



中华人民共和国国家标准

GB/T 27698.6—2011

热交换器及传热元件性能测试方法 第6部分：空冷器用翅片管

Test method for the performance of heat exchangers and heat exchange
element—Part 6: Fing tube for air-cooled heat exchangers

2011-12-30 发布

2012-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

“制冷百家” 微信公众号

汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台，物性查询、论文分享，定时推送最新技术

前 言

GB/T 27698《热交换器及传热元件性能测试方法》分为 8 个部分：

- 第 1 部分：通用要求；
- 第 2 部分：管壳式热交换器；
- 第 3 部分：板式热交换器；
- 第 4 部分：螺旋板式热交换器；
- 第 5 部分：管壳式热交换器用换热管；
- 第 6 部分：空冷器用翅片管；
- 第 7 部分：空冷器噪声测定；
- 第 8 部分：热交换器工业标定。

本部分为 GB/T 27698 的第 6 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本部分负责起草单位：甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司(兰州石油机械研究所)。

本部分参加起草单位：国家石油钻采炼化设备质量监督检验中心、机械工业传热节能工程技术研究中心、盘锦兴达石化设备有限公司。

本部分主要起草人：李苏、魏立万、马军、付洪亮、聂孟秋。

热交换器及传热元件性能测试方法

第 6 部分:空冷器用翅片管

1 范围

GB/T 27698 的本部分规定了空冷器用翅片管的单管传热性能测试方法。

本部分适用的测试流体,管内一般为蒸汽,管外为空气。

本部分适用于各种型式和材质的空冷器用翅片管的传热性能测试。

本部分只考虑翅片管材料的导热热阻,未考虑翅片管内外侧污垢热阻。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1236 工业通风机用标准化风道进行性能试验

JB/T 4740 空冷式换热器型式与基本参数

NB/T 47007(JB/T 5758) 空冷式热交换器

3 术语、符号

“制冷百家” 微信公众号
汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台,物性查询、论文分享,定时推送最新技术

JB/T 4740、NB/T 47007 界定的以及下列术语和符号适用于的本部分。

3.1 术语

3.1.1

试件 test sample

提供进行传热性能测试的翅片管。

3.1.2

预处理段 pretreatment section

为保证测试介质达到规定要求而所规定装置上的特定部分。

3.1.3

测试段 testing section

在试件全长范围内,有目的地选择一段进行测试,被选择的段称为测试段。

3.1.4

测量段 measuring section

为准确计量测试参数而所规定装置上的特定部分。

3.1.5

工作段 working section

空气横掠翅片管流动所规定的风筒直管段部分。

3.1.6

有效通风截面 effective venting area

指工作段内供空气流动的最小流通截面积。

3.2 符号

本部分所用符号、角标列于表 1。

表 1

符 号	名 称	单 位	说 明
A	传热面积	m^2	以基管的外表面为基准
c_p	定压比热容	$J/(kg \cdot K)$	
q_m	质量流量	kg/s	
q_v	体积流量	kg/s	
h	比焓	J/kg	
k	总传热系数	$W/(m^2 \cdot K)$	
p	压力	kPa	
Φ	热流量	W	
Φ_m	平均热流量	W	
t	温度	$^{\circ}C$	
U_a	空气质量流速	$kg/(m^2 \cdot s)$	按有效通风截面计算
V	体积	m^3	
W	重量	kg	
τ	收集冷凝液的时间	s	
ρ	密度	kg/m^3	
Δt_m	对数平均温差	$^{\circ}C$	
a, s	下标		代表空气、饱和蒸汽
l	下标		代表冷凝液
1, 2	下标		代表进、出口

