



中华人民共和国国家标准

GB/T 44545—2024

制冷系统试验

Testing of refrigerating systems

(ISO 916:2020, MOD)

2024-09-29 发布

2025-04-01 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 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和单位 1

5 性能保证 3

6 试验准备和程序 5

7 测量仪器 5

8 制冷量的测量 6

9 消耗功率的测量..... 11

10 测量不确定度 12

11 测试结果及转换至保证值 12

12 材料特性 13

附录 A（资料性） 工况结果转换 14

参考文献 16

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。

本文件修改采用 ISO 916:2020《制冷系统试验》。

本文件与 ISO 916:2020 的技术差异及其原因如下：

- 将 8.1.2 第四段中的“则该方法不适用”改为“则该方法可参考使用”，以提高本文件的适用性；
- 将全文中的温度单位 K 更改为国内惯用的℃（见第 4 章以及 7.2 等），以便于使用；
- 用规范性引用的 GB/T 27418 替换了 ISO/IEC Guide 98-3，以使测量方法更加明确化（见 10.1）。

本文件做了下列编辑性改动：

- 增加了注（见 5.1.2 和 11.3）；
- 用资料性引用的 GB/T 2624（所有部分）替换了 ISO 5167（所有部分），以适应我国的技术条件、提高可操作性（见第 6 章）；
- 增加了附录 A（资料性）“工况结果转换”。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国冷冻空调设备标准化技术委员会（SAC/TC 238）归口。

本文件起草单位：合肥通用机电产品检测院有限公司、清华大学、广东芬尼克兹节能设备有限公司、青岛海信日立空调系统有限公司、广东美的暖通设备有限公司、安徽大学、合肥通用环境控制技术有限公司、武城县检验检测中心、合肥通用机械研究院有限公司。

本文件主要起草人：李志亮、姜继周、石文星、刘远辉、滕克宇、丁云霄、丁石川、咎世超、张光明、陈海、周俊海、梁平、周全。

制冷系统试验

1 范围

本文件规定了压缩机驱动的制冷系统(以下简称制冷系统)的性能测试,该制冷系统根据蒸气压缩原理运行,由压缩、冷凝、节流和蒸发的回路部分以及连接管和整个制冷回路所需的任何必要附属设备组成。

本文件适用于在实验室内或实验室外进行的测试,以及在没有特定的试验标准情况下,需根据商定的运行条件对制冷系统进行的测试。

本文件不适用于其他制冷系统(例如吸收式或蒸汽喷射式制冷系统)的测试,也不适用于针对家用冰箱、商用冷藏和展示柜、空调等特定用途的制冷系统的测试。

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 27418 测量不确定度评定和表示(GB/T 27418—2017,ISO/IEC Guide 98-3:2008,MOD)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

总制冷量 overall refrigerating capacity

Q_{og}

单位时间内制冷剂从环境中吸收的热量。

注:通常对于单级制冷系统,总制冷量等于流过蒸发器的制冷剂质量流量(以下简称制冷剂流量)与压缩机进口处以及冷凝器或过冷器(若提供)出口处制冷剂的焓差的乘积(另见 8.1.1)。

3.2

净制冷量 net refrigerating capacity

Q_{on}

单位时间内制冷剂从蒸发器的被冷却介质中吸收的热量。

注:另见 8.1.2。

3.3

有效制冷量 useful refrigerating capacity

Q_{oe}

单位时间内制冷剂或被冷却介质吸收的有效热量。

注:有效制冷量等于制冷剂或被冷却介质质量流量与其按规定的有效制冷的两点之间焓差的乘积(另见 8.1.3)。

4 符号和单位

本文件涉及的参数、符号以及测点索引见表 1、表 2 和表 3。

表 1 参数、符号与单位

参数	符号	单位
传热面积	A	m^2
比热容	c	$\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$
性能系数	COP	—
比焓	h	J/kg
质量流量	m	kg/s
绝对压力	p	bar
功率	P	W
热流量	Q	W
制冷量	Q_o	W
温度	t	$^\circ\text{C}$
总传热系数	u	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
表面传热系数	α	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
绝缘层厚度	δ	m
等熵效率	η_i	—
导热率	λ	$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$
运动黏度	ν	m^2/s
密度	ρ	kg/m^3

表 2 下标

索引	参数
amb	环境
cor	修正
e	有效
g	总的
K	冷却介质,液体
L	传热介质
m	机械的
n	净
R	制冷剂
W	液体冷却剂(冷却水)

表 3 测量点分布情况

索引	位置
参考点 1	测量点:压缩机进口(吸气口)
参考点 2	测量点:压缩机出口(排气口)
参考点 3	测量点:冷凝器/气体冷却器制冷剂进口
参考点 4	测量点:冷凝器/气体冷却器制冷剂出口或回热器高压侧(如果已安装)的上游
参考点 5	测量点:蒸发器膨胀阀的上游
参考点 6	测量点:蒸发器制冷剂进口
参考点 7	测量点:蒸发器制冷剂出口
参考点 8	测量点:回热器低压侧制冷剂进口
参考点 9	测量点:回热器低压侧制冷剂出口

