



中华人民共和国国家标准

GB/T 47007—2026

板式热交换器能效测试与评价规则

Energy efficiency test and evaluation regulation for plate heat exchangers

2026-01-28 发布

2026-01-28 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 基本要求 2

6 测试产品准备 3

7 性能测试 3

8 能效评价 5

9 测试与评价报告 6

附录 A（资料性） 能效测试与评价报告示例 8



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专利的责任。

本文件由全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 20)提出并归口。

本文件起草单位：甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、上海蓝滨石化设备有限责任公司、西安交通大学、中国石化工程建设有限公司、兰州兰石换热设备有限责任公司、四平市巨元瀚洋板式换热器有限公司、上海板换机械设备有限公司、上海艾克森股份有限公司、山东北辰机电设备股份有限公司、山东鲁润热能科技有限公司、OMEXELL(济南)传热技术有限公司、四平维克斯换热设备有限公司、哈瓦特换热机组(北京)有限公司、上海蓝海科创检测有限公司、机械工业兰州石油化工设备检测所有限公司、四平市热交换产品质量检验中心、甘肃省特种设备检验检测研究院、北京特信检验检测股份有限公司、湖北特种设备检验检测研究院、杭州国能汽轮工程有限公司、中国特种设备安全与节能促进会。

本文件主要起草人：蒋琛、周文学、白博峰、张迎恺、李治国、张涛、刘凯、徐红伟、张云周、李官、胡佳卫、唐金山、孔德龙、桑鹏、董林峰、闫海清、刘洋、李昆壕、邹德胜、范宝田、陈战杨、曹锦鋈、王乃晶、于鹏、李沧、孟亚惠、庞磊、程宇、李群科、郭炜、王展翅、王长明、刘颖。

板式热交换器能效测试与评价规则

1 范围

本文件确立了板式热交换器水-水工况能效测试的测试系统与测试程序,规定了板式热交换器水-水工况能效测试的测试平台、测量项目、数据处理、能效计算与评价及测试与评价报告等要求。

本文件适用于在液-液工况状态下的可拆卸板式热交换器(含半焊式可拆卸板式热交换器)与钎焊板式热交换器产品的能效测试与评价。

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 27698.1 热交换器及传热元件性能测试方法 第1部分:通用要求
- GB/T 27698.2 热交换器及传热元件性能测试方法 第2部分:热交换器
- GB/T 27698.3 热交换器及传热元件性能测试方法 第3部分:传热元件
- GB/T 27698.4 热交换器及传热元件性能测试方法 第4部分:空冷器噪声测定
- NB/T 47004.1 板式热交换器 第1部分:可拆卸板式热交换器
- NB/T 47045 钎焊板式热交换器

3 术语和定义

GB/T 27698.1~27698.4、NB/T 47004.1、NB/T 47045 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

能效指标 energy efficiency index

EEI

综合板式热交换器传热与流动阻力性能,基于热力学第一定律,采用测试数据数理统计等方法确定的用于判定板式热交换器能效的参数。

注:英文缩写及参数符号为 EEI。

4 符号和单位

表 1 列出的符号和单位适合于本文件。

表 1 符号和单位

符号	名称	单位
A	传热面积	m^2
c_p	定压比热容	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
d_e	当量直径	m
Eu	欧拉数	无因次量
k	总传热系数	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
L	角孔纵向中心距	m
l	流动特征长度	m
Nu	努塞尔数	无因次量
p	压力	MPa
ρ	密度	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Pr	普朗特数	无因次量
q_v	体积流量	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
q_m	质量流量	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
Re	雷诺数	无因次量
S	流道截面积	m^2
t	温度	$^{\circ}\text{C}$
u	流速	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
W	角孔横向中心距	m
α	对流传热系数	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
μ	动力黏度	$\text{Pa} \cdot \text{s}$
δ	厚度	m
λ	导热系数	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
ϕ	热流量	W
$\Delta\phi$	热平衡相对误差	无因次量
Δt_1	大温差端的流体温差	$^{\circ}\text{C}$
Δt_2	小温差端的流体温差	$^{\circ}\text{C}$
Δt_m	对数平均温差	$^{\circ}\text{C}$
ω	压力梯度权重系数	无因次量

