

炼油化工设备维护检修案例丛书

炼油化工换热设备 维护检修案例

■ 胡安定 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油化工设备维护检修案例丛书

炼油化工换热设备 维护检修案例

胡安定 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书从炼油化工换热设备维护检修入手,精选了近年来炼油化工企业换热设备维护检修工作的有关案例。其中包括各种换热器、空气预热器、空气冷却器、水冷却器、余热锅炉、废热锅炉、蒸汽发生器等余热回收设备的维护检修案例。精选的案例密切结合生产实际,具有很好的示范性和可操作性。

本书可供炼油化工企业的厂长、经理,从事生产、设备、技术、科研、维修、安全、环保工作的管理人员和技术人员,以及基层车间的生产操作、维护检修人员学习、交流和借鉴,从而对加强企业换热设备维护检修和管理工作,实现生产装置的安全、稳定、长周期运行,起到积极的促进作用。

图书在版编目(CIP)数据

炼油化工换热设备维护检修案例 / 胡安定主编.
—北京:中国石化出版社,2016.5
(炼油化工设备维护检修案例丛书)
ISBN 978-7-5114-3924-6

I. ①炼… II. ①胡… III. ①石油加工厂-热交换设备-维修-案例 IV. ①TE965

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 069546 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 520 千字

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定价:65.00 元

目 录

第一章 换热设备技术

1. 高效传热技术及装备的新发展	(1)
2. 加强换热设备技术管理的几项措施	(7)
3. 设计选用标准换热器方法的探讨	(10)
4. 换热器法兰连接用密封垫片的选用	(14)

第二章 换热器维护检修案例

5. 换热器管束开裂失效分析	(20)
6. 换热器管束折流板对漏磁检测信号的影响	(24)
7. 换热器头盖法兰的带压堵漏	(28)
8. 无应力免焊封堵系统高效实现换热管封堵的应用	(31)
9. 换热器 SCS 工业清洗试验研究	(37)
10. 段间换热器腐蚀原因分析及对策	(43)
11. 锁紧环换热器检修技术	(48)
12. 螺纹锁紧环换热器检修问题的探讨	(51)
13. 固定管板换热器管板背面凸肩开裂原因分析	(57)
14. 复合式相变换热器在燃煤锅炉上的应用	(61)
15. U 形管代替浮头式换热器的可行性分析	(66)
16. 板壳式换热器在石化装置应用案例分析	(69)
17. 大型焊接板式换热器的应用及存在问题处理对策	(74)
18. 钛制高效换热器的研究与应用	(80)
19. 不锈钢换热器失效分析及解决措施	(84)
20. 16MnR+321 复合钢板换热器焊接质量控制	(92)
21. 重沸器过热失效的原因分析及建议	(100)
22. 常减压装置换热器壳体大法兰与壳体异种钢焊接焊缝横向裂纹分析	(103)
23. 常减压装置初常顶油气换热器的腐蚀分析与对策	(111)
24. 重油催化裂化装置轻柴油换热器腐蚀原因分析及防护措施	(115)
25. 重整装置换热器的腐蚀与防护	(117)
26. 重整二段混氢换热器泄漏原因分析与处理	(122)
27. 重整装置全焊板式换热器的化学清洗	(125)
28. 烷基化装置换热设备氢氟酸腐蚀原因分析及防护措施	(131)
29. 柴油加氢装置进口换热器的腐蚀修复及使用要求	(134)
30. 硫磺装置固定管板式换热器管子与管板焊缝开裂原因分析及对策	(138)
31. 加氢装置高压换热器的选型对比分析	(144)

- 32. 加氢高压换热器 Ω 密封环检修工艺及案例分析 (147)
- 33. 乙烯装置线性急冷换热器的运行与维护 (152)
- 34. 乙烯装置甲烷化反应器进料换热器断裂原因分析及国产化应用 (157)
- 35. 丙烯换热器 E601 腐蚀泄漏原因分析 (161)

第三章 空气预热器维护检修案例

- 36. LYCS-B 板式空气预热器在加热炉上的应用 (166)
- 37. 组合式水热媒空气预热器在加热炉余热回收系统中的应用 (168)
- 38. 组合式空气预热器在延迟焦化加热炉上的应用 (173)
- 39. 加热炉空气预热器失效分析与处理 (178)
- 40. 加热炉空气预热器积灰在线水洗除灰效果分析 (183)
- 41. 铸铁式空气预热器的工业应用 (187)
- 42. 焦化装置加热炉空气预热器振动原因分析及解决措施 (196)
- 43. 加氢裂化装置加热炉空气预热器结垢的处理方法 (199)
- 44. 长效钢水热管在石化行业的工业应用 (204)
- 45. 热管空气预热器应用存在问题分析 (209)
- 46. 热管空气预热器的失效及修复 (213)
- 47. 重整装置加热炉空气预热器热管的腐蚀与防护 (217)

第四章 空气冷却器维护检修案例

- 48. 板式空冷器的应用及特点 (222)
- 49. 常减压顶钛材板式空冷器碳钢回弯管腐蚀原因分析及防护措施 (225)
- 50. 高压加氢裂化装置高压空冷器的腐蚀分析与防护 (229)
- 51. 硫磺回收装置空冷器腐蚀泄漏分析及处理 (236)
- 52. TCS 清洗在石油化工空冷器翅片上的应用 (239)
- 53. 直接空冷凝汽器的应用及长周期运行 (245)

