

高效换热器在百万吨乙烯装置上的应用

林学君

(中国石油化工股份有限公司天津石化烯烃部,天津,300271)

摘要:介绍了高效换热器在大乙烯装置中应用的优势,简述了高效高通量换热器和波纹管、螺纹管换热器的强化传热机理及其适合使用的条件。讨论了保证增大整体的传热系数所采取的办法。

关键词:强化传热;高通量换热器;波纹管换热器;百万吨乙烯

随着我国对乙烯产品需求量的不断增大,为降低能耗,发挥出规模效应的优势,新建乙烯装置大多是 800 kt/a 以上甚至百万吨级别的。

百万吨乙烯带来设备的大型化问题,在换热器上更是有明显的变化,表现在换热量和换热面积上都有明显增加。有的百万吨乙烯装置中,换热器的换热量较大的有第一丙烯分馏塔再沸器和第二丙烯分馏塔再沸器,第一脱丙烷塔冷凝器、丙烯精馏塔冷凝器、丙烯冷剂冷凝器等,其中丙烯冷剂冷凝器热负荷高达 89 001.6 kW。如采用普通换热器则需要非常大的换热面积,占地很大,给装置设备布置带来很大的不便,而且从节能、节约材料和节约投资角度来说也不经济。所以对以上换热器应采用高效高通量或波纹管换热器。高效换热器目前在国内大乙烯装置上已有广泛的应用,如福建乙烯、扬子-巴斯夫乙烯及在建的天津乙烯等。

1 高通量换热器

1.1 强化传热机理

(1)高通量管换热器的结构特点。

高通量管是采用特定的喷涂设备,将具有较高结合强度的复合粉末高速地通过火焰喷射到经过严格清洁处理并预热过的被加工管表面基体上,在普通换热管表面基体上附着一层多孔金属层,形成多孔表面,用以显著提高沸腾给热系数的强化换热管。根据不同的强化需求可加工成管内多孔表面或管外多孔表面。其强化机理是改变沸

腾表面,多孔的表面形成了众多能够长期稳定存在的泡核沸腾中心,使膜状沸腾改变为泡核沸腾。液体在微孔中以薄液膜的形式处于四周受热状态,气泡内气体升温后迅速膨胀破裂,脱离沸腾表面,此时液体借助表面张力作用不断吸入微孔,并在孔穴中受热、蒸发,使沸腾设备保持在泡核沸腾的状态下。由于改变了沸腾状态,使总传热效率得到大幅度的提高。同时,液体在孔穴内受气泡不断膨胀、收缩而持续循环作用,故孔穴也不易被油垢或脏物堵塞。图 1 为多孔表面微观结构。

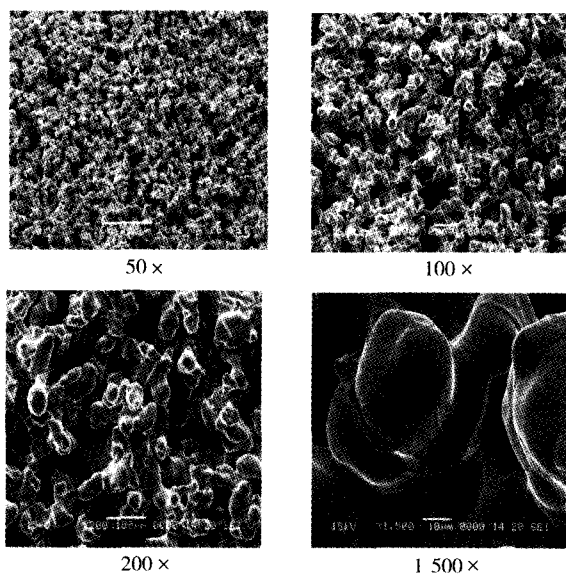


图 1 多孔表面微观结构

收稿日期:2008-09-18。

作者简介:林学君(1974-),男,1997年毕业于抚顺石油学院化工设备与机械专业,现在乙烯车间从事设备管理工作,高级工程师。

(2)高通量管换热器的优点。

1) 传热系数高。由于沸腾始终保持在泡核沸腾状态,沸腾给热系数为光管的 3~8 倍,从而大幅提高了沸腾设备的总传热系数。

2) 传热温差小。由于液体是以薄液膜形式传热和汽化,在相同热负荷下传热温差仅为普通表面的 1/4~1/7,在 0.6~1.0 °C 传热温差下即可开始沸腾。并可以应用于生物和医药工程中不宜高温沸腾的物料。