5 基本要求

5.1 测试平台

5.1.1 进行板式热交换器能效测试的平台具备固定的测试试验场地及配套的水、电、热源和冷源等条件。测试系统应满足 GB/T 27698.1 的要求。测试流体为清洁淡水,按照水-水无相变逆流测试工况进

行。测试系统冷、热流体的流量应满足板式热交换器测试流量范围需求。测试工况可以调节并且能保持稳定状态,测试数据准确可靠并且能自动采集和存储。

5.1.2 压力、压差测量仪表的精度不低于 0.2 级,流量测量仪表的精度不低于 0.5 级,流体温度测量仪表的允差值不超过 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;测量仪表应在检定(校准)有效期内使用。

5.2 测试评价机构

从事板式热交换器能效测试评价机构应具备板式热交换器板片结构参数核验的能力及能效测试与评价的能力,配备满足热交换器能效测试与评价的仪器设备和人员,严格控制能效测试质量,对测试结果的准确性、公正性和可溯源性负责。

6 测试产品准备

6.1 测试产品应符合相应的产品标准要求。为使测试结果能反映热交换器实际运行特性,测试板式热交换器的板片数应不少于 17 片。

6.2 板式热交换器进行能效测试与评价时应至少包含产品型号及以下参数:

- a) 板片波纹参数(波纹角度、波纹深度、波纹节距、混合角度及混合比例);
- b) 板片几何尺寸[长度、宽度、角孔直径(或等效角孔直径)、纵向与横向中心距];
- c) 单板换热面积;
- d) 板间距;
- e) 板片厚度;
- f) 流动形式(单边流或对角流);
- g) 板片材质;
- h) 流道截面积;
- i) 板片数;
- j) 流程组合。

6.3 当产品型号或者 6.2 a)~f)任一参数发生变化时,应重新进行能效测试与评价。

7 性能测试

7.1 测试方法

7.1.1 测量参数

测试时应至少测量以下参数:

- a) 冷、热流体的体积流量或质量流量;
- b) 冷、热流体的进、出口温度;
- c) 冷、热流体的进口压力及进出口之间的压降。

7.1.2 测试程序

热流体与冷流体进口温度应通过加热器或冷却器分别调整至 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。待流动与传热稳定后,按照以下条件进行测试。

- a) 第一组工况为两侧流体的流速应均匀等流速变化,流速变化范围应在 $0.1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \sim 0.9\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 内,变化间隔应为 $0.1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,不同流速工况的数量应不少于 7 个,测试流速应由供需双方商定。

- b) 第二组工况为固定一侧(热侧或冷侧)流体的流速不变,固定点应选在 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,另一侧流体的流速宜从 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 变化,变化间隔应为 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,不同流速工况的数量应不少于 7 个,测试流速应由供需双方商定。
- c) 每个测试工况至少重复测量 3 次,每次间隔不少于 5 min,测量结果取平均值作为该工况的测试结果。
- d) 热平衡相对误差 $\Delta\phi$ 的绝对值不大于 5% 时,方可进行数据采集。

7.2 数据处理

7.2.1 热交换器传热性能

按照表 2 有关计算公式,计算热交换器传热性能,并且得出以下结果:

- a) 确定不同流速 u 下的测试总传热系数 k_{exp} ;
- b) 给出测试总传热系数 k_{exp} 与流速 u 的关系曲线;
- c) 建立努塞尔数 Nu 与雷诺数 Re 间的准则关联式。

7.2.2 热交换器流动阻力性能

按照表 2 有关计算公式,计算热交换器流动阻力性能,并且得出以下结果:

- a) 确定不同流速 u 下的测试压降 Δp ;
- b) 给出测试压降 Δp 与流速 u 的关系曲线;
- c) 建立欧拉数 Eu 与雷诺数 Re 间的准则关联式。

