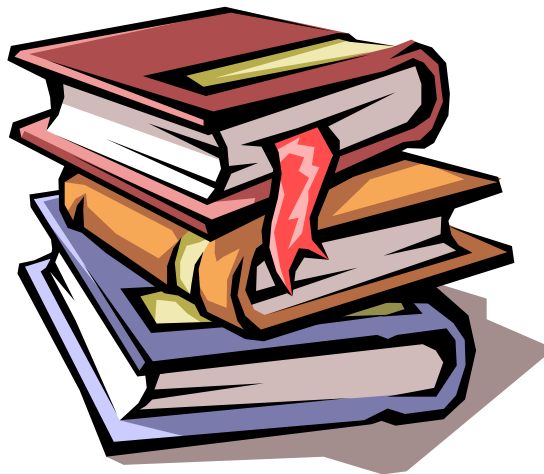
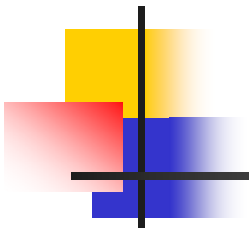


食品工程原理课程设计

---列管式换热器的设计

贾友苏主讲





目的 通过课程设计培养学生的工程观念，使学生初步掌握食品工程中常用设备---列管式换热器和中央循环管式蒸发器的工艺设计内容和程序，熟悉有关国家标准及设计规范。

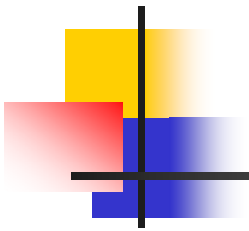
要求

- 1 完成工艺设计计算
- 2 提供设备小样图（每人1号图纸一张）



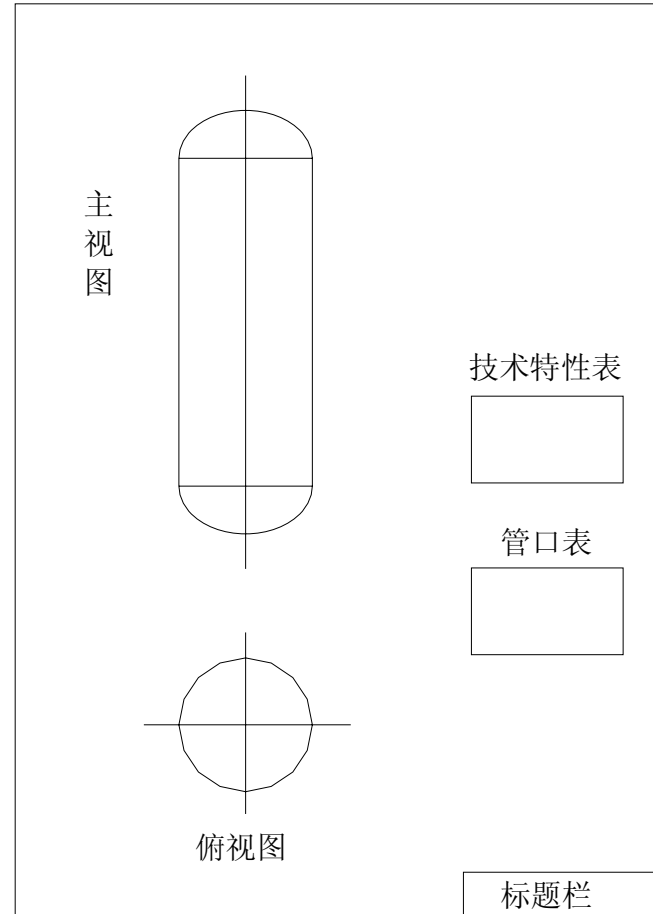
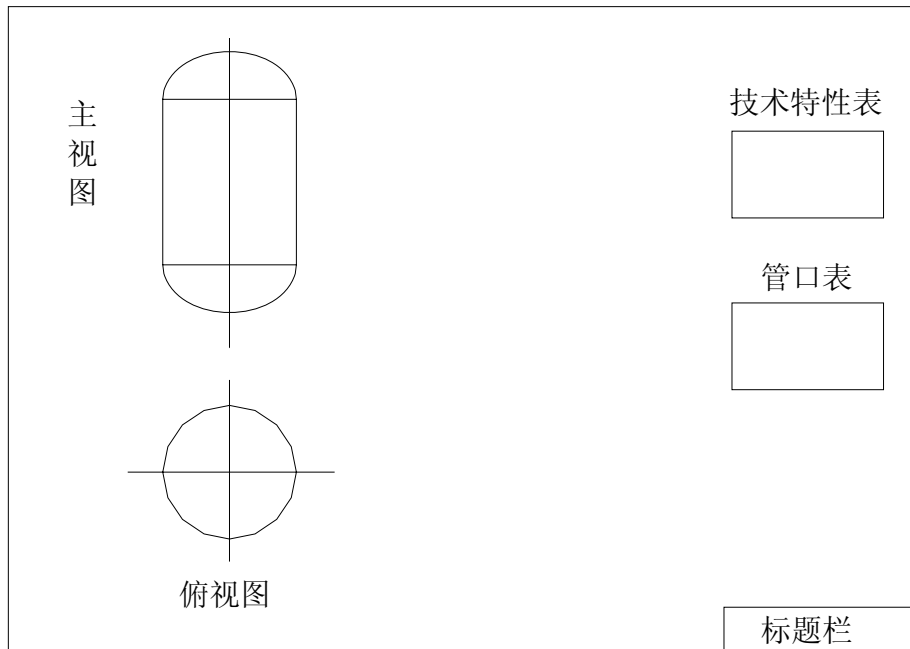
化工设备的制图特点

