

· 单元设备 ·

断续螺旋折流板在大直径换热器中的应用研究与展望

吴秋华, 江楠

(华南理工大学机械与汽车工程学院, 广州 510641)

摘要: 通过一个实例简要介绍断续螺旋折流板在大直径换热器中的应用状况。结果表明,大直径断续螺旋折流板换热器在壳程单位压降下的传热系数仍高于传统的弓形折流板换热器,但换热效率稍差。从结果的比较与分析中探讨该换热器换热效率稍差的原因及其解决方法,通过对不同螺旋角的螺旋折流板换热器的壳程传热系数和总传热系数的比较,得出螺旋角小的换热器换热性能较好,进而展望该换热器的应用前景

关键词: 断续螺旋折流板; 弓形折流板; 大直径换热器; 换热效率; 螺旋角

中图分类号: TQ 051.5

文献标识码: A

文章编号: 1009-3281(2010)02-0010-03

Research and Prospect of Application of Intermittent Spiral Baffles in Large Diameter Heat Exchangers

WU Qiu-hua, JIANG Nan

(School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Science and Technology,
Guangzhou 510641 China)

Abstract: With a practical example, the application of intermittent spiral baffle in large diameter heat exchanger was briefly introduced. It has been shown that with unit pressure drop, the heat transfer coefficient by using intermittent spiral baffle was high than that by using traditional arc baffle, but, the heat transfer efficiency was little lower. With the comparison and analysis, the cause of low efficiency and solving method were discussed. Through the comparison of shell side heat transfer coefficient with different spiral angle in spiral baffle with total heat transfer coefficient, it was concluded that the smaller the spiral angle, the better the heat transfer coefficient. Then, the application of the heat exchanger with spiral baffle was prospected.

Keywords: intermittent spiral baffle; arc baffle; large diameter heat exchanger; heat transfer efficiency; spiral angle

换热器是实现化工生产过程中热量交换和传递不可缺少的设备。其中,管壳式换热器广泛应用于化工、石油、动力和原子能等工业部门。随着经济的发展,各种不同型式的换热器不断涌现。螺旋折流板换热器以其高传热、低流阻的特点而备受人们的关注^[1-2]。然而,由于制造上存在一定的难度,螺旋折流板并没有得到广泛的应用,尤其在大直径换热器中。本文通过一个实例来说明断续螺旋折流板在大直径换热器中的应用状况,并进行理论计算与分析,从而展望该换热器的应用前景。

1 应用实例

华南理工大学化机所 2006 年与中石化广州分公司合作,对该公司的粗苯乙烯冷凝器进行改造,将

断续螺旋折流板应用于直径达 1.8 m 的换热器中。运行一年半后,经实测,达到了壳程压降降低 74.48%、结垢减缓的目的,在国内较早实现了断续螺旋折流板在大直径换热器上的应用。该换热器的成功应用,解决了原弓形折流板换热器冷却水中污垢沉积、换热效率下降等问题,延长了设备寿命,降低了设备维护与生产成本,为断续螺旋折流板在大直径换热器上的推广应用奠定了坚实的基础。

该螺旋折流板换热器的螺旋角度较小,为 12°。由于壳体直径较大,若螺旋角度过大,对应的螺距也

收稿日期:2009-11-09; 修回日期:2009-12-17

作者简介:吴秋华(1985—),男,广东河源人,在读硕士研究生,研究方向为:过程装备的高效节能与可靠性

大,壳程流体通过的螺旋流道周期较少,不利于传热。

1.1 冷凝器设计条件

粗苯乙烯冷凝器设计条件如表1所示。

表1 冷凝器设计条件

名称	管程	壳程
介质	粗苯乙烯	水
流量/(kg·h ⁻¹)	45828	
(进/出口温度)/°C	146/38	34/42
允许压降/kPa		70

1.2 改造前后冷凝器的结构及尺寸

此例对冷凝器的改造主要针对壳程结构,将原来的弓形折流板结构改为断续螺旋折流板结构,同

表2 不同结构的换热器传热性能对比

换热器类型	壳程流速 u_o / (m·s ⁻¹)	壳程传热系数 h_o / (W·m ⁻² ·°C ⁻¹)	壳程压降 ΔP_o /kPa	总传热系数 K / (W·m ⁻² ·°C ⁻¹)	壳程单位压降下的传热系数 / (W·m ⁻² ·°C ⁻¹ ·kPa ⁻¹)
螺旋折流板螺旋角为12°	2.52	3 595.4	10.972	540.2	327.7
弓形折流板板间距为1.5 m	1.05	5 770.3	44.9	573.1	128.5

