热量。

量热计与环境的热交换量应远小于输入量热计的热量，为此应将量热计内的温度尽量保持在环境空气温度附近。

8.1.4 空气侧量热计法（主测法）

本方法是测量量热室内冷凝器/气体冷却器中空气侧的冷却能力（见图 C.1）。

其原理是：通过测量量热室内水冷式空气冷却器的吸热量，来确定冷凝器/气体冷却器释放的热量。吸热量与冷凝器/气体冷却器的排热量相对应，同时应考虑量热室内的空气与环境的热交换，以及冷凝器中由冷凝器/气体冷却器中风扇电机和其他辅助设备产生的热量。冷却能力是通过所测量的流经平衡冷却器的水流量与进出量热室水的比焓差的乘积得到的。

8.1.5 制冷剂流量法（校验法）

校验试验法是确定制冷剂侧的排热量。

其原理是：将直接测量得到的制冷剂流量乘以冷凝器/气体冷却器进出口处的比焓差。

制冷剂的比焓差是由其温度和压力及其物理特性决定的。

应使用可查物理性质的制冷剂。

8.1.6 气流法

由于气流法不能达到本文件的测试精度要求，因此本文件不采用气流法测量排热量。

注：由于经过冷凝器/气体冷却器的空气与周围空气迅速混合，很难准确测量冷凝器/气体冷却器出风口处的空气温度，因此很难准确测定进出风的温差。

8.2 风量的测量

由于通过冷凝器/气体冷却器的风是处于湍流状态，因此，在多个点上测量风速的方法不能用来确定风量。测试方法应可测量整个空气体积流量。可按照GB/T 1236的要求进行测量，并采用进风管道腔进行测试。测量管道腔内的环境压力的测点位于冷凝器/气体冷却器处附近，同时应使用辅助风扇。如果可达到试验要求的精度，也可选用其它的测试方法。

空气温度的测量只需在进风口或出风口处选一个点布置即可。

在风量测量期间，制冷剂不流经冷凝器/空气冷却器。

8.3 排热量测量装置

8.3.1 总则

试验应在本文件要求的稳态条件下进行。

注：输入量热计的制冷剂侧的热量应优先选择电加热方式。

测量装置的结构应确保被测设备与实际运行时的安放形式相同，尤其应注意以下事项：

- 液体制冷剂应能顺畅地从冷凝器流至储液器；
- 对于非共沸制冷剂，不应出现液体制冷剂的积聚现象；
- 不应干预冷凝器/气体冷却器周围的空气流通。不应出现气流的再循环，但若是由自身结构导致的，则也不应阻止。

设A和B为冷凝器/气体冷却器的进风口尺寸，冷凝器/气体冷却器应按如下要求设放置：

- a) 在出风口 $1.5 \cdot \sqrt{A \cdot B}$ 距离内无障碍；
- b) 两侧在 $0.75 \cdot \sqrt{A \cdot B}$ 距离内无障碍；
- c) 所有的距离均应满足制造商提供的安装说明中的最低要求，特别是从地面或其他最近壁面到进风口的距离；
- d) 放置被测冷凝器/空气冷却器的测试空间的容积 (m^3)，应至少为冷凝器/空气冷却器和所有辅助设备每小时空气总流量 (m^3/h) 的 $1 / 600$ 。

量热计的结构应确保其与环境的热交换对测试结果准确度的影响不超过 $\pm 1\%$ ，也就是说，如果上述热交换量达到所测总排热量的10%，则其热损失的不确定度应小于 $\pm 10\%$ 。

测试过程中，量热计的输入热量的变化幅度不应超过所测排热量的 $\pm 0.5\%$ 。

为避免储液器和待测设备的连接管中出现冷凝现象，该管段的热损失应不大于所测排热量的0.25%。

为了检查感温元件是否浸入到液体制冷剂内，且流量稳定，应在储液器上安装一个视液镜。

8.3.2 高压量热计

量热计是由一个绝热良好的压力容器构成，制冷剂在维持在过热区的容器内蒸发和过热，所需热量是由第二流体直接或间接提供。

当加热元件直接与制冷剂相接触时，应保持较低的温度以防止制冷剂分解。

当间接提供热量时，加热元件浸入到一个蒸发器盘管周围的第二流体中。第二流体被加热到约为过热的温度。它是由具有良好挥发性的液体及在容器蒸发区布置的蒸发器盘管构成。在蒸发器盘管内制冷剂被蒸发和过热。