- 图面内容:
- 1视图 表示设备的主要结构形状和零部件之间的装配连接关系，按照国家标准《机械制图》的要求绘制。
- 2尺寸 图上注明必要的尺寸，表示设备的总体大小、规格、安装等尺寸数据。
- 3管口符号和管口表 设备上所有管口均注明符号（主视图上从左下角起按照英语字母顺序顺时针旋转编号），管口表中列出有关数据和用途等内容。

- 
- **4技术特性表** 用表格形式列出设备的主要工艺特性，如操作压强、温度、物料名称、换热面积等内容。
 - **5标题栏** 填写设备名称、作图比例、设计制图审核人员签字、设计单位、设计时间等内容。

总体布局

横置



竖置

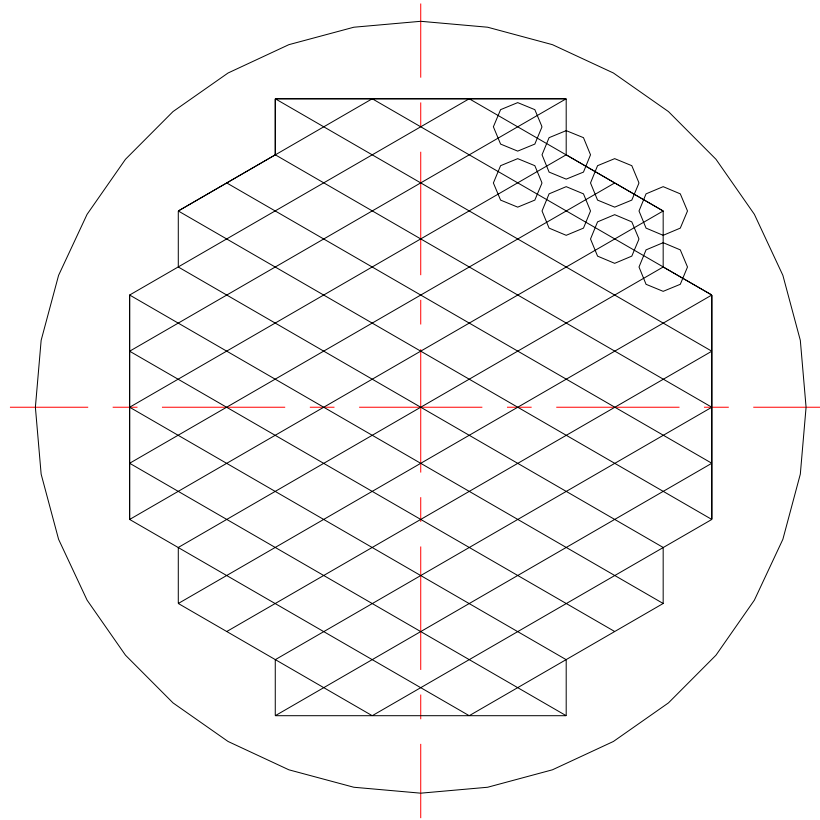
技术特性表

名称	管程	壳程
工作压力 MPa		
工作温度 °C		
物料名称		
材 料		
规 格		
换热面积 m ²		

管 口 表

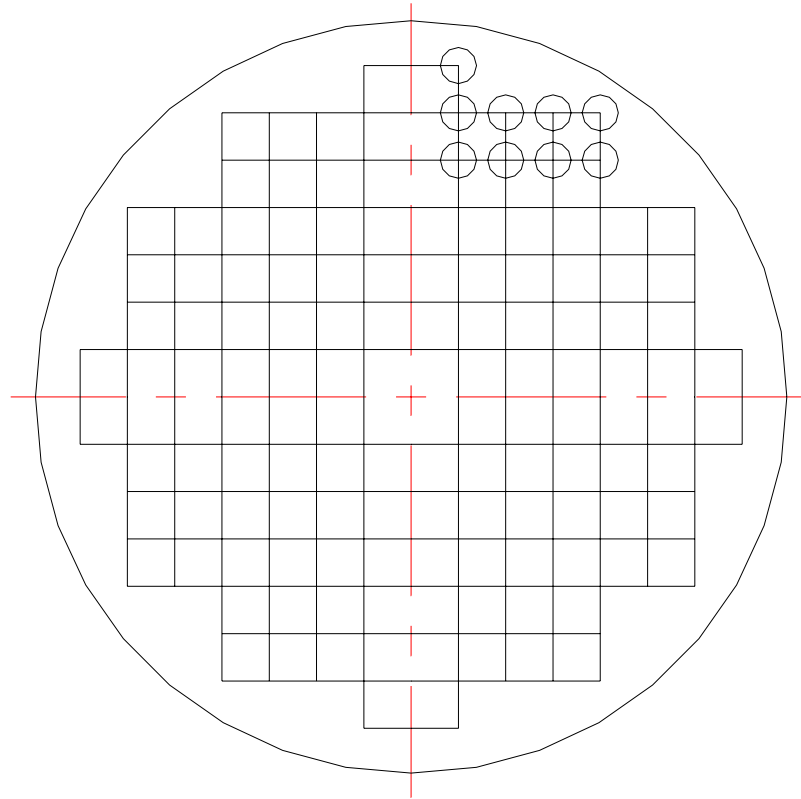
符 号	尺 寸	连 接 面 型 式	名 称
a	25-10	凸 面	压力表接口
b	M27×1	螺 纹	温度计接口
c			
e			
f			
h			

