

ICS 23.020.30

J 75

**JB**

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10379—2002

---

换热器热工性能和流体阻力特性  
通用测定方法

General test methods for determining heat transfer performance and  
flow resistance of heat exchangers

2002-12-27 发布

2003-04-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 符号 .....	1
4 测定系统 .....	2
5 测定用仪表 .....	8
5.1 流量测量仪表 .....	8
5.2 温度测量仪表 .....	8
5.3 压力降测量仪表 .....	8
6 测定方法和要求 .....	8
7 性能确定 .....	8
7.1 传热性能 .....	8
7.2 压力降 .....	8
8 数据处理 .....	8
9 检验报告 .....	10
9.1 任务来源 .....	10
9.2 试验目的 .....	10
9.3 试验条件 .....	10
9.4 试验起止时间及人员 .....	10
9.5 数据处理 .....	10
9.6 结论及分析 .....	10
图 1 液—液测定系统 .....	2
图 2 液—气测定系统 .....	3
图 3 液—汽测定系统 .....	4
图 4 气—气测定系统 .....	5
图 5 气—汽测定系统 .....	6
图 6 温度测量仪表安装 .....	7
图 7 测压环及静压测孔 .....	7

## 前 言

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由机械工业化工机械与设备标准化技术委员会归口。

本标准由合肥通用机械研究所负责起草。

## 换热器热工性能和流体阻力特性通用测定方法

### 1 范围

本标准规定了换热器热工性能和流体阻力特性通用测定方法和试验技术要求。

本标准适用于各种型式的换热器，包括管壳式换热器、螺旋板式换热器、板式换热器、冷却器、加热器、散热器、空冷器、油冷器、冷凝器、蒸发器、船用换热器、通用机械辅机换热器传热元件等（以下简称“换热器”）。

本标准适用的试验介质为液—液、液—气、液—汽、气—气、气—汽，常用介质为冷热水、冷燃油、冷热气和蒸汽。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2624—1993 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量 (eqv ISO 5167-1:1991)

GB/T 15386—1994 空冷式换热器

GB 16409—1996 板式换热器

JB/T 5095—1991 内燃机油冷却器 传热性能试验方法

JB/T 6919—1993 螺旋板式换热器 性能试验方法

JB/T 7356—1994 列管式油冷却器

JB 8701—1998 制冷用板式换热器

### 3 符号

$A$ ——换热面积，单位为 $m^2$ ；

$c_{pc}$ ——冷介质定压比热容，单位为 $J/(kg \cdot K)$ ；

$c_{ph}$ ——热介质定压比热容，单位为 $J/(kg \cdot K)$ ；

$Eu$ ——欧拉数；

$K$ ——总传热系数，单位为 $W/(m^2 \cdot K)$ ；

$Nu$ ——努塞尔数；

$p_{c1}$ ——冷介质进口的压力，单位为 $MPa$ ；

$p_{c2}$ ——冷介质出口的压力，单位为 $MPa$ ；

$p_{h1}$ ——热介质进口的压力，单位为 $MPa$ ；

$p_{h2}$ ——热介质出口的压力，单位为 $MPa$ ；

$\Delta p_c$ ——冷介质侧压力降，单位为 $MPa$ ；

$\Delta p_h$ ——热介质侧压力降，单位为 $MPa$ ；

$Q_c$ ——冷介质的热流量，单位为 $W$ ；

$Q_h$ ——热介质的热流量，单位为 $W$ ；

$Q$ ——平均换热量，单位为 $W$ ；

$Re$ ——雷诺数；

$Pr$ ——普朗特数;

$S_c$ ——冷介质流通面积, 单位为 $m^2$ ;

$S_h$ ——热介质流通面积, 单位为 $m^2$ ;

$t_{c1}$ ——冷介质进口温度, 单位为 $^{\circ}C$ ;

$t_{c2}$ ——冷介质出口温度, 单位为 $^{\circ}C$ ;

$t_{h1}$ ——热介质进口温度, 单位为 $^{\circ}C$ ;

$t_{h2}$ ——热介质出口温度, 单位为 $^{\circ}C$ ;

$\Delta t_m$ ——对数平均温差, 单位为 $^{\circ}C$ ;

$V_c$ ——冷介质体积流量, 单位为 $m^3/s$ ;

$V_h$ ——热介质体积流量, 单位为 $m^3/s$ ;

$W_c$ ——冷介质流速, 单位为 $m/s$ ;

$W_h$ ——热介质流速, 单位为 $m/s$ ;

$\alpha$ ——膜传热系数, 单位为 $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\rho_c$ ——冷介质密度, 单位为 $kg/m^3$ ;