注1：盘管尺寸大小不仅要满足高排热量要求，也应适用于低排热量。

计算量热计的总热量时，应考虑第二流体和量热容器中制冷剂的质量。

当使用循环泵时，不得使其产生的热量传导给制冷剂。

注2：泵产生的热量是可变的，而且只能在校准试验中被证实，且难度较大。此外，更主要的是它会引起的闪发气体，从而影响流量计的测量值，并且也会对泵本身的性能产生不利影响。

通常需要一个变速泵，对循环制冷剂进行热分离。在泵和流量计中，用于流量控制的节流装置也会产生闪发气体。为保证液体流量计处的制冷剂有足够的过冷度，应将循环泵置于储液器和流量计之间。同时在泵和仪表之间加装一根平衡管。

如没有闪发蒸气，由泵引起的热输入可以忽略不计。

8.3.3 低压量热计

量热计是由一个绝热良好的压力容器构成，制冷剂在该容器内蒸发，并在一个连续的过热的区域过热。热量通过第二流体间接提供。加热元件在蒸发器盘管周围浸入到第二流体中。第二流体被加热到环境温度附近。该量热计是由具有良好挥发性的液体及处于蒸发区的带有蒸发器盘管的容器构成。在蒸发器盘管内制冷剂被蒸发和并过热到环境温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 内。

盘管尺寸应同时满足高排热量和低排热量的要求。

为了保证冷凝器/气体冷却器中含油量在规定的范围内。测试时，应在压缩机和冷凝器/气体冷却器之间安装油气分离器。

制冷剂过冷温度测点，或气体冷却器和膨胀阀之间的气管、膨胀阀，及连接它到量热计的管路、量热计本身和布有蒸气温度测点的吸气管应有良好的绝热，以防止水汽的凝结，且吸收或损失的热量应不超过实测排热量的2%。计算量热计的总热量时，应考虑第二流体和量热容器中制冷剂的质量。

8.3.4 空气侧量热计法

冷凝器与平衡空气冷却器安装在一个具有良好绝热的量热室内。量热室应按照本文件的要求进行设计和布置。并进行换热量的测量。

除了冷凝器/气体冷却器和储液器上的测点，制冷剂循环的所有设备，应置于量热室外部。如果制冷剂的排放不受限制，则贮液器可置于量热室外面。

量热室内的制冷剂管道，应进行充分的保温绝热，使热辐射低于所测冷量的0.5%。则该损失可忽略不计。

平衡空气冷却器，应按上述总则要求进行设计和安装。进水口和出水口的温度测点应布置在量热室外壁处。

应测量量热计的所有输入功率。

量热室周围的环境平均温度应保持不变，且试验室环境中无明显的热辐射。量热室和封闭空间墙壁之间应有足够的间隙，以便对环境温度可进行重复性测量。

量热室与空气条件相一致，特别是空气流动，以校准试验中的排热量测试为准。

量热室与环境的热交换，不应超过所测排热量的20%。

量热室的总热量是由室内物体质量和比热，及室内墙壁和地板覆盖层和1/2的保温层厚度计算得出。

8.3.5 制冷剂流量法

如下方法的测量装置比较简单可靠。直接测量制冷剂流量的其他方法也可采用，但结果应符合本文件所规定的不确定度要求。

流量计应布置在制冷剂循环的液体管路上，或置于气体冷却器和膨胀阀之间的气管上。

注1：当使用高压量热计时，为了提供最大过冷，流量计宜布置在绝热的量热计外。

注2：当使用低压量热计时，为了提供最大的过冷，流量计最好布置在膨胀阀前。

初步运行时，为使流速保持不变，制冷剂可通过与流量计并联的管路，并于试验之前，关闭流量计。它应与流量计有相同的压降。

8.3.6 储液器

对于高滑移温度制冷剂，储液器的内部容积应小于系统总容积的4%。

9 试验程序

9.1 总则

应按照制造商的说明书安装冷凝器/气体冷却器。

由制造商提供的所有部件，作为冷凝器/气体冷却器的一部分，进行试验安装，并按照制造商的说明使用。

进风口任一测点的温差不应超过1K。对于任何温差大于1K的，应确认是否由测试设备引起的，并应在记录在试验报告中。

冷凝器/气体冷却器本身可能产生空气再循环，从而造成更大的偏差。储液器与冷凝器出口的连接方式，应使从冷凝器来的液体流动不受限制。应防止气液混合物离开储液器。

9.2 热损失量的测量—校准法

9.2.1 总则

如无其他规定，内外环境温差，应尽可能大，但不应超过40K。

选择温度时，应考虑其对绝热材料的影响。

试验期间，在稳定运行条件下，任何偏差对测试结果的不确定性影响不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