第五章 水冷却器维护检修案例

- 54. 循环水冷却器检修期间全过程预膜保护方案探讨 (251)
- 55. 循环冷却水系统冷却器结垢原因探讨及预防对策 (255)
- 56. 循环水冷却器腐蚀状况与防护 (258)
- 57. 水冷器泄漏分析及解决办法 (264)
- 58. 常减压蒸馏装置塔顶冷却系统防腐蚀工艺与腐蚀监测 (270)
- 59. 常减压蒸馏装置减顶二级抽空冷却器钩圈开裂原因分析 (275)
- 60. 溶剂再生装置水冷器腐蚀调查研究 (279)
- 61. 气压机级间冷却器管束腐蚀分析及解决措施 (284)
- 62. 酮苯装置立式氨用海水冷却器腐蚀的技术改造 (288)

第六章 余热回收设备维护检修案例

- 63. 低温热交换及余热回收中节能防腐新技术 (291)

64. 延迟焦化装置加热炉烟气余热回收系统节能改造	(297)
65. 润滑油加氢装置加热炉余热回收系统改造	(302)
66. 催化裂化装置余热锅炉综合防腐节能改造	(305)
67. 制氢装置余热锅炉系统修复案例	(310)
68. 制氢转化气余热锅炉炉管失效原因分析	(316)
69. 硫磺装置余热锅炉陶瓷套管国产化改造	(321)
70. 乙烯裂解炉废热锅炉集束管失效原因分析与改进	(327)
71. 催化裂化装置分馏二中油蒸汽发生器管束泄漏分析	(331)
72. 制氢装置转化气蒸汽发生器故障分析	(335)

第一章 换热设备技术

1. 高效传热技术及装备的新发展

换热器在一般石油化工企业中占总投资的 40%~50%，在现代石油化工企业中也要占到总投资的 20%~30%，管壳式换热器由于制造成本低、清洗方便、工作可靠，是热量传递中应用最为广泛的一种换热器。但是，传统的管壳式换热器存在设备尺寸大、换热效率低、投资成本高等缺点，而利用高效传热技术对传统的换热器进行合理的设计和改进，则可以提高换热效率、减少设备投资，在节能增产方面起到举足轻重的作用。

近年来，江苏中圣高科技产业公司加大开发力度，推出了多种管型的高效换热器，如内波外螺纹管换热器、T 形槽道管换热器、波纹管换热器、热管换热器等。这些高效换热器不但增加了单位体积的换热面积，还可以改善流体的流动状态，从而提高了传热效率。在石油、化工、食品、制药等领域得到广泛应用，为企业节省了大量设备投资，充分挖掘了低品位能源的利用潜能，带来了显著的经济效益和社会效益。

1 发展高效传热技术的意义

首先，在新上项目中采用高效传热技术可以提高换热器的传热效率，在相同热负荷的情况下，能够减小换热器的传热面积，从而有效地缩小换热器的外形尺寸，降低整体设备投资。

其次，在企业的扩能改造中，为了增加换热面积，需要增大换热器的外形尺寸或者增加设备的台数，由于现场安装尺寸的限制，以上两种方法往往不可行，这种场合下高效换热器的独特优势就显现出来了，可以不改变原有换热器的尺寸，仅靠更换高效换热管束来提高换热效率，达到目标要求。

再次，由于高效换热器自身或采用的特型管的特殊结构，具有自清洁作用，可以延缓污垢的生成，延长设备的运行周期，降低使用成本。

2 高效传热技术的工程化应用实例

2.1 高效换热器在 PTA 项目中的应用

内波外螺纹管高效换热器的换热管管内呈波纹状，管外呈螺纹状，使得靠近换热管壁面的流体边界层不断被破坏，减薄了边界传热层的厚度，总的传热效率能提高 20% 以上，同时流体的湍动能有效延缓污垢的生成(见图 1)。这种高效换热器在 PTA 项目中得到了广泛应用，产生了显著的经济效益。

在上海石化涤纶部年产 40 万 t PTA 装置系统优化节能降耗改造工程中，为了更充分地利用氧化反应尾气中的热量多产副产蒸汽，将原来两台换热面积分别为 1424m^2 和 1300m^2

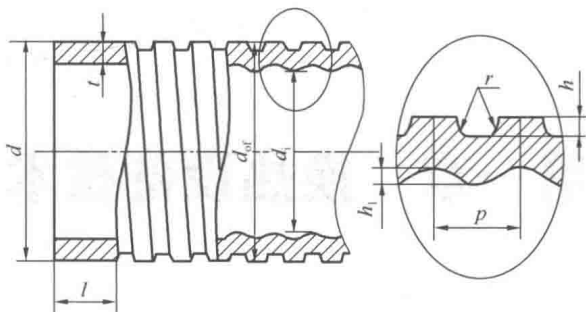


图1 内波外螺纹管结构图

的列管式换热器更换成一台换热面积为 1664m^2 的釜式内波外螺纹高效钛换热管换热器, 虽然换热面积有所减少, 但是由于换热效率有很大提高, 副产 0.3MPaG 蒸汽的发生量由原来两台换热器共产 63t/h 增加至单台换热器产 88t/h 以上, 全年可增发 0.3MPaG 副产蒸汽 20 万 t 。以每吨 0.3MPaG 蒸汽 110 元计, 则全年增加的收益达 2200 万元。即使扣除系统相互影响因素, 对 40 万 t PTA 装置降低能耗的贡献也在 25kg 标油/ t PTA 产品以上。