3) 临界热负荷高。多孔表面管的临界热负荷比光管高 1.5~2.0 倍。

4) 防结垢能力强。由于是多孔表面管,液体在多孔表面的循环量为光管的 10~15 倍。大量的液体循环对换热管表面起到清洗作用,因而有比光管更强的抗污特性,不易结焦。

5) 性能价格比高。由于提高了传热效率,减小了设备体积,在降低设备投资的同时也减少了相应的建设费用,体现出较高的性价比。

1.2 工业应用

从高通量管换热器的结构特点、强化传热原理上可以推断出它所适合使用的场所,其工艺参数见表 1。

表 1 高通量管换热器的工艺参数

项目	壳程		管程	
流量/(kg·h ⁻¹)	1 280		3 003	
液相(入口/出口)	1 280	640	3 003	3 003
气相(入口/出口)		640		
温度(入口/出口)/°C	58.0	58.0	80.6	67.0
进口压力(表)/MPa	1.950		1.507	
压降(计算/允许)/MPa	0.076		0.023	
流速(计算)/(m·s ⁻¹)	1.02		1.39	
污垢系数	0.001 72		0.000 52	
总热负荷/kW			47 510	

因为该换热器壳层的温差非常小,且壳程流体有相变的要求(由液态转化为气态),故非常适合采用有表面多孔层的高通量的换热管的形式,使膜状沸腾改变为泡核沸腾状态,增大传热系数。

2 波节管、波纹管换热器

2.1 强化传热机理

波节管是在普通光滑管的基础上,经特殊工艺加工而成的内外表面均有波纹的强化换热管。

这种加工变形不是靠管壁的减薄来形成,而是靠管材的塑性和韧性让金属变形而形成,因而在波峰、波谷处管壁不减薄。

波节换热管内外均呈连续波纹形状,流体在低流速下即可形成强烈湍流。当流体流过管内时,由于管内具有规则的凹凸面,在凹凸面的波峰与波谷间会产生速度、压力突变,在边界层内产生漩涡。这些漩涡不断地使边界层内的流体与边界层以外的流体混合,使近壁处边界层(即流体流动的滞流层)不断遭到破坏,使传热系数明显增加。正是这种较大的扰动破坏了边界层热阻,实现了管内强化传热。同时均衡地增大了管外的对流传热系数 α_1 和管内的对流传热系数 α_2 。同时波节管的管内、外介质形成充分湍流,流体中的污垢或其它悬浮颗粒不易沉积在管壁上,使管壁不易结垢。

波纹管是将光滑管的外表面轧制成螺纹状的整体低翅片管,用来增加管外的换热面积。波纹管表面积比光管可扩展 1.6~2.8 倍。管内径比光管略小。波纹管可强化管外冷凝传热,因为螺纹沟槽特别有利于冷凝液顺着沟槽向下流,使液膜厚度减小,大幅减小液膜热阻,增加冷凝传热系数。对于轻烃,如丙烷、丙烯等,潜热较小,壳侧的传热系数低于管内冷却水的传热系数,如用波纹管强化管外冷凝,可增加总传热系数,减少传热面积。一般波纹管主要用于强化表面张力比较低的轻烃类介质的冷凝,壳侧冷凝传热系数为光管的 2 倍多,换热器总传热系数可提高 30%。