在达到稳定运行状态后，试验时间应至少持续6小时。然后，在试验期间，温度和温差不得超过所测温差值的 $\pm 2.5\%$ 。

测量时的时间间隔应足够小，以监测所有显著波动。至少需要7组的测试数据。

9.2.2 高压量热计法—直接加热制冷剂

在与标准排热量测试方法相同的过冷和过热度的条件下，通过校准试验法确定系统的热损失。

该系统包括：

- a) 排热量的直接测量方法，冷凝器的压力测点之间的量热计侧的回路；
- b) 流量测量方法。用来确定较大焓差的温度测点之间的量热计侧的回路。

对校准试验，应用绝热性能良好的水冷式冷凝器代替空冷式冷凝器，连接在管路中进行测试。通过电加热器向系统供热。输入到量热计的热量与水带走的热量之差即为热损失。

内部温度即为量热计内的压力所对应的饱和温度。对于本文件的目的，内部温度应与冷凝温度相符。温度条件应符合所使用制冷剂的标准条件要求。

两个独立环境的最大空气温差应为1K。

需记录的数据：

各个环境空气温度;
 冷凝压力 P_c , 过热蒸气温度 t_{sup} , 过冷制冷剂温度 t_{sub} 或量热计进口处的制冷剂温度 t_{R4} 和量热计出口处过热制冷剂的温度 t_{R5} ;
 量热计输入能量(制冷剂侧的热流量) E ;
 试验时间 τ ;
 以上记录的数据可用来计算水冷式冷凝器的排热量。

9.2.3 低压和高压热量计 — 加热第二流体

量热计应在确定焓差的制冷剂温度测量点的回路处断开。对于低压量热计,在校准试验中应连接节流装置。在稳态条件下,热输入即为热损失。

当量热计内部的第二流体是挥发性的,内部温度就是其压力所对应的饱和温度。

对于非挥发性制冷剂,应在量热计的下部和上部各应布置一个测点。

两个独立环境空气的最大温差为1K。

需记录的数据:

各个环境空气温度;
 量热计内第二流体的压力 P_i 或温度 t_i ;
 量热计输入能量(制冷剂侧的热流量) E ;
 试验时间 τ 。

9.2.4 空气量热计室

水流入平衡冷却器后,开始通电加热量热室。稳态条件包括风扇电机的其他输入电功率为热损失。应在量热室的循环风量可达到的最大值和约为最大值的50%略低的条件下,测量通过量热室的热流量。如适用,平衡冷却器的风机,应尽可能地接近相应的测试条件。

在量热室的底板与地板接触的部位,根据不同情况应向量热室输入不同热量,应使最大值至少为最小值的50%以上。

注:可通过给出流向地板和其他周围的表面热流的相对比例,改变环境的空气温度。

应建立一个理论的传热计算,和测量结果相比较。

量热室内各空气温度点或环境空气温度彼此存在差异,但其相互之间的温差不应超过10%。

需记录的数据:

量热室内各测点温度和环境温度;
 冷凝器/空气冷却器和平衡冷却器风机的风量;
 量热计输入能量(制冷剂侧的热流量) E ;
 试验时间 τ 。

9.3 排热量的测量

9.3.1 稳定状态

冷凝器/空气冷却器的排热量的测量应在稳态条件下进行。测试开始前,在稳定状态下应至少运行半小时。

试验期间所有周期性的波动和变化满足以下参数的变化要求,即可确定已经达到并保持稳态:

- | | |
|-------------------------------|------------|
| a) 进风口空气温度 t_{A1} | $\pm 0.3K$ |
| b) 冷凝器/空气冷却器进口温差 Δt_i | $\pm 0.3K$ |
| c) 过热蒸气温度 t_{sup} | $\pm 1K$ |

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| d) 气体冷却器的进口温度 t_{R1} | $\pm 2K$; |
| e) 气体冷却器的进口压力 P_{R1} | $\pm 1.0\text{bar}$; |
| f) 制冷剂的质量流量 q_{mR} 和水的质量流量 q_{mW} | $\pm 3\%$; |
| g) 量热计的输入电功率 P | $\pm 1.0\%$; |
| h) 环境温度 t_{amb} | $\pm 1K$; |
| i) 风扇转速 n | $\pm 2\%$ |