5 性能保证

5.1 通则

5.1.1 只有对制冷系统的经济效率和运行至关重要的并可通过常规测量方法验证的特性才能作为性能保证的项目,因为这主要是考虑到实际情况中难以避免的运行条件的变化。

5.1.2 对于 5.2.1~5.2.7 中的数据,宜在 5.3 规定的运行条件附近进行多点测量,尤其是温度测点。为避免使用插值,在允许的运行条件变化范围内这些测量数据可用图形来表示,运行条件的允许偏差应符合协议的规定。

注:本文件中的协议均指制造商与客户之间达成的有关制冷系统性能的约定。

5.1.3 因临时的变化而对其他运行条件所造成的影响应符合协议的规定。

5.2 技术保证项目

5.2.1 概述

技术保证项目是在协商确定的运行条件下测量的制冷量和消耗功率。

5.2.2 制冷量

制冷量应按以下约定:

- a) 总制冷量(见 3.1);
- b) 净制冷量(见 3.2);
- c) 有效制冷量(见 3.3)。

5.2.3 压缩机消耗功率

以下各项应符合协议的规定:

- a) 压缩机轴消耗功率;
- b) 驱动轴输出功率;
- c) 电动机消耗功率(如电动机端子上输入的电功率);
- d) 发动机的燃料消耗。

5.2.4 辅助设备消耗功率

风机、泵、搅拌器、加热器以及其他相关辅助设备消耗的功率应符合协议的规定。

5.2.5 整个系统消耗功率

整个系统消耗的功率应符合协议的规定。

5.2.6 冷却水要求

冷却水要求也可作为技术保证的项目。

5.2.7 性能系数

性能系数 COP 可代替 5.2.3~5.2.5 中的消耗功率作为技术保证的项目。

5.3 技术保证的运行条件

5.3.1 通则

以下内容应以协议为准：

- a) 制冷剂类型；
- b) 进入冷凝器、过冷器、油冷却器(如果提供)时传热介质的工况。

5.3.2 总制冷量

以下位置的制冷剂压力和温度应取决于协议：

- a) 压缩机的吸气口；
- b) 冷凝器的出口处,或储液器/过冷器的出口处。

5.3.3 净制冷量或有效制冷量

以下内容应取决于协议：

- a) 在蒸发器的进口和出口处,或在被冷却介质回路中两个指定点处的被冷却介质状态；
- b) 在蒸发器的进口或出口处,或在被冷却介质回路中指定点处的被冷却介质状态,以及相应的质量流量。

被冷却介质的状态不仅包括其温度,还包括其物性参数。

5.3.4 转换为保证条件

转换为保证条件需要分别指定压缩机转速或电源频率(对于电动压缩机)、蒸发和冷凝压力或蒸发和冷凝温度,以及多级系统时的中间压力。

为此,应规定试验中运行条件的允许偏差。

应协商确定对测量性能进行修正的方法,以表明在保证条件下的性能。另见 11.5。

5.4 制造允差

在制造过程中产生的与标称值(如制冷量、消耗功率和 COP)的偏差,应另行协商确定。

5.5 验收限值

测量值与标称值的允许偏差是制造允差与所应用的测量方法的总测量不确定度的总和。

如果 5.4 中的制造允差规定了零负允差,那么仍应满足测量不确定度的要求。

6 试验准备和程序

- 6.1 试验应在所有测量值处于稳态的条件下进行,尤其是压缩机和电动机应处于工作温度下。
- 6.2 在进行任何测量之前,应确保不与制冷剂接触的热交换器表面清洁。例如,这适用于冷凝器的冷却水侧和蒸发器的载冷剂侧。
- 6.3 允许在测量前重新调整系统。但在实际测试期间,仅允许实施双方商定好的干预措施。
- 6.4 测试应在尽可能精准地符合 5.3 规定的运行条件下进行。
- 6.5 稳态条件应保证足够长的时间,所有测试相关的参数从初始到最终均应在协议规定的允差范围内。
- 6.6 应剔除与读数的算术平均值严重偏离的值。
- 6.7 只要保持稳定状态,测量的读数都是可以接受的。
- 6.8 所有测量均应按适宜的标准[如 GB/T 2624(所有部分)]进行。测量仪器应根据第 7 章进行选择。
- 6.9 被测制冷系统应配备压力和温度测量所需的接口。这些接口不应影响系统的预期功能。
- 6.10 在测量总制冷量时,应确保液态制冷剂在冷凝器或过冷器下游没有气泡。故应对制冷系统进行适当的排空。
- 6.11 应连续进行两次测量(另见 11.3)。

