

高效、节能的换热设备——折流杆换热器

薛建设

(中国五环化学工程公司 430073)

摘要 通过几种典型的管壳式换热器的比较,叙述了折流杆换热器的原理、结构及防止流体振动破坏、高效传热和低流阻的特点。生产实践表明:采用折流杆换热器,可达到提高换热器的使用寿命,降低造价和节约能源的目的。

关键词 高效 节能 折流杆 换热器 比较 结构 特点

A Highly Effective Energy-Saving Heat Exchange Equipment —— Baffle-Bar Heat Exchanger

Xue Jianshe

Abstract Through the comparison of various typical pipe-type heat-exchangers, the principle and structure of baffle-bar heat-exchanger and also its features of prevention from fluid vibration destruction, high heat transfer effect and low flow resistance are described. The production practice shows that the service life of the heat-exchanger is longer, the cost of the heat exchanger is lower, and the energy consumption is decreased, too.

Key words High effect, Energy saving, Baffle-bar, Heat exchanger, Comparison, Structure, Feature

1 前言

在石油、化工、医药、电力、冶金、轻工、食品、原子能等工业部门中,广泛地使用换热器来完成系统中的热交换过程。目前,各种换热器的类型及种类繁多,但使用得最多的是管壳式换热器,而国内的管壳式换热器至今大多数仍采用传统的弓形折流板的支承方式,这类换热器传热效率低、流体阻力大、不易清洗、容易产生流体诱导振动破坏,已不能完全适应工业的发展和节能的需要。

随着石油、化工、化肥、炼油等行业生产规模日趋大型化,要求管壳式换热器的尺寸也愈来愈大,而传统的管壳式换热器不可能无限地增加折流板,这样管束刚性也会随之变小,以致壳程在较低的流速下就会发生振动,严重地影响换热器的使用寿命。在现代

化的工业生产中,为了发挥设备的能力,往往是通过加大流体的流速来实现的,而因此引起换热器管束的流体振动加大,加快损坏。如何使设计的换热器既能强化传热,又能防止管束的振动,使庞大的换热器尺寸变得小一些,并能尽可能地降低系统的操作和维护费用,这是人们共同关心和感兴趣的问题。而折流杆换热器则能满足上述要求,它在生产实际中的成功应用证明它是一种高效、节能的换热设备。

2 几种结构形式的换热器比较

普通管壳式换热器的折流板一般有两种形式,即单弓形折流板和双弓形折流板(包括盘环型折流板),其流体在壳体中的简化流动状态如图1、2所示。图中标有A的为传热主

区,流体在此区域内横向冲击管束,呈错流传热,在较低的 Re 数下便能达到湍流状态,85%左右的热传递在此区域内完成;标有B的区域是顺流区,流体与管束呈平行流,在此区域内所完成的热传递只占15%左右;标有C的区域是涡流区,流体在此区域内原地不动或相对停滞,在此区域内,小的涡流再循环会使流体温度很快与管子的表面温度趋于平衡,而由于流体相对静止,使其热混合程度极小,因此称之为传热死区。

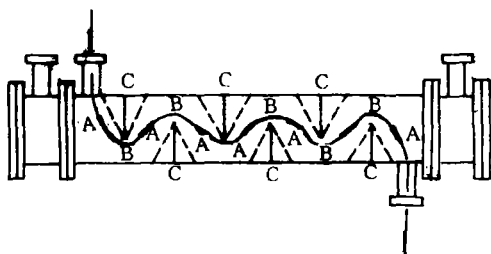


图1 单弓形折流板换热器

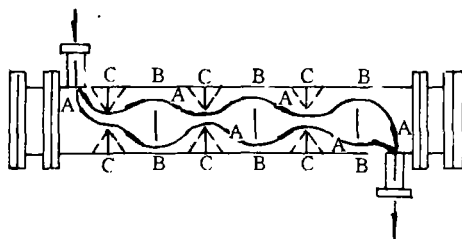


图2 双弓形或盘环形折流板换热器

当弓形切口为75%时,B、C区域占总传热面积的(25~30)%,即设备有(25~30)%的能力没有得到充分地发挥。为了便于装配管束,折流板的管孔都要大于管径,管子固定不紧,因此这类换热器易产生振动,往往使管子与管板的焊接接头破裂,折流板管孔处的管子磨穿,使用寿命短。减少振动最有效的方法是缩短折流板的间距或降低流体的流速,但增多折流板将导致壳程阻力增大和传热死区增大,能耗增加,有效传热面积变小,而要降低流体的流速又会使换热器的尺寸增大,效率降低,成本提高,因此上述两种方法都是