$\rho_h$ ——热介质密度, 单位为 $kg/m^3$ ;

$r$ ——汽化潜热, 单位为 $J/kg$ ;

$v$ ——蒸汽比容, 单位为 $m^3/kg$ ;

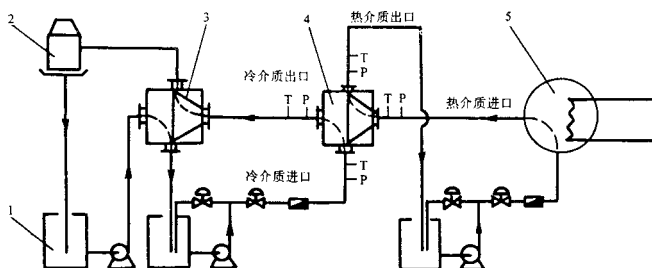
$\Delta Q$ ——热平衡相对误差, %;

$\Delta K$ ——总传热系数的相对误差, %。

#### 4 测定系统

4.1 换热器测定系统由冷源、热源、被测换热器(以下简称“试件”)、冷热介质循环系统及测试仪表等组成。

4.1.1 液—液测定系统见图1。



1——液体贮槽; 2——冷却塔; 3——冷却器; 4——试件; 5——加热器。  
 T——温度或温差测口; P——压力或压差测口。

图1 液—液测定系统

冷、热介质经试件换热后, 热介质再经加热器升温至所要求的温度; 冷介质经冷却器或冷却塔降温至所要求的温度, 再循环使用。

4.1.2 液—气测定系统见图2。

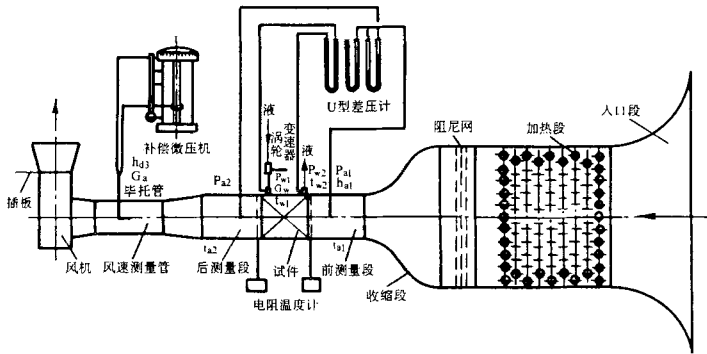


图2 液—气测定系统

测定装置由风洞系统和液体系统（油或水）两部分组成，这两部分均有预处理段和测试段。预处理段主要用以保证测定所要求的介质的参数，测试段必须保证测试参数的准确性，以便提供可靠的测定数据。

#### 4.1.3 液—汽测定系统见图3。

蒸汽—液体经过被测试件后，冷凝液应进一步过冷，以便准确计量；冷介质经冷却器降至要求的温度后，如此循环使用。

#### 4.1.4 气—气测定系统见图4。

测定装置由冷空气系统和热空气系统两大部分组成。整个装置安装完毕之后，冷空气系统和热空气系统两回路各部分应无泄漏及其他不正常现象。

#### 4.1.5 气—汽测定系统见图5。

测定装置由空气系统和蒸汽系统两部分组成，且均有预处理段和测试段，预处理段应保证空气和蒸汽达到测试所要求的参数，测试段应保证测试参数的准确性。

### 4.2 测定装置的技术要求：

冷、热介质应进行流量、温度和压力降的测量。

#### 4.2.1 流量测量

流量可以用标准节流装置或其他流量计测定。

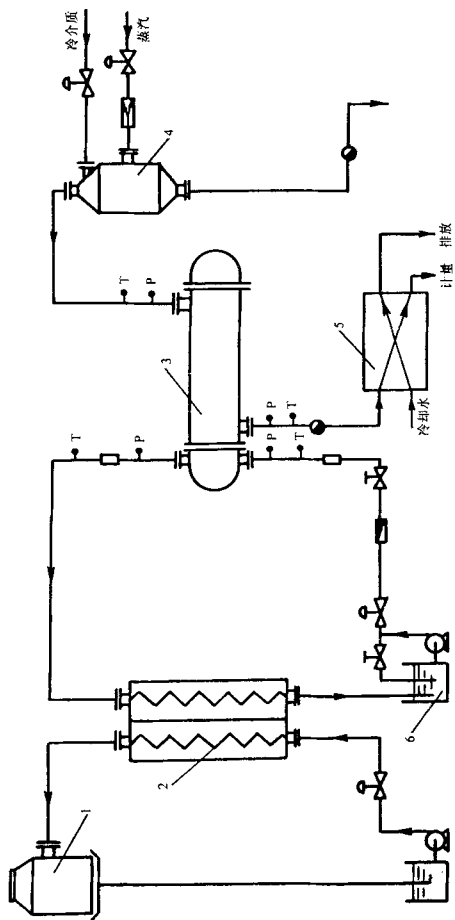
- 用标准节流装置（孔板、喷嘴）测量流量时，其测量方法应符合GB/T 2624—1993的规定；
- 用其他流量计应按相应说明进行操作。