表 2 有关计算公式

序号	名称	符号	计算公式
1	冷流体流速	u_c	$u_c = \frac{q_{vc}}{S_c}$
2	热流体流速	u_h	$u_h = \frac{q_{vh}}{S_h}$
3	冷流体热流量	ϕ_c	$\phi_c = q_{mc} c_{pc} (t_{c2} - t_{c1})$
4	热流体热流量	ϕ_h	$\phi_h = q_{mh} c_{ph} (t_{h1} - t_{h2})$
5	热平衡相对误差	$\Delta\phi$	$\Delta\phi = \frac{(\phi_h - \phi_c)}{\phi_c} \times 100\%$
6	对数平均温差	Δt_m	$\Delta t_m = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)$
7	测试总传热系数	k_{exp}	$k_{\text{exp}} = (\phi_h + \phi_c) / (2A \Delta t_m)$
8	雷诺数	Re	$Re = \frac{\rho u d_e}{\mu}$
9	热流体努塞尔数	Nu_h	$Nu_h = c Re_h^n Pr_h^{0.3}$
10	冷流体努塞尔数	Nu_c	$Nu_c = c Re_c^n Pr_c^{0.4}$
11	欧拉数	Eu	$Eu = c Re^n$
12	对流传热系数	α	$\alpha = Nu \lambda / d_e$

表 2 有关计算公式（续）

序号	名称	符号	计算公式
13	计算总传热系数	k_{cal}	$k_{\text{cal}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{h}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{c}}} \right)}$
14	计算压降	Δp_{cal}	$\Delta p_{\text{cal}} = Eu \rho u^2$
<p>注 1：角标 h、c 表示热、冷流体侧。</p> <p>注 2：热流体努塞尔数、冷流体努塞尔数和欧拉数公式中的“c”和上角标“n”为常数，由实验数据进行拟合所得。</p> <p>注 3：不锈钢的导热系数选为 $16.1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$。</p>			

7.2.3 总传热系数与压降计算

在热流体定性温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、冷流体定性温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冷、热流体流速均为 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的标准工况下，根据所建立的努塞尔数 Nu 的准则关联式、板片材质、厚度及其导热系数，按照表 2 有关公式计算出计算总传热系数 k_{cal} ，根据欧拉数 Eu 的准则关联式计算出冷、热侧计算压降 Δp_{cal} 。

7.2.4 不确定度与拟合误差

- 7.2.4.1 总传热系数(k)的测试值与关系式计算值的拟合误差，宜用均方根误差表示，不应超过 5%。
- 7.2.4.2 压降(Δp)的测试值与关系式计算值的拟合误差，宜用均方根误差表示，不应超过 5%。
- 7.2.4.3 按本文件规定的测试方法确定的液-液无相变总传热系数(k_{exp})值，其相对标准不确定度不应超过 5%。不确定度的计算方法参照 GB/T 27698.1 的规定。

8 能效评价

8.1 能效评价方法

本文件选用的能效指标 EEI，从热力学第一定律角度，定量描述热交换器传热能力和流体流动功耗，评价热交换器整体能效特性。依据规定的试验要求与流程，测得热交换器在规定流速范围内进行水-水传热过程的总传热系数与流动阻力压降，通过数据回归等方法建立 Nu 数与 Eu 数准则式，并结合热交换器结构与技术参数计算标准工况下的计算总传热系数与计算压降，最终计算得到该热交换器能效指标值，判定其能效等级。

8.2 能效指标计算

8.2.1 板式热交换器的能效指标值按照公式(1)计算：

$$EEI = k_{\text{cal}} / \nabla p^{0.31} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\nabla p = \omega_{\text{c}} \Delta p_{\text{c,cal}} / l_{\text{c}} + \omega_{\text{h}} \Delta p_{\text{h,cal}} / l_{\text{h}}$ ，单位为帕负一次方米 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$)，其中， $\Delta p_{\text{c,cal}}$ 、 $\Delta p_{\text{h,cal}}$ 为按照 7.2.3 确定的冷、热流体侧压降，单位为帕 (Pa)。

k_{cal} ——按照 7.2.3 确定的总传热系数， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

