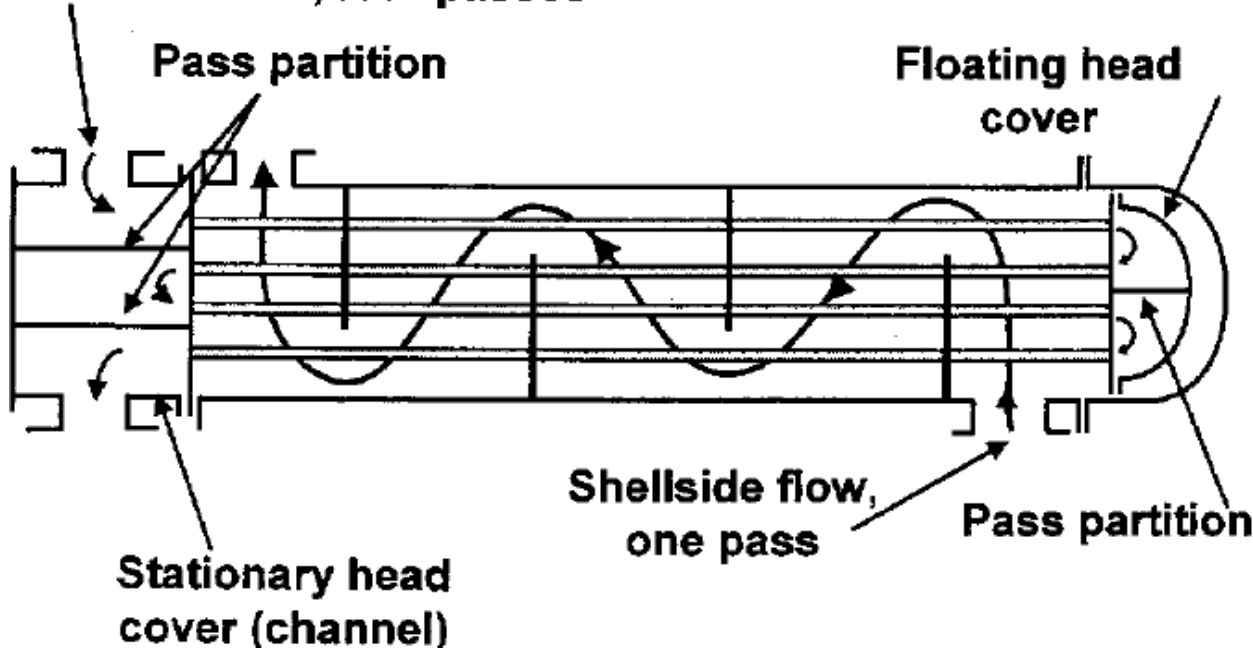


# HTRI Exchanger 使用手册

## 一、换热器的基础设计知识

### Tubeside flow, four passes



### 1.1 换热器的分类

#### 1. 按作用原理和实现传热的方式分类

(1)混合式换热器；(2)蓄热式换热器；(3)间壁式换热器

其中间壁式换热器按传热面的形状和结构分类：

(1)管壳式：固定管板式、浮头式、填料函式、U型管式

(2)板式：板翅式、平板式、螺旋板式

(3)管式：空冷器、套管式、喷淋管式、箱管式

(4)液膜式：升降膜式、括板薄膜式、离心薄膜式

(5)其他型式：板壳式、热管

#### 2. 按换热器服务类型分类：

(1)换热器(Exchanger)：在两侧流体间传递热量。

(2)冷却器(Chiller)：用制冷剂冷却流体。制冷剂有氨(Ammonia)、乙烯、丙烯、冷却水(Chilled water)或盐水(brine)。

(3)冷凝器(Condenser)：在此单元中，制程蒸汽被全部或部分的转化成液体。

(4)冷却器(Cooler)：用水或空气冷却，不发生相变化及热的再利用。

(5)加热器(Heater)：增加热函，通常没有相变化，用如 Dowtherm 或热油作为热媒加热流体。

(6)过热器(Superheater)：高于蒸汽的饱和蒸汽压进行加热。

(7)再沸器(Reboiler)：提供蒸馏潜热至分流塔的底部。

(8)蒸汽发生器(Steam generator) (废热锅炉(waste heat boiler)): 用产生的蒸汽带走热流体中的热量。通常为满足制程需要后多余的热量。