#### 4.2.2 温度测量

- 温度测量仪表必须安装在能准确测量试件进、出口温度的位置；
- 温度测量仪表至试件进、出口管线必须隔热；
- 管线上介质出现层流流动时，温度测量仪表的上游应安装混合装置；
- 感温元件必须置于管道的中心位置，见图6。

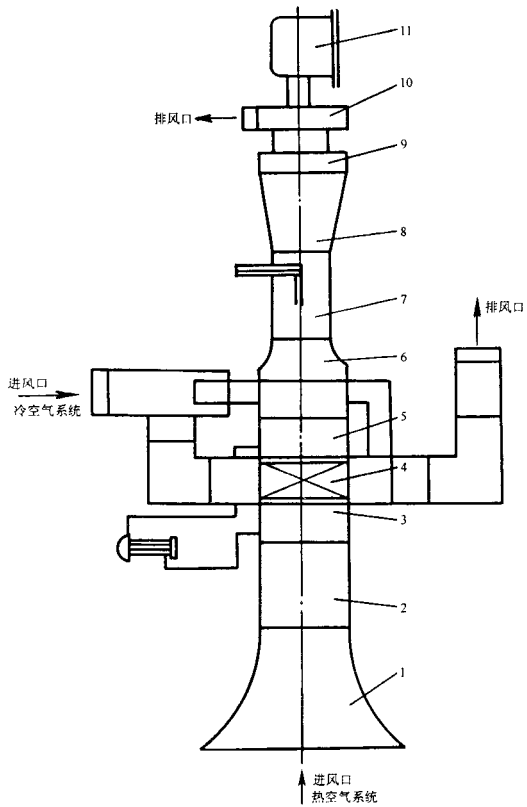
#### 4.2.3 压力降测量

- 静压测量应设置在离任何扰动件（变径、弯头、阀门等）下游5倍管径、上游2倍管径处；



1—冷却器；2—冷却器；3—试件；4—降温器；5—过冷却器；6—液体贮槽。  
 T—测温口；P—压力或压差测口。

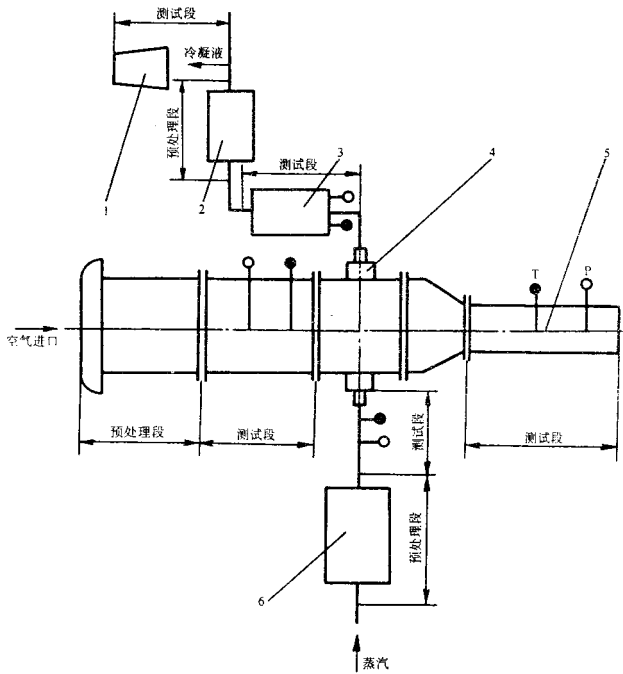
图3 液—汽测定系统



1——收缩段；2——稳定段；3——前测试段；4——工作段；5——后测试段；6——收缩段；7——测量段；  
8——扩散段；9——调速风门；10——风机；11——电动机。