为了保持稳定状态运行,所有重要的参数均连续监测,并且时间间隔足够小,以识别所有重要波动。

9.3.2 测试周期

在测试期间,任意温度的偏差,对测试结果不确定性的影响不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

测试时间至少应为一小时。

试验期间,相同的时间间隔至少应进行5组测试。

注:当温度不完全恒定时,量热计的排热量(水当量)对测量准确度有较大影响。

如果不能完全保持恒定的条件,由于这种方式所造成的不确定性不应超过 0.5% ,测试时间取决于排热量和与恒定条件的相对偏差。可按式(1)预估测试时间:

$$\tau \geq (200 \times \Delta t_i \times C) / P \dots\dots\dots (1)$$

式中:

τ ——测试期间,不确定度应 $\leq 0.5\%$,单位:s;

Δt_i ——试验期间,量热计内最高和最低空气温度之差,单位:K;

C ——量热计和设备的热容量,单位:kJ/K

P ——实测排热量,单位:kW。

量热室内总的热量可通过量热室内的物质的质量和比热,墙面和地板上的内部覆盖物及一半的绝热层厚度计算得出。

9.3.3 实施测试

当将实测排热量转换为标准工况时,要保证足够的精度,平均值应在以下标准工况的偏差内,如表6所示。

表6 允许偏差

冷凝器		气体冷却器	
进风口空气温度 t_{A1}	$\pm 3K$	t_{A1}	$\pm 1K$
进口温差 Δt_1	$\pm 1K$	P_{R1}	$\pm 1bar$
过热度 Δt_{sup}	名义值的 $\pm 10\%$	t_{R1}	$\pm 1K$
		t_{R2}	$\pm 1K$
电压	名义值的 $\pm 2\%$	电压	名义值的 $\pm 2\%$
频率	标准值的 $\pm 1\%$	频率	标准值的 $\pm 1\%$

量热剂制冷剂侧的的两个独立测点的环境空气温度最大温差为1 K

9.3.4 需记录的数据

9.3.4.1 总则

应记录空气侧各个测量点的温度值。

若进风口温度任意两点之间的温差超过1K，则应在试验报告中说明其温差和原因。

应记录的数据： U ， t_{sup} ， t_{A1} ， P_{fan} ， n ， τ ，以及量热计的输入电能 E 。

9.3.4.2 高压量热计法

t_{sup} ， t_{sub} ， t_{A1} ， t_{amb} ，

此外测量流量还需 t_{R4} ， t_{R5} ，

P_c ，（ P_i ，如需要）， P_{atm} ， P_{fan} ， n ， τ ，输入量热计的电能 E ，使用的制冷剂。

9.3.4.3 低压量热计法

t_{sup} ， t_{sub} ， t_{R4} ， t_{R5} ， t_{A1} ， t_{amb} ， t_{R1} ， t_{R2}

P_c ， P_i ， P_e ， P_{R1} ， P_{R2} ， P_{atm} ， P_{fan} ， n ， τ ，

输入量热计的电能 E ，

使用的制冷剂，含油量。

9.3.4.4 空气侧量热计法

t_{sup} ， t_{sub} ， t_{R1} ， t_{R2} ， t_{A1} ， t_{amb} ， t_i ， t_{W1} ， t_{W2} ， t_{WM} ，

P_c ， P_{R1} ， P_{R2} ， P_{fan} ， n ， q_{mW} 或 q_{vW} ， n ， τ

输入量热计的电能 E ，

使用的制冷剂，含油量。

9.3.4.5 确认方法

此外： q_{mR} 或 q_{vR} ， t_{RM} 。

9.4 风机性能的测量

在不影响空气阻力的条件下，应在冷凝器进风口和出口测试。

空气温度应为 $(20 \pm 5) ^\circ C$ 。

假设在15min内，风扇转速的变化不超过0.5%时，在该稳态条件下测量风量和风机功率。

应记录的数据： P_{fan} ， n ， t_{air} ， p_{atm} ，及提供的电压。当进行风量测量时，测试方法所要求的所有数据均应予以记录。

10 排热量计算

10.1 总则

应使用统一的单位。

10.2 热损失系数：校准测试

10.2.1 高压量热计法 - 直接加热制冷剂法

$$HLF = \frac{\left[\frac{E}{\tau} - q_{mW} \times (h_{w2} - h_{w1}) \right]}{(t_i - t_{amb})} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