不经济的。由美国联合碳化公司设计的用杆式支承代替折流板支承的折流杆换热器,不但解决了流体的诱导振动,而且由于流体的流动方向和状态的改变,使传热死区也得以消除。流体在折流杆换热器壳程内的流动状态如图3所示。从图中可看出其流动状态与常用的弓形折流板有很大的区别,折流杆换热器的壳程流体为平行管束的轴向流动,当进口处流体流动分配较好时,可使得管束整个横截面上流动均匀分布,而使传热面得以充分的利用。虽然平行流时的传热系数较横向流时的传热系数偏低,但是改用折流杆支承后,流体经过这些杆时产生脱体现象,在后面产生漩涡尾流,流体的流动速度越大,湍动得越激烈,从而加强了传热效果。在漩涡强度减弱后,流体通过后面的折流杆又产生新的漩涡和节流,这样能在换热器的整个长度和传热面上都有较均匀的漩涡产生;另外,此种结构必然会提高壳程流体流速,据有关资料介绍,流速比单弓形挡板可提高两倍以上。流速的加快,流体对管外液膜的剪力加大,从而使液膜变薄,再加上折流杆干扰流体的流动,产生旋涡和湍动也起减薄液膜的作用,从而大大地提高了传热系数。

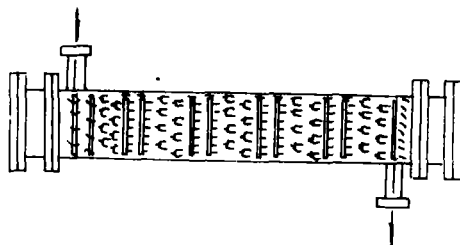


图3 折流杆换热器

折流杆换热器与折流板换热器相比,具有如下特点:

a. 压力损失小,折流杆换热器壳程压力降比一般折流板要低35%左右,图4表示了折流杆与折流板换热器壳程 $\Delta p-Re$ 的关

系。这样,在一定的压力降下折流杆换热器可适当提高流速,以进一步提高给热系数,更好地强化传热;

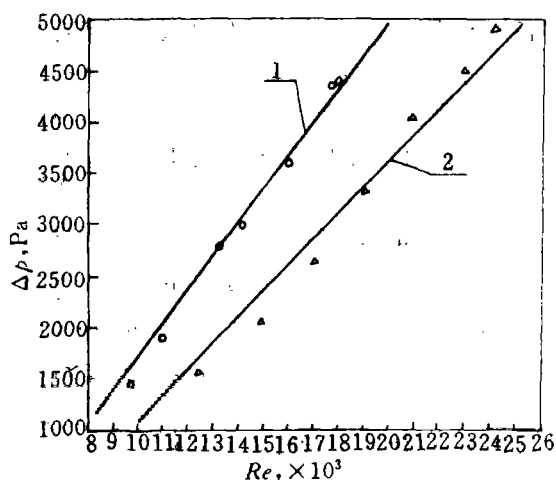


图4 折流杆与折流板 $\Delta p-Re$ 的关系图
1-折流杆;2-折流板

b. 壳程给热系数较折流板高,图5表示了折流杆与折流板的 α_0-Re 的关系,从图中可看出,当 $Re > 1.6 \times 10^4$ 时,折流杆的 α 值比折流板大,随着 Re 增大,其值差别越来越大。可见,在湍流情况下,折流杆的传热效益要比折流板高;

c. 综合性能指标 $\alpha/\Delta p$ 的比较见图6,从图中可看出,折流杆的 $\alpha/\Delta p$ 值比折流板增大50%以上;