4 测试系统

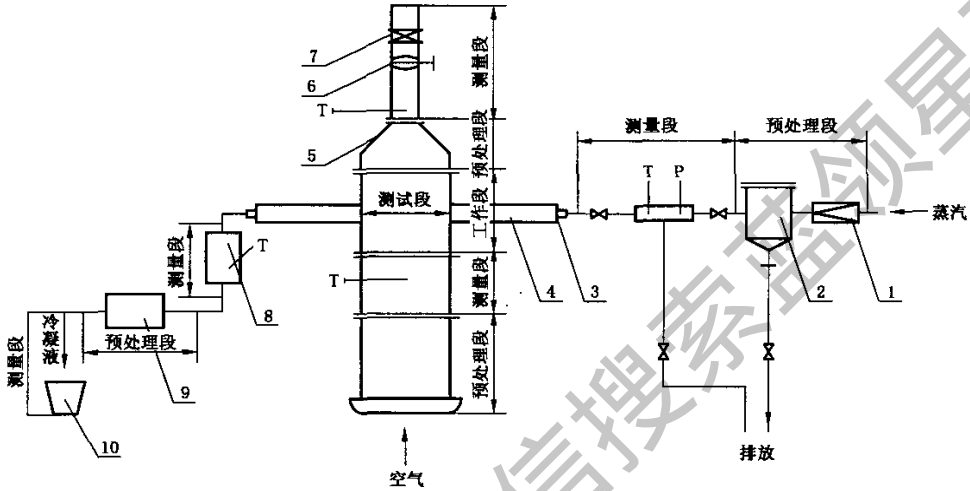
4.1 测试装置

测试装置由空气系统和蒸汽系统两部分组成,且两部分均应有预处理段和测量段。预处理段应保证空气和蒸汽达到测试所要求的稳定状态。空气系统风速测量段应保证一定长度的直管段,风速仪表上游直管段长度应不小于 10 倍管径,下游直管段长度应不小于 5 倍管径。为保证流经试件的空气稳定流动,风筒工作段应有一定长度,其长度应不小于 1.5 m。风筒工作段内截面长度应不小于 300 mm,风筒工作段内截面宽度不作统一规定,但应以有效通风截面处的空气质量流速能达到测试上限[$U_a = 12 kg/(m^2 \cdot s)$]为基准。测试系统见图 1。

4.2 测量仪表

4.2.1 测量仪表及准确度等级应符合表 2 的要求。

4.2.2 表 2 中所列仪表是最低限度的要求,并不限制使用其他同等或更高准确度等级(或精度)的测量仪表。



- 1—减压阀;
- 2—分离、加热装置;
- 3—被试件;
- 4—保温盒;
- 5—风筒;
- 6—风量调节阀;
- 7—风速测量仪表;
- 8—凝结水箱;
- 9—过冷器;
- 10—称量装置;
- T—测量点;
- P—测压点。

图 1 翅片管传热性能测试系统

表 2

被 测 量	仪 表 名 称	准 确 度 等 级 (或 分 辨 率)
压 力	标准压力表	0.4
	压力变送器	0.5
	气压计	100 Pa
温 度	铂热电阻	$\pm(0.15+0.02 t)$
	ITE 温度变送器	0.5

表 2 (续)

被 测 量	仪 表 名 称	准 确 度 等 级 (或 分 辨 率)
风 速	风 速 仪	1.0
	动 压 管 (毕 托 管、笛 形 管)	1.0
冷 凝 液 量	体 积 计 量 仪 器	1.0
	重 量 计 量 仪 器	1.0

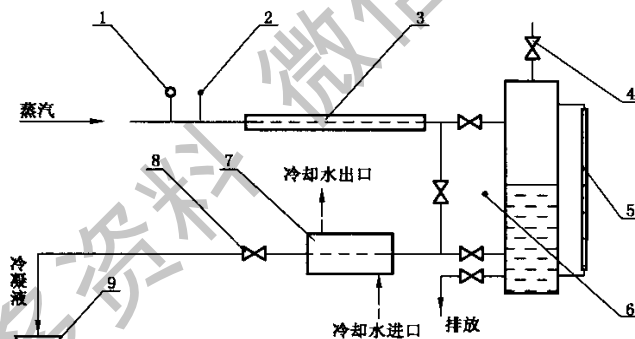
4.2.3 数据采集:数据采集用工业 PC 机的 A/D 板的分辨率不应低于 12 位,采样速率不应低于 100 KS。

4.2.4 仪表检定:流量、温度、压力测量仪表,均应按有关规定送法定计量部门检定,并限定在有效期内使用。

5 测量方法

5.1 流量测量

5.1.1 蒸汽(冷凝液)流量采用体积法或称重法测量。测量系统见图 2。



- 1—压力表;
- 2—温度计;
- 3—试件;
- 4—放气阀;
- 5—液位计;
- 6—凝结水箱;
- 7—过冷器;
- 8—阀;
- 9—称量装置。

图 2 冷凝液测量系统

5.1.2 空气流量用风速仪测量,其测量方法与安装按使用说明书要求进行。

5.1.3 空气流量用动压管测量,其测量方法应符合 GB/T 1236 的规定。

5.2 温度测量

5.2.1 测温元件的工作端应位于管道(或工作段截面)中心,其插入深度应不小于管道半径(或工作段截面中心),在狭小的管道中测量时,可加装测量段,并使测温元件的工作端与流动方向相对。

5.2.2 测温元件应设置在测量段规定位置处(见图 1),且该段管路(或风筒)应保温良好,测温点的上游(进口)、下游(出口)各 600 mm 范围内也应保温。

5.2.3 空气进、出口温度应只测干球温度。每一测试截面上的测温点宜不少于 3 点,取其平均值。

5.3 压力测量

5.3.1 蒸汽压力用标准压力表或压力变送器测量。

5.3.2 大气压力用水银气压计测量,其安装要求应按使用说明书的规定。

6 测试条件及测试项目

6.1 蒸汽的管路系统均应保温。

6.2 进入试件的蒸汽过热度应保持在 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

6.3 若采用称重法计量冷凝液,为了防止冷凝液二次蒸发,进入计量装置的冷凝液过冷度应至少为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 试件安装应当平直并向蒸汽冷凝液出口方向有 1% 的向下斜度。

6.5 测试段应选择在试件中部,试件长度不应小于 1.5 m。

6.6 试件全长范围内除测试段外,均应保温。

6.7 工作段有效通风截面处,除了试件的测试部分,风筒内壁不应有任何引起气流扰动的部件。

6.8 测试项目列于表 3。

表 3

项目名称	说 明
大气压力	当地大气压
空气质量流速	工作段有效通风截面处
空气进、出口温度	进入工作段前、后温度
蒸汽压力	绝对压力
蒸汽进、出口温度	进口为蒸汽,出口为冷凝液
冷凝液质量流量	