7 测量仪器

7.1 通则

- 7.1.1 冷凝温度和蒸发温度应由测量的绝对压力得出,期间应遵循 12.1 规定的物性参数出处以及 6.10 的测量规定。
- 7.1.2 应使用经过校准的测量仪器,测量不确定度可通过校准来确定,且在试验期间是不变的。试验期间状态可能发生变化的测量仪器应在测试之前和之后分别进行验证。以下所示的测量不确定度是指扩展测量不确定度,置信区间为 95%,等于标准偏差的两倍。
- 7.1.3 除以下所示的类型的测量仪器外,还可以使用其他认可的测量仪器或设备,只要它们符合指示的测量不确定度。

7.2 温度测量仪器

在符合 7.1 规定的同时,温度测量仪器的测量不确定度还应在以下范围内:

- a) 蒸发器中载冷剂或冷凝器中冷却水的温度: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 所有其他温度的测量: $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.3 压力表

压力表的测量范围应使测量不确定度不超过指示值的 2%,同时:

- a) 如果使用波登管、隔膜或波纹管压力计,则应选择 0.6 级~0.1 级(精密压力计);
- b) 如果使用压力变送器,则应在测量前对其进行校准;
- c) 如果使用充液压力表来测量压力差,则应确保测量的不确定度不超过指示值的 1%,且待测介质不应被隔离液吸收。

7.4 电功率测量仪器

测量不确定度不应超过：

- a) 指示型测量仪器：满刻度值的 0.5%；
- b) 积分式测量仪器：测量值的 1%。

7.5 流量计

流量计的测量不确定度应在指示值的 2% 以内。

7.6 速度测量装置

测量不确定度不应超过指示值的 0.75%。

7.7 扭矩测量装置

测量不确定度不应超过额定负载的 1%。

7.8 时间测量装置

测量不确定度不应超过测量值的 0.1%。

7.9 质量测量装置

测量不确定度不应超过测量值的 0.2%。

8 制冷量的测量

8.1 直接法

8.1.1 总制冷量

8.1.1.1 通则

制冷量由制冷剂质量流量和焓差计算得出。

如果压缩机进口处的制冷剂是饱和或过热蒸气(即不带液),则总制冷量按公式(1)计算:

$$Q_{\text{og}} = m_{\text{R}}(h_1 - h_5) \quad \dots\dots\dots (1)$$

状态 1 对应于压缩机进口处的状态,状态 5 对应于蒸发器前的膨胀阀上游的状态(见图 1 和图 2)。

根据 8.1.1.2 的热平衡法或根据 8.1.1.3 的流量计法来确定制冷剂质量流量。这些方法适用于制冷系统的各种设计。图 1 和图 2 给出了制冷系统的示意图及其在 $p-h$ 图中的特征。