h_{w1} ——水冷式冷凝器进口处水的比焓值；单位：kJ/kg

h_{w2} ——水冷式冷凝器出口处水的比焓值；单位：kJ/kg

t_i ——水冷式冷凝器进口处的冷凝温度；

t_{amb} ——环境空气温度各个测点的算术平均值。

10.2.2 高低压量热计法 - 间接加热制冷剂

$$HLF = \frac{\frac{E}{\tau}}{(t_i - t_{amb})} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

t_i ——与量热计内部压力对应的冷凝温度；

t_{amb} ——环境空气温度各个测点的算术平均值。

10.2.3 空气侧量热计法

10.2.3.1 由空气完全封闭的空气侧量热计法

$$HLF = \frac{\frac{E}{\tau}}{(t_i - t_{amb})} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

t_i ——量热计内的各空气温度测点的算术平均值；

t_{amb} ——环境空气温度各个测点的算术平均值。

10.2.3.2 与地面接触的空气侧量热计法

考虑量热计内的空气流动，使用不同的校准试验得出的测试结果验证得热量和热损失。

10.3 排热量测试试验

10.3.1 高低压量热计法 - 流量测试方法

测得的排热量是由下列公式计算：

$$P_1 = \left\{ \frac{E}{\tau} - HLF \times (t_i - t_{amb}) \right\} \times \frac{(h_{sup} - h_{sub})}{(h_{R5} - h_{R4})} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{或 } P_1 = \left\{ \frac{E}{\tau} - HLF \times (t_i - t_{amb}) \right\} \times \frac{(h_{R1} - h_{R2})}{(h_{R5} - h_{R4})} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

h_{R4} —— t_{R4} 对应的饱和液体的焓。

10.3.2 高压量热计法 - 直接排热量的测量

$$P_1 = \frac{E}{\tau} - HLF \times (t_i - t_{amb}) \dots\dots\dots (7)$$

10.3.3 空气侧量热计法

$$P_1 = q_{mW} \times (h_{W2} - h_{W1}) + \frac{E}{\tau} + HL \dots\dots\dots (8)$$

式中：

HL ——通过校准测试结果，验证通过计算模型计算的从量热计到环境的热流量值；

E ——量热室的总输入功率，例如排热量测试期间的风机功率。

10.3.4 校验方法

$$P_2 = q_{mR} \times (h_{sup} - h_{sub}) \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{或 } P_2 = q_{mR} \times (h_{R2} - h_{R1}) \dots\dots\dots (10)$$

11 标准工况转换

11.1 总则

11.1.1 总则

校正进口温差和大气压力后，经主测法和校验法测得的平均排热量即为标准排热量。

11.1.2 校正大气压力

应根据以下公式确定每个测试对于标准大气压（1013.25hPa）的偏差校正因子：

$$F = 1 + (1013.25 - p_{am}) \times 6.5 \times 10^{-4} \dots\dots\dots (11)$$

此公式表明了大气压力对冷凝器/气体冷却器排热量的影响。假设相对于1013.25hPa，每增加1hPa大气压力，排热量增加约0.065%，每降低1hPa，排热量将减少0.065%排热量进行修正。

11.1.3 标准排热量

在允许的偏差内，不同的试验工况的，标准大气压力下的排热量可选用下列公式：

$$P^{(st)} = \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{15}{\Delta t_1} \times F(SC1) \quad \text{和}$$

$$P^{(st)} = \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{10}{\Delta t_1} \times F(SC2) \quad \text{和}$$

$$P^{(st)} = \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{15}{\Delta t_1} \times F(SC3)$$

11.2 名义风量

本文件测量的风量为名义风量。不需要修正到名义工况下。

11.3 名义风机功率

本文件在风量测试期间，以1013.25hPa标准大气压力为基准，将测得的风机功率修正，修正后的结果应为名义风机功率。下面的公式适用：

$$P_{fan}^{(st)} = P_{fan} \times \frac{1013.25}{p_{am}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