(9)蒸馏器(Vaporizer): 是一种将液体转化为蒸汽的交换器, 通常限于除水以外的液体。

(10)脱水器(Evaporator): 将水蒸气浓缩为水溶液通过蒸发部分水分以浓缩水溶液。

## 1.2 换热器类型

● 管壳式换热器(Shell and Tube Exchanger): 主要应用的有浮头式和固定管板式两种。

—应用: 工艺条件允许时, 优先选用固定管板式, 但下述两种情况使用浮头式:

a) 壳体和管子的温度差超过 30 度, 或者冷流体进口和热流体进口温度差超过 110 度;

b) 容易使管子腐蚀或者在壳 容易结垢的介质。

—命名是以 TEMA 的原则命名;

—壳侧类型(对压降和热传递产生重要影响):

E→程数为 1, 最常用;

F→程数为 2, 需用纵向挡板分流壳侧流体。为避免折流板太厚, 壳侧设计压力低于 10psi, 最好小于等于 5psi(0.35Kg/cm<sup>2</sup>G), 设计温度小于 180℃; 压降较大, 为 E 壳程的 8 倍。

G 分裂流, 折流板在中间, 把流体分为两股;

H→Double split Flow 双分裂流

J→Divided flow 分流, 一进二出, 无折流板, 应用于冷凝过 用来降低压降, 压降值是 E 型的 1/8;

K→Kettle Reboiler 再沸器, 一般是热虹吸, 常用于蒸发壳侧中所填充的液体, 一般汽化率大于 50~100%。通常液体的高液位要浸没过换热管, 需有液位控制;

X→Cross Flow 交叉流, 要求壳侧压降和流速非常低, 因此可降低换热管振动的可能性, 但流量分布不均匀(在壳侧入口处)是最大的一个问题。

## 1.3 换热器壳型及封头选取小结

(1)E 型及 F 型可选折流板形式最多, 流道最长, 最适用于单相流体; 当换热器内发生温度交叉, 需要两台或两台以上的多管程换热器串联才能满足要求时, 为减少串联换热器的台数, 可选择“F”型;

(2)G 型及 H 型多适用有相变流体, 多用于卧式热虹吸再沸器或冷凝器; 并建议设置纵向隔板, 有利于防止轻组分飞溅、排除不凝气、流体均布、加强混合;

(3)G 型(分流)壳体较 F 型壳体更受欢迎, 因为 G 型温度校正因子与 F 型相当, 但壳程压降比 F 型小很多; 若压降还不能满足, 可考虑 H 型;

(4)X 型壳体压降最小, 适用于气体加热、冷却和真空冷凝。

- 封头选择(前封头的类型对压降和热传递没有影响, 但后封头的型式会对压降和热传递产生影响):

(1) 通常选择选择“B”型作为前封头;

- 
- (2) 对于水冷却器，当管侧需要定期清洗，且管侧设计压力小于 10bar (g) 时，前封头可选择“A”型；
  - (3) 对于固定管板式，宜选择“M”型作为后封头；这种换热器类型应用于无需对壳程进行机械清洗及检查但可用化学清洗的情况；
  - (4) 对于浮头式，应选择“S”型作为后封头。浮头式换热器的壳径应大于 DN300。管侧和壳侧都可进行机械清洗，但需要较多工时卸除管束；
  - (5) 对于外填料式浮头“P”和外密封式浮头“W”型的换热器不能在中国设计和制造；
  - (6) 对高压换热器前封头宜选择 D 型；
  - (7) U 型管式，管束外表面可用机械清洗的方法。U 型管的结构不适用于污垢系数较大的情况，立式再沸器不可选用 U-Tube；
  - (8) 可抽换式浮头（后端浮头型 T）：管束与壳之间的空间(Clearance)相对较大，因此所给定的壳尺寸中含有的管数比其他构造的型式要少，管侧和壳侧皆可机械清洗。

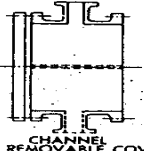
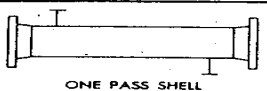
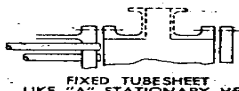
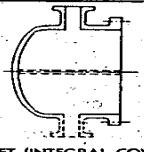
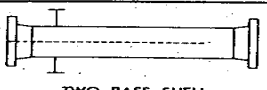
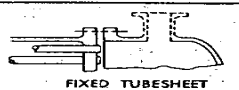
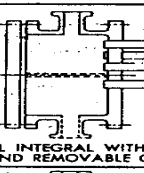

