



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—202X

制冷系统试验

Testing of refrigerating systems

(ISO 916:2020, MOD)

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-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 符号和单位.....	2
5 性能保证.....	5
6 测试准备和程序.....	6
7 测量设备.....	7
8 制冷量的测量.....	8
9 驱动功率的测量.....	13
10 测量不确定度.....	13
11 工况结果转换.....	14
12 材料特性.....	15

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。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 916:2020 Testing of refrigerating systems，本文件与 ISO 916:2020 相比主要存在以下技术性差异：

- a) 更改了规范性引用文件，对于已经转化为我国国家标准或行业标准的引用文件，均改为引用我国的标准（见第2章）；
- b) 增加了各条款的标题（见 9.1.2~9.1.4）；
- c) 更正了标准中的笔误，将“第9章”改为“第10章”（见 8.1.1.2.4）；
- d) 更正了标准中的笔误，将 Q_{cor} 改为 Q'_{cor} （见第 8.1.2 的 b））；
- e) 增加了条款的注释（见 11.3）；
- f) 更改了对测量结果进行转换的要求，同时增加了一个附录，以明确测试数据的工况转换方法（见附录 A）。

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/TC238）归口。

本文件起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、***。

本文件主要起草人：***。

本文件为首次发布。

制冷系统试验

1 范围

本文件适用于压缩机驱动的制冷系统（以下简称制冷系统）的性能测试，该系统根据蒸气压缩原理运行，由压缩、冷凝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。

本文件未涵盖针对家用冰箱、商用冷藏和展示柜、空调等特定用途的制冷系统的适用性测试。

本文件还适用于在实验室外进行的现场测试，以及在系统没有特定的试验标准情况下，需根据商定的操作条件进行的测试。

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 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 2624.1—2006，ISO 5167-1:2003，IDT）

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 2624.2—2006，ISO 5167-2:2003，IDT）

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 2624.3—2006，ISO 5167-3:2003，IDT）

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 2624.4—2006，ISO 5167-4:2003，IDT）

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取的热量。

注：通常对于单级制冷系统，总制冷量等于制冷剂质量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。（另参见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冷却介质中吸取的热量。

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冷却介质吸收的有效热量。

注：有效制冷量等于制冷剂或冷却介质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、符号与单位见表1。

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	$J/(kg.K)$
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	$^{\circ}C$
绝对温度	T	K
总传热系数	u	$W/(m^2.K)$
表面传热系数	α	$W/(m^2.K)$
绝缘层厚度	δ	m
等熵效率	η_i	—
导热率	λ	$W/(m.K)$
运动粘度	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

索引	参数
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 概述

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参数的要求。这主要是考虑到实际运行工况中难以避免的工况偏差。

5.1.2 对于5.2.1至5.2.7的数据，建议在符合5.3的运行工况（特别是温度）附近多测几个值。这些数值应在每对工况变化范围内以图形方式表现，不要内插。允许的偏差应满足协议要求。

5.1.3 其他工况临时变化所造成的影响应该满足协议要求。

5.2 技术保证项目

5.2.1 概述

制冷量和消耗功率是在某运行条件下需要保证的项目。

5.2.2 制冷量

制冷量应商定为：

- 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

以下各项应以协议为准：

- a) 压缩机轴输入功率；
- b) 驱动轴输出功率；
- c) 电动机的输入功率（如电动机端子上输入的电功率）；
- d) 发动机的油耗。

5.2.4 辅助设备的消耗功率

风扇、泵、搅拌器、加热器和其他相关辅助设备消耗的功率应以协议为准。

5.2.5 整个系统的输入功率

整个系统的输入功率应以协议为准。

5.2.6 冷却水需求

冷却水需求也可以作为技术保证的项目。

5.2.7 性能系数

性能系数 COP 也可能代替5.2.3至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 概述

以下内容应以协议为准：

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

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) 在压缩机的吸入口；以及
- b) 分别位于冷凝器或储液器或过冷器的出口处。

5.3.3 净制冷量或有效制冷量

以下内容应取决于协议：

- a) 冷却介质在蒸发器的进口和出口处或冷却介质回路中两个特定点处冷却介质的状态；
- b) 或蒸发器的进口或出口处或冷却介质回路的一个定义点处的冷媒冷却介质的状态，以及相应的质量流量。

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 转换前提条件

转换前提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）、蒸发压力和冷凝器中的制冷剂压力或蒸发和冷凝温度以及多级系统时的中间压力。