内波外螺纹管高效换热器可广泛推广至新建 PTA 项目和 PTA 改造项目, 并为更大规模装置的工业应用奠定了基础, 可有力推动 PTA 装置节能技术的进一步发展。

2.2 高效换热器在苯乙烯项目中的应用

T 形槽道管换热器的换热管是以光滑管为坯管, 外表面被加工成螺旋状的 T 形翅片, 翅片向内形成凹腔, 这种凹腔为管外沸腾介质提供了稳定的汽化核心, 总传热系数能提高 40% 以上(见图 2)。由于沸腾时气泡被强制推出凹槽及液相的不断被吸入, 使换热表面气液两相流加剧, 从而有效地防止换热面的污垢产生。

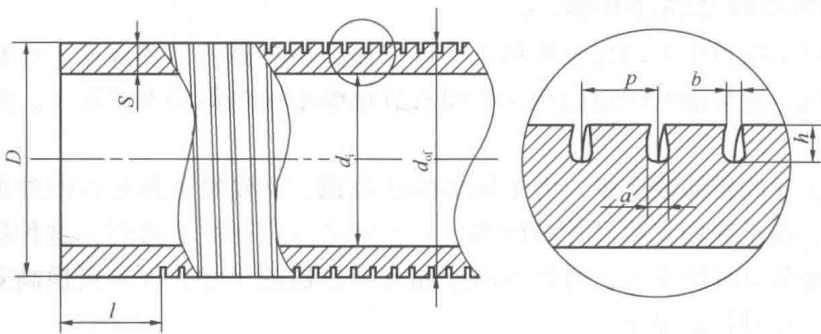


图2 T形槽道管结构图

1998 年大连石化苯乙烯项目中, 有两塔拟采用塔顶蒸汽发生器, 由于塔顶安装场地狭小, 对蒸汽发生器的外形尺寸要求很高。如果采用传统的双锅筒循环水管式余热锅炉, 需要设计独立的汽包, 整个系统占用空间很大, 还要在塔顶搭建平台, 施工相当困难。我公司开发设计了 T 形槽道管釜式高效换热器, 将蒸汽发生器和汽包合为一体, 节省了材料, 减少了设备占用空间。这两台蒸汽发生器每小时产汽 47.5t , 按年运行 8000h 计算, 年回收效益近 2 千万人民币。

2.3 高效换热器在 EO/EG 项目中的应用

内凹槽道管是以光滑管作为坯管, 在管内表面加工成直线形内凹槽或螺旋形凹槽(见图 3)。内凹槽为管内介质的沸腾提供汽化核心, 提高传热速率。内凹槽道管高效换热器适用

于立式管内再沸器。

内凹槽道管高效换热器在扬子石化 EO/EG 装置的改造中, 2 台再沸器得到了很好的应用。我们在不改变设备外形尺寸的前提下, 仅将光滑的换热管更换成内凹槽道管, 总的传热效率提高了约 50%。

2.4 高效换热器在大乙烯项目中的应用

低翅片螺纹管高效换热器的螺纹管是以光滑的管子作为坯管, 在管子外表面加工出不同螺距和齿高的螺纹, 这种管形的翅化比能达到 2.2 以上, 大大地增加了换热器的换热面积(见图 4)。这种螺纹管换热器在乙烯项目的冷凝工况有广泛的应用, 因为外面的螺纹沟槽利于冷凝液及时排除, 有效减薄冷凝液膜, 大大地提高了管外的传热系数。

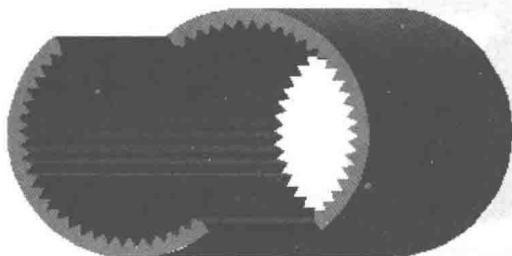


图 3 内凹槽道管结构图

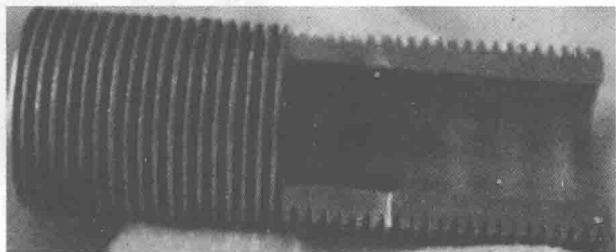


图 4 低翅片螺纹管结构图

我公司设计并制造的螺纹管高效换热器在福炼 80 万 t 乙烯、天津 100 万 t 乙烯、镇海 100 万 t 乙烯及神华包头乙烯项目中得到了很好的应用, 这些设备投用至今, 结果表明操作平稳, 热负荷均可提高 30%~50%, 各项工艺指标完全达到并超过了设计要求, 在节能改造中取得了明显的经济效益。武汉 100 万 t 乙烯使用的 8 台超大型螺纹管高效换热器, 目前正在我公司的制造过程中。