布管图

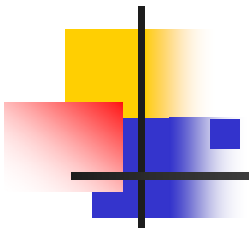


正三角形排列

布管图



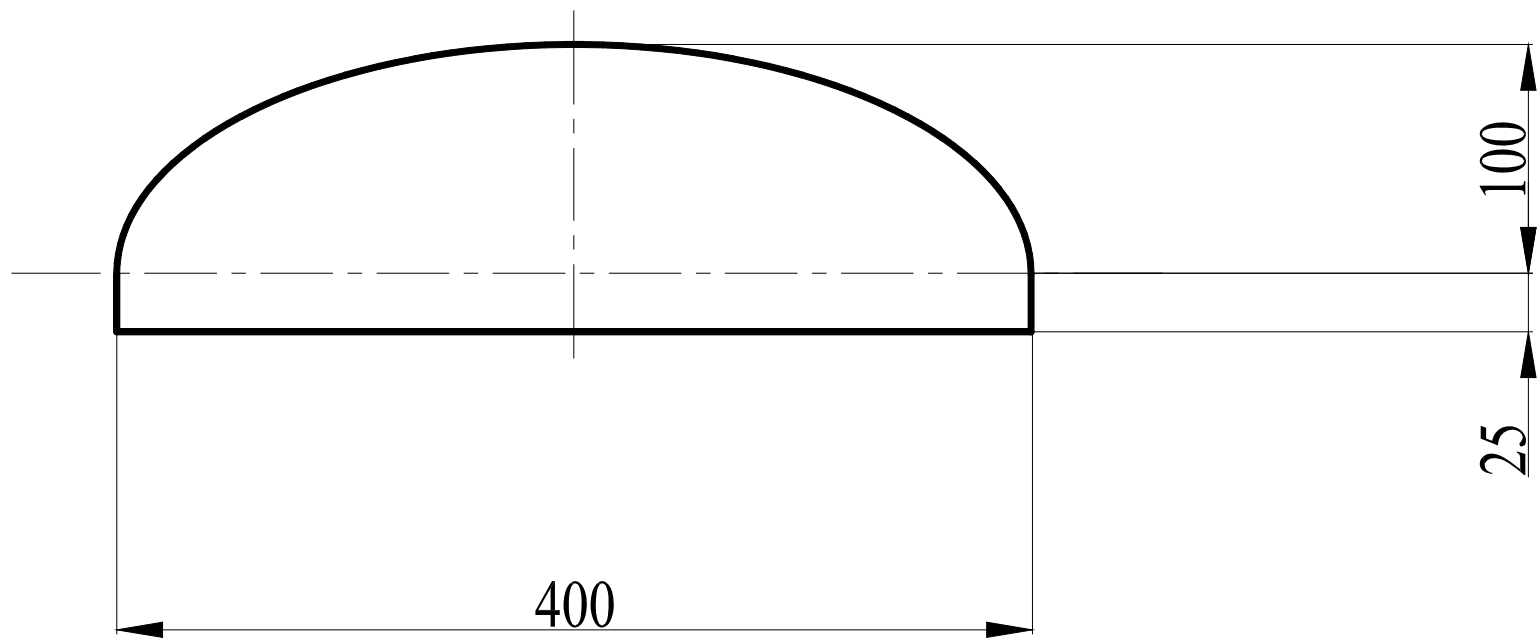
正方形排列



筒体与封头

- 化工设备的壳体主要由筒体和封头两部分组成，其中筒体以圆柱形居多，一般由钢板卷制而成。直径小于400以下的筒体常采用无缝钢管制成，封头以椭圆形回转体最为常见，标准封头的尺寸为 $h=1/4D$ 。

标准椭圆封头





■ 尺寸相差悬殊

- 设备总体尺寸与局部结构尺寸相差悬殊，往往需要**夸大表示**，否则不能兼顾。例如，设备总高为若干米，而筒体壁厚只有几个毫米，接管直径只有几十个毫米等。这时就要用夸大的方法，即不按比例，适当夸大地画出厚度，以两条线能够区分为原则，一般采用线条间距**1.5mm**。设备高度不能完全画出时，可以在内部结构无变化处把设备截断，截断线用双点划线。