为此，应规定试验运行工况的允许偏差。

应指出测量性能的修正方法，以表明在保证条件下的性能。另参见11.5。

5.4 允差

允差是指制造过程中引起的与宣称值（如制冷量、消耗功率和 COP ）的偏差，应另行商定。

5.5 验收限值

测量值与宣称值的允许偏差是允差与所应用的测量方法的总测量不确定度的总和。
如果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 测试准备和程序

- 6.1 试验应在稳态条件下进行，并且压缩机和电机应处于运行工况温度下。
- 6.2 在进行任何测量之前，应确保未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。在实际测试期间，仅允许双方商定的干预措施。
- 6.4 测试应在尽可能符合5.3规定的工况条件下进行。
- 6.5 必须在足够长的时间内保证稳态条件，所有测试参数从初始值到最终值应在允差范围内。
- 6.6 应剔除与读数的算术平均值有很大偏差的值。
- 6.7 只有保持稳态的数据才可以接受。
- 6.8 所有测量均应按照GB/T 2624（所有部分）等适用标准进行。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。另外还需要适当清洁制冷系统。
- 6.11 应进行两个连续的测量周期。

7 测量设备

7.1 概述

- 7.1.1 冷凝和蒸发温度由绝对压力读数得出，其中使用了根据12.1的来源，并遵循根据6.10的清洁措施。
- 7.1.2 应使用经过校准的测量仪器。至关重要的是，测量不确定度可以通过校准确定，并且在测试过程中不变化。在测试期间其状况可能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 温度仪表

温度测量仪器的测量不确定度应在以下范围内，同时应考虑到7.1：

- a) 对于测量蒸发器中载冷剂或冷凝器中冷却水的温度， $\pm 0.1\text{K}$ ；
- b) 对于所有其他温度测量， $\pm 0.5\text{K}$ 。

7.3 压力表

选择的测量范围应使测量不确定度不超过指示值的2%。

- a) 如果使用波登管、隔膜或波纹管压力计，则应选择0.6~0.1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%。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：

- d) 指示测量仪器的满刻度值的0.5%；
- e) 集成测量仪器的测量值的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

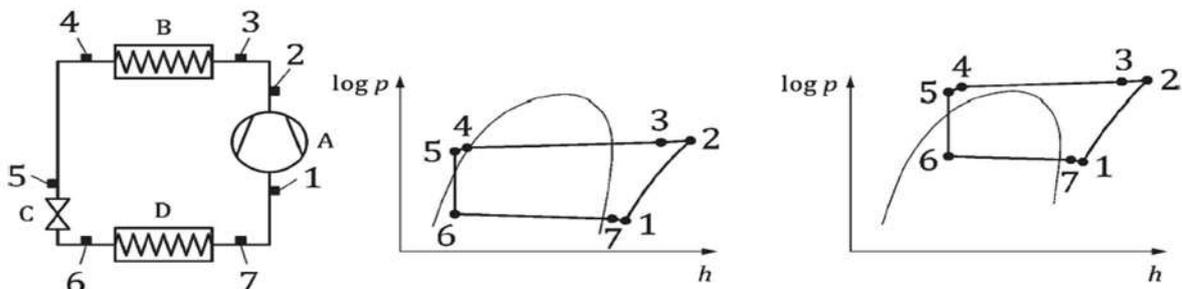
8.1.1.1 概述

制冷量由制冷剂质量流量和焓差计算得出。

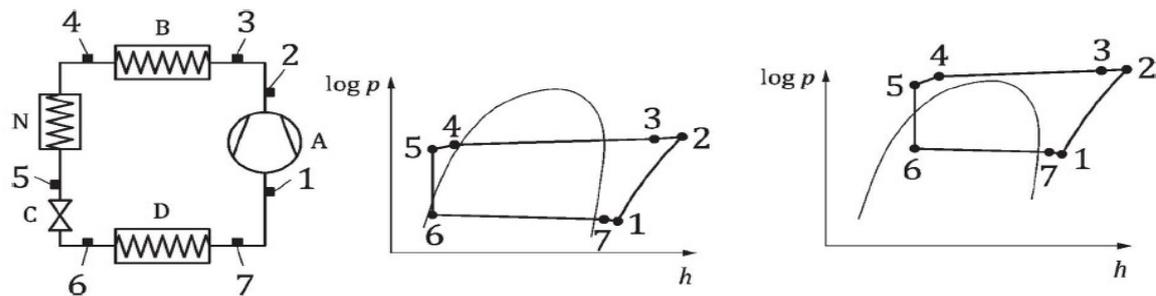
如果压缩机进口处的制冷剂蒸气是干燥的、饱和的或过热的（即没有夹带的液体），则总制冷量由公式（1）给出：