图4 气—气测定系统





1—计量装置；2—过热器；3—凝结水箱；4—试件；5—风筒；6—减温减压装置；  
T—测温口；P—压力或差压测口。

图5 气—汽测定系统

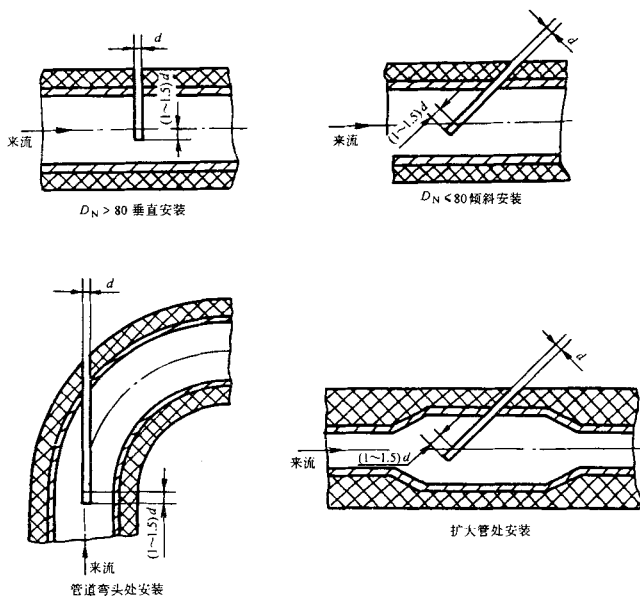


图6 温度测量仪表安装

- b) 测压孔应与管内壁面垂直, 见图7;
- c) 静压测量位置至试件之间不得有任何扰动件。
- d) 除应遵守本标准的规定外, 空冷器的压力降测量还应符合GB/T 15386—1994的规定; 板式换热器、冷凝器、蒸发器还应符合GB 16409—1996和JB 8701—1998的规定; 油冷器还应符合JB/T 5095—1991和JB/T 7356—1994的规定; 螺旋板式换热器还应符合JB/T 6919—1993的规定。

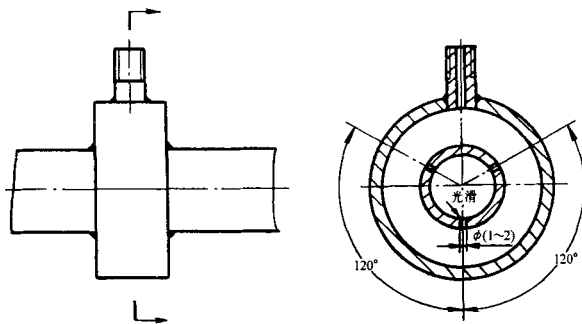


图7 测压环及静压测孔

## 5 测定用仪表

所有仪表均需通过法定计量部门检定合格并在有效期内才能使用。

### 5.1 流量测量仪表

测量流量的标准节流装置或其他流量计精度不低于0.25%。

### 5.2 温度测量仪表

5.2.1 精密玻璃温度计或精度不低于0.25%的其他温度测量仪表。

5.2.2 温度(温差)测量仪表应直接或通过保护套间接插入介质中,保护套内液体应是导热系数大、热容量小、不易挥发的液体。

5.2.3 温度测量仪表的测定值必须进行无偏差修正。

### 5.3 压力降测量仪表

水银压力计准确度不低于133Pa或精度不低于0.25%的其他压差测量仪表。

## 6 测定方法和要求

### 6.1 测定项目:

- a) 冷、热介质的流量;
- b) 冷、热介质的进、出口温度或冷、热介质的进口温度和进、出口温差;
- c) 冷、热介质的进、出口压力降。

6.2 试验前,应检查管线、测量仪表及整个测定装置的可靠性。

6.3 首先使一侧的介质的流量固定,另一侧的介质的流量应在最大的范围内变化。固定流量侧的固定点数应不少于3点,变化流量侧的测点数(相对每个固定点)应不少于6点。

6.4 每一个工况下稳定运行5min后,进行4次等时间间隔数据采集,取所有采集数据的算术平均值作为该工况的试验测定值。

6.5 测定要求:

将介质流量和温度调整到规定工况,测试过程各工况点对规定值的偏差,温度不得大于0.5℃,流量不得大于1%。

## 7 性能确定

### 7.1 传热性能

7.1.1 确定总传热系数 $K$ 与流速 $w$ 之间的关系,即 $K=f(w_c)$ 或 $K=f(w_h)$ 。

7.1.2 确定努塞尔数 $Nu$ 与流体雷诺数 $Re$ 之间的关系,即 $NU_h=f(Re_h, PR_h)$ 、 $NU_c=f(Re_c, PR_c)$ 。

### 7.2 压力降

7.2.1 确定压力降 $\Delta p$ 与流速 $w$ 之间的关系,即 $\Delta p_h=f(w_h)$ 、 $\Delta p_c=f(w_c)$ 。