线条及应用

————— 实线

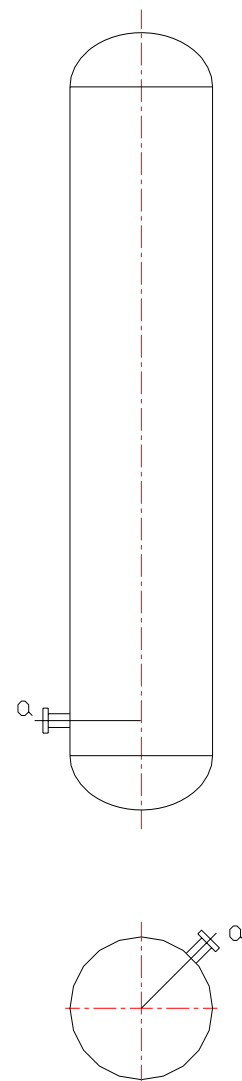
—— — — — — 点划线，用于中心线

—— — — — — 双点划线，用于截断线

----- 虚线，用于绘制被其它物体遮住的部分

■ 采用多次旋转法

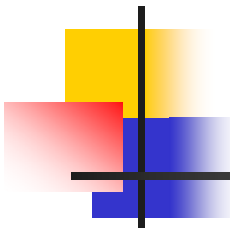
■ 根据工艺需要，在设备的筒体和封头的各种位置上开有较多的管口，为了在主视图上清晰地表达它们的安装关系和安装尺寸，避免互相遮挡，必须采用多次旋转的方法，即在主视图上把所有的管口都旋转到筒体两侧，显示管口安装的真实高度和伸出长度，而在俯视图上显示管口的真实方位。





列管式换热器的设计步骤

- 1 流径选择;
- 2 求取总传热系数 K ;
- 3 根据已知工艺条件作热量衡算, 求取热负荷量 Φ ;
- 4 求出列管式换热器的对数平均温差 Δt_m ;
- 5 确定完成该任务所需要的传热面积;
- 6 估算管子规格及根数;
- 7 估算壳体直径;
- 8 计算冷、热流体用量 (质量流量) q_m , 估算进出口直径;



9 确定布管方式（正方形排列、三角形排列、同心圆排列）

10 绘制工艺小样图，内容包括：

a 设备总体尺寸（直径，高度，管口安装尺寸）

b 布管图

c 方位图（包括冷热流体进出口,放净口,仪表接口,支座）

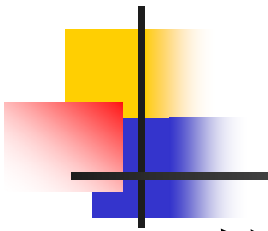
11 出具工艺设计说明书，根据工艺小样图确定真实换热面积。



设计规则

1 流体流径的选择

- 1.1 不洁净流体和易结垢流体宜走管内，因为管内清洗比较方便；
- 1.2 腐蚀性流体宜走管内，以免管子和壳体同时受腐；
- 1.3 压强高的流体宜走管内，以免壳体受压，可节省壳程金属消耗量；
- 1.4 饱和蒸汽走管间，便于冷凝液及时排除，且蒸汽比较洁净，对清洗无要求；
- 1.5 有毒流体宜走管内，使泄漏机会减少；
- 1.6 被冷却流体宜走管间，可利用外壳向外的散热作，以增强冷却效果；

- 
-
- 1.7 粘度大、流量小的流体宜走管间，因流体在有折流板的壳程流动时，由于流速和流向的不断改变，在低 Re 下（ $Re > 100$ ）即可达到湍流，以提高对流传热系数；
 - 1.8 若两流体的温差较大，对流传热系数大的走管间，因壁面温度与 α 大的流体温度相近，可减小热应力。

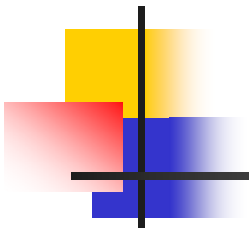
在选择流体流经时，上述各点常不能兼顾，应视具体情况抓主要矛盾。



2 管子的规格和排列方法

2.1 易结垢、粘度较大的液体宜采用较大管径。我国目前使用的列管式换热器系列标准中推荐 $\text{Ø}25\text{X}2.5$ 和 $\text{Ø}19\text{X}2$ 两种规格的管子。

