

试验研究

文章编号: 1000-7466(2007)增刊-0001-04

不同螺旋角螺旋折流板 换热器壳程传热性能

刘宏军¹, 王安军², 高 磊², 张莹莹²

(1. 中国石油大庆炼化公司 物资采购管理部, 黑龙江 大庆 163411;

2. 辽宁石油化工大学, 辽宁 抚顺 113001)

摘要: 对螺旋角为 18° 、 25° 和 30° 的螺旋折流板换热器壳程传热性能进行了测定与研究, 同时对螺旋角为 18° 、 25° 和 30° 的螺旋折流板换热器与传统的弓形折流板换热器壳程传热性能进行了比较。实验结果表明, 螺旋角为 30° 的螺旋折流板换热器的传热效率最高, 螺旋折流板换热器的壳程传热效率都比传统的弓形折流板换热器壳程传热效率高。

关键词: 换热器; 折流板; 螺旋角; 传热效率

中图分类号: TQ 051.501

文献标志码: A

The Study of Heat Transfer Character of Shell-and-Tube Heat Exchangers with Spiral Fold Baffles

LIU Hong-jun¹, WANG An-jun², GAO Lei², ZHANG Ying-ying²

(1. The Purchased Material of the Management Department, CNPC Daqing Petrochemical

Smelt Company, Daqing 163411, China; 2. Department of Mechanical

Engineering, Liaoning University of Petroleum & Chemical

Technology, Fushun 113001, China)

Abstract: The study on the different spiral angle heat-transfer properties of spiral fold baffle heat exchanger, such as 25° 、 30° 、 40° were mainly tested and presented. Simultaneously, compare with the heat transfer character between the spiral fold baffle heat exchanger and the traditional segmental-baffle heat exchanger. The experiment results showed that, the 30° spiral angle heat transfer efficiency of spiral baffle heat exchanger is the best among them, the different spiral angle heat-transfer properties of spiral baffle heat exchanger is higher than segmental-baffle heat exchanger.

Key words: heat exchanger; baffle; spiral angle; heat transfer efficiency

冷换设备是炼油、化工、电力等行业工艺流程中的主要设备, 据统计, 在炼油厂冷换设备约占全部设备的 40%。它既是工艺流程中的主要设备, 又是企

业减少能耗、降低成本的主要手段, 因此, 冷换设备技术水平是炼油厂先进程度的主要标志之一。目前, 我国炼油厂在用的冷换设备中, 其壳程介质的流

收稿日期: 2007-03-18

作者简介: 刘宏军(1972-), 男, 黑龙江人, 工程师, 从事炼油设备采购与管理研究。

动大多数还是传统的弓形折流板 Z 字形流动方式^[1~3], 这使得冷换设备的总传热系数一直较低。上世纪 90 年代初, 一种新型冷换设备——螺旋折流板换热器开始应用于工业领域, 其壳程介质的流动呈螺旋线, 折流板为伞形, 每块折流板与壳体轴线呈一定的夹角, 相邻的折流板在周边首尾相接, 每 4 片构成一个外圆周连续的螺旋线, 这种结构改变了壳程流体的流动状态和换热面积, 提高了传热效率^[4,5]。

1 螺旋折流板换热器与弓形折流板换热器的比较

螺旋折流板换热器中螺旋折流板结构设计独特, 与弓形折流板的结构相比具有下列特点: ①壳体介质流动状态为螺旋流, 流体湍流程度加剧, 使换热管层流厚度减薄, 有利于热交换, 提高传热效率。据国外资料报道, 螺旋折流板换热器单位压降下的壳程膜传热系数是弓形折流板换热器壳程膜传热系数的 1.8~2 倍, 许多工况下的传热系数值可提高 20%~30%, 因此可减少换热器的尺寸和质量, 为冷换设备的大型化提供了广阔前景。②螺旋折流板换热器以其介质螺旋状的流动状态代替了传统的弓形垂直折流板 Z 字形反流动状态, 使壳程压力降明显降低, 在相同流量条件下可使压降减少 45% 左右。③壳程侧无滞流区与死区, 因此可减少污垢沉积, 换热器在使用后期仍然有良好的操作性能, 延长了检修周期。④螺旋折流板换热器尤其适用于粘稠的介质及结垢严重的介质。⑤螺旋折流板换热器具有良好的抗振性, 特别适用于流动介质流量波动较大或气液两相的情况。弓形折流板换热器结构见图 1, 螺旋折流板换热器结构见图 2。