$$Q_{og} = m_R(h_1 - h_5) \dots\dots\dots (1)$$

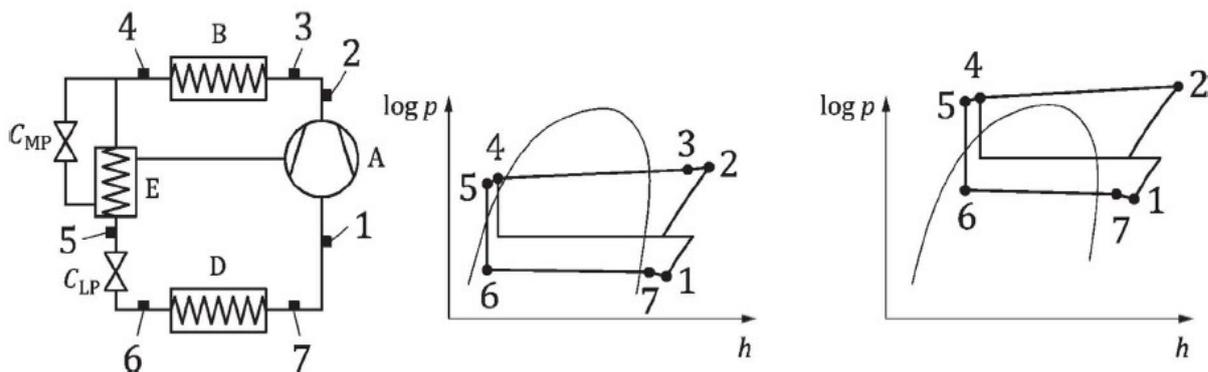
状态1对应于压缩机进口处的状态，状态5对应于蒸发器前的膨胀阀上游的状态（参见图1和图2）。根据8.1.1.2的热平衡或根据8.1.1.3的流量测量来确定制冷剂质量流量。该方法适用于制冷系统的各种设计。图1和图2在p-h图中给出了制冷系统示意图及其特征。