P_{fan} 和 p_{am} ——风量试验期间的测量值。

不需要校正到标准温度条件下。

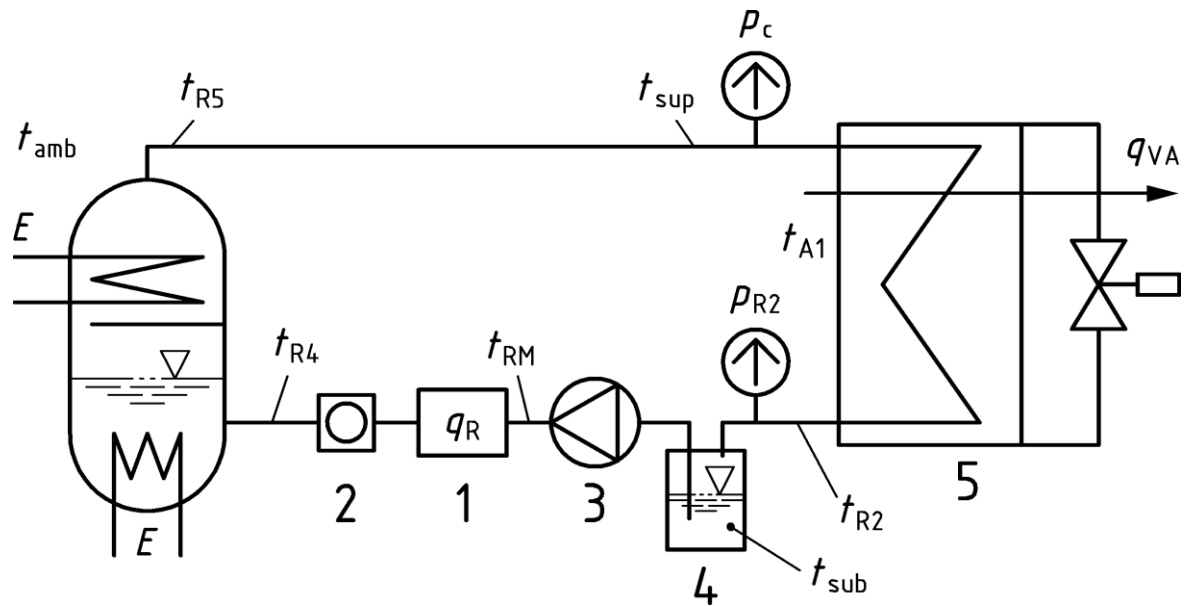
注：由于工况条件标准，对于空气侧影响不大，且也不会引起风扇转速显著变化，所以名义风量和标准风机功率转换为标准排热量的测试条件时，结果变化不大。此外，本文件涉及的产品范围较广且产品型号众多，本文件是众多型号的产品认证中的基础测试，故不是所有的排热量都需要测试。

12 试验报告

试验报告应符合GB/T 27025的要求。试验报告应至少包含以下内容：

- a) 测试日期；
- a) 测试单位；
- b) 测试地点；
- c) 试验方法；
- d) 测试主管；
- e) 测试对象描述：
 - 1) 型号；
 - 2) 序列号或产品编号；
 - 3) 制造商名称；
- f) 试验采用的制冷剂国际编号；
- g) 依据标准；
- h) 相关的测量值，见 9.3.4 和 9.4。

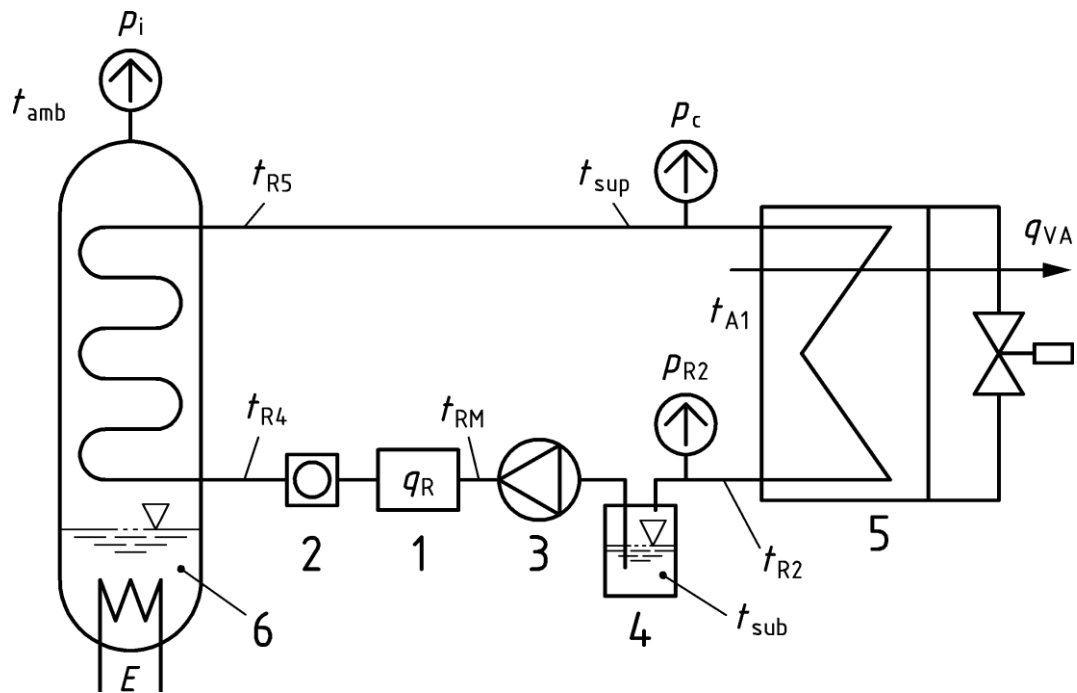
附录 A
(规范性附录)
流量计法



关键词:

- 1 制冷剂流量计
- 2 视液镜
- 3 泵或重力
- 4 储液器 (对于气体冷却器不需要)
- 5 冷凝器/气体冷却器

图A.1 直接加热法系统 (适用于单一物质和共沸制冷剂)

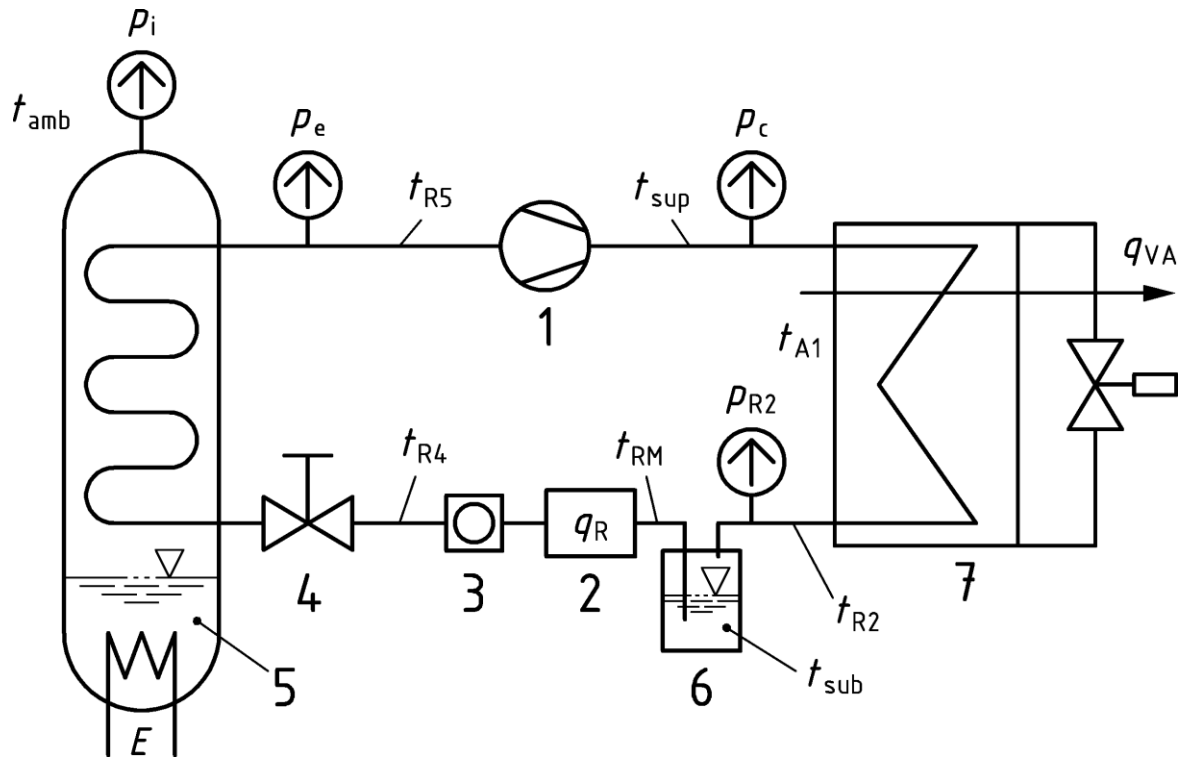


关键词：

- 1 制冷剂流量计
- 2 视液镜
- 3 泵或重力
- 4 储液器（对于气体冷却器不需要）
- 5 冷凝器/气体冷却器
- 6 第二流体（挥发性）

图A.2 间接加热法系统

附录 B
(资料性附录)
低压量热计法

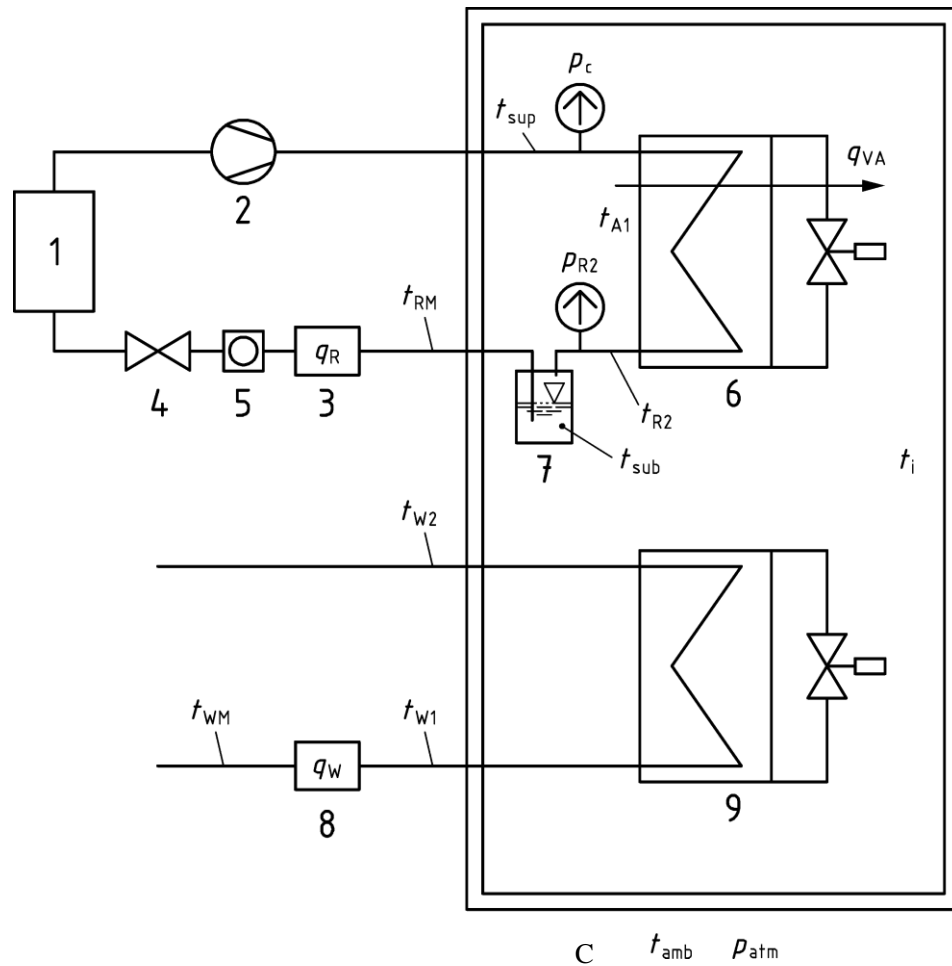


关键词:

- 1 压缩机
- 2 制冷剂流量计
- 3 视液镜
- 4 膨胀阀
- 5 第二流体 (挥发性)
- 6 储液器
- 7 冷凝器

图B.1 低压量热计法系统

附录 C
(资料性附录)
空气侧量热计法



关键词:

- 1 蒸发器
- 2 压缩机
- 3 制冷剂流量计
- 4 膨胀阀
- 5 视液镜
- 6 冷凝器
- 7 储液器
- 8 水流量计