8.2.2 冷、热流体压力梯度的权重系数 ω_{c} 与 ω_{h} 按公式(2)和公式(3)计算：

$$\omega_{\text{c}} = \frac{d_{\text{e,c}}}{d_{\text{e,c}} + d_{\text{e,h}}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\omega_h = \frac{d_{e,h}}{d_{e,c} + d_{e,h}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$d_{e,c}$ ——冷侧流道当量直径，单位为米(m)；

$d_{e,h}$ ——热侧流道当量直径，单位为米(m)。

8.2.3 冷、热流体的流动特征长度按下列方式选取。

- a) 对于单边流热交换器，即冷流体进出口角孔或热流体进出口角孔在横向上位置相同的热交换器，冷、热流体流动特征长度(l_c 、 l_h)分别为冷、热侧角孔纵向中心距(L_c 、 L_h)。
- b) 对于对角流热交换器，即冷流体进出口角孔或热流体进出口角孔在横向上位置不同的热交换器，冷、热流体流动特征长度按公式(4)和公式(5)计算：

$$l_c = \sqrt{L_c^2 + W_c^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

L_c ——冷流体角孔纵向中心距，单位为米(m)；

W_c ——冷流体角孔横向中心距，单位为米(m)。

$$l_h = \sqrt{L_h^2 + W_h^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

L_h ——热流体角孔纵向中心距，单位为米(m)；

W_h ——热流体角孔横向中心距，单位为米(m)。

8.3 能效等级划分

根据板式热交换器行业能效水平分布，板式热交换器能效等级分为3级，其中1级最高，划分界限见表3。

表3 能效等级及划分

产品能效等级	能效指标(EEI)下限
1级	227
2级	200
3级	176

9 测试与评价报告

板式热交换器的能效测试与评价报告应至少包含以下内容，报告格式可参考附录A。

- a) 委托单位信息；
- b) 产品制造单位信息及产品编号；
- c) 测试与评价机构；
- d) 测试评价负责人和主要参加人员；
- e) 测试产品技术数据(名称、型号、结构参数等)；
- f) 测试环境条件(当地大气压、环境温度、环境湿度)；
- g) 测试用冷热两侧的流体介质；
- h) 测量参数与测点布置图(冷、热两侧流体的流量，进口、出口温度与压降，进口压力)；

- i) 测量仪表及精度；
- j) 原始测量数据、流速、冷热流体热流量、热平衡相对误差、总传热系数；
- k) 板片材质的导热系数；
- l) 测试曲线；
- m) 能效指标计算过程。

附 录 A
(资料性)

能效测试与评价报告示例

能效测试与评价报告的主要内容及格式示例如下。

报告编号：

能效测试与评价报告

产 品 名 称：	××××板式热交换器
型 号 规 格：	
委托单位名称：	
制造单位名称：	
测 试 地 点：	
测试评价日期：	

(能效测试评价机构名称、盖章)



注意事项

- 1.本报告是根据《板式热交换器能效测试与评价规则》(GB/T 47007—2026)进行能效测试与评价,所出具的报告。
- 2.本报告应由计算机打印输出,或用钢笔、签字笔填写,字迹要工整,内容缺少、摘录或部分复制、涂改无效。
- 3.结论报告由编制、审核、批准人员等签字,无测试评价机构专用章或公章无效。
- 4.结果仅对被检测样品负责。
- 5.本报告测试评价结论是在本报告所记载和描述的测试依据和测试条件下得出的。
- 6.制造单位对本报告结论如有异议,请在收到报告书之日起 15 日内,向能效测试评价机构提出书面意见。



测试评价机构:
地 址:
电 话:
传 真:
邮政编码:

制造单位名称				
制造单位地址				
测试地点				
产品名称			规格型号	
样品编号				
制造日期			测试类别	(产品、在用设备测试)
结构 参数	波纹角度	(°)	板片厚度	mm
	波纹深度	mm	波纹节距	mm
	角孔直径	mm	板间距	mm
	板片长度	mm	板片宽度	mm
	纵向中心距	mm	横向中心距	mm
	单板换热面积	m²		
测试 依据	GB/T 47007—2026《板式热交换器能效测试与评价规则》 GB/T 27698.1—2023《热交换器及传热元件性能测试方法 第1部分:通用要求》 GB/T 27698.2—2023《热交换器及传热元件性能测试方法 第2部分:热交换器》			
测试与 计算 结果	传热面两侧为水-水逆流运行,热流体定性温度 50℃,冷流体定性温度 30℃,冷、热流体板间流速均为 0.5 m·s ⁻¹ 时: 1.总传热系数: $k_{cal} = \quad W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; 2.压降: $\Delta p_{h,cal} = \quad Pa$; $\Delta p_{c,cal} = \quad Pa$			
	测试人员(签字): 日期: 负责人(签字): 日期:			
评价 结果	能效指标值(EEI)		能效等级	
	评价人员(签字): 日期: 负责人(签字): 日期:			
编制: 日期:			(测试评价机构专用章) 年 月 日	
审核: 日期:				
批准: 日期:				



1 测试产品技术数据

序号	名称	单位	委托单位提供	测试单位实测
1	板片波纹角度	(°)		
2	混合角度及比例	—		
3	板片数	片		
4	板片厚度	mm		
5	板片波纹深度	mm		
6	板片波纹节距	mm		
7	夹紧尺寸	mm		
8	板间距	mm		
9	当量直径	mm		
10	单板换热面积	m ²		
11	总换热面积	m ²		
12	单流道截面积	m ²		
13	单侧流道总截面积	m ²		
14	流程	—		
15	流动形式	—		
16	接管形式	—		
17	角孔直径	mm		
18	角孔中心距(纵向)	mm		
19	角孔中心距(横向)	mm		
20	接管管径	—		
21	板片材料	—		
22	板片外形尺寸(长×宽)	mm		

2 测试介质、流程和环境条件

2.1 测试介质

传热面两侧介质为水-水。

2.2 测试流程

传热面两侧介质逆流运行。冷、热流体采用并联式组合 $1 \times N/1 \times n$ 的流动形式。

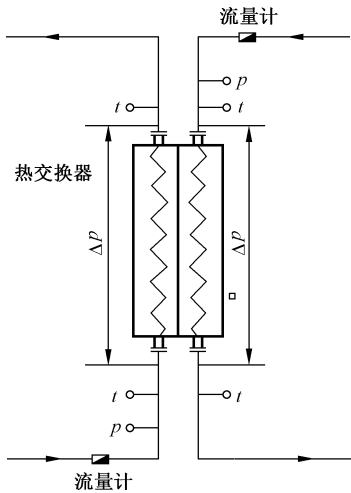
2.3 测试环境条件

测试时,当地大气压为 kPa,环境温度为 ℃,环境湿度为 。

3 测量参数与仪表

3.1 测试参数与测点布置

测量参数及测点布置见图 1。



注：t——温度，p——压力，Δp——压降。

图 1 热交换器测量参数及测点布置

3.2 测量仪表及精度

测量仪表及精度见表 1。

表 1 测量仪表及精度

测量项目	流量/(m ³ /h)		温度/℃		压力/MPa	压差/kPa
精度(允差值)						
量程						
测试工位	冷侧	热侧	冷侧	热侧	冷/热侧	冷/热侧