7 测试程序和方法

7.1 确定空气和蒸汽的定压比热容、密度、焓值等。

7.2 测试前应检查测试装置、测量仪表的可靠性。

7.3 进入工作段的空气流量应调节到规定的测试工况,在有效通风截面处的空气质量流速应在 $2\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})\sim 12\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 范围内调节。

7.4 管内蒸汽的温度应按 NB/T 47007 的要求控制在规定范围。

7.5 测试过程中各测量参数的读数波动范围应不超过表 4 的要求。

7.6 空气侧与蒸汽侧的热平衡相对误差小于±5%时,方可进行测量。

7.7 每改变一种工况宜稳定 15 min 后方可进行测试,在测试过程中至少读取(采集)3 组数据,并以此 3 组数据的算术平均值作为测试计算值。

表 4

名 称	波动范围
空气进、出口温度	±0.5 ℃
空气质量流速	±1%
蒸汽温度	±0.5 ℃
蒸汽压力	±2 kPa
冷凝液温度	±0.5 ℃
冷凝液质量流量	±1%

8 测试结果计算与性能确定

8.1 空气质量流量计算

由于空气流量测量方法有多种,其流量计算应按测量仪表的出厂说明书指定的计算方法进行,且应考虑到其本身有修正系数。

当测量断面的空气静压大于 500 Pa 时,应进行空气流量的校正计算。

8.2 空气侧热流量计算

空气侧热流量按式(1)计算:

$$\Phi_a = q_{ma} c_{pa} (t_{a2} - t_{a1}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

8.3 蒸汽侧热流量计算

8.3.1 蒸汽冷凝液

蒸汽冷凝液按式(2)计算:

$$q_{ms} = W_1 / \tau \text{ 或 } q_{ms} = \rho_1 V_1 / \tau \quad \dots\dots\dots (2)$$

8.3.2 蒸汽侧热流量

蒸汽侧热流量按式(3)计算:

$$\Phi_s = q_{ms} (h_s - h_l) \quad \dots\dots\dots (3)$$

8.4 平均热流量与热平衡相对误差计算

8.4.1 平均热流量

平均热流量按式(4)计算:

$$\Phi_m = (\Phi_a + \Phi_s) / 2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

8.4.2 热平衡相对误差

两流体间的热平衡相对误差应符合下列要求:

$$(\Phi_a - \Phi_s) / \Phi_m < \pm 5\%$$

8.5 对数平均温差计算

对数平均温差按式(5)计算:

$$\Delta t_m = [(t_2 - t_{a2}) - (t_1 - t_{a1})] / \ln[(t_2 - t_{a2}) / (t_1 - t_{a1})] \quad \dots\dots\dots (5)$$

8.6 总传热系数计算

总传热系数按式(6)计算:

$$k = \Phi_m / (A \Delta t_m) \quad \dots\dots\dots (6)$$

8.7 性能确定

测试结果以总传热系数 k 值表示翅片管的传热性能,应归纳出总传热系数 k 与空气质量流速 U_a 之间的关系式。

9 误差

9.1 数据处理归纳出的关系式的计算值与测试值之间的拟合误差用均方根误差表示,应不超过5%。

9.2 按本部分规定的测试方法确定的总传热系数 k ,其误差应不超过±10%。

10 测试报告

10.1 委托单位

10.2 承担测试单位

10.3 试件的技术数据

试件与测试有关的技术数据应包括以下内容:

- a) 翅片管型式;
- b) 翅片管材质(包括基管和翅片材质);
- c) 翅片管长度;
- d) 翅片管传热面积;
- e) 翅片管基管内径、外径;
- f) 翅片管翅片厚度、片距、片高;
- g) 翅片管根径。

以上测试技术数据其依据的确定方法与计算方法应按照 JB/T 4740 和 NB/T 47007 的要求进行。

10.4 测试目的和要求

10.5 测试系统及方法

10.6 测试说明

10.7 测试数据

10.7.1 原始数据用表格形式记录,应包括以下内容:

- a) 测试风速;
- b) 空气质量流速;

- c) 蒸汽压力；
- d) 冷凝液量；
- e) 称量时间；
- f) 蒸汽进口温度、冷凝液温度；
- g) 空气进、出口温度；
- h) 环境温度、大气压力。

10.7.2 根据原始数据计算的测试数据,宜用表格形式反映相关内容。

10.8 测试结果数据处理及误差

测试结果数据处理及误差应包括以下内容:

- a) 总传热系数 k 与空气质量流速 U_a 之间的测试曲线；
- b) 总传热系数 k 与空气质量流速 U_a 之间的关系式；
- c) 空气质量流速 $U_a=6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时的总传热系数 k 值；
- d) 总传热系数 k 的测试误差。

10.9 附录

附录宜包括以下内容:

- a) 测试数据表；
 - b) 测试结果表；
 - c) 测试系统图；
 - d) 测试曲线。
-