(2) 从总传热系数上看,螺旋折流板换热器比弓形折流板换热器要稍低一些;但从壳程单位压降下的传热系数上看,前者比后者要高出约1.6倍,说明前者的综合性能更好。

(3) 从壳程流速上看,螺旋折流板换热器明显高于弓形折流板换热器。这是因为螺旋折流板间的搭接呈螺旋形状,流体流动阻力小。

由上述的比较分析可知,在大直径换热器中,选择用螺旋折流板结构代替弓形折流板结构,不但能满足设计及生产要求,而且换热器综合性能更高,能耗更小。

1.3.2 不同螺旋角的螺旋折流板换热器传热性能对比

在壳体直径为1.8 m的情况下,按相关的理论及经验公式分别计算螺旋角为12°、18°、25°及30°时换热器壳程流速、壳程传热系数以及总传热系数,结果见表3。

从表3可以看出,随着螺旋角的增大,壳程流速、传热系数以及总传热系数都有减小的趋势。由于螺旋折流板换热器壳程压降较弓形折流板换热器小得多,在允许压降(70 kPa)范围内,为了获得更好传热效果,应尽量提高壳程传热系数和总传热系数。因此,此例选择螺旋角为12°的断续螺旋折流板换热器作为改造后的冷凝器有其明显优势。

时壳体直径从原来的2 m改为1.8 m。其他结构及尺寸保持不变,如换热管仍采用 $\phi 25$ mm×2 mm的无缝钢管,长9 m。

1.3 理论计算与分析

1.3.1 螺旋折流板换热器与弓形折流板换热器的传热性能对比

为了实现计算结果的可对比性,表2中两种结构的换热器壳程传热系数、压降及总传热系数等都是在壳体直径为1.8 m的前提下得到的。

根据表2的数据,不难得出以下几点:

(1) 在大直径换热器中,尽管螺旋折流板结构的壳程传热系数比弓形折流板结构的低,但前者的壳程压降比后者小得多。这就减少了很多不必要的能量损耗,提高了企业的经济效益。

表3 不同螺旋角的螺旋折流板换热器传热性能对比

螺旋角 β / (°)	壳程流速 u_o / (m·s ⁻¹)	壳程传热系数 h_o / (W·m ⁻² ·°C ⁻¹)	总传热系数 K / (W·m ⁻² ·°C ⁻¹)
12	2.52	3595.4	540.2
18	1.91	2476.0	506.2
25	1.33	1917.8	477.8
30	1.07	1685.1	461.9

1.4 结果分析与探讨

从上述的理论计算和分析中可以得到以下两点结论:

(1) 在大直径换热器中,断续螺旋折流板结构的换热效果比弓形折流板结构稍差,主要表现在壳程传热系数较低。

(2) 对于大直径断续螺旋折流板换热器,随着螺旋角的增大,壳程流速下降,从而降低了湍流强度,导致换热系数降低。

导致结论(1)的主要原因是:在换热器壳程中心区域,由断续螺旋折流板的搭接而形成的三角区,存在短路现象,大量壳程流体直接从三角区中沿轴向通过,壳体直径越大短路越严重,从而严重削弱了换热效率^[34]。此外,换热器壳体内壁与折流板之间的间隙的存在也会对其综合传热性能产生影响,但

(下转第18页)