2.2 管长的选择是以清洗方便和合理利用管材为原则。长管不易清洗，一般出厂的标准管长为6米，合理的换热管长应为1.5、2、3、4.5和6米。此外管长和壳径应相适应，一般取 L/D 为 $4\sim 8$ （小直径换热器可取大些）。



2.3 管子在管板上的排列方法有等边三角形、正方形和同心圆等。等边三角形排列的优点有：管板强度高，流体走短路的机会少，管外流体扰动大，因而对流传热系数高，相同壳程内可排列更多管子。正方形排列的优点是：列管外壁便于清洗，适用于壳程流体易产生污垢的场合。



3 壳体直径的计算

$$D = (b - 1)t + 2b'$$

t ——管间距，对于钢管 $\phi 25$,间距为32,

对于钢管 $\phi 19$,间距为25

b ——中心线上的管子数

b' ——最外管到壳体内壁的距离,一般取 $1.5d_{\text{外}}$

$$b = 1.1\sqrt{n} \quad (\text{三角形排列})$$

$$b = 1.19\sqrt{n} \quad (\text{正方形排列})$$

n ——总管数

- 
-
- 然后圆整至

$\phi 325 \times 8$, (无缝管)

400, 500, 600, 700,


800, 900, 1000 ~ 2200 } (钢板卷制)