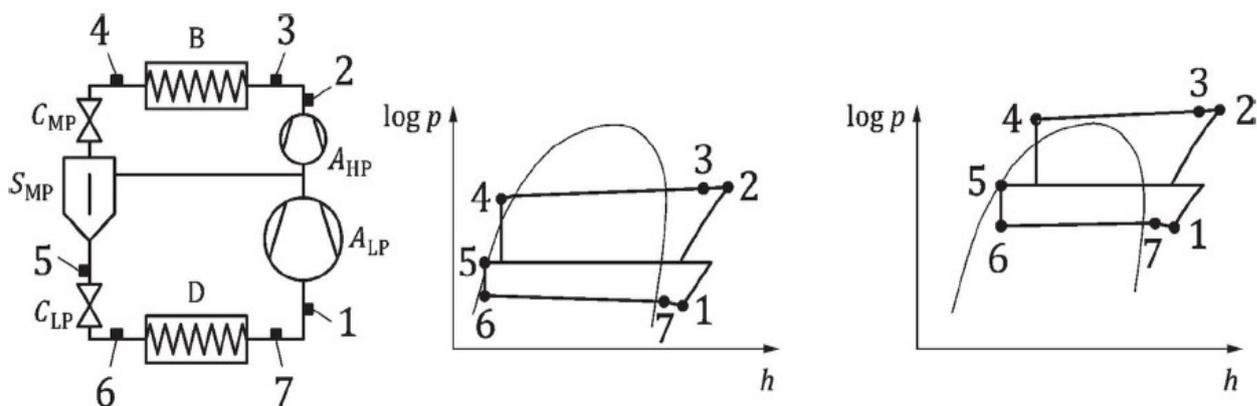
a) 单级制冷系统



b) 带过冷器的单级制冷系统



c) 带经济器的单级制冷系统

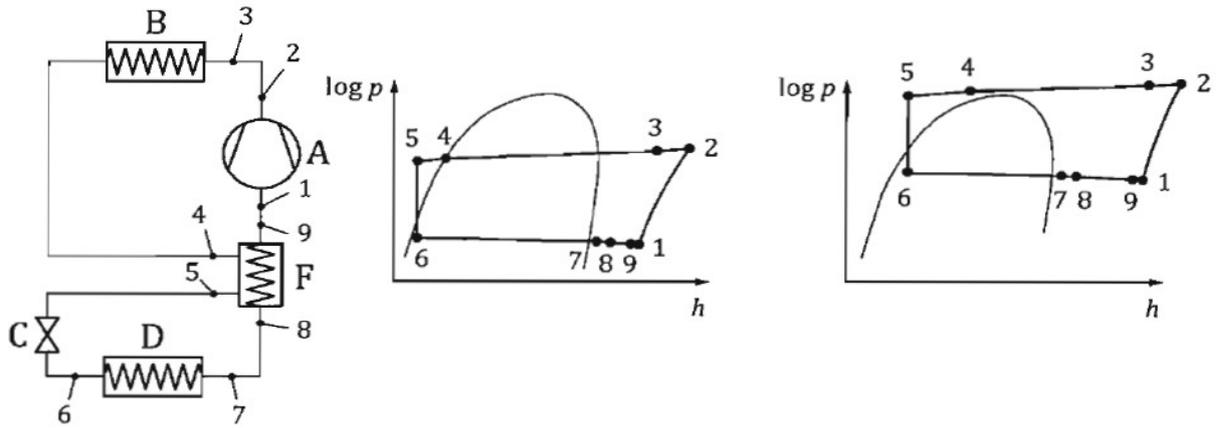


d) 带中压气液分离器的两级制冷系统

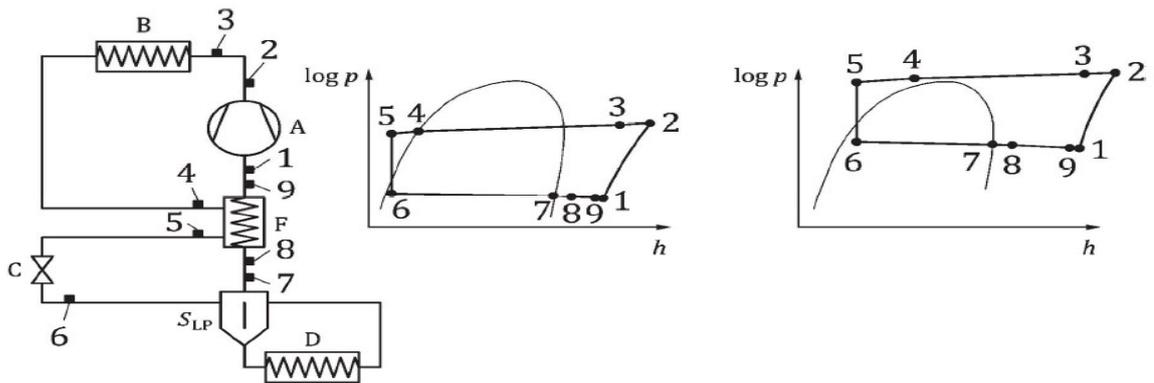
图例

- | | | | |
|---|---|---|---------------------|
| A | 压缩机, A_{LP} (从低压到中压), A_{HP} (从中压到高压) | D | 蒸发器 |
| B | 冷凝器 | E | 经济器 |
| C | 膨胀阀, C_{MP} 至中压, C_{LP} 至蒸发器压力 | 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log-p-h图



a) 带回热器和干式蒸发的单级制冷系统



b) 带回热器和满液式蒸发器的制冷系统

图例

- | | | | |
|---|-----|-----------------|-------------|
| A | 压缩机 | D | 蒸发器 |
| B | 冷凝器 | F | 内部热交换器 |
| C | 膨胀阀 | S _{LP} | 蒸发压力下的气液分离器 |
- 内部传热, $\Delta h_{4-5} \approx \Delta h_{8-9}$

图2 具有内部热交换器的单级制冷系统的示意图和log-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。应考虑任何先前分流的部分流量的情况。

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。然后，使用公式（2）确定制冷剂质量流量。

$$m_R = \frac{m_W \cdot c_W \cdot \Delta t_W + Q_{cor}}{\Delta h_R} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta h_R = (h_3 - h_4)$ 是冷凝器中制冷剂焓的减少量。