- 9 平衡用空气冷却器

图C.1 空气侧量热计法系统

附 录 D
(资料性附录)
含油量测试

本测试方法不适用于氨系统和复叠系统的低温制冷剂部分。

应注明所使用的制冷剂国际编号。

测试过程如下：

- a) 称量空容器重量，精度为 $\pm 0.1\text{g}$ ；
- b) 在适当的位置，将该空容器连接到液体冷却器；
- c) 称量充有试验样品的容器重量，精度为 $\pm 0.1\text{g}$ ；
- d) 缓慢蒸发制冷剂，以防止油与制冷剂一起从容器里蒸发掉。制冷剂可回收；
- e) 在容器里添加一种溶剂（如甲基氯仿）到剩余的油中。缓慢摇动混合物并把它放入已称重精确到 $\pm 1\text{mg}$ 的蒸发皿；
- f) 在此之后，用溶剂冲洗容器两次，并把这种混合物倒入蒸发皿内。
- g) 通过沸水蒸发溶剂；
- h) 称量带油的蒸发皿，精确至 $\pm 1\text{mg}$ 。

计算带有油的蒸发皿与不含油的蒸发皿重量之差得到油的重量，然后除以带有制冷剂/油混合物的压力容器与没有制冷剂/油试验样品的蒸发皿重量之差，即可得出含油量。
