**列管式换热器性能测试**

**一、实验目的**

1、熟悉列管式换热器的结构。

2、了解列管式换热器的工作原理。

3、掌握列管式换热器传热性能的测量计算方法。

4、测定列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、绘制列管式换热器传热性能曲线。

6、掌握列管式换热器顺流/逆流对传热性能的影响。

**二、实验原理**

1、列管式换热器的结构及换热原理

列管式换热器是目前化工及酒精生产上应用最广的一种换热器。它主要由壳体、管板、换热管、封头、折流挡板等组成。所需材质 ，可分别采用普通碳钢、紫铜、或不锈钢制作。在进行换热时，一种流体由封头的连结管处进入，在管流动，从封头另一端的出口管流出，这称之管程；另-种流体由壳体的接管进入，从壳体上的另一接管处流出，这称为壳程。

列管式换热器种类很多，目前广泛使用的按其温差补偿结构来分，主要有以下几种：

　　⑴固定管板式换热器：

　　这类换热器的结构比较简单、紧凑、造价便宜，但管外不能机械清洗。此种换热器管束连接在管板上，管板分别焊在外壳两端，并在其上连接有顶盖，顶盖和壳体装有流体进出口接管。通常在管外装置一系列垂直于管束的挡板。同时管子和管板与外壳的连接都是刚性的，而管内管外是两种不同温度的流体。因此，当管壁与壳壁温差较大时，由于两者的热膨胀不同，产生了很大的温差应力，以至管子扭弯或使管子从管板上松脱，甚至毁坏换热器。

为了克服温差应力必须有温差补偿装置，一般在管壁与壳壁温度相差50℃以上时，为安全起见，换热器应有温差补偿装置。但补偿装置（膨胀节）只能用在壳壁与管壁温差低于60～70℃和壳程流体压强不高的情况。一般壳程压强超过0.6Mpa时由于补偿圈过厚，难以伸缩，失去温差补偿的作用，就应考虑其他结构。

⑵浮头式换热器：

　　换热器的一块管板用法兰与外壳相连接，另一块管板不与外壳连接，以使管子受热或冷却时可以自由伸缩，但在这块管板上连接一个顶盖，称之为“浮头”，所以这种换热器叫做浮头式换热器。其优点是：管束可以拉出，以便清洗；管束的膨胀不变壳体约束，因而当两种换热器介质的温差大时，不会因管束与壳体的热膨胀量的不同而产生温差应力。其缺点为结构复杂，造价高。

　　⑶填料函式换热器：

　　这类换热器管束一端可以自由膨胀，结构比浮头式简单，造价也比浮头式低。但壳程内介质有外漏的可能，壳程中不应处理易挥发、易燃、易爆和有毒的介质。

　　⑷U型管式换热器：

U形管式换热器，每根管子都弯成U形，两端固定在同一块管板上，每根管子皆可自由伸缩，从而解决热补偿问题。管程至少为两程，管束可以抽出清洗，管子可以自由膨胀。其缺点是管子内壁清洗困难，管子更换困难，管板上排列的管子少。优点是结构简单，质量轻，适用于高温高压条件。

2、列管式换热器数据计算

(1)换热器的传热方程为

  （18-1）

(2)热水和冷水热交换平衡方程式为

  （18-2）

即 

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) （18-3）

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

  （18-4）

(4)热平衡误差方程为

 100％ （18-5）

(5)总传热系数方程为

  （18-6）

(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：

  （18-7）

**三、实验步骤**

进行列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，将列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，使列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，计算列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，绘制列管式换热器传热性能曲线。

3、根据所记录的实验数据，分析列管式换热器顺流/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。