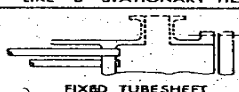
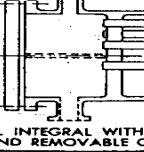
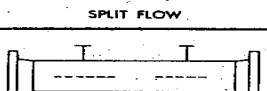
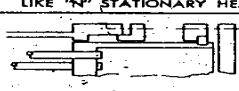
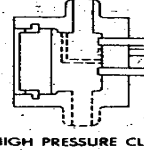
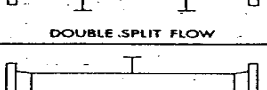
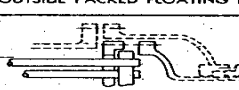
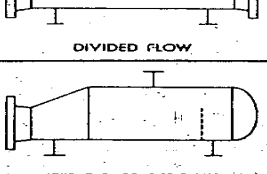
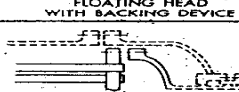
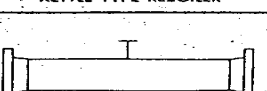
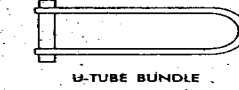
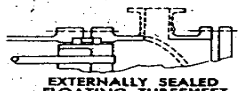
- 选型指导：壳侧和管侧有污垢：A\_S；      管侧无污垢：B\_U；      壳侧无污垢：N\_N；  
壳侧和管侧无污垢：B\_M      服务于高压：DEU

—从价格上来说：B\_U < DEU < N\_N < B\_M < A\_S。

- 套管式换热器/翅片管式换热器(Jacketed pipe/Hairpin Exchanger)：套管式换热器的优点是结构简单，能耐高压；缺点是单位传热面积的金属消耗量大，管子接头多，检修和清洗不方便。
- 板式换热器(Plate and Frame Exchanger)：核心部件是金属板片，分为平板式、螺旋板式、板翅式和热板式四种。优点是结构紧凑，组装灵活，具有较高的传热效率，有利于维修和清洗；缺点是处理量小，操作压力和温度受密封垫片材料性能限制而不宜过高，一般工作压力在 2.5Mpa 以下，工作温度在-35~200℃。
- 空冷器(Air cooler)：程序中未加入风扇的相关性能，如功率、风量等。

—后封头

- (1)L、M、N(固定管板式)应用在无需对壳侧进行机械清洗或检查；或者壳侧可进行化学清洗的场合；
- (2)U-Tube：管外侧可用机械清洗，不能应用在管侧污垢较大的情况；
- (3)T type(Pull-through floating head)：管束和壳之间的距离相对较大，因此在同壳径的情况下排布的管子数比其他的要少；
- (4)S type(Split-ring floating head)：壳侧和管侧都可进行机械清洗，但需要人工把管束抽出。

FRONT END STATIONARY HEAD TYPES		SHELL TYPES		REAR END HEAD TYPES	
A	 CHANNEL AND REMOVABLE COVER	E	 ONE PASS SHELL	L	 FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
B	 BONNET (INTEGRAL COVER)	F	 TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M	 FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER	G	 SPLIT FLOW	N	 FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N	 CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER	H	 DOUBLE SPLIT FLOW	P	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
D	 SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	J	 DIVIDED FLOW	S	 FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
		K	 KETTLE TYPE REBOILER	T	 PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X	 CROSS FLOW	U	 U-TUBE BUNDLE
				W	 EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

## 二、IST HTRI 的应用

### 2.1 方法类型(Method mode)

#### Rating (核算)

定义了换热器类型和足够的工艺条件后，软件来计算热传递系数和压力降，并把计算结果与需要的热负荷进行对比，给出热负荷是不足还是超过。

**Simulation (模拟)：** 定义了换热器类型和比 Rating 更少的工艺条件后，软件来计算热传递系数、压力降和热负荷。给出的热负荷是最大操作热负荷。

#### Design (设计)

定义了换热器的大多数的几何结构和足够的工艺条件后，软件来计算需要的热负荷，然后计算其他缺少的几何结构、热传递系数和压力降。这一程序可以设计壳体类型、壳体直径、管长、管间距、折流板间距、折流板类型、管径和管心距。设计过程是交互式的，由用户来控制每一个几何参数的允许范围。