2.5 高效换热器在炼油项目中的应用

炼油项目中原油、减压渣油和减压蜡油等油品黏度较大、结构热阻较高, 因此双面强化传热的波纹管高效换热器尤其适合此类工况。波纹管内外突起的波纹状表面使边界层内产生漩涡, 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, 介质湍动程度增加, 使管内外介质的传热能力提高(见图 5)。波纹管换热器与普通光管相比总传热系数能提高 20% 以上, 而且具有很好的温差补偿能力, 适应温差较大的工况。

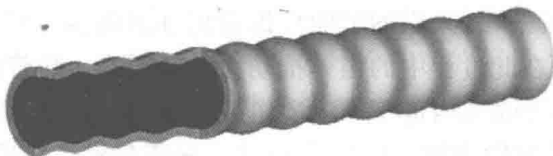


图 5 波纹管结构图

这类高效换热器在扬子石化、高桥石化及上海石化等炼油项目中得到了广泛的应用。设备投用至今, 提高传热效率显著, 减缓了结垢, 延长了设备的使用周期, 降低了设备的运行成本, 且可解决生产工艺瓶颈问题。

另外, 炼油项目中当壳程的介质黏度大时, 容易造成压力降过大, 流速减小, 影响换热效果。螺旋折流板高效换热器可有效解决这类问题。螺旋折流板高效换热器的折流板是采用若干块扇形折流板呈螺旋状组装形成, 壳程介质在折流板组成的螺旋通道内呈螺旋状

连续前进,消除了传统弓形板换热器存在流动死区的缺点,防结垢能力强,减小了壳程的压力降,抗震性能好。如果根据实际工况再选用合适的高效换热管(波纹管、内波外波纹管等),则可以在管内外同时强化传热,最大限度地挖掘换热器的潜能。

2006年在金陵石化烷基苯厂的两台塔底油换热器管束中采用了“波纹管+螺旋折流板”的高效换热管束(见图6),运行结果证明,壳体的阻力降较小,只有弓形折流板的1/3,设备运行稳定可靠。螺旋折流板换热器在中海油的部分炼油项目中也得到了广泛的应用。

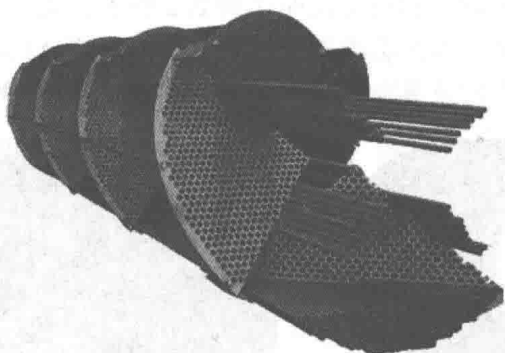


图6 正在制作的螺旋折流板高效换热器管束

2.6 高效换热器在烧碱行业中的应用

烧碱行业由于自身的特点,对换热器的耐腐蚀性要求很高,因此氯气预冷器、氯气冷却器及盐水换热器等多使用镍及钛的材料。如果采用高效传热技术,不仅能缩小设备尺寸,为企业节约大量设备投资,还能提高换热效率,延长设备的使用周期,延缓污垢的产生,降低设备操作成本。特材高效换热器在新浦化学、上海华胜天原化工、江苏双菱化工集团及鲁西化工等烧碱项目中得到了广泛应用。

2.7 高效换热器在醋酸乙烯项目中的应用

高效换热器由于自身特点,不仅在扩能改造中得到广泛应用,在新上项目中也被很多人考虑到,在川维醋酸乙烯项目中的聚合及药调单元使用了23台我公司制造的高效换热器。因为换热效率提高,相同操作工况下,比普通换热器的外形尺寸有所缩小,为企业节省了大量设备投资。

2.8 高效换热器在余热回收行业的应用

随着世界能源的日益减少,人们的节能环保意识逐渐加强,对余热回收、低温热利用的重视程度与日俱增,而在此过程中的温差推动力一般很小,热管换热器在一定程度上可以解决此类问题。热管由管壳和内部工作工质组成。热流体的热量通过热管壁传给热管加热段的工质,工质吸热后蒸发沸腾,转变为蒸气,上升至放热段后和冷流体进行热交换,工质冷凝后在重力作用下回到加热段,如此周而复始借用液态工质的汽化和冷凝的潜热达到高效传热的目的。工质冷凝后不需外加动力,靠重力自然回流,运行费用低,操作稳定性高。图7、图8分别为重力式热管换热器和分离式热管换热器工作原理图。

为满足日益提高的加热炉效率,降低加热炉排烟温度,按理论计算,加热炉排烟温度每降低20℃,可节约燃料1%。我们在石化行业的加热炉一般可将排烟温度从250℃降到130℃排放,理论可以节约燃料6%。目前我们在石化行业投运的设备达500多台套,年节约燃料折合标煤约15万t,折合人民币约1.2亿/年。

