

换热器综合实验指导书



机械与动力工程学院

基础实验与创新实践教学中心

2023年4月

换热器是广泛采用的冷热流体交换热量的设备。目前换热元件的结构形式繁多，其换热性能差异较大，在合理选用或设计换热器的过程中，换热系数是衡量其性能好坏的重要指标。该实验以应用较为广泛的三种间壁式换热器——钎焊板式换热器、缠绕管式换热器和套管式换热器为研究对象，对其换热性能进行测试、研究。

一、实验目的和要求

- 1、描述三种换热器的结构特点和性能；
- 2、画出三种换热器传热性能的测试循环图；
- 3、计算顺流、逆流两种流动方式下换热器换热性能；
- 4、计算流量、冷热温差改变对换热器性能的影响。

二、实验装置

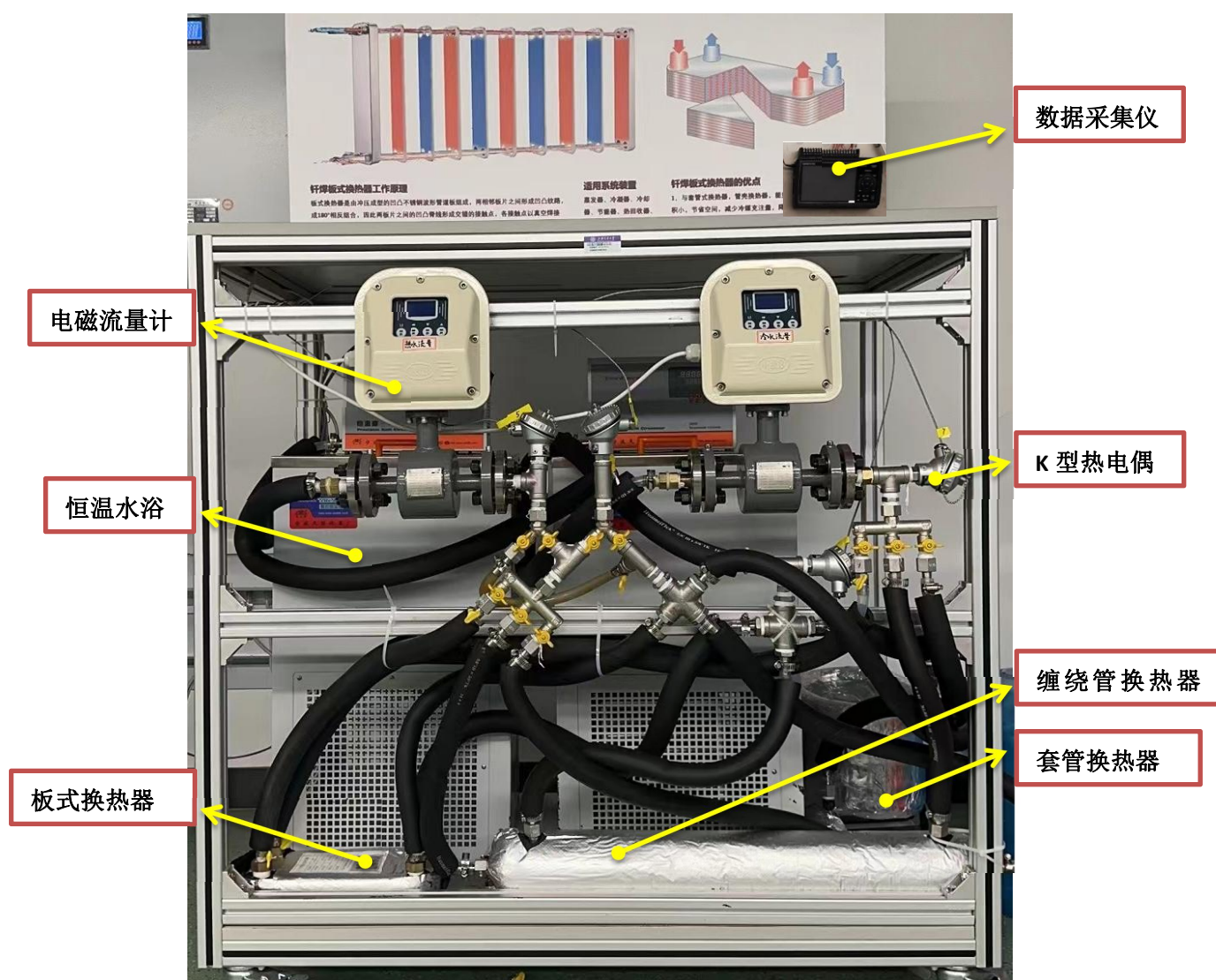


图1 综合换热器实验台

1、冷、热水源

数控恒温槽（型号 THS-30H）：

温度可调：（+15 ~ 95）℃，波动度：±0.05℃

泵流量：13L/min， 功率：2KW， 制冷功能：无

低温恒温槽（型号 THD-0530）：

温度可调：（-5 ~ 100）℃，波动度±0.05℃

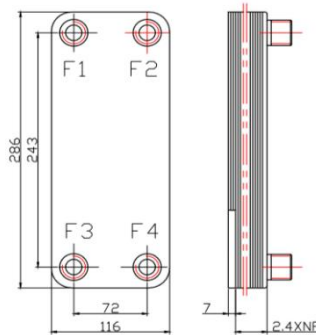
泵流量：13L/min， 功率：2KW， 制冷功能：有



2、换热器

①钎焊板式换热器

换热器：规格型号 B3-32A-16， 板片数：16 片



技术参数：

单片换热面积：0.032 m²

总换热面积：0.512 m²

板片间距：2.4 mm

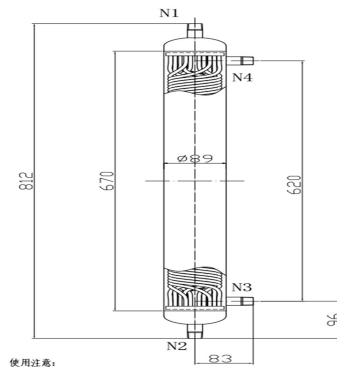
板片厚度：0.4 mm

板片内流道宽度：113mm

制造材料：SUS304