热虹吸再沸器：软件计算进口管道和出口管道的压降。

釜式再沸器：软件计算釜体直径和 的再循环速率。

**注意：**一般做设计计算时先选择 Design mode 以确定初步优选方案，继而选择 Simulation 及 Rating mode,调整壳和管的直径、折流板数(Crosspasses)、折流板间距(Spacing)、换热管数目(Tubecount)、折流板切口(Baffle

cut)等参数细部计算及微调以符合设计要求。

## 2.2 设计要求:

- (1)热交换器中工艺流体为局部冷却 (subcooling) 时, 使用的类型为 dam baffle;
- (2)crosspass(折流板数目)在换热器为卧式的情形下一般为奇数个, 若为立式无特别要求但习惯用奇数个;
- (3)Input Summary-control-safety 下有一些系数在相应的情况下需填入数值以校正结果;
- (4)若换热器为浮动头或者 U 形管, 则需在 Input Summary-Geometry-Optional 下选择相应的项目为“Yes”;
- (5)Design mode 下 run 程序时, Input-Geometry-tubes 下的 tubecount 处选择 Rigorous tubecount 更保险;

IST 使用一个微软 Windows 界面来引导你进行换热器的核算工作。关于界面怎么使用的信息, 有以下几种方式可以获得:

- 即时信息: 把鼠标指针放在激活的需要输入的区域, 按 F1 键获得帮助;
- 所有需要输入的地方都用红色的框表示出来, 这样可以帮助你避免漏掉什么;
- 当你输入的数据超出正常范围时, 所输入的数据以红色表示, 提示你输入有误;
- 在窗口最下面有一个状态栏, 提示你输入的各种信息。

## 2.3 测量单位设置

操作界面上所有的单位标签都是活动的, 可以利用它们来改变输入项目的单位。方法如下:

- (1) 单击输入界面上的单位, 出现一个对话框
- (2) 从对话框中选择你需要的单位, 单击下面的三个按钮的一个:
  - Convert: 把单位和输入的数据同时转换; Set Units: 只转换单位, 不改变输入值;
  - Cancel: 退出对话框, 不作任何转换。

这种单位转换是暂时的, 如果你关闭软件后再次进入时, 单位又恢复到默认值。

在开始一个模拟之前, 要想一下在下面的区域要输入什么内容, 并注意软件的默认值与你想要的一致:

Fluid allocation (流体分配)	Tube layout angle(管排列角度)	<u>Baffle type</u> (折流板类型)
Tube wall thickness(换热管厚度)	<u>TEMA shell style</u> (壳类型)	<u>Tube diameter</u> (换热管直径)
<u>Number of crosspasses</u> (折流通道数目)	Tube pitch(换热管倾斜度)	<u>Number of tubepasses</u> (管程)
<u>Tube length</u> (换热管管长)	<u>Shell diameter</u> (壳径)	Tube type(plain or low-finned)

除了上述的换热器的几何参数外, 还要输入工艺条件和物流的性质。上述的底划线表示的项目在“Design”条件下可以为空。

## 2.4 流体分配 - Fluid Allocation

一般而言, 下列情况介质走管程:

- (1) 腐蚀性介质, 可降低对壳侧材料的要求;
- (2) 毒性介质, 泄漏的几率小;

- (3) 易结垢的介质，便于清洗和清扫；
- (4) 高压流体，可减小对壳体的机械强度的要求；
- (5) 高温介质，可改变材质，满足介质要求；
- (6) 如果壳侧流体是层流，可放管侧，看能否达到湍流；
- (7) 循环冷却水在管侧流动。

聚合污垢对管侧温度特别的敏感，下面的设计可以使清洗变的容易：

- (1) 一般把最容易结垢的流体在管内流动；
- (2) 如果利用化学清洗法，把易结垢流体放在壳侧流动；
- (3) 如果管侧利用机械清洗法，那么利用直的水平安装管；
- (4) 如果壳侧用高压清洗，那么管安装的倾斜度要大，45°或 90°，这样也要求壳侧 Diameter 较大；
- (5) 当清洗必须要移动管束时，利用焊接的方式连接管子，因为接头处容易出现泄漏的危险。
- (6) 当你认为壳侧结垢会很严重时，那就要慎重利用翅片结构管。
- (7) 循环冷却水在管侧流动。
- (8) 冷却水的污垢热阻在水温超过 125°F(52°C)时应引起注意。