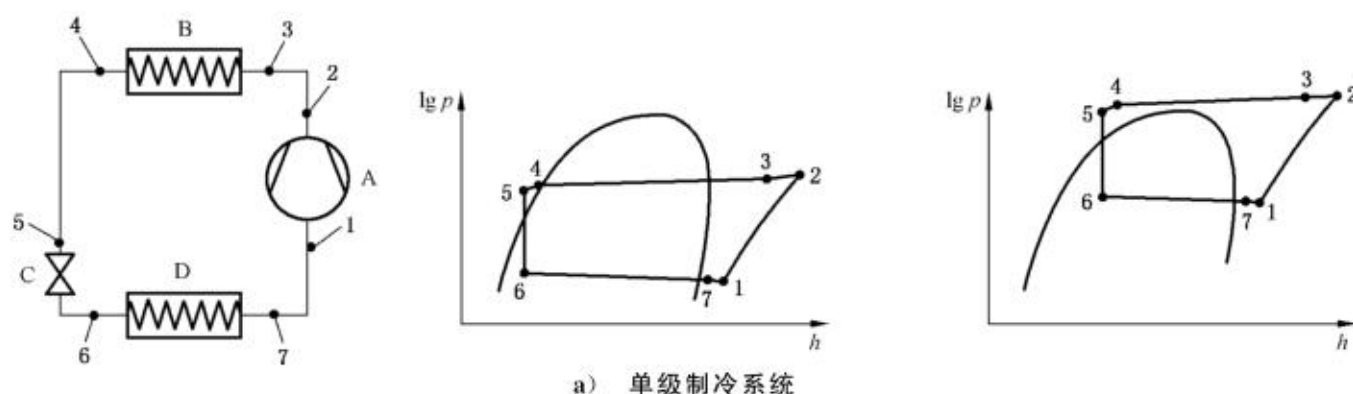
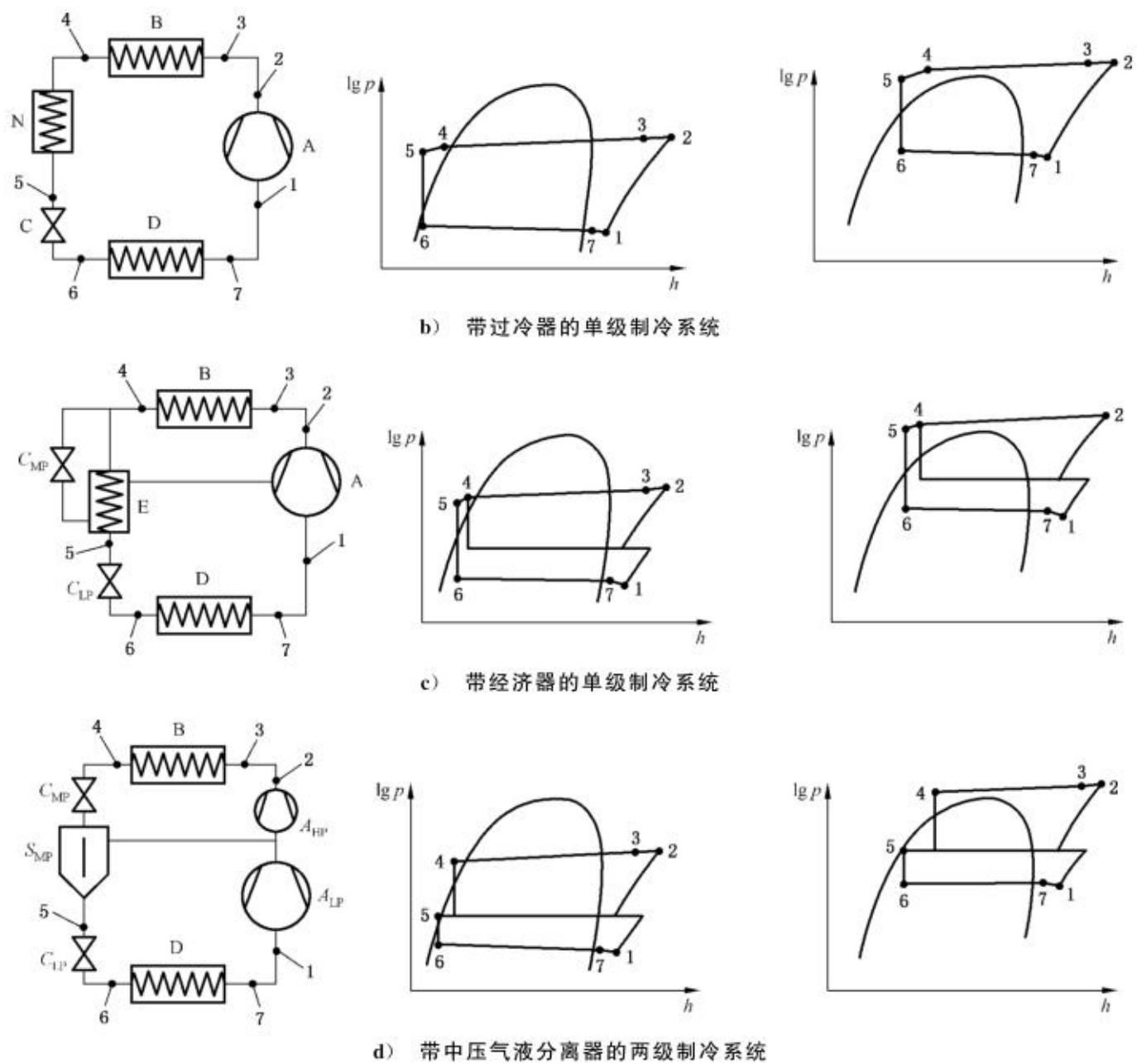


图 1 亚临界和跨临界制冷系统的示意图和 $\lg p-h$ 图



标引序号说明:

A——压缩机, A_{LP} (从低压到中压), A_{HP} (从中压到高压);

B——冷凝器;

C——膨胀阀, C_{MP} 至中压, C_{LP} 至蒸发器压力;