d. 能有效地防止流体诱导振动破坏,由于整个管束截面为均匀而高速的流动,几乎没有流动死区,因此不容易结垢,使换热器始终保持较高的传热速率。

3 折流杆换热器的结构特点及其应用

常用的折流杆支承传热管的结构如图7所示,为了从四面支承每根管子,需用4个折流圈,其中两个折流圈的折流杆是水平放置

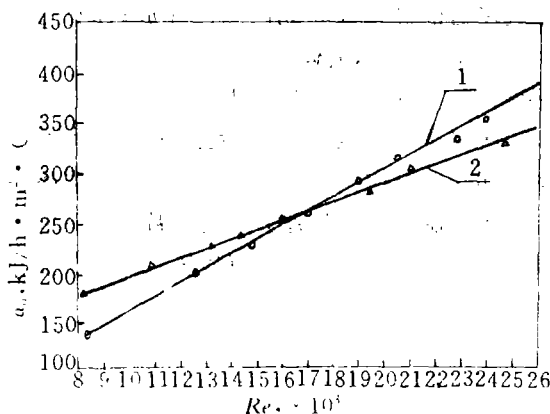


图5 折流杆与折流板 α_0-Re 的关系图
1-折流杆;2-折流板

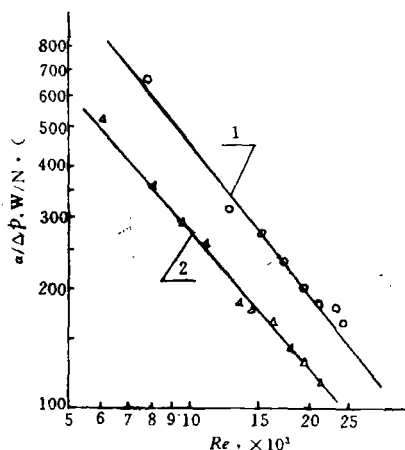


图6 $\alpha/\Delta p$ 与 Re 的关系图
1-折流杆;2-折流板

的,另两个折流圈的折流杆则是垂直放置的,这4个折流圈可看作一组。折流杆的尺寸一般等于相邻管子之间的间隙,从而可牢固地从四面支持住管子。折流圈由环和杆所组成,其连接一般为焊接结构,具有良好的弹性性能。由于杆与传热管为圆弧接触,能有效地防止传热管的破坏性振动。折流圈的支承距离较折流板结构要小,一般为80~200mm。从折流杆换热器的结构可看出,流体在换热器壳

程中的流动无须改变方向,速度场的分布主要为纵向流动,流动阻力小,几乎不存在流动死区,从而克服了折流板换热器因流动死区引起的局部传热系数低、沉积物多的严重缺陷。总之,折流杆换热器具有能有效地防止管子振动破坏、传热系数高、能减小换热器壳侧压力损失、减轻壳侧结垢等方面的特点。

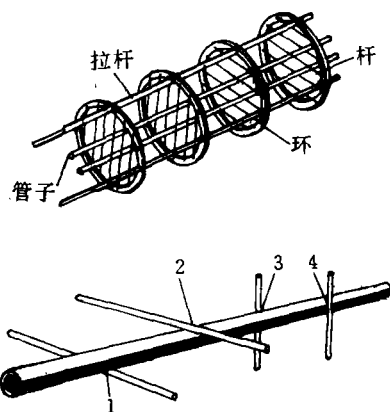


图7 折流杆支持管子结构图

自70年代初美国菲利普石油公司对折流杆换热器进行研制以来,已有近千台折流杆换热器在各工业领域投入运行。产品系列包括气-气换热器、气体加热器、油冷器、蒸汽发生器、重沸器、水加热器、废热锅炉等,折流杆换热器的开发和应用技术已日趋完善和成熟。

我国是在80年代初开始进行折流杆换热器的研制工作的,折流杆气-气换热器、油冷却器、水加热器等已投入使用,取得了良好的效果,普遍得到用户的好评。

4 折流杆换热器的设计实例

某化肥厂变换工段的二水加热器为立式折流板支承的管壳式换热器,原换热面积为 170m^2 ,直径为 1000mm ,重量为 7.9t 。改用折流杆支承和螺旋槽管作换热管后,其设计换热面积仅为 100m^2 ,直径为 800mm ,总重

量为 4.6t 。图8是折流杆二水加热器的结构示意图,每4块折流圈为一组,共三组。每两块折流圈相互垂直安装,从上下左右分别将换热管固定。换热管为 $\varnothing 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$,管间距为 31.5mm ,折流杆圆钢直径为 6mm ,比管桥的理论宽度小 0.5mm ,设计中对圆钢的公差范围进行了限制,管桥宽度公差范围要求也较折流板支承的管壳式换热器严格,这些都是从安装制造方面来考虑的。折流圈全部采用拉杆、定距管连接定位。