2.2 工业应用

对于乙烯装置的几个大的冷凝换热器如第一脱丙烷塔冷凝器、丙烯精馏塔冷凝器、丙烯冷剂冷凝器等在壳程有相变要求,且换热介质温差较小,表面张力较低,适合采用螺纹翅片管换热器,可有效减少占地面积、节约大量的金属材料,降低设备费用。

3 采用高效换热器应注意壳程和管程对流传热系数的均衡

总传热系数简化后可以由 3 部分组成:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{b}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

式中: K ——总传热系数;

α_1 ——壁面外侧的对流传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

α_2 ——壁面内侧的对流传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

b ——壁厚, m ;

λ ——壁材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$ 。

由总传热系数 K 值可以得出, 如果仅通过喷涂外表面多孔金属涂层增加壳程的对流传热系数 α_1 , 根据传热计算公式, 若管程传热系数 α_2 过小则成为影响整个传热的主要因素, 产生热阻。即使壳程的传热系数 α_1 再大, 总的传热系数 K 也不会显著增大, 发挥不出来整体的传热作用。如果高通量换热器采用的换热管为外表面喷涂多孔涂层的波节管结构时, 因波节管的结构会在内部产生涡旋湍流, 增大管内的对流传热系数 α_2 。由于

同时增加管程和壳程的对流传热系数, 使壳程和管程传热系数相对均衡, 消除管程传热的瓶颈, 显著地提高传热效果。在总的传热量不变的情况下, 降低了换热面积, 使设备的总重量减少, 达到减少占地和节约投资的目的。

4 结论

传统的换热器存在占地面积大, 换热效率低, 需要较大的传热温差, 易结垢等缺点, 不适合大换热量的情况下使用。高效换热器采用特殊的多孔的喷涂层, 传热温差小, 总传热系数高, 抗污防结垢能力强, 传热系数高, 能适应临界热负荷高的场所, 而且特别适合有相变的场所。同时由于提高了传热效率, 减小了设备体积, 在降低设备投资的同时也减少了相应的建设费用, 有较高的性能价格比。随着技术的日益成熟, 将会在大乙烯装置上有越来越广泛的应用。

· 乙烯在线 ·

天津石化大项目创新技术采用绿色建筑方案

在天津石化公司 1 000 kt/a 乙烯及配套项目建设过程中, 该公司始终严格实施污染源头控制的目标, 确保节能减排、清洁生产内容作为项目建设方案设计、技术谈判、审查订货等各个环节的重要内容, 采用先进工艺技术, 实施源头控制。天津石化公司充分利用创新技术, 不仅严格执行天津百万吨乙烯项目建设过程中污染物源头控制“三同时”要求(即环保装置与主体装置同时设计、同时施工、同时使用), 而且保证项目建成后, 废气、废水、废渣的排放不会大幅增加, 老装置的环保水平也将进一步提升。如重点项目的炼油部分采用了国际先进的加氢工艺技术, 使催化进料硫含量降至 0.15%, 有效降低催化烟气二氧化硫排放量。对航煤和柴油等产品采用加氢方法精制, 每年可减少碱渣排放量 13 200 t。汽、柴油产品可满足欧Ⅲ排放标准要求, 加工吨油排水 0.47 t, 加工吨油耗新鲜水 0.54 t。乙烯部分则实现火炬气全部回收, 裂解燃料气最大限度消耗自产甲烷氢、脱硫干气或天然气。热电部分以自产石油焦为燃料, 采用先进的循环硫化床技术和烟气脱硫技术, 将污染物排放降低至最低水平。同时, 还配套建设了污水回用等装置, 使污水回用能力再次提高 650 m³/h。天津石化公司遵循现有工程“以新带老”的原则, 相继对现有铁路装车栈台中汽油和液化气栈台进行技术攻关改造, 增建油气回收设施, 减少烃类损失 600 t/a。据悉, 由于采取了各项控制措施, 天津 1 000 kt/a 乙烯及配套项目投用后, 天津石化公司二氧化硫、烟尘和 COD、石油类等外排量将大幅消减。

摘自《中国石化新闻网》2008-12-24