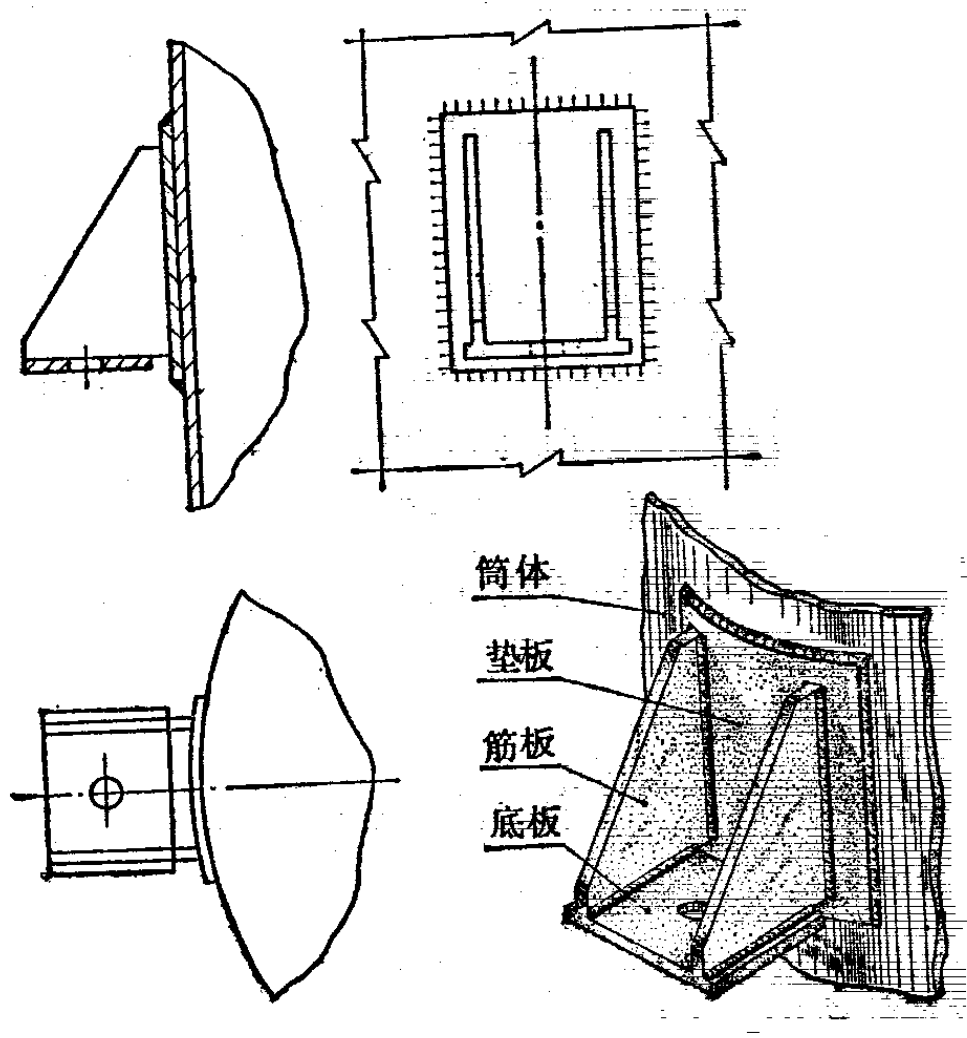
4 主要附件

封头，排气口，放净口，接管，
支座，仪表接口

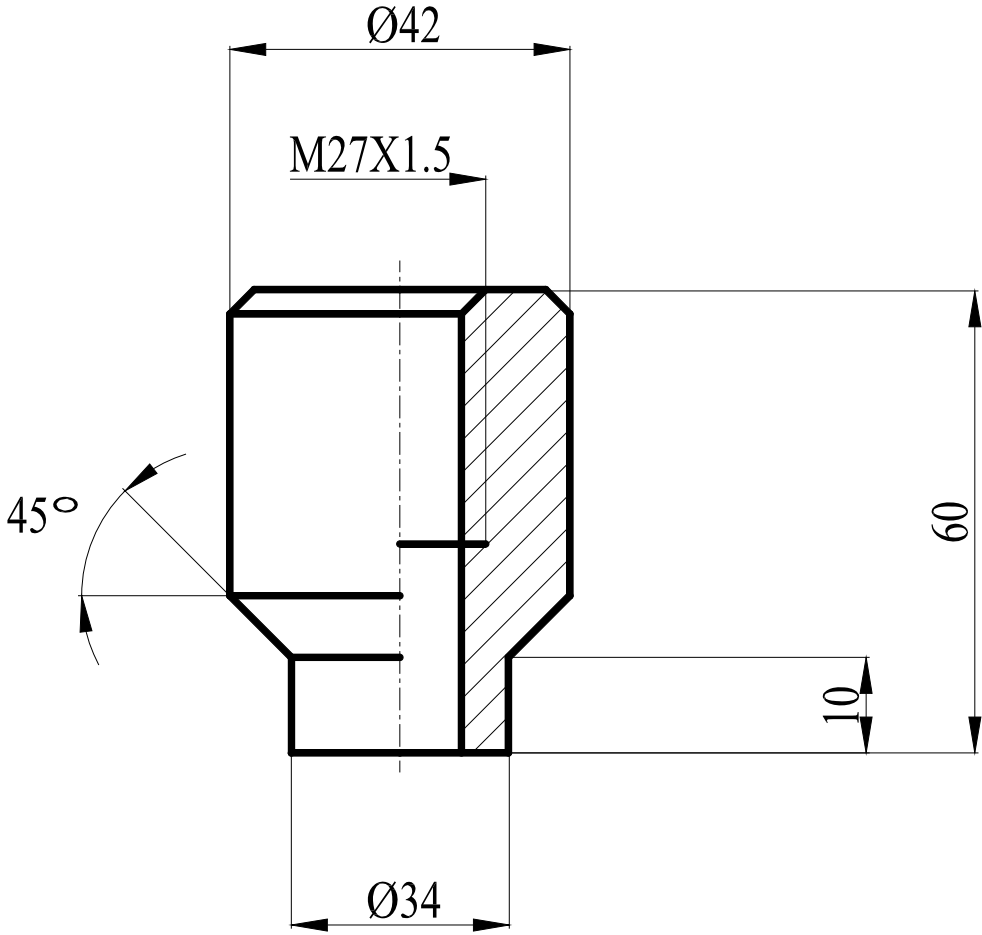
封头用标准封头，排气口和放净口用 $\phi 32 \times 3.5$ ，压力表接口用 $\phi 32 \times 3.5$ ，温度计接口用M27x1。支座见下图：