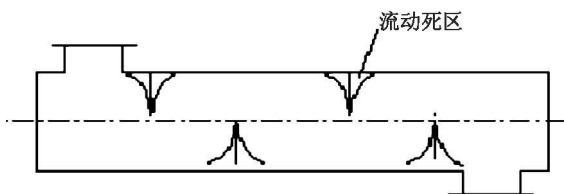


图 1 弓形折流板换热器示意图

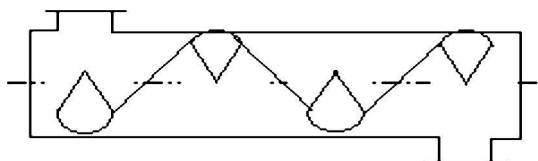


图 2 螺旋折流板换热示意图

2 实验装置与工艺流程

2.1 实验目的

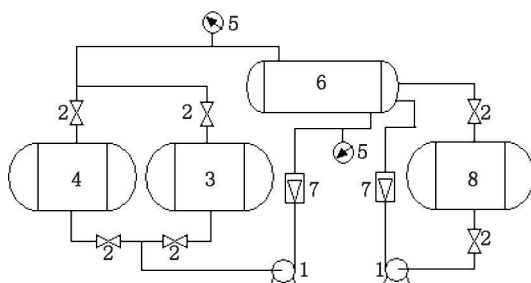
本实验在对 18°、25°、30° 这 3 种螺旋角的螺旋折流板换热器壳程传热性能进行测定与研究的同时, 将其与同规格的弓形折流板换热器壳程传热性能进行比较。目的是通过实验研究螺旋折流板换热器的传热效率最佳时的螺旋角度, 以及 18°、25°、30° 不同螺旋角度的螺旋折流板换热器的壳程传热效率是否都比弓形折流板换热器壳程传热效率高。

2.2 实验主要设备及仪器

本次实验采用壳体内径为 250 mm, 长度为 3 000 mm, 3 台换热器管束都是两管程。管子规格为 25 mm × 0.5 mm × 2 500 mm, 3 台换热器的换热管都是 40 根, 管子排列方式为正方形旋转 45°。实验在冷换设备综合测试实验台上进行, 主要测试仪表、设备为: ①数字温度计。其分度为 0.01 °C, 量程分别为 0~50 °C 和 0~100 °C。②压力表和压差计。③LZB-50 转子流量计和 LZJ-100 转子流量计, 其量程均为 1~50 m³/h, 使用时二者并接。

2.3 实验流程

本装置主要包括 2 个回路、3 个组成部分。两个回路为冷回路和热回路, 即换热系统的管程和壳程。管程走介质水, 壳程走介质油, 测试水油之间的换热效率。3 个组成部分包括冷水的小储罐和冷水的大储罐(这样便于水量的流动平衡稳定)、热油的储罐和加热部分以及循环动力系统。实验流程图见图 3。



1. 泵 2. 截止阀 3. 冷水大储罐 4. 冷水小储罐
5. 压力表 6. 换热器 7. 流量计 8. 热油储罐

图 3 实验流程图

2.4 传热性能测试结果

实验中管程介质为水, 初定体积流量 18 m³/h; 壳程介质为油, 体积流量按 2 m³/h 依次变化。实验结果分别见表 1~表 4。

表 1 弓形折流板换热器传热性能

管 程			壳 程					总传热系数 / W • (m ² • K) ⁻¹
进口温度 / °C	出口温度 / °C	体积流量 / m ³ • h ⁻¹	进口温度 / °C	出口温度 / °C	吸热量 / kW	放热量 / kW	热平衡	
34.90	37.90	22	72.00	64.56	76.36	80.69	0.054	220.3
34.90	37.92	24	71.00	64.30	76.87	86.35	0.011	238.2
35.00	38.20	26	70.20	63.56	81.45	85.01	0.042	244.2
35.00	38.30	28	69.80	63.35	83.99	88.90	0.055	258.3
35.20	38.50	30	69.38	63.20	83.99	91.15	0.079	269.5
35.20	38.76	32	69.10	62.98	90.61	98.36	0.060	288.3
35.10	38.90	34	69.00	62.56	96.47	105.36	0.084	317.4
35.10	38.90	36	68.10	62.12	96.72	105.81	0.086	327.2
35.30	40.00	38	68.00	61.98	119.63	112.41	0.064	357.3