钎焊板式换热器是由一系列具有一定波纹形状的金属片叠装而成的一种新型高效换热器。各种板片之间形成薄矩形通道，通过半片进行热量交换。它与常规的管壳式换热器相比，在相同的流动阻力和泵功率消耗情况下，其传热系数要高出很多，在适用的范围内有取代管壳式换热器的趋势。

②缠绕管式换热器



技术参数：

总换热面积：0.6 m²

换热管规格：Ø8×1.0 mm

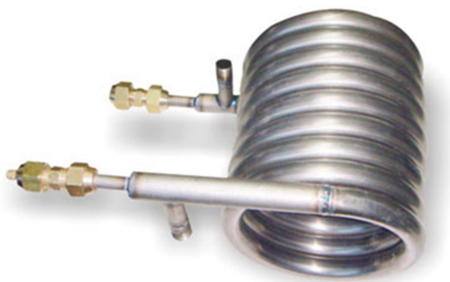
换热管根数：12

壳体规格：Ø89×2.0 mm

制造材料：SUS30

③套管式换热器

换热面积：0.56 m²



3、电磁流量计

型号：FBF8301（DN15）4013KLMC110

仪表口径：DN15

流量范围：0.1 ~ 1.2 m³/h

输出信号：脉冲信号

仪表精度：0.5 级

4、多通道数据采集仪

品牌：日本图技 GRAPHTEC

型号：GL840

5、实验装置系统连接图

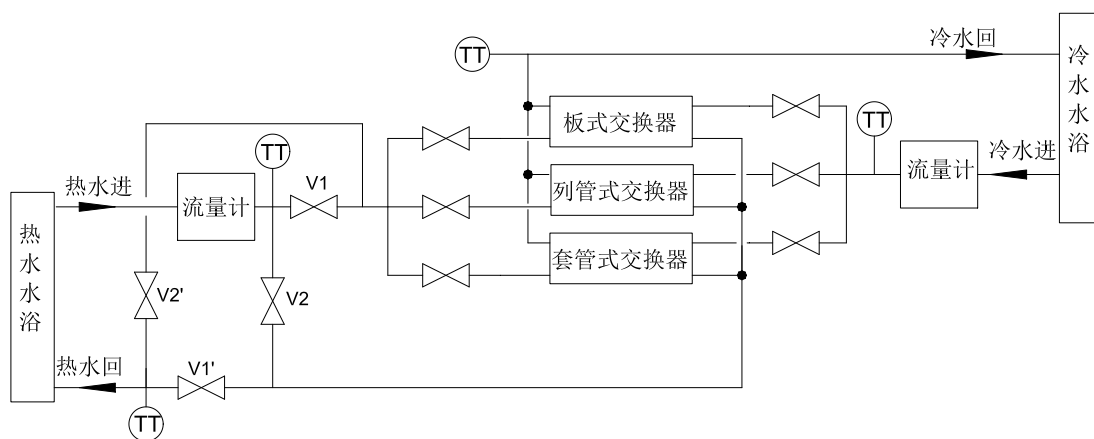


图 2 换热器综合实验台系统图

三、实验操作

1、实验前准备

- (1) 熟悉实验装置的工作原理和性能；
- (2) 打开所要研究的换热器相关阀门，关闭其它换热器阀门；

- (3) 确定研究工况（如顺流或逆流），正确连接管路；
- (4) 实验前将冷-热水箱充水，禁止恒温水浴无水运行。

2、操作步骤

- (1) 接通电源，分别设置冷、热恒温水槽的温度，启动循环水泵。
- (2) 在温度达到恒定的等待过程中，观察数据采集仪上热电偶的温度值。
- (3) 冷、热水浴温度达到稳定后，开始记录换热器进、出口的温度数据，以及冷、热流的流量值。
- (4) 如需改变工况，则需重新安排实验，进行上述类似操作，并记录数据。

