

# 换热器设计问题解析

王玉先

(河北正元化工工程设计有限公司, 河北 石家庄 050061)

**摘 要:** 列举换热器设计中遇到的一些问题, 对如何选择换热管排列方式, 如何理解管箱的热处理进行了阐述, 并提出了设计膨胀节和提高壳程试验压力后中需要注意的问题。

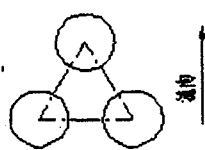
**关键词:** 换热器设计; 管箱热处理; 膨胀节; 壳程压力试验

换热器在化工设备中占有重要的地位, 其性能的好坏直接影响到能源利用效率。为此, 换热器的设计在化工设备设计中占有很重要的一部分, 我在设计工作中经常遇到的一些问题做了一下总结, 希望给读者一些启示和帮助。

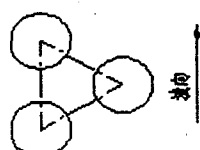
## 1 换热管排列方式选择

设计人员应清楚如何根据具体条件, 做好结构

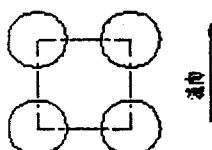
设计, 以发挥换热器的最大作用。GB151 中给出了四种换热管排列形式 (见图 1), 并指出了需要机械清洗时应采用正方形排列, 三角形排列因为在同等面积内能布更多的换热管, 在我们设计中比较常见, 但是选择正三角形排列还是转角三角形排列在我们的设计中却经常被忽视, 其实它们的传热效果是不同的, 要根据具体的条件选择, 具体分析一下:



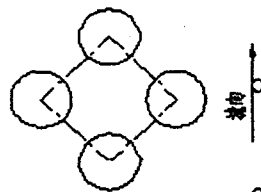
a. 正三角形排列



b. 转角正三角形排列



c. 正方形排列



d. 转角正方形排列

图 1-

(1) 正三角形排列传热上称为错列, 介质流动时形成湍流对传热有利, 对无相变的换热器, 因其传热与其介质流动状态关系较大, 故宜用正三角形排列。

(2) 转角三角形排列, 传热上称为直列, 介质流动时有一部风是层流, 对传热有不利影响。对有相变的冷凝器等, 因其传热与介质流动的关系较小, 却与管壁凝液流动方向关系较大, 故凝液流动的方向上换热器数量是这类换热器换热管排列所应考虑的主要因素, 故宜用转角三角形排列。

所以选择排列方式时不仅需要考虑清洗, 还要考虑换热效率, 根据壳程的介质性质选择最优的换热管布置方式。

## 2 关于管箱热处理的问题

GB151 中明确指出碳钢, 低合金钢制的焊有分

程隔板的管箱和浮头盖以及管箱的侧向开孔超过  $1/3$  圆筒内径的管箱, 在施焊后作消除应力的热处理, 设备法兰密封面应在热处理后加工。

我设计了一台换热器, 结构如图 2 所示, 上下两个管箱分别开了两个孔, 均超过  $1/3$  内径, 按照 GB151 要求, 在图纸上标注了: 管箱焊后做消除应力热处理。理由是: 筒节上开了超过  $1/3$  直径的孔, 为了消除筒节开孔的应力, 应该热处理。后来审图人员指出, 此处不需要热处理。我不明白其中的原因, 查找了许多资料, 弄清楚了这个问题。GB151 中 6.8 条 a 款中做消除应力热处理的目的是使焊接应力提前释放, 防止因使用过程中焊接应力时效释放, 使密封面变形影响密封面的密封。是针对法兰—垫片密封型式制定的, 对于没有设备法兰, 管箱、浮头直接与管板焊接的管箱及浮头盖就没必要

进行热处理了。

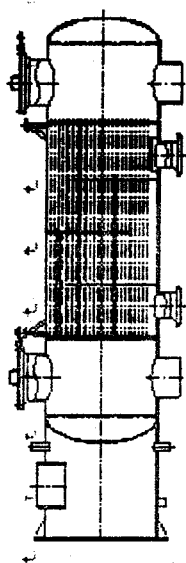


图2

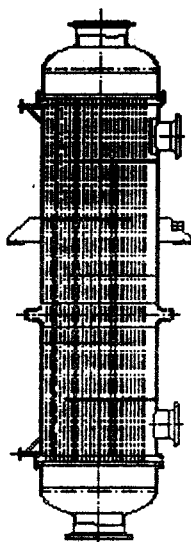


图3

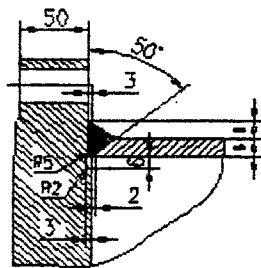


图4

### 3 换热器的介质走向问题

合理设计换热器管程和壳程的介质能起到提高传热效率, 节省贵重金属的作用, 根据使用和设计经验总结以下几点:

(1) 黏度高的介质走壳程, 可获得较高的传热系数。

(2) 腐蚀介质, 高温介质, 高压气体走管程, 可少用不锈钢, 合金钢, 节约成本。

(3) 易生污垢的介质走管程, 可提高管内流速, 减少污垢, 便于清理。

### 4 关于膨胀节的使用

换热器是否使用膨胀节, 取决于设计条件下的应力情况, 设计条件包括管程和壳程的设计压力, 设计温度, 壳程圆筒和换热管的金属温度, 应力主要参考以下三个指标: 换热管轴向应力, 壳程圆筒轴向应力, 换热管与管板连接拉脱应力。只要有一个计算值超出许用值, 如果采用别的方法不能降低的话, 就要考虑加膨胀节了。我在设计中遇到过一个如图3所示的换热器, 经过计算, 需要加膨胀节, 我把设计过程中遇到的问题总结了一下, 有以下几点:

#### 4.1 膨胀节材料的选择

因为壳程介质是水, 没有腐蚀性, 开始考虑节约成本膨胀节选择的碳钢材料, 经过计算, 膨胀节的组合应力  $\sigma_R$  大于 1.5 倍设计温度下波纹管材料的

的屈服点, 后又改为 0Cr18Ni9, 通过了疲劳寿命校核。可见选择哪种材料做膨胀节, 不仅要考虑介质的性质, 还要看计算结果, 奥氏体不锈钢作为波纹管的材料除了防腐蚀的功能, 还有很大的优势。

#### 4.2 膨胀节的位置问题

膨胀节的位置最好设置在支座的下方, 如图3所示, 这样可以避免膨胀节承受换热器自重产生的附加轴向力, 但要注意的是支座一定要选择长臂或加长臂形, 防止安装过程中支撑与膨胀节相互干涉, 如果是支座安装在平台上的话, 还要注意平台的开孔能够穿过换热器直径最大的部分, 以免安装过程中出现问题。

#### 5 关于管板锻件的问题

GB151 中 4.3.1.2 明确指出管板本身具有凸肩并与圆筒(或封头)对接连接时, 应采用锻件。在这个问题上我们曾经犯过一个错误, 在这写出来, 希望对大家有个提醒。

图4所示结构, 既 GB151 附录 G 图 1 中 (b) 结构, 虽然管板有凸肩, 但凸肩与筒体连接不属于对接结构, 因此此种结构的管板如果厚度不大于 60mm 的话, 可以不用锻件。有一段时间我们认为这种结构的管板应当采用锻件, 其实是没有必要的。

#### 6 提高壳程试验压力需注意的问题

对于固定管板换热器 (下转第 44 页)

209-28	1860	209-20	0.8	8.5	55	412.5
		209-38	1.2	1.6	90	36.0
	合计		12.25	28.66	893	2371.8

注：以上数据统计截止日期为2008年11月30日，目前继续增油。

4 经济效益评价

按原油价格2256元/吨计算

2256元/吨×2371.8吨=5350780.8元

投入药剂、材料、特车费 210万元

直接效益：5350780.8元-2100000元=3250780.8元。

投入产出比：2100000：5350780.8=1：2.55。

5 结论与建议

(1) 污泥经化学剂处理后，变成活性稠化污泥，作为调剖剂用于注水井调剖，在技术上是可行

的，工艺上是成功的，显示出显著的经济效益，具有较好的推广应用前景。

(2) 该技术的研究与成功应用，为油田污泥的处理提供了一项切实可行的新技术，解决了污泥外排所造成的环境污染问题，实现了污泥排放的无害化处理，对油田降本增效起着积极作用。

(3) 在推广过程中，一定要根据油田的储层物性和构造情况而定，进一步优化各段塞调剖剂配方，来提高增油效果，延长措施有效期。

(上接第 65 页)

壳程设计压力低于管程设计压力，为了检查换热管与管板接头的焊接质量，需要提高壳程的试验压力。在此种情况下我们都注意了对壳程圆筒在试验水压下的周向应力进行校核，但忽视了其它受压元件强度和结构的问题。

6.1 管板强度问题

压力试验时，壳程实验压力提高到了管程试验压力，为了安全起见，还应该校核一下管板的强度。只需要把壳程的设计压力提高到管程的设计压力，管程设计压力取零，设计温度按室温且无温差的情况下，按不带法兰的管板模型计算一下就可以了。

6.2 壳程圆筒与管板连接的结构问题

因为采用管程设计压力处理壳程水压试验问题，我们也应该按管程设计压力选择壳程圆筒与管板连接的结构，根据不同压力等级按 GB151 附录 G

选取。

6.3 管法兰的等级问题

当提高壳程的水压试验压力时还要考虑所选管法兰是否能承受水压试验的压力，要根据《钢制管法兰》中规定，水压试验压力不能大于法兰规定的 20℃ 时最高无冲击工作压力的 1.5 倍，否则要提高法兰的压力等级，以满足水压试验的要求。

看似简单的水压试验压力的提高，要考虑到的问题也是方方面面，考虑不周就有可能带来安全隐患。

以上几个问题都是我们平常在换热器设计中经常遇到却又经常忽视的问题，应该给予一定的重视，在任何一台设备设计中我们都不能忽视一些小的细节，在日常的工作中也要善于总结这些东西，给别人给自己都是一种警示。