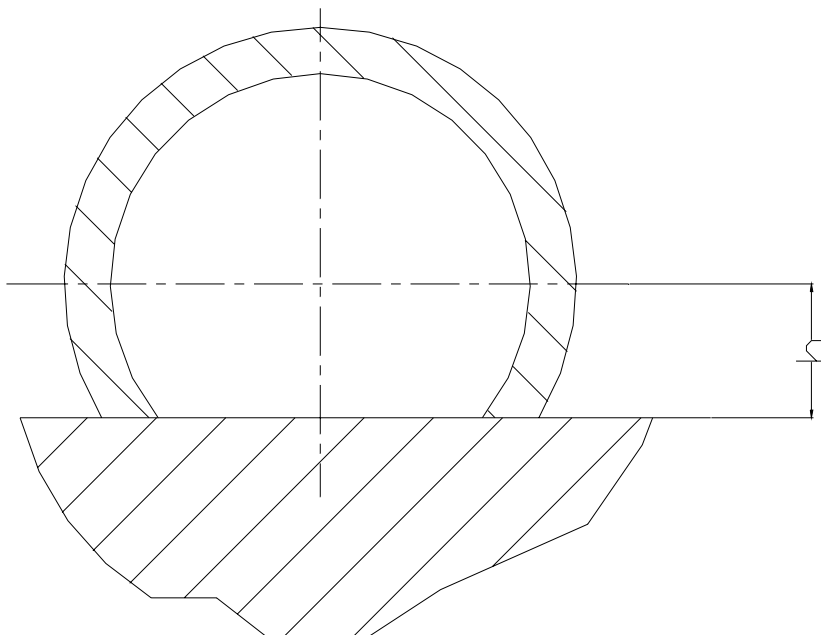


右图为悬挂式
支座，一般装
在设备总高的
靠上约1/3处
(以支座底板
为准)



温度计接口





$$h < 1/2 d_i$$

放净口和排气口的安装



题目

设计一台单壳程单管程立式列管式换热器，用压强为 0.5MPa 的饱和蒸汽冷凝以加热食用植物油，要求达到处理量为 4500kg/h ，油的进出口温度分别为 40°C 和 120°C 。



已知油品的物理性质为：

平均比热容 $c_p = 1.8 \text{ kJ / kg K}$,

粘度 $\mu = 7 \text{ m Pa} \cdot \text{s}$,

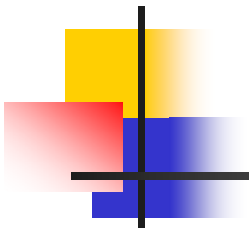
平均密度 $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$,

取表面传热系数 $\alpha = 260 \text{ w / m}^2 \text{ K}$,

并测得壁温为 145.2°C ,

污垢热阻为 $5.159 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W}$ 。

水蒸气的污垢热阻取 $8.598 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W}$ 。



参考书目

- [1] 化工原理 天津大学出版社 1999年8月版
- [2] 食品工程原理 中国轻工业出版社 1998年12月版
- [3] 化工工艺设计手册 化学工业出版社 1996年2月版
- [4] 基础化学工程 上海科学技术出版社 1978年1月版
- [5] 钢制列管式固定管板换热器结构设计手册
化学工业部设备设计技术中心站 1985年5月版
- [6] GB151-1999 管壳式换热器 国家标准出版社
- [7] 化工原理课程设计 天津大学出版社 2002年8月版