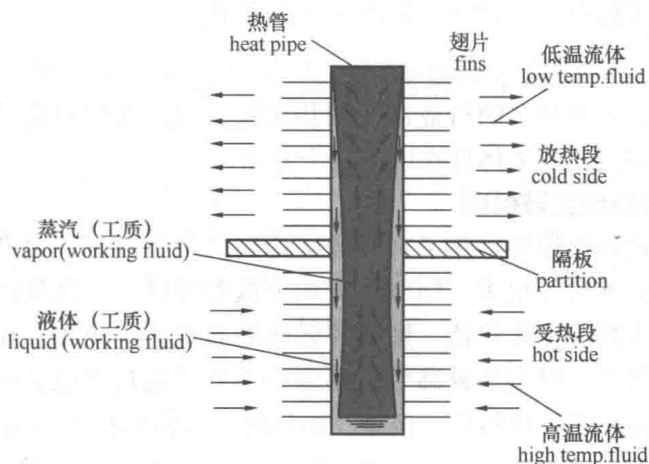


图7 重力式热管换热器工作原理图

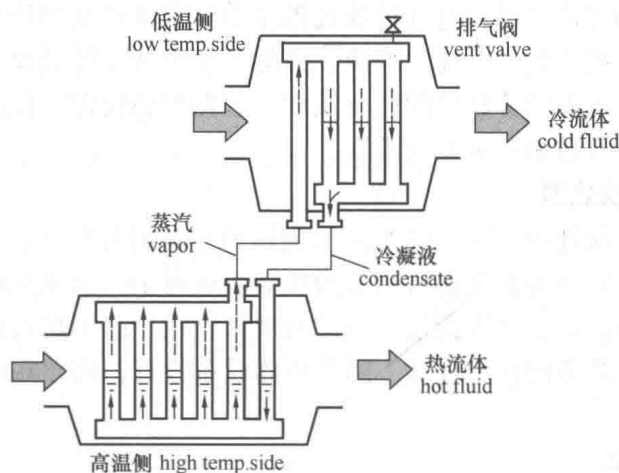


图8 分离式热管换热器工作原理图

2.9 高效换热器在管程介质黏度较大的场合下的应用

2009年在上海石化聚酯装置中，酯化反应分离塔塔顶产生0.7kg、115℃左右的低品质饱和水蒸气，通过循环水冷却每小时生成6.9t废水。为了能有效利用这部分低品质蒸汽，将回收的这部分蒸发潜热用于第一酯化釜PTA浆料预热，为此增加一台浆料加热器。这样既可以对反应原料进行预加热，同时又能减少循环冷却水的用量，实现节能节水效果。但是由于PTA浆料随温度的下降黏度上升得非常快，在35℃时物料的黏度高达3985cP，使用的普通光管换热器极易发生换热管堵塞现象。我公司的技术人员结合PTA浆料的物性和内波外螺纹管高效换热器在类似工况下的运用经验，决定采用内波外螺纹管高效换热器，实践证明，这种换热器有效地防止了浆料结垢及换热管堵塞。这台设备自2008年6月投用以来，共5套装置运行一直稳定，从未出现换热管堵塞，按全年运行8000h计，全年可节约重油1144t，节约循环水量为176.7万t。

2010年中国石化仪征化纤股份有限公司聚酯生产中心在相同的装置中遇到了同样问题，鉴于上述经验，结合已有成功经验对实际工况进行了分析计算，采用了适合此类工况的内波外螺纹管高效换热器，目前项目进展顺利，设备制造接近尾声。仪征化纤瓶片生产中心

在类似装置中也打算实施改造,目前方案正在设计之中。

3 展望

随着科学的发展,越来越多的行业涉及到热交换,因此人们对高效传热技术和换热设备的研究也日益广泛深入,主要体现在以下几个方面。

3.1 多种高效传热理念被提出

近年来,为了强化传热设备,除了对旧的结构形式进行改进,也有新的结构形式被提出。多种高效传热元件被研发出来,同时还有相关试验开展给予理论的支持和证明。如叶片旋流管换热器、帘式折流片换热器、螺旋片强化的套管式换热器,还有文献报道纳米技术与高效传热技术的结合,以上各种高效传热途径不外乎通过加强流体的湍流状态,减少流动死区,增加换热面积来强化传热。但是,如何将高效传热技术切实可行地应用于生产,架起理论和生产之间的桥梁才是关键,这也是我公司一直致力于研究的一个重要的方向。

3.2 设计方法和计算

随着计算机技术的飞速发展,通过计算机程序来对流体流动和传热过程进行模拟、计算已成可能,由于计算机方便、快捷、准确,避免了手工计算的繁琐和错误,近年来得到了普遍的重视和发展。随着软件的优化及相应数据库的完善,计算机在传热计算和高效换热设备的设计中占有越来越重要的地位。

3.3 新型材料的换热器

为了满足不同操作条件的要求,除了黑色金属和不锈钢材料外,铜、铝、镍等有色金属及其合金和钛、钽、锆等稀有金属材料的换热器应运而生。新型材料的换热器在耐强腐蚀性能方面有特殊优点,今后会得到进一步的发展和应用。由于高效换热器在相同热负荷的情况下,能够缩小换热器的外形尺寸,降低整体设备投资,因此在特材换热器领域有广阔发展的空间。

3.4 生产工艺

换热设备的发展和生产工艺有着密切的关系。目前,随着产品系列化、零部件的标准化、制造过程的机械化和自动化,以及复合、衬里、表面处理等技术的逐渐成熟,高效换热器的生产工艺也日趋完善。

经过多年的实践证明,高效传热技术用于换热器的改进,强化了传热效果,提高了生产的安全稳定性,大大降低了设备的投资,给企业带来显著的经济效益,是一项成熟稳定的技术。随着工业的发展及人们对节能降耗的重视,高效换热器的广泛使用势在必行。