4 测试数据与结果
4.1 测试数据
测试数据见表 2。

表 2 板式热交换器测试数据

序号	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热流体	冷流体	热平衡 相对误差	总传热 系数	总传热系数 相对标准 不确定度
	板间 流速	板间 流速	进口 温度	出口 温度	进口 温度	出口 温度	进口 压力	出口 压力	进口 压力	出口 压力	进口 压力	出口 压力	进口 压力	出口 压力	热平衡 相对误差	总传热 系数	总传热系数 相对标准 不确定度
	u_h	u_c	t_{h1}	t_{h2}	t_{c1}	t_{c2}	p_{h1}	p_{h2}	p_{c1}	p_{c2}	ϕ_h	ϕ_c	Δp_h	Δp_c	$\Delta\phi$	k_{exp}	U_r
	$m \cdot s^{-1}$	$m \cdot s^{-1}$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	MPa	MPa	MPa	MPa	kW	kW	kPa	kPa	%	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	%
1	0.1	0.1															—
	0.1	0.1															—
	0.1	0.1															—
	0.1	0.1															—
...																	—
																	—
																	—
																	—

4.2 测试结果

$$\left(\begin{array}{c} Nu_h = c Re_h^n Pr_h^{0.3} \\ < Re_h < \end{array} \right)$$
$$\left(\begin{array}{c} Nu_c = c Re_c^n Pr_c^{0.4} \\ < Re_c < \end{array} \right)$$
$$\left(\begin{array}{c} Eu_h = c Re_h^n \\ < Re_h < \end{array} \right)$$
$$\left(\begin{array}{c} Eu_c = c Re_c^n \\ < Re_c < \end{array} \right)$$