表 2 螺旋角为 18° 时螺旋折流板换热器的传热性能

管 程			壳 程					总传热系数 / W • (m ² • K) ⁻¹
进口温度 / °C	出口温度 / °C	体积流量 / m ³ • h ⁻¹	进口温度 / °C	出口温度 / °C	吸热量 / kW	放热量 / kW	热平衡	
30.8	33.8	22	74.25	63.00	76.358 57	76.775 99	0.005	227.650
31.7	34.6	24	79.80	68.15	73.813 29	91.418 34	0.193	246.830
31.4	34.9	26	79.75	68.55	89.058 00	98.919 84	0.099	261.384
27.1	31.2	28	78.30	69.40	87.429 09	100.618 70	0.197	281.373
31.9	35.4	30	78.10	68.65	89.085 00	102.025 00	0.127	299.198
32.0	35.5	32	77.75	68.50	89.085 00	108.925 50	0.182	322.243
32.4	35.8	34	76.9	68.05	86.539 72	112.840 50	0.023	342.491
27.8	31.8	36	79.70	69.55	102.067 10	139.614 30	0.026	362.739
28.4	32.6	38	77.15	68.90	107.170 40	121.495 30	0.118	402.464

表 3 螺旋角为 25° 时螺旋折流板换热器的传热性能

管 程			壳 程					总传热系数 / W • (m ² • K) ⁻¹
进口温度 / °C	出口温度 / °C	体积流量 / m ³ • h ⁻¹	进口温度 / °C	出口温度 / °C	吸热量 / kW	放热量 / kW	热平衡	
36.5	39.1	22	80.0	68.4	66.001	68.289	0.034	240.22
36.4	39.4	24	79.7	67.8	76.155	81.674	0.068	291.72
36.3	39.6	26	75.3	64.2	83.771	86.698	0.034	349.06
36.5	39.8	28	73.1	62.9	83.771	89.488	0.064	383.62
36.4	40.6	30	72.6	61.6	106.620	107.060	0.004	479.14
36.8	41.2	32	70.9	60.6	111.690	117.630	0.050	555.69
36.6	41.3	34	69.6	60.1	119.310	125.910	0.052	606.81
36.5	41.5	36	69.2	58.8	126.930	136.190	0.068	691.52
36.4	42.1	38	68.6	58.1	144.690	150.610	0.039	789.56

表 4 螺旋角为 30° 时螺旋折流板换热器的传热性能

管 程			壳 程					总传热系数 / W • (m ² • K) ⁻¹
进口温度 / °C	出口温度 / °C	体积流量 / m ³ • h ⁻¹	进口温度 / °C	出口温度 / °C	吸热量 / kW	放热量 / kW	热平衡	
33.4	38.7	22	80.8	65.1	134.90	139.40	0.033	362.3
33.7	39.2	24	78.8	64.5	139.50	141.00	0.011	383.5
33.8	39.8	26	77.3	62.7	152.20	158.00	0.037	455.9
34.1	40.6	28	76.5	62.2	164.90	168.70	0.023	504.7
34.2	41.2	30	76.2	62.1	177.50	180.20	0.015	548.1
34.4	42.1	32	76.3	61.9	195.30	198.20	0.015	614.2
34.4	42.6	34	75.8	60.7	208.00	222.30	0.065	715.0
34.4	43.9	36	75.6	59.8	241.00	247.90	0.028	830.3
34.5	45.1	38	75.2	58.9	268.90	271.40	0.009	952.0

2.5 数据处理

根据本次实验数据及介质的运行环境,建立壳程传热系数公式的基本形式:

$$\frac{1}{K} = \frac{A_o}{A_i} \left(\frac{1}{h_i} + r_i \right) + \left(\frac{1}{h_o} + r_o \right) + r_p \quad (1)$$

式中, K 为总传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$; A_o 为管外壁表面积, A_i 为管内壁表面积, m^2 ; h_i 为管内膜传热系数, h_o 为壳程传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$; r_i 为管内壁污垢热阻, r_o 为管外壁污垢热阻, r_p 为管内壁热阻, $K \cdot m^2/W$ 。

在计算过程中,当 $(\Phi_o - \Phi)/\Phi_o < 10\%$ 时 (Φ_o 为壳程热流量, Φ 为管程热流量, W), 认为实验数据可靠,予以采用。由于本实验装置是新设备,所以,换热器的壳程总传热系数简化为^[2]:

$$\frac{1}{K} = \frac{A_o}{A_i} \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} + r_p \quad (2)$$