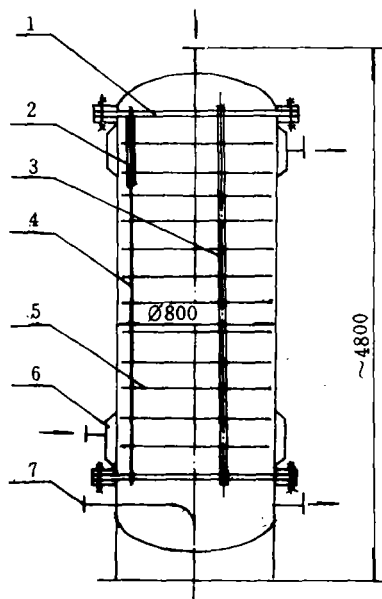


图8 折流杆二水加热器结构示意图

1-薄管板;2-定距管;3-螺旋槽管;4-拉杆;5-折流圈;
6-外导流筒;7-排污管

二水加热器的设计中除用折流杆代替折流板外,针对该设备的工艺特点,还采用了下述新材料、新结构和新技术:

a. 用渗铝钢管代替普通钢管

二水加热器管内介质为软水,管外为变换气。由于变换气成分为 H_2 、 N_2 、 CO_2 及少量的 H_2S 、 CO 和过热水蒸汽,变换气与管内软水进行热交换时温度降至水蒸汽的露点温

度,此时会产生潮湿的二氧化碳和硫化氢腐蚀,其腐蚀速度很快,一般在半年左右管子就会被腐蚀穿孔。应用渗铝钢耐二氧化碳和硫化物腐蚀的性能,目前已有近30台用渗铝钢管制造的二水加热器,其使用寿命得到大大提高。最早投入使用的用渗铝钢管制作的二水加热器已使用了两年半,现还在运行之中,因此,折流杆二水加热器设计中采用渗铝钢管,以防止腐蚀,延长设备的使用寿命。

b. 用螺旋槽管代替光管

为了更进一步地提高传热效率,采用螺旋槽管作为换热管,从而使该二水加热器的壳程和管程都具有强化传热作用。螺旋槽管是目前采用得较多的强化传热管,强化传热的原理是由两种流动方式起决定作用:一种是螺旋槽对近壁处流动的限制作用,使管内流体螺旋运动产生局部二次流;二是螺旋槽所导致的形体阻力产生压力梯度,使边界层出现分离。计算表明,采用螺旋槽管比光管可提高传热系数30%左右,减少受热面积四分之一,其抗污性能也高于光管。

c. 用薄管板代替厚管板

薄管板的优点是制作简单、省料、降低管板两面的温差应力。折流杆二水加热器的设计中采用了14 mm厚的薄管板,既适用于渗铝钢必须采用焊接连接的特点,又大大简化了制造工艺,节约了材料。

d. 增加外导流筒结构

为了使流体最大限度地与换热管相接触,更充分地利用热交换面积,二水加热器的设计中上下两端都增加了外导流筒结构,这

种结构除均布换热器壳程流体、提高传热效率、降低阻力外,还用它来承受部分轴向温差载荷,起膨胀节的作用。

由于采用了折流杆的支承方式和上述的几种新技术、新结构、新材料,使折流杆二水加热器的设计面积和重量都减少了40%以上,其运行维修费用也会随着减少,使用寿命会得到提高。

5 结 束 语

折流杆换热器不仅彻底解决了管子的振动问题,并具有高效、节能、不易结垢等特点,因此,自问世后便在工程中得到了广泛的应用。国内设计制造的第一台气-气折流杆换热器自1985年投入工业应用后,已有多台折流杆换热器在各种装置中运行。某化肥厂渗铝钢管——折流杆二水加热器已正常运行两年之久,这些都显示了折流杆换热器的顽强生命力,也是对管壳式换热器的一次大革命。华南理工大学对折流杆换热器的传热机理、设计特点及结构方面已做了大量的工作,全国容委会也计划编制“折流杆换热器标准”,相信这一高效、节能的换热设备会在许多工业领域中得到广泛的应用。

参 考 文 献

- 1 化工设备及设计,华中理工大学出版社
- 2 省エネルギー,1984,36(3)
- 3 压力容器,1987(5)
- 4 石油化工设备,1989,18(3)
- 5 化工炼油机械,1983(2)

(庄 编)