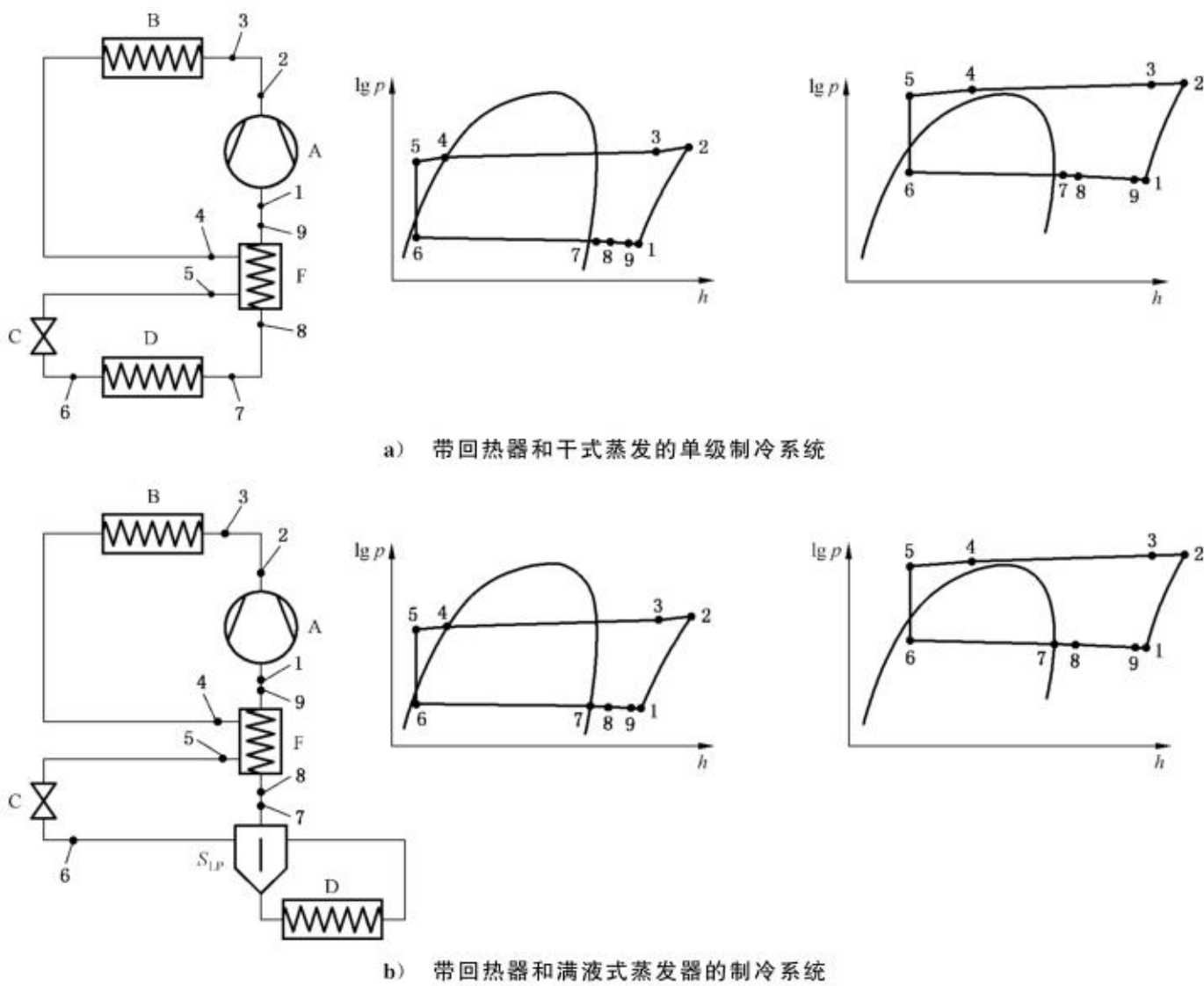
D——蒸发器;

E——经济器;

N——过冷器;

S——气液分离器, 中压下 S_{MP} 。

图 1 亚临界和跨临界制冷系统的示意图和 $\lg p-h$ 图 (续)



标引序号说明：
A——压缩机；
B——冷凝器；
C——膨胀阀；
D——蒸发器；
F——内部回热器($\Delta h_{4-5} \approx \Delta h_{8-9}$)；
 S_{LP} ——蒸发压力下的气液分离器。

图2 具有内部回热器的单级制冷系统的示意图和 $\lg p-h$ 图

8.1.1.2 根据热平衡法确定制冷剂质量流量

8.1.1.2.1 制冷剂质量流量可以通过使用其通过的回路中每个部件的热量平衡来确定。任何先前分流的部分流量均应予以考虑。

8.1.1.2.2 对于单级系统,由于冷凝器是在不进行传质(蒸发)的情况下进行液体冷却,冷凝器是最适合用于建立热平衡的回路部件。制冷剂的质量流量用公式(2)进行计算。

$$m_R = \frac{m_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w + Q_{cor}}{\Delta h_R} \dots\dots\dots (2)$$

式中的 $\Delta h_R = (h_3 - h_4)$, 是冷凝器中制冷剂焓的减少量。
冷却介质的质量流量 m_w 通过常规方法(如用量器、体积计、压差装置等测量)确定。
 Q_{cor} 是当冷凝器外表面的温度偏离环境温度时需要进行的漏热修正,该修正值按公式(3)计算。

$$Q_{\text{cor}} = u \cdot A (t_{\text{m}} - t_{\text{amb}}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

u ——沿冷凝器外壁内表面流动的介质与周围环境之间的总传热系数。由于 Q_{cor} 仅表示修正,因此如果冷凝器没有隔热并且没有安装在室外,则可近似取 $u = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

