**套管式换热器性能测试**

**一、实验目的**

1、熟悉套管式换热器的结构。

2、了解套管式换热器的工作原理。

3、掌握套管式换热器传热性能的测量计算方法。

4、测定套管式换热器的总传热系数，对数平均传热温差及热平衡误差。

5、绘制套管式换热器传热性能曲线。

6、掌握套管式换热器顺流/逆流对传热性能的影响。

**二、实验原理**

1、套管式换热器的结构及换热原理

套管式换热器是以同心套管中的内管作为传热元件的换热器。两种不同直径的管子套在一起组成同心套管，每一段套管称为“一程”，程的内管（传热管）借U形肘管,而外管用短管依次连接成排,固定于支架上（图中a）。热量通过内管管壁由一种流体传递给另一种流体。通常，热流体（A流体）由上部引入,而冷流体（B流体）则由下部引入。



图1 套管式换热器的结构

套管中外管的两端与内管采用焊接或法兰连接。内管与U形肘管多用法兰连接,便于传热管的清洗和增减。每程传热管的有效长度取4～7米。这种换热器传热面积最高达18米2,故适用于小容量换热。当内外管壁温差较大时,可在外管设置U形膨胀节（图中b）或内外管间采用填料函滑动密封（图中c）,以减小温差应力。管子可用钢、铸铁、陶瓷和玻璃等制成,若选材得当,它可用于腐蚀性介质的换热。这种换热器具有若干突出的优点，所以至今仍被广泛用于石油、石油化工等工业部门。它的主要优点是：

（1）结构简单，传热面积增减自如。因为它由标准构件组合而成，安装时无需另外加工。

（2）传热效能高。它是一种纯逆流型换热器，同时还可以选取合适的截面尺寸，以提高流体速度，增大两侧流体的给热系数，因此它的传热效果好。液-液换热时,传热系数为 870～1750W/（m 2·℃）。这一点特别适合于高压、小流量、低给热系数流体的换热。

套管式换热器的缺点是占地面积大；单位传热面积金属耗量多，约为管壳式换热器的5倍；管接头多，易泄漏；流阻大。

为增大传热面积、提高传热效果，可在内管外壁加设各种形式的翅片，并在内管中加设刮膜扰动装置，以适应高粘度流体的换热。

2、套管式换热器数据计算

(1)换热器的传热方程为

  （17-1）

(2)热水和冷水热交换平衡方程式为

  （17-2）

即  （17-3）

式中 ―换热器整个传热面上的热流量，

―总传热系数，

―总传热面积，

―换热器的平均温差或平均温压，℃

―热水放热量，

―冷水放热量，

、－热、冷水的质量流量，

、―热、冷水的定压比热，

、―热水的进、出口温度，℃

、―冷水的进、出口温度，℃

(3)换热器的平均温差，不论顺流、逆流都可以采用对数平均温差的形式，其公式为

  (e=2.71828) （17-4）

式中 ―冷、热水在换热器某一端最大的温差，℃

 ―冷、热水在换热器某一端最小的温差， ℃

以热水放热量为基准，设热水放热量和冷水吸热量之和的平均值为换热器的整个传热面上的热流量，则有

  （17-5）

(4)热平衡误差方程为

 100％ （17-6）

(5)总传热系数方程为

  （17-7）

(6)热、冷流体的质量流量、是根据流量计读数转换而来的，可以按照以下公式换算：



**三、实验步骤**

进行套管式换热器性能测试实验时必须按照以下步骤进行，否则极有可能损坏实验设备。

1、将水泵进口处的过滤器螺母拧开，取出过滤器里面的过滤网，将过滤网放到清水中洗去上面的污物，以防过滤网上污物太多，堵塞热水和冷水管路系统。清洁完成后，将过滤网放回过滤器中，利用扳手将过滤器螺丝拧紧，以防漏水。

2、检查冷水管及热水管上的阀门，使其处于最大的开启状态，以防管路不通。

3、将冷水箱和热水箱里加满水。热水泵工作时，出水口有水流出，此时热水箱水面应位于加热管以上，且距加热管至少10cm。冷水泵工作时，出水口有水流出，此时冷水箱水面应位于水泵进水口以上，且距水泵进水口至少15cm。

4、检查冷水箱及热水箱里的水，水质需清洁，不能有污物及沉淀。

5、检查插座电源是否正确，确保电源不会缺相。然后将装置电源插头插到插座上。

6、实验台接通电源，将漏电保护器开关拨到接通的位置。

7、将装置控制面板上的顺/逆流开关拨到顺流的位置，将套管式换热器的旋钮开关打到启动的位置，同时将加热器1，加热器2，加热器3启动，使加热器开始工作。

8、等水箱里的水温度达到40度左右时，启动冷水泵及热水泵，使水路进行循环。

9、等温度达到动态的平衡时，开始记录数据，可记录多组数据进行数据处理。

10、顺流试验完成后，转动面板上的顺/逆流切换开关，使套管式换热器的换热方式改为逆流换热，然后重复记录数据。

11、实验过程中可以通过调节冷水及热水管道上阀门的开度大小来调节系统的水流量，从而改变装置的换热量，测定不同状态下装置的各项参数。

12、实验完成后，关闭热水及冷水循环水泵，将套管式换热器旋钮开关打到停止的位置，将顺/逆流切换开关打到停止的位置，切断装置电源。

13、将装置热水箱及冷水箱的排水阀门接通，使装置内的水排出，以防长时间不用而损坏设备。

**四、实验数据处理**

1、根据所记录的实验数据，计算套管式换热器的总传热系数、对数平均传热温差及热平衡误差。

2、根据所记录的实验数据，绘制套管式换热器传热性能曲线。

3、根据所记录的实验数据，分析套管式换热器顺流/逆流对传热性能的影响。

**五、实验注意事项**

1、装置水泵运转时，需排除水泵内的气体，否则水泵不能正常运转。

具体做法是：在水泵处于运转状态下，利用内六角螺丝刀将水泵上部的内六角螺丝拧松，观察螺丝孔内是否有气泡冒出，等螺丝孔内无气泡冒出时，使用内六角扳手将螺丝拧紧。

2、做逆流实验时，换热器冷水部分出口及进口温度正常显示。做顺流实验时，换热器冷水部分出口及进口温度需进行交换读取。