(江苏中圣高科技产业有限公司 郭宏新,汪芳,李秋杰)

2. 加强换热设备技术管理的几项措施

长岭炼化公司共有换热设备 903 台, 其中不锈钢管束换热器 285 台, CrMo 合金管束换热器 70 台, 钛管换热器 2 台, 哈氏合金换热器 1 台, 铜管束换热器 6 台, 玻璃管换热器 1 台, 10[#]钢管束换热器 538 台。1[#]常减压初顶、常顶空冷和后冷却器选用 10[#]钢, 减顶选用 18-8 型不锈钢, 2[#]常减压常顶油气换热器选用钛管换热器, 常减压重油、催化油浆等部位选用 10[#]钢, 焦化装置选材以 18-8 型不锈钢为主, 硫化氢水溶液部位选用 08(09)Cr2AlMo 和 18-8 型不锈钢为主。

由于近年来, 公司加工原油硫含量和酸值较高, 换热器腐蚀泄漏情况有所加重, 为提高换热器寿命和保证正常生产, 我们不断总结经验, 一方面加强换热设备检维修管理, 另一方面加强了腐蚀泄漏研究分析, 不断采用新技术、新材料, 有效地保证换热设备的正常运行, 同时尽量地减少维修成本。

1 换热设备的防腐管理

1.1 加强工艺防腐, 降低高硫原油对设备的腐蚀

设备管理部门与生产管理部门协同管理, 开好常减压装置“一脱三注”, 针对以前注“7019”水溶性缓蚀剂存在局限性的问题, 通过试验研究采用了缓蚀效果更好的油溶性缓蚀剂, 虽然常顶设备采用的设备材质为碳钢, 但腐蚀轻微, 冷却器和空冷寿命在 8 年以上, 有的达 12 年。现在又在催化装置分馏塔顶应用了该措施, 分馏塔顶冷却器以前采用不锈钢, 使用 6 年即腐蚀穿孔, 管子表面可见明显蚀坑, 现在, 经过两年多运行, 在今年初大修抽芯检查未发现明显腐蚀。

1.2 加强设备表面防腐

由于公司加工原油变化, 换热器内漏增加, 生产装置检修周期延长, 循环水质管理难度增大, 生产中后期循环水质逐渐变差, 对换热器腐蚀加剧, 因此, 我们加强了水侧涂料防腐, 所有冷却器检修时都要检查, 防腐层脱落的, 均安排重新防腐。对油侧存在均匀腐蚀的部位, 则进行 Ni-P 镀。这样, 有效地延长了设备寿命。

1.3 有针对性地更换、升级材质

对循环水和低温水系统的换热器, 由于换热器泄漏后对系统影响较大, 近年我们逐年对油侧腐蚀性较强的部位更换为不锈钢, 尤其是低温水系统, 一旦泄漏, 对发电机组影响大, 同时整个系统重新清洗置换损失较大, 我们几乎都采用了不锈钢管束, 减少了泄漏后对系统的污染。

1.4 加强腐蚀研究

今年公司专门立项, 委托长岭设备研究所对公司的换热器的腐蚀情况进行普查, 并对不同的材质在几个主要部位的耐腐性进行比较, 在此基础上, 建立长岭炼化公司冷换设备腐蚀及选材指导。前阶段在水系统、分馏塔顶、脱硫装置等部位进行挂片试验。通过分析, 我们发现低温水腐蚀性比循环水还强, 这对我们在低温水系统换热器的选材上有了很大的帮助。目前, 这项工作正在进行。

2 换热设备泄漏的原因

2003 年以来,共发生换热器泄漏 29 起,其中外漏 2 起,小浮头泄漏 5 起,其余为管子腐蚀泄漏。管子腐蚀泄漏中有 13 起为循环水冷却器,7 起为低温水系统换热器,其余 2 起为重沸器和油-油换热器。除腐蚀引起的泄漏外,其他因素引起的换热器泄漏也占很大比例。

2.1 设计方面原因造成泄漏

焦化装置的 7 台低温水换热器,有 4 台检修改造开工后运行不久发生泄漏,主要原因是装置扩能改造时选型不对,这 7 台换热器壳程介质温度在 300℃ 以上,管程水温为 120℃,由于选用浮头式换热器,浮头泄漏后,换热管内产生强烈水击,致换热管爆裂,现在更换为 U 形管换热器后该问题得到解决。

2.2 制造方面造成泄漏

个别制造厂采用的管材质量差,或采用旧配件翻新,如脱硫冷 502 新管束装上就漏,发现管子已穿孔,调查发现管子为存放 10 年的旧管。加氢制氢装置换 501 管箱法兰泄漏,抽芯检查发现管板有凹痕,经车削发现该管板为旧的配件堆焊,而且堆焊质量很差。

2.3 工艺原因造成泄漏

主要是装置生产条件变化,冷却器循环水流量小,管束及管板表面结垢及垢下腐蚀。1[#]常减压减顶回流冷却器换 208 为不锈钢管冷却器,管板为 16Mn 锻件,今年 6 月腐蚀泄漏,试压发现管子与管板多道焊缝泄漏,管板表面有明显腐蚀凹坑,管板表面处理干净后,我们堆焊了一层不锈钢层。常三线冷却器换 207 为 2001 年 12 月制作的新管束,2002 年 7 月就因管子腐蚀穿孔,造成换热器内漏,更换并防腐后于 2004 年 4 月再次泄漏,经设备所分析,原因是流速慢,造成细菌腐蚀。抢修时我们更换为不锈钢管束。