根据文献[1]可得放热量 Φ 和壳程总传热系数的关系如下^[6]:

$$K = \frac{\Phi}{A_o \Delta t_m} \quad (3)$$

式中, Δt_m 为平均温度差, $^{\circ}C$

根据实验数据绘制壳程总传热系数与壳程油流量的关系曲线见图1。

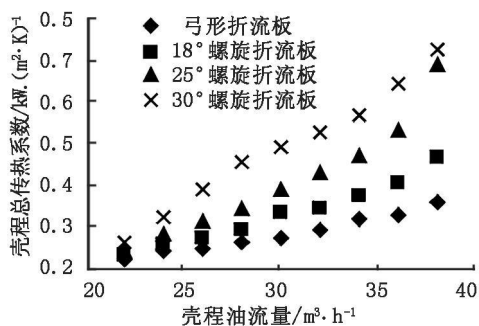


图1 壳程总传热系数与壳程油流量的关系曲线

由图1并对比螺旋角为 30° 的螺旋折流板换热器和螺旋角为 25° 的螺旋折流板换热器的第8组试验数据可得,螺旋角为 30° 的螺旋折流板换热器比螺旋角为 25° 的螺旋折流板换热器壳程传热效率提高了 16.74%。在流量相同时,螺旋折流板换热器壳程传热效率比同规格的弓形折流板壳程传热效率高。

3 结论

(1) 随着螺旋折流板螺旋角度的增大,螺旋折流板换热器壳程传热系数也增大。螺旋角大的螺旋折流板换热器壳程传热效率高。

(2) 在相同油流量的条件下,螺旋折流板换热器比同规格的弓形折流板换热器的壳程传热效率高,并且随着油流量的增加,螺旋折流板换热器壳程传热效率明显提高。由此可以得知,螺旋折流板换热器壳程传热效率比同规格的弓形折流板壳程传热效率高。

参考文献:

- [1] 潘振,陈保东.螺旋折流板换热器传热系数与压降实验研究[J].石油化工设备,2006,35(5):5-7.
- [2] 王秋旺.螺旋折流板壳式换热器壳程传热强化研究进展[J].西安交通大学学报,2004,38(9):881-885.
- [3] 宋小平.提高管壳式换热器效率的研究[J].中国石油化工,2005,上卷:146-148.
- [4] 王素华.螺旋折流板换热器流动性研究[J].石油化工高等学校学报,2001,14(1):64-67.
- [5] 张少维.结构和操作参数对螺旋折流板换热器性能影响[J].石油化工设备,2004,33(3):17-20.
- [6] [德]瓦格纳,阿克鲁泽.水和蒸汽的性质[M].项红卫,译.北京:科学出版社,2003.

(杜编)

国内最大乙烯裂解炉在茂名成功制造

单套处理能力 15×10^4 t/a、每台重达 450 t 的 8 台国内最大乙烯裂解炉在茂名重力石化机械制造有限公司成功研制并经检验合格后,应用于建设中的国内目前最大乙烯项目——独山子石化 120×10^4 t/a 乙烯工程。

国家“十一五”规划提出了“建设千万吨级炼油、百万吨级乙烯石化产业基地”的发展方向,由此给乙烯生产的大型化和国产化石化装备制造带来了新的机遇。茂名重力石化机械制造有限公司经过技术攻关,自主设计、制造出一批专用设备,并从国外引进先进设备,开发出低温焊接、自动焊红外跟踪等十多项新技术,建成了年产乙烯裂解炉 30 台套的生产线。

到目前为止,开发出的 $(4 \sim 15) \times 10^4$ t 级多种系列裂解炉对流段成套设备,先后应用于燕山石化、齐鲁石化、上海石化及茂名石化等近 10 家企业的乙烯工程中,占据了国内裂解炉约 80% 的市场份额。

(钱伯章)

节能螺旋板壳式换热器在扬子石化公司应用

扬子石油化工公司气体脱硫装置中用可拆卸耐压多程、双轴向流螺旋板壳式换热器替代原浮头式气体冷却器,取得了良好的节能和技术经济效益。

与管壳式换热器相比,设备质量减少 50%,安装平面面积减少 60% 以上(无需预留浮头式换热器的抽芯位置),总传热系数 K 高达 $1400 \sim 2140 W/(m^2 \cdot K)$ (气侧设置翅片、水侧采用铝板为定距板从而使双侧均得到了强化),平均端部温差只 $3^{\circ}C$ 左右,显示了优异的性价比。

(钱伯章)