A ——冷凝器外表面与环境接触的面积;

t_{m} ——冷凝器外壁的平均温度,在此修正中,该平均温度可以认为等于沿着外壁内表面流动的介质的温度;

t_{amb} ——环境温度。

Q_{cor} 可正可负。由于它仅由近似法确定,因此与热平衡其他热量相比应很小,且不应超过 10.4 中给出的最大允许误差。如果需要,应提供保温,此时应通过使用平壁近似公式(4)来确定 u 值。

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

α ——自然对流时传热系数的近似值,取 $\alpha = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ ——绝缘层的厚度;

λ ——绝缘层在运行工况下的传热系数。

8.1.1.2.3 如果在冷凝器的下游安装了过冷器,则最好对回路的两个部分都建立热平衡。

8.1.1.2.4 由于蒸发式冷凝器的外部热平衡的不确定性过高,热平衡将建立在回路的不同部分,通常是在过冷器上。因此,建议在此过冷器上提供所需的温度测量点。考虑到测量的不确定度,需要控制传热介质的质量流量,使得在该过冷器的进口和出口之间具有最小 5°C 温差。

考虑到第 10 章中给出的不确定度,该方法需要特别精确的测量装置。此外,应确保制冷剂在过冷器进口处没有任何气泡。这通常需要 2°C 的过冷度。如果过冷器使用非水的传热流体,则需要有关其比热容的精确数据。

8.1.1.3 通过流量计法测定制冷剂质量流量

如果管路上装有抗脉动装置,或者管路中没有脉动,并且测量值无不可接受的大量油的影响,则可以通过第 7 章所述的流量计确定完全液态或完全气态的制冷剂质量流量。

8.1.2 液体被冷却介质的净制冷量

可以根据被冷却介质的流量来确定净制冷量。该测量方法基于公式(5)。

$$Q_{\text{on}} = m_{\text{K}} \cdot c_{\text{K}} \cdot \Delta t_{\text{K}} + Q'_{\text{cor}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

被冷却介质的质量流量 m_{K} 通过常规方法(如用量器、体积计、压差装置等测量)在蒸发器的进口或出口处测量。

被冷却介质的比热容 c_{K} 应从制造商给出的数据中获得。

蒸发器进口和出口之间的被冷却介质的温度下降值 Δt_{K} 不应小于 5°C 。如果这种温差不能保证或者无法实现,则该方法可参考使用。

Q'_{cor} 通常是一个较小的漏热修正,因此可以通过一个考虑了测量不确定度(见第 10 章)的近似方法获得。此修正是以下各项的总和:

a) 位于被冷却介质回路中测量位置之间的辅助设备(如循环泵、搅拌器等)产生的功率输出的热当量;

b) 由于蒸发器中的被冷却介质与周围环境没有完全绝热而产生的漏热 Q'_{cor} ,可按公式(6)计算。

$$Q'_{\text{cor}} = u \cdot A (t_{\text{amb}} - t_{\text{m}}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

u ——环境与被冷却介质之间的总传热系数，该值按公式(4)计算；

A ——蒸发器外表面与环境接触的面积；

t_m ——一个平均温度，它等于：

- 强制被冷却介质循环(如逆流装置、平行流动装置等)的蒸发器中，被冷却介质的进口和出口温度的算术平均值；
- 具有强力搅拌器的盐水罐的出口温度；

t_{amb} ——环境温度。

Q'_{cor} 项仅指从环境到被冷却的被冷却介质的热量，而不是指从环境到制冷剂的热量。如果出现后一种情况，例如在蒸发器壳体内有制冷剂时，则根据 3.2 的定义在确定净制冷量时不应予以考虑。

8.1.3 有效制冷量

8.1.3.1 通则

也可根据被冷却介质的流量来确定有效制冷量(与确定净制冷量一样)，但应减去根据 8.1.2 做出的热量修正 Q'_{cor} 。

在被冷却气流一侧进行测量时(例如对于高压工艺气体)，制冷量的计算考虑由压力下降引起的焦耳-汤普森效应，具体影响取决于气体。

8.1.3.2 直接测量

测量符合 8.1.2 中描述的方法，同时考虑根据 8.1.2 进行的修正。

8.1.3.3 量热计测量

若试验过程中任何时候都无法实现稳态的条件，则可以应用此方法来测量被冷却介质的有效制冷量。必要时可用人工热源(如蒸汽、热水、电加热等)代替天然热源。然后测量人工热源提供的换热量，该换热量即对应有效制冷量。

8.2 间接法

8.2.1 通则

若直接法不可行或者不如间接法精确，或者用于验证直接法时(根据 8.1)，可使用间接法。

8.2.2 由经过校准的压缩机测定总制冷量

这是在压缩机安装到制冷系统之前在制造商处进行的一项测定压缩机消耗功率(压缩机功率)的试验，该试验的条件代表了以后的运行条件，特别是蒸发温度和冷凝温度。总制冷量为压缩机功率乘以按 3.1 分配给总制冷量的焓差，再除以分配给压缩机功率的焓差。