冷却液体质量流量 m_W 通过常规方法，例如用量器、体积计、压差装置等确定。

漏热修正 Q_{cor} 是每当冷凝器外部表面的温度偏离环境温度时，需要进行的修正的数值。该修正值由公式（3）确定。

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

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,因此以下近似就足够了:

$u = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 如果冷凝器没有隔热并且没有安装在室外;

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,在此校正中,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。

校正 Q_{cor} 可以为正或负。由于它仅由近似法确定,因此与热平衡其他热量相比必须很小。因此,它不应超过 10.4.1 中给出的最大允许误差。如果需要,应提供保温;在这种情况下,通过使用以下平壁近似公式来确定 u 值:

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

式中:

$\alpha = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 是自然对流的近似值;

δ 和 λ 是绝缘层的厚度和其在运行工况下的导热系数。

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产生最小 5 K 温差。

考虑到第10章中给出的公差,该方法需要特别精确的测量装置。另外,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 K的过冷度。如果过冷器使用不是水的传热流体,则需要有关其比热容的精确数据。

8.1.1.3 通过流量计测定制冷剂质量流量

如果管路上装有抗脉动装置,或者如果管路中没有脉动,并且测量值不会因不可接受的大量油的影响,则可以通过根据第7条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 液体冷却介质的净制冷量

可以根据冷却液体的流量确定净制冷量。

该测量方法基于公式(5):

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

冷却介质质量流量 m_{K} 通过常规方法(例如,测量容器、压差装置、体积流量计)在蒸发器的进口或出口测量。

冷却介质的比热容 c_{K} 值应从供应商给出的值中获得:

蒸发器进口和出口之间的冷却介质的温度下降 Δt_{K} 不应小于 5 K。因此,如果这种温差不能持续保证或者不能保证,则该方法不适用。

Q_{cor} 通常是一个较小的漏热修正,因此,如果考虑测量的不确定度,则可以通过近似法确定(参见第10条)。此修正是以下各项的总和:

- a) 位于冷却介质回路中测量位置之间的辅助设备(例如循环泵、搅拌器)产生的功率输出的热量当量;
- b) 当蒸发器中的冷却介质与周围环境没有完全保温隔热而产生的漏热 Q'_{cor} ;该项可以使用公式

(6) 计算:

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

式中:

u ——环境与冷却介质之间的总传热系数。该值使用公式(4)计算;

A ——蒸发器外表面与环境接触的面积;

t_{m} ——是一个平均温度,它等于:

- 具有强制循环(包括逆流设备、顺流设备等)蒸发器的冷却介质的进口和出口温度的算术平均值;
- 具有足够强度的搅拌器的盐水罐的出口温度;

t_{amb} ——环境温度。

必须注意的是, Q'_{cor} 项仅指从环境到冷却介质的热流,而不是指从环境到制冷剂的热流。如果出现后一种情况,例如在蒸发器壳体内有制冷剂时,根据定义确定净制冷量时,不应考虑它(参见3.2)。

8.1.3 有效制冷量

8.1.3.1 概述

也可根据冷却介质的流量确定有效制冷量(如净制冷量),同时减去根据8.1.2的校正 Q'_{cor} 。

在冷却气流一侧进行测量时,例如,对于高压工艺气体,制冷量的计算必须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进行的校正。

8.1.3.3 量热计测量

此方法用来测量冷却介质的有效制冷量,并且在测试过程中在无法实现稳态条件时将应用此方法。如果需要,将用人工热源代替天然热源。这可以包括例如蒸汽、热水、电加热。然后,测量人工热源提供的换热量,该换热量就等于有效制冷量。

8.2 间接法

8.2.1 概述

如果直接法不可行或者不如间接方法那么精确,或者用于验证直接法时(根据8.1),可以使用间接方法。

8.2.2 通过经过校准的压缩机测定总制冷量

这是指在将压缩机安装到制造商的制冷系统之前进行的一项测定压缩机功率的试验,该试验的工况代表了以后的运行工况,特别是蒸发温度和冷凝温度。总制冷量由压缩机功率乘以根据3.1分配给总制冷量的焓差,再除以压缩机进出口焓差,即可以根据压缩机功率确定总制冷量。