建议操作步骤：

(1) 每台换热器的阀门完全打开，读出其顺流和逆流最大冷热水流量 $G_{冷max}$ 和 $G_{热max}$ ，并记录进出口温度，计算每台换热器的平均换热量，得出每台换热器在全流量下的总换热系数 K ；

(2) 调整各换热器的进口阀门，使换热器顺流和逆流的冷热水流量为 $\frac{2}{3}G_{冷max}$ 和 $\frac{2}{3}G_{热max}$ ，并记录进出口温度，计算每台换热器的平均换热量，得出每台换热器在 $\frac{2}{3}$ 流量下的每台换热器的总换热系数 K ；

(3) 再次调整各换热器的进口阀门，使其顺流和逆流的冷热水流量为 $\frac{1}{3}G_{冷max}$ 和 $\frac{1}{3}G_{热max}$ ，并记录进出口温度，计算每台换热器的平均换热量，得出每台换热器在 $\frac{1}{3}$ 流量下的每台换热器的总换热系数 K 。

- (4) 按照试验附表计算数据，并按照数据回答问题。

备注：请同学们根据换热器换热性能的影响因素，以小组为单位自主设计实验方案进行研究。

四、注意事项

- 1、换热器阀门开启要对应一台换热器，切换阀门时，先开阀门，再关已经开启的阀门；
- 2、温度数据读取时，取最大值和最小值后取平均；
- 3、启动水浴时，先开启电源开关，再开启循环和制冷按键；
- 4、实验结束时，关闭水浴及仪表电源，清洁台面。

五、数据处理

1. 数据计算

热流体放热量：

$$Q_1 = m_1 \cdot C \cdot (T_1 - T_2) \quad (1)$$

冷流体吸热量:

$$Q_2 = \dot{m}_2 \cdot C \cdot (T_4 - T_3) \quad (2)$$

平均换热量:

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (3)$$

热平衡误差:

$$\Delta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q} \quad (4)$$

对数传热温差: δt

$$\delta t = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}} \right)} \quad (5)$$

总换热系数:

$$K = \frac{Q}{F \cdot \delta t_1} \quad (6)$$

式中: C ——定压比热 4.2kJ/kg;

\dot{m}_1 、 \dot{m}_2 ——质量流量 kg/s;

F ——换热面积 m^2 。

2. 性能曲线绘制及分析

三种换热器顺逆流换热性能曲线对比图。

计算冷热流体的不同流量下的总换热系数, 计算流体流量与不同换热器 K 的相关关系。

六、思考题

- 1、换热器的换热量与换热温压、换热面积、换热系数的关系;
- 2、分析换热器进口流体参数基本一致的情况下, 顺流和逆流对换热量的影响及原因;
- 3、换热器内换热系数 K 与流体流量的关系, 请根据实验结果拟合出换热系数 K 与流量的相关关系曲线;
- 4、150kg/h 的 10°C 冷水需要加热, 由 150kg/h 的 30°C 热水加热, 请按照你的实验结果, 计算采用三种换热器在顺流和逆流两种情况下, 热水被冷却后的出口温度 (忽略散热量);
- 5、请对实验结果进行误差分析。
- 6、附加题: 运用 Simdroid 等数值模拟软件对本实验进行模拟计算分析, 封装成 APP,

在 www.simapps.com 中进入用户中心“APP 管理”, 上传 APP。

软件下载: <https://www.simapps.com/page/flow.html>

软件激活: <https://www.simapps.com/v/29572.html>

APP 上传: <https://www.simapps.com/v/29863.html>

学习帮助: 软件中“帮助”或 <https://www.simapps.com/l/268.html>

七、心得体会

表 1 实验数据记录及计算表

		顺流									逆流								
		最大流量 Gmax			2/3 最大流量 Gmax			1/3 最大流量 Gmax			最大流量 Gmax			2/3 最大流量 Gmax			1/3 最大流量 Gmax		
		板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器	板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器	板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器	板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器	板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器	板式换 热器	缠绕管 换热器	套管换 热器
换热器面积	m ²																		
热水进口温度	°C																		
热水出口温度	°C																		
热水流量	L/min																		
热水换热功率	kW																		
冷水进口温度	°C																		
冷水出口温度	°C																		
冷水流量	L/min																		
冷水换热功率	kW																		
平均换热功率	kW																		
对数平均温压	°C																		
总换热系数 K	kW/(m ² ·°C)																		

换热器综合实验报告



学生姓名 _____

学生学号 _____

学生班级 _____

任课教师 _____

实验指导教师 _____

实验日期 _____

注：请在系统截止时间前提交 pdf 版实验报告

Pdf 命名：理论课教师姓名-学号-学生姓名-实验名称

- 一、 实验目的
- 二、 实验装置
- 三、 实验原理
- 四、 操作步骤
- 五、 原始数据及性能分析
- 六、 思考题
- 七、 实验体会