通过在压缩机能力试验台上试验来确定制冷剂的质量流量。为此，试验条件应与系统中的运行条件尽可能保持一致。根据第 11 章，在制造商处进行压缩机能力测量期间与后续在制冷系统中进行测量期间，任何运行条件的差异均应予以考虑。总制冷量根据 8.1 确定。

如果压缩机在制造商处使用不同的气体(如干燥的氮气)测试，且与在系统中测试相差很大时，应事先约定好结果转换的方法。根据制造商的描述或自身经验，使用经过验证的方法重新计算，可以根据制造商的性能数据确定制冷剂的质量流量和消耗功率。与前述方法相比，该方法的不确定度更高。

8.2.3 净制冷量的测定

通过按 8.1.1 确定的总制冷量，再通过确定控制阀和压缩机进口之间的漏热损失，即可按 8.1.2 获

得净制冷量。

8.2.4 有效制冷量的测定

有效制冷量可以根据 8.2.3 的净制冷量确定,同时考虑按 8.1.2 进行的修正。

8.2.5 根据整体能量平衡确定总制冷量

该方法列于间接法中,且仅作为一个对直接测量的验证程序。

如果平衡内发生重大偏差,则应查找相应的原因。

对于具有节流膨胀和水冷冷凝器且没有水蒸发的制冷系统,按公式(7)建立平衡。

$$Q_{\text{og}} = Q_{\text{I}} + Q_{\text{II}} + Q_{\text{III}} - P + Q_{\text{IV}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

或在单级压缩的情况下,按公式(8)建立平衡。

$$Q_{\text{og}} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} (P - Q_{\text{II}} - Q_{\text{IV}}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Q_{I} ——传递给冷凝器和过冷器中的水或周围空气的热量;

Q_{II} ——从压缩机以及中间冷却器(在适用于多级系统的情况下)传递到传热介质(冷却水或空气)的热量;

Q_{III} ——压缩机出口和冷凝器进口之间高温排气管(包括油分离器)对外传递的热量;

P ——压缩机轴消耗功率或电动机端子的输入功率;

Q_{IV} ——压缩机壳体(包括机油冷却器和辅助设备)对外传递的热量,它不包含在 Q_{II} 中。

$Q_{\text{og}}/(h_1 - h_5)$ 等于制冷剂的平均质量流量 m_{R} 。

由于 Q_{II} 、 Q_{III} 、 Q_{IV} 为一般性修正,因此只需近似地确定,但这不适用于带有油冷却器的压缩机。

9 消耗功率的测量

9.1 压缩机消耗功率

9.1.1 压缩机轴消耗功率(电动压缩机端子上)

9.1.1.1 直接法通过测量压缩机轴转速和扭矩获得。

9.1.1.2 间接法按下述规定。

- 分别从电动机的端子或变频器的输入端子测量电功率。如有必要,应对电动机效率进行修正。
- 在已知效率的情况下,其他类型的功率均从发动机的燃料消耗得出。当适用时,动力传输的效率(如皮带传动、齿轮传动等)也应计算在内。
- 对于动态压缩机,宜从能量平衡中推导出来。为此应确定制冷剂、压缩机冷却液以及润滑油或其冷却液的质量流量和焓差,包括期间向环境传递的热量。对于其他压缩机的设计,建议此方法仅用于验证的目的。

9.1.2 驱动轴输出功率

按照 9.1.1.1 的方法测量电动机的轴功率,注意动力传输的效率(如皮带传动、齿轮传动等)应予以适当的考虑。

9.1.3 电动机消耗功率

通过确定电动机端子上消耗的功率来确定电动机的功率。

9.1.4 辅助设备消耗功率

按 9.1.3 的方法来确定辅助设备的消耗功率。

10 测量不确定度

10.1 对于每个测量值,应给出相应测量方法的测量不确定度,理论原理按 GB/T 27418 的规定。

10.2 表 4 给出的测量不确定度是指扩展测量不确定度,置信区间为 95%,等于标准偏差的两倍。

10.3 制冷量和消耗功率的测试结果受测量不确定度的影响,它根据“不确定度传播规律”从所需的
所有测量值的单个测量不确定度计算得出。

10.4 总测量不确定度应符合以下规定:

- a) 通过使用本文件所述的制冷量测量方法,测量值是可获得的;
- b) 对于使用本文件所述方法测得的消耗功率,不确定度应为±5%。

表 4 测量值

条款	总测量不确定度	方法
8.1.1.2	±6%	冷凝器的热平衡
8.1.1.2.3	±6%	冷凝器和过冷器的热平衡
8.1.1.2.4	±9%	过冷器的热平衡
8.1.1.2	±7%	制冷剂的质量流量
8.1.2	±7%	被冷却介质的质量流量
8.1.3.3	±7%	量热计测量
8.2.5	±10%	总能量平衡