3 换热设备选材、表面保护及维修方面的几点做法

3.1 设备选材方面

根据这几年的使用情况,水冷器以碳钢为主。但壳程介质腐蚀也是比较严重的,我们采用了不锈钢管,如催化分馏塔顶冷却器、循环油-低温水换热器,常减压减顶冷却器,大部分换热器已使用了 10 年,目前运行正常。对常减压的油-油换热器我们主要选用 10[#]和 08(09)Cr2AlMo,焦化装置则主要以不锈钢为主。脱硫装置污水汽提部分主要选用不锈钢,脱硫部分主要选用 10[#]管,从使用情况看,脱硫的部分换热器选用 10[#]钢寿命较低,如贫富液换热器、再生塔重沸器、贫液冷凝器等寿命仅有 3~5 年。

一些部位选用 08(09)Cr2AlMo 钢效益比较明显,如重整装置瓦斯加热器(管束公称直径 800mm),由于 Cl⁻ 含量较高,使用碳钢寿命 1 年,18-8 不锈钢半年,而使用 08(09)Cr2AlMo 钢寿命可达 4 年,不仅更换设备费用每年减少 3 万元,同时维修费也可节省 1 万元。

3.2 表面保护方面

经使用情况的统计和分析,我们有以下看法:

(1) 对碳钢冷却器,一定要进行涂料防腐,否则,换热器寿命会大大缩短。一般情况下,不防腐的寿命在 4 年以下,防腐后可达 8 年以上,而且管子不结垢,检修时便于清洗。最好新管束就做涂料,效果才好。如前述 1[#]常减压常三线冷却器换 207,2002 年 7 月管子

腐蚀泄漏,管束更换后由于抢修时间紧,来不及防腐,使用至2003年5月大检修时才进行涂料防腐,但效果差,2004年4月再次泄漏。

(2)对腐蚀较轻的均匀腐蚀部位,选用Ni-P镀效果较好,如催化丙烯塔顶冷却器、重整精馏冷却器,采用Ni-P镀后,经4年使用后,管子镀层依然完好,焦化富气冷却器使用8年管子仍然完好。但这种方法不能用在介质为水或含水较多部位的设备上,如我们在常减压电脱盐切水换热器上就几乎没有效果。

(3)对08(09)Cr2AlMo这类抗硫化氢腐蚀的材料,以前我们认为它们耐蚀性较强,故用于冷却器时管程没有进行涂料防腐,使用中我们发现,它们在循环水中的腐蚀率较高,有的使用寿命仅5年,如焦化柴油冷却器冷104,1#催化富气冷却器换301。

3.3 制造、修理方面

为延长设备使用寿命,要注意制造和维修上的一些细节,如对采用不锈钢管子的冷却器,管板又是16Mn的,管板管程侧表面一定要堆焊不锈钢层,否则,管板表面以及管子与管板的焊缝会腐蚀,甚至一些采用蒸汽作为热源的重沸器或换热器的管板表面也会被冲蚀,如2#催化解析塔底重沸器换304,管板蚀坑达5mm,1#常减压减顶回流冷却器换208也因管子与管板焊缝腐蚀造成泄漏。发生这些情况,以前我们直接更换新管束,现在由于维修费用紧张,我们一般都修理再回用。方法是将管板表面喷砂,除去油污后,堆焊不锈钢层,通过近两年使用情况看,效果不错,节省了大量的维修费。

管子为不锈钢的换热器,其他部件(除管板外)也要采用不锈钢。这样增加的成本不会太高,但对延长换热器管束的使用寿命很有好处。如我公司焦化装置柴油换热器换105/5,6,焦化汽油加氢装置汽提塔重沸器换601(U形管)因折流板等部件不是不锈钢,使用10年因折流板腐蚀致管束散架而报废,很可惜。

4 总结

换热设备在石油加工过程中,承担着热量传递的重要作用。冷换设备运行的好坏,直接影响着生产装置的平稳运行及综合运行经济指标。

长岭炼化公司近年来在各级设备管理人员变化频繁以及检维修单位管理关系的变化的形势下,在检修周期延长,原油品种向高硫、高酸趋势发展的环境下,认真加强换热设备的管理,保证了生产装置的正常运行。

(中国石化长岭分公司机动处 宾超波,曾文海)

3. 设计选用标准换热器方法的探讨

换热器标准从 JB 1168—73、JB 2207—73 到 JB 1168—80、JB 2207—80, 再到 JB/T 4714—1992《浮头式换热器和冷凝器型式与基本参数》、JB/T 4717—1992《U 形管式换热器型式与基本参数》(简称 92 版标准), 至今已达 37 年的历史, 在石油化工行业, 为换热设备的设计、制造、采购、安装及检修提供了巨大的便利条件。92 版标准颁布后, 为贯彻上述标准, 中国石化建设工程公司(原北京设计院)、中国石化洛阳工程公司、兰州石油机械研究所共同编制了标准换热器的通用图系列(以下简称标准换热器通用图系列), 并得到广泛应用。随着石油化工行业近几年的快速发展和技术进步, 以及标准的变更, 标准换热器的设计和使用遇到很多问题, 以下对 92 版标准换热器的设计选用提供一些方法供参考和借鉴。