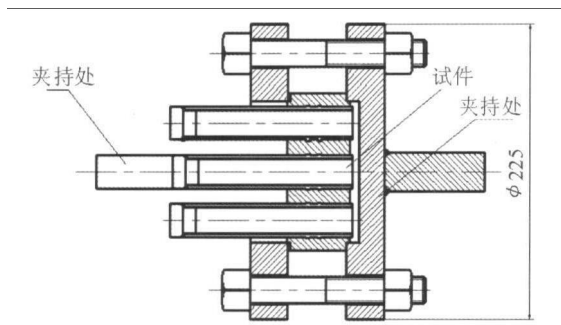


图 6 管板试件拉脱试验工装

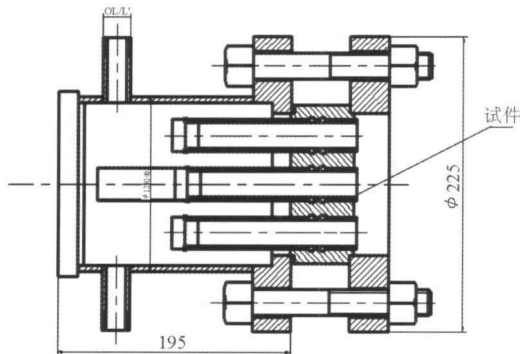


图 7 管板试件水压试验工装

小外形尺寸建议按这里推算的公式进行计算。常用的几种换热管的试件的最小外形尺寸可以按表 1 选取。试件管板的厚度按产品厚度制作,或者按小于 50 mm 的尺寸制作为宜。这样制作的 7 孔试件和 9 孔试件同时还可以进行拉脱力试验。如果制作仿真试件,最小外形尺寸也可以按这里的方法进行计算。这样制作胀接试件就有了一个规范的方法,避免了采用不合适的尺寸制作胀管试件,对胀接工艺的制定带来的不确定性和干扰。

参 考 文 献

- [1] 孙辛龙,陈建俊. 液压胀管最佳胀管压力探讨[J]. 南化科技, 1990(4):39-43.
- [2] 王海峰,桑芝富. 换热器管子与管板胀接的二维模型[J]. 石油化工设备, 2003,32(1):14-17.
- [3] (日)竹本昌史. 列管式换热器的强度-液压胀接接头的拉脱紧固力[J]. 压力容器,1984(2).
- [4] 颜惠庚,张炳生,葛乐通,等. 换热器的液压胀管研究(二)残余接触压力与摩擦系数[J]. 压力容器, 1996,13(4):39-43.

(上接第 11 页)

不少专家学者的试验研究与数值模拟表明,这部分的影响相对较小^[4]。

为了解决断续螺旋折流板换热器存在短路的问题,确保壳程换热效率的提高幅度,不少专家学者都进行了各自的构想和研究。文献[5]对折流板的搭接方式进行了改进,分别将原扇形折流板在两侧直边处同时加宽一排或二排管距宽度,相邻两扇形板的直边以交叉搭接方式接续,加宽部分重叠,由同一排或二排换热管穿过。模拟结果表明,扇形折流板在两侧直边处同时加宽到一排至二排管距宽度后,短路现象几乎没有^[5]。

螺旋角作为螺旋折流板换热器的一个重要参数,它的大小将直接影响换热器的传热性能。文献[6]对不同螺旋角的螺旋折流板换热器进行了试验研究,结果表明螺旋角小的壳程传热效率较高。然而,螺旋角越小,壳程压力损失越大,不利于节能^[6-7]。因此,在设计螺旋折流板换热器时,应综合考虑传热和压降两方面因素,在压降满足设计要求的前提下,选择合适的螺旋角度,使换热器性能达到最佳。对于大直径螺旋折流板换热器,从上述理论计算与分析可知,螺旋角小的换热器传热性能较好。

2 展 望

螺旋折流板换热器的壳程是一种螺旋斜向流,

该流动方式能适用于石油化工过程中的高粘度介质。该换热器最大的优势是壳程单位压降下的传热系数高。理论与实践表明,断续螺旋折流板换热器在综合性能上有其优越性,结合实际应用场合,只要设计合理,可以获得较好的综合性能。随着计算机科学技术的不断发展以及对该换热器中流体流动与传热机理的深入研究,进而从根本上解决大直径断续螺旋折流板换热器换热效果不如弓形折流板换热器的问题,该换热器在化工、石油等行业中的应用将更加广泛。

参 考 文 献

- [1] 陈世醒,张克铮,张强. 螺旋折流板换热器的开发与研究(I),高粘度流体下的中试研究[J]. 抚顺石油学院学报, 1988,18(3):31-35.
- [2] 宋小平. 螺旋折流板列管换热器[J]. 石油化工设备技术, 2002,23(1):18-20.
- [3] 王晨,桑芝富. 不同螺旋折流板换热器壳侧流动的数值研究[J]. 石油机械,2008,36(10):12-15.
- [4] 程治方. 近年来国内螺旋折流板强化传热技术的发展概况及推广应用建议[J]. 石油和化工设备,2009(4):4-9.
- [5] 宋小平,裴志中. 防短路螺旋折流板管壳式换热器[J]. 石油化工设备技术,2007,28(3):13-15.
- [6] 张少维,桑芝富. 螺旋折流板换热器壳程流体流动的数值模拟[J]. 南京工业大学学报,2004,26(2):81-84.
- [7] 商丽艳,李萍,陈保东,等. 不同螺旋角的螺旋折流板换热器性能试验研究[J]. 压力容器,2008,25(4):9-12.