10.5 10.4 中给出的总测量不确定度是指在安装现场的测量。在测试台上进行测量可能会导致测量不
确定度显著降低,此时的不确定度应根据每种具体情况来确定。

10.6 如果超出了规定的总测量不确定度,则应查明相关的原因并给出合理解释。如果偏差较大,建议
在更有利的条件下重新进行测量。

11 测试结果及转换至保证值

11.1 试验运行期间应采用读数的算术平均值作为测量的结果。

11.2 对于组合的量,公式中应使用 11.1 的平均值。

11.3 当测量满足 10.4 的要求时,应使用两个同时或连续进行的测试结果的平均值,但前提是这两个
结果之间的差值不超过较低结果的 10%。

注:两个同时测试的结果指的是同时利用直接法和间接法两种测量方法测试的结果,两个连续测试的结果指的是
利用同一种测量方法先后进行两次测试的结果。

11.4 每个试验报告应包括以下信息:

- a) 符合 5.2 的数据;
- b) 所使用的测试方法;
- c) 所获得的测量值;
- d) 实测制冷量的计算方法;

- e) 测量不确定度的确定；
- f) 所应用的材料特性的参考来源；
- g) 试验过程中影响结果的观察。

11.5 当性能测试期间的运行条件偏离根据 5.3 所商定的条件时,宜参考附录 A 的方法将测量值向保证的条件下进行转换。为此,蒸发温度、冷凝温度以及液体的过冷度等均应予以考虑,且假设在按照 5.3.4 商定的允许偏差内,等熵效率 η_i 、压缩机的吸气体积流量以及与环境间传递的热量 Q_1 至 Q_N 保持不变。

12 材料特性

12.1 应指出所应用材料特性的出处。

12.2 在整个测试过程中,应使用相同性能的材料。

附录 A
(资料性)
工况结果转换

A.1 概述

本附录旨在为本文件范围内冷水机组现场性能测试值转换为标准(协议)规定下的数值,在使用现场条件下验证机组性能。

在机组现场进行性能测试时,现场测试工况很难达到在实验室所能提供的标准(协议)工况。这就需要利用现场测试的一些关键参数,转换为标准工况(协议)下的参数值。

A.2 一般要求

对现场进行性能测试的机组,需要结合产品的适用范围,参考表 A.1 给出的使用工况合理规划测试方案,并利用这些测试结果编制机组的性能数据库(并在委托测试机构处备案),包括由产品所有者信息、产品信息、产品性能数据、版本信息等集合而成的计算机输出文档、电子图表或计算机选型软件。

注:实际使用工况的范围不要求包含表 A.1 的所有范围(甚至可以超出),这完全取决于产品的能力或其匹配的应用场景。

表 A.1 使用工况

单位为摄氏度

运行 模式	使用侧		热源侧					
	冷、热水		风冷式		蒸发冷却式		水冷式	
	进出水温差 ^a	出口水温	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度	进口水温	进出水温差 ^a
制冷	3~10	5~15	21~43	—	21~43	15.5~29	19~33	3~10
制热	3~10	35~50	-10~21		-10~21	-10~15.5	15~21	3~10
^a 本文件仅给出参考范围,实际选定出口水温后,是采用定温差还是定流量进行测试,由制造商自行确定。								

A.3 转换方法

转换按以下步骤进行。

- a) 调节机组运行模式,使其在机组性能数据库能输出的任一使用工况下,并处于相对稳定的状态(最好选取机组负荷率在 70%~100%之间)。
- b) 选定出口水温,可采用定温差亦或定流量进行测试,配合机组自带参数(如机组负荷,压力等),通过选型软件输出一组制冷量、消耗功率等性能参数值,与实测值进行比对,按公式(A.1)和公式(A.2)求出偏差 σ_Q 、 σ_P 。
- c) 以此方法,连续进行 3 个不同部分负荷工况的性能测试,计算出每个测试工况下实测值与选型软件输出值的比对偏差 σ_i ,以便绘制一条偏差 σ_i 对负荷变化的曲线,采用线性回归方法求出 100%负荷下的偏差 $\bar{\sigma}$ 。
- d) 标准(协议)工况下的制冷量、消耗功率即为选型软件性能数据库输出值的 $(100+\bar{\sigma})\%$ 。

$$\sigma_Q = \frac{Q_s - Q_x}{Q_{eq}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\sigma_p = \frac{P_s - P_x}{P_{eq}} \times 100\%$$

..... (A.2)

- 式中：
- Q_s —— 实测制冷量；
 - Q_x —— 选型软件输出制冷量；
 - P_s —— 实测制冷消耗功率；
 - P_x —— 选型软件输出制冷消耗功率；
 - σ_Q —— 实测制冷量与选型软件输出制冷量的偏差；
 - σ_P —— 实测制冷消耗功率与选型软件输出制冷消耗功率的偏差。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2624(所有部分) 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量
-