通过在压缩机能力测试台上测试压缩机来确定制冷剂质量流量。为此,测试条件应尽可能与系统中的运行工况保持一致。根据第11条,应考虑在制造商处所进行压缩机能力测量期间与在制冷系统中进行测量期间的运行工况之间的任何差异。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(例如,干氮气),并且在与系统测试相差很大时,应对结果进行工况转换。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的功率。与上述方法相比,该方法的不确定度更高。

8.2.3 净制冷量的测定

根据8.1.1确定总制冷量减去控制阀和压缩机进口之间的漏热损失，得出根据8.1.2确定的净制冷量。

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，同时考虑根据8.1.2进行的校正。

8.2.5 根据整体能量平衡确定总制冷量

该方法在间接方法中列为仅用于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，使用公式（7）建立平衡：

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

或在单级压缩的情况下，公式（8）：

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

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（如果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对外散热的热量；

P ——在压缩机轴或电机端子上输入的功率；

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

比值 $Q_o/(h_1-h_5)$ 等于制冷剂的平均质量流量 m_R 。

由于 Q_{II} 、 Q_{III} 、 Q_{IV} 是一般性校正，因此其近似确定就足够了。但是，这不适用于带有油冷却器的压缩机。

9 驱动功率的测量

9.1 压缩机消耗功率的测定

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：

- a) 分别从变频器的电机端子或输入端子处的测量功率得出的功率。如有必要，应对电机效率进行校正；
- b) 在已知其效率的情况下，其他类型的功率均从发动机的燃油消耗得出。动力传输效率，如（皮带传动，齿轮传动等情况）也应纳入考虑。
- c) 对于动态压缩机，最好从能量平衡中推导出来。为此，确定质量流量和压缩的制冷剂、压缩机冷却剂以及润滑油或其冷却剂的焓差。应考虑向环境的热传递。对于其他压缩机设计，建议仅将此方法用于验证目的。

9.1.2 驱动轴输出功率

按照 9.1 中 a) 的方法测量电机轴功率，其动力传递的效率（例如，皮带传动、齿轮）应予以适当考虑。

9.1.3 电动机消耗功率

通过确定电机端子上消耗的功率来确定电机的功率。

9.1.4 辅助设备功率

通过根据 9.1.3 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，应参照 GB/T 27418 给出相应测量方法的测量不确定度。

10.2 表 4 给出的测量不确定度值是指扩展的测量不确定度，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 总测量不确定度按以下规定：

- a) 通过使用上述制冷量的方法可获得的值。
- b) 对于使用上述方法的消耗功率不确定度满足 $\pm 5\%$ 。

表 4 测量值

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

10.5 10.4 中给出的总测量不确定度是指安装现场的测量。在测试台上进行测量可能会导致测量不确定度显著降低，然后应针对每种特定情况进行确定。

10.6 如果超出了规定的总测量不确定度，则应查明原因。如果偏差较大，建议在更有利的条件下重新进行测量。

11 工况结果转换

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 当测量符合 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，两个连续测试结果指的是利用一种测量方法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) 测试方法（直接法或间接法）；
- c) 记录参数测量值；
- d) 实测制冷量的计算方法（总制冷量、净制冷量、有效制冷量）；
- e) 测量不确定度；
- 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结果。

11.5 当性能测试期间的运行工况偏离根据 5.3 所商定的条件，则应按附录 A 的方法将测量值进行工况结果转换。为此，应考虑蒸发温度和冷凝温度以及液体的过冷度。因此，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和向环境的热流 Q_I 至 Q_{IV} 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
(规范性)
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，制造商应结合产品的适用范围，参考表A.1给出的使用工况条件合理规划测试方案，并利用这些测试结果编制机组的性能数据库，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。

选型软件在测试前应在委托测试机构处进行备案。

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 使用工况条件 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条件下，并处于相对稳定的状态（宜选取机组负荷率在 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（A.2）求出偏差 σ_Q 、 σ_P ；
- c) 依此方法，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 ，并按公式（A.3）求得平均偏差 $\bar{\sigma}$ 。
- 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+ $\bar{\sigma}$ ）%。

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

$$\sigma_P = \frac{P_S - P_X}{P_{eq}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \sigma_i \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

Q_S ——实测制冷量；

Q_X ——选型软件输出制冷量；

Q_{eq} ——实测制冷量与选型软件输出制冷量二者的平均值；

P_S ——实测制冷消耗功率；

P_X ——选型软件输出制冷消耗功率；

P_{eq} ——实测制冷消耗功率与选型软件输出制冷消耗功率二者的平均值；

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。