1 讨论与分析

目前, 在标准换热器使用中遇到最多的问题是标准换热器原来的设计工况和实际工况不一致, 主要表现为材质变化、腐蚀裕量变化及接管法兰变化。

1.1 主体材质的变化

标准换热器通用图系列的设计压力是以设计温度 200℃ 为基础的, 其他温度下的最大许用工作压力按升温降压表(见表 1)查取, 标准换热器通用图系列 PN1.0MPa 和 1.6MPa 的筒体材料为 Q245R, 设备法兰为 16Mn 锻件, PN2.5MPa、PN4.0MPa、PN6.3MPa 筒体材料为 Q345R, 设备法兰为 16Mn 锻件, JB/T 4714—1992、JB/T 4717—1992 只给出了安装尺寸, 没有给出材质, 但从尺寸分析看, 也是按通用图系列的材质给出的, 由于实际工况的需要, 经常会将 Q345R 材质改为 Q245R, 将设备法兰由 16Mn 锻件改为 20 锻件, Q245R 与 Q345R 材料的许用应力见表 2(以 16mm 为例)。

表 1 标准换热器的升温降压表

	MPa				
允许工作压力	200℃	250℃	300℃	350℃	400℃
PN1.0 换热器	1.0	0.89	0.81	0.74	0.68
PN1.6 换热器	1.6	1.42	1.31	1.18	1.10
PN2.5 换热器	2.5	2.22	2.05	1.85	1.72
PN4.0 换热器	4.0	3.56	3.28	2.96	2.76
PN6.3 换热器	6.3	5.69	5.24	4.73	4.41

表 2 Q245R 与 Q345R 材料的许用应力比较

材料	工作温度/℃				
	200	250	300	350	400
Q245R	123	110	101	92	86
Q345R	170	156	144	134	125

设备法兰用材料最大允许工作压力见表 3。

表3 设备法兰用材料最大允许工作压力(JB/T 4703—2000)

MPa

公称压力/ MPa	法兰材料 (锻件)	工作温度/℃				
		-20~200	250	300	350	400
1.0	20	0.73	0.66	0.59	0.55	0.50
	16Mn	1.0	0.96	0.86	0.81	0.77
1.6	20	1.16	1.05	0.94	0.88	0.81
	16Mn	1.60	1.53	1.37	1.30	1.23
2.5	20	1.81	1.65	1.46	1.37	1.26
	16Mn	2.5	2.39	2.15	2.04	1.93
4.0	20	2.90	2.64	2.34	2.19	2.01
	16Mn	4.00	3.82	3.44	3.26	3.08
6.4	20	4.65	4.22	3.75	3.51	3.22
	16Mn	6.4	6.12	5.5	5.21	4.93

从表2和表3不难看出, Q245R(20 锻钢)比 Q345R(16Mn 锻钢)许用应力或最大允许工作压力有明显下降, 无法满足表3的要求。但使用单位往往按标准型号采购, 如 BES1200-2.5/2.5-395-6/25-4, 如果型号不变更, 就无法通过国家质监部门的监督检查, 如变更型号, 使用单位又会对标准换热器产生误解。

对这个问题一些设计院在标准换热器的基础上设计了安装图, 一些设计单位给出了《标准换热器补充修改说明书》, 将其型号进行了变更, 这两种方式都可以解决上述问题。

笔者认为, 可以在通用图系列中增加 20 锻件和 Q245R 系列, 即形成 PN1.0、PN1.16、PN1.6、PN1.8、PN2.5、PN2.9、PN4.0、PN 4.6、PN6.3 系列, 其中 PN1.16、PN1.8、PN2.9、PN4.6 系列为 Q245R(20 锻钢)系列, 安装尺寸可以分别按原 PN1.6、PN2.5、PN4.0、PN6.3 尺寸设计, 其升温降压可以参照设备法兰 20 锻钢的升温降压表。上述示例 BES1200-2.5-395-6/25-4 如材质为 Q245 和 20 锻钢, 设计选用型号应为 BES1200-1.8-395-6/25-4。

当主体材质采用不锈钢复合板时可以参照基材材料进行型号选用。

1.2 腐蚀裕量的变化

标准换热器的设计工况腐蚀裕量为 2mm, 而实际工况可能是其他数字, 比如是 5mm, 但实际的设计压力会很低, 比如 0.5MPa, 设计院设计给出的型号为 BES1200-2.5-395-6/25-4, 当然, 本意是由于腐蚀裕量的增加, 最大允许工作压力会降低, 但一些使用单位会误解为腐蚀裕量为 5mm 的设计压力为 2.5MPa, 形成选用的标准换热器与实际工况的矛盾。所以, 不妨在图纸中给出标准设计工况和实际设计工况两种的设计参数和型号, 上述示例可以同时给出 BES1200-2.5-395-6/25-4 和 BES1200-0.5-395-6/25-4 两种型号, 后一种型号为实际使用工况的型号, 前一种型号为标准换热器设计工况, 前一种型号供以后使用单位更换设备使用部位时参考。产品铭牌中按实际设计工况标注, 为保证使用单位的利益和设备的安全, 设备的类别划分和设备的制造按标准设计工况和实际使用设计工况两个中的苛刻者。

1.3 接管法兰的变化

由于装置的要求, 接管法兰的标准、压力等级、直径各不相同。