**允许压降(Available Pressure Drop):** 决定哪个流体放在管侧，哪个流体放在壳侧。这样可以充分利用现有的压力降来进行传热。IST 程序也利用此值来计算管口的尺寸。

换热器压力降参考值表

操作压力 P(MPa)	压力降 ΔP(MPa)
0~0.1(绝压)	P/10
0~0.07(表压，下同)	P/2
0.07~1.0	0.035
1.0~3.0	0.035~0.18
3.0~8.0	0.07~0.25

壳侧流体：许多压降在壳和管之间形成的漩涡流产生，这样温度驱动力很小或者不存在。

下面的流体用于壳侧：

- (1) 在管侧流体形成层流（在壳侧有可能是湍流）；
- (2) 建造要求限制了管束的数量，压降在管侧不能有效利用，尝试利用足够的折流板来有效利用壳侧的压降；
- (3) 你的设计目标是传递尽可能多的热量，但压降不要太多。（流体流动导致的管振动会限制你的设计）；
- (4) 传热膜系数较小的物流(如气体)应走壳程，这样易于提高传热膜系数；
- (5) 饱和蒸汽及被冷却的流体走壳程；
- (6)高黏度流体。

如果一个流体的压降是可以控制，而设计的热传递是受其他流体制约，那么流体的放置位置对最佳设计不会产生太大的影响，要小心研究这样的案例。

**注意：对压力降有特定要求的物料要走管程，因其传热系数和压降计算误差较小。**

## 2.5 HTRI 主功能按钮

Input	当你打开软件时就出现，在此用来指定模拟需要的基本的输入参数
Reports	在模拟完成后显示最后的结果
Graphs	在模拟完成后创建图表和曲线图
Drawings	显示换热器的图片，可以显示模拟前和模拟后的换热器的图
Shells-in-Series	当你运行一个 Shells-in-Series 模拟时自动被选中，当模拟进行时，显示一个中间条件
Design	当你运行一个 Design 模拟时自动被选中，显示所有的 Design 运行结果

### 2.5.1 Input

为新的换热器的模拟输入数据，第一个是 Input summary，其下面包含 Geometry、Piping、Process、Hot Fluid Properties、Cold Fluid Properties、Design 和 Control。需要输入数值的地方都以红框显示，软件默认值及单位都已显示在窗口上。

(1)Geometry: 换热器的类型选择。包括以下几个部分:

—Shell Geometry: 确定壳程的几何参数。在 Rating 和 Simulation 模式下，壳内径 (ID) 是唯一需要输入的数据。有三种单位类型: SI: mm      MKH: mm      US: inch

ID 项 Design mode 不需填入壳的内径尺寸，Rating mode 时参考 Design mode 计算后的结果,填入数值并根据结果进行调整 (16"以下为 pipe, 16"以上常以 50mm 为进阶单位)。换热器的壳径越大，单位传热面积的金属耗量则越低，但注意：**壳径不要大于 1000 inch(约 25 米)**;

壳类型 (Shell style) 影响热传递和压降。TEMA 中 E 型是最常用的类型，代表单壳程，其他字母代表的作用是用来平衡热传递和压降要求。例如，TEMA 标准中 X 壳程有最小的壳侧压降。

定位(Shell orientation): 有两种:

- 水平(Horizontal): 最常用的选择，TEMA 中 E 壳程经验定位为垂直，其余的常定位为水平;
- 垂直(Vertical): 应用在以下几个方面
  1. 简化的换热器模型;
  2. 垂直管侧热虹吸;
  3. 许多防止相分离的进料/出料换热器;
  4. 当要求过冷时管侧冷凝。

要记住 IST 不处理壳侧下流沸腾或上流冷凝，两相管侧流体的多管程系统换热管不能垂直定位。当壳侧为单相流、管侧冷凝且管程为单管程时是允许有倾斜的 (倾斜角度 1-20 度)。利用壳侧的倾斜确保冷凝物的

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/355343213240011230>