注：c、n 为常数，由实验数据进行拟合后所得。

4.3 测试曲线

4.3.1 传热曲线

总传热系数与流速的测试数据及关联式曲线见图 2。

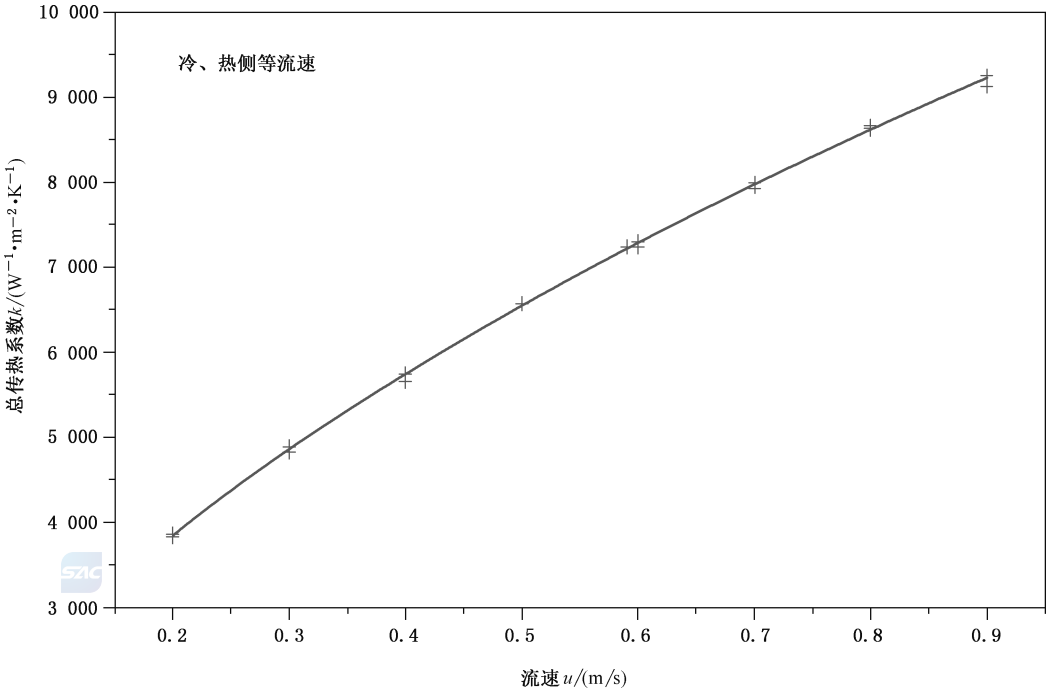


图 2 总传热系数与流速的测试数据及关联式曲线

4.3.2 流体阻力曲线

压降与流速的测试数据及关联式曲线见图 3。

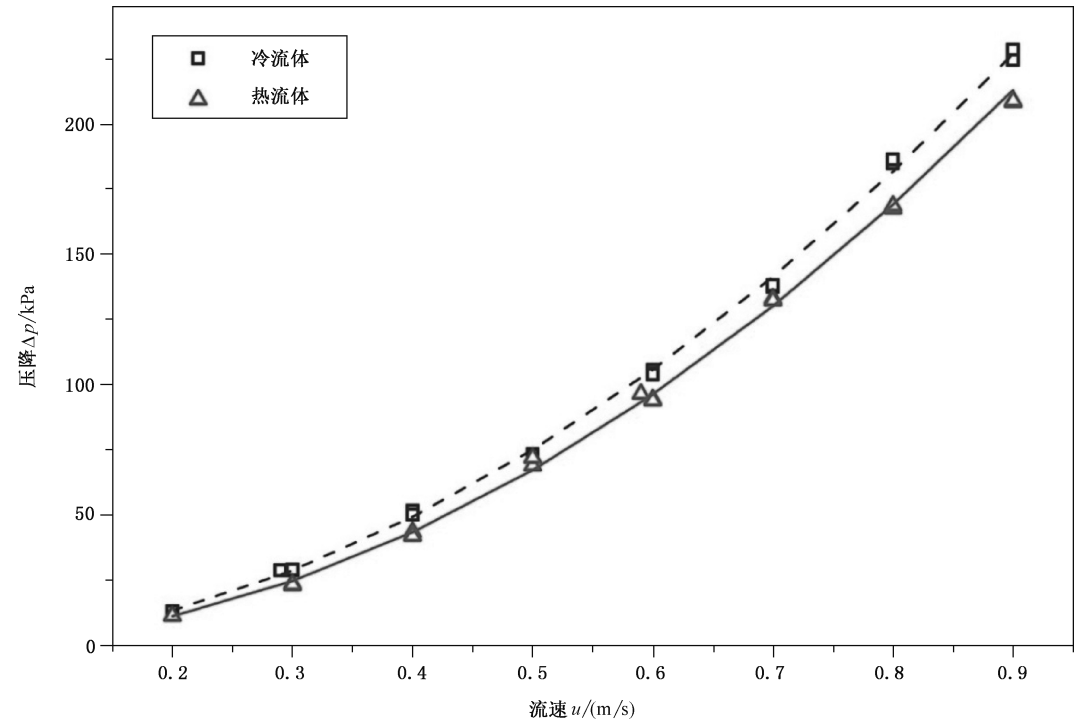


图 3 压降与流速的测试数据及关联式曲线

4.4 能效指标计算过程

4.4.1 计算冷、热流体雷诺数

$$Re_c = \frac{u_c d_e \rho_c}{\mu_c} = \quad , Re_h = \frac{u_h d_e \rho_h}{\mu_h} =$$

4.4.2 计算总传热系数

$$Nu_h = c Re_h^n Pr_h^{0.3} = \quad , \alpha_h = \frac{Nu_h \lambda_h}{d_e} =$$

$$Nu_c = c Re_c^n Pr_c^{0.4} = \quad , \alpha_c = \frac{Nu_c \lambda_c}{d_e} =$$

$$k_{cal} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_c}} =$$

4.4.3 计算压力梯度

$$Eu_h = c Re_h^n = \quad , \Delta p_{h,cal} = Eu_h \rho_h u_h^2 =$$

$$Eu_c = c Re_c^n = \quad , \Delta p_{c,cal} = Eu_c \rho_c u_c^2 =$$

$$\nabla p = \omega_c \Delta p_{c,cal} / l_c + \omega_h \Delta p_{h,cal} / l_h =$$

4.4.4 计算能效指标

$$EEI = k_{cal} / \nabla p^{0.31} =$$

共 页 第 页