7.2.2 确定欧拉数 $Eu$ 与流体雷诺数 $Re$ 之间的关系,即 $EU_h=f(Re_h)$ 、 $EU_c=f(Re_c)$ 。

## 8 数据处理

8.1 数据应以热平衡相对误差不大于5%的测试数据为数据整理依据。

8.2 测试数据的计算按表1进行。

8.3 性能图表:

8.3.1 主要测试参数值(4次记录平均)和计算数据表。

8.3.2 应在同一坐标系中,作出总传热系数 $K$ 与介质流速 $w_c$ 或 $w_h$ 的变化关系曲线。

8.3.3 应在同一坐标系中,作出冷、热介质的努塞尔数 $Nu$ 与各自的雷诺数 $Re$ 之间的关系曲线。

8.3.4 应在同一坐标系中,作出压力降 $\Delta p$ 与介质流速 $w_c$ 和 $w_h$ 之间的关系曲线。

表 1

名称	符号	公式	单位
冷介质流速	$w_c$	$w_c = V_c / S_c$	m/s
热介质流速	$w_b$	$w_b = V_b / S_b$	m/s
冷介质热流量	$Q_c$	$Q_c = V_c \rho_c c_{pc} (t_{c2} - t_{c1})$	W
热介质热流量	$Q_b$	$Q_b = V_b \rho_b c_{pb} (t_{h1} - t_{h2})$	W
平均换热量	$Q$	$Q = \frac{Q_c + Q_b}{2}$	W
热平衡相对误差	$\Delta Q$	$\Delta Q = \left  \frac{Q_b - Q_c}{Q_c} \right  \times 100$	%
平均传热温差	$\Delta t_m$	当 $t_{h1} - t_{c2} > t_{h2} - t_{c1}$ 时, $\Delta t_m = \frac{(t_{h1} - t_{c2}) - (t_{h2} - t_{c1})}{\ln \frac{(t_{h1} - t_{c2})}{(t_{h2} - t_{c1})}}$ 当 $t_{h1} - t_{c2} = t_{h2} - t_{c1}$ 时, $\Delta t_m = t_{h1} - t_{c2}$ 当 $t_{h1} - t_{c2} < t_{h2} - t_{c1}$ 时, $\Delta t_m = \frac{(t_{h2} - t_{c1}) - (t_{h1} - t_{c2})}{\ln \frac{(t_{h2} - t_{c1})}{(t_{h1} - t_{c2})}}$	℃
总传热系数	$K$	$K = Q / (A \Delta t_m)$	W / (m <sup>2</sup> · K)
努塞尔数	$Nu$	$Nu_b = C_1 Re_b^m Pr_b^{1/3}$ $Nu_c = C_2 Re_c^m Pr_c^{1/3}$	—
传热膜系数	$\alpha$	$\alpha_b = Nu_b \frac{\lambda_b}{d_b}$ , $\alpha_c = Nu_c \frac{\lambda_c}{d_c}$	W / (m <sup>2</sup> · K)
金属热阻	$R$	$R = \delta / \lambda$	(m <sup>2</sup> · K) / W
计算总传热系数	$K_0$	$K_0 = \left( \frac{1}{\alpha_b} + \frac{1}{\alpha_c} + R \right)^{-1}$	W / (m <sup>2</sup> · K)
欧拉数	$Eu$	$Eu_b = C_3 Re_b^{m_3}$ $Eu_c = C_4 Re_c^{m_4}$	—

注:  $C_1 \sim C_4$ 、 $m_1 \sim m_4$  是计算中的系数。

8.3.5 应在同一坐标系中,作出冷、热介质的欧拉数 $Eu$ 与各自的雷诺数 $Re$ 之间的关系曲线。

8.4 总传热系数 $K$ 的相对误差 $\Delta K$ 应不大于10%。

8.4.1 相对误差 $\Delta K$ 计算按8.2。

8.4.2 相对误差 $\Delta K$ 大于10%时,应重新回归传热无因次方程。

## 9 检验报告

检验报告除规定的首页外，至少应包括以下内容。

### 9.1 任务来源

### 9.2 试验目的

### 9.3 试验条件

- a) 环境条件;
- b) 试件设计参数;
- c) 试验装置;
- d) 试验仪表及精度。

### 9.4 试验起止时间及人员

### 9.5 数据处理

- a) 试验原始数值;
- b) 计算方法;
- c) 给出8.3.2~8.3.5中的曲线图;
- d) 给出冷、热介质的 $Nu=f(Re, Pr)$ 、 $Eu=f(Re)$ 方程。

### 9.6 结论及分析

- a) 传热性能;
  - b) 试件压力降;
  - c) 结果的误差分析、结论和必要的说明。
-