

乙二醇装置环氧乙烷进料/产品换热器 选用方案的比较分析

沈 洋*

(中国寰球工程有限公司北京分公司, 北京 100012)

摘要:乙二醇装置中环氧乙烷进料/产品换热器的选型对于反应气热量的回收以及能量合理利用具有重要作用。以某乙二醇装置为例,采用 ASPEN、HTRI 等计算软件对比了单浮头式和折流杆式环氧乙烷进料/产品换热器的传热效率、有效平均温差、压降等。结果表明,单浮头式换热器的传热效果更优,经济效益更好,为乙二醇生产企业环氧乙烷/产品换热器的选型提供了参考。

关键词:乙二醇;环氧乙烷;进料/产品换热器;结构型式;方案对比

中图分类号:TQ342

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2021)S-0340-02

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2021.S.071

Comparative analysis on selection schemes for EO reactor feed/product exchanger in EO/EG plants

SHEN Yang*

(Beijing Branch, China Huanqiu Contracting & Engineering Co., Ltd., Beijing 100012, China)

Abstract:Type selection for feed product exchanger of ethylene oxide (EO) reactor in ethylene glycol (EG) plants is critical to the recovery of reaction gas heat and the rational utilization of energy. Taking a certain EG plant as an example, ASPEN and HTRI software are employed to compare the heat transfer efficiency, EMTD and pressure drop of different kinds of EO reactor feed/product exchangers. The results show that single floating head heat exchanger shows better heat transfer efficiency and economic benefit. A reference for the type-selection of EO reactor feed/product exchanger in EG production companies is provided.

Key words:ethylene glycol; ethylene oxide; feed/product exchanger; structural type; option comparison

在乙烯直接氧化法生产环氧乙烷/乙二醇技术中,环氧乙烷进料/产品换热器设计过程复杂、制造难度大,所以具有重要地位。在环氧乙烷进料/产品换热器中,环氧乙烷反应器的进料和出料进行相互换热,一方面将环氧乙烷反应器出口产品气进行冷却,使其能进入环氧乙烷吸收塔进行后续操作;另一方面将环氧乙烷反应器进料进行预热,使其达到反应所需温度。由于进出物料温差和处理量较大,所以如何降低压降、减少设备振动、消除温差应力、提高传热效果是设备选型的关键^[1-4]。

为了满足以上要求,通常选用单浮头式或者折流杆式的换热器。本文以某乙二醇装置为例,采用 ASPEN、HTRI 等计算软件对这两种类型的换热器进行方案对比。

1 设计基础数据

该乙二醇装置规模为 80 万 t/a, 进出物料组成及处理量见表 1, 工艺参数见表 2。

表 1 某 80 万 t/a 乙二醇装置进出物料组成表

| 物料名称 | 进料 | | 出料 | |
|------|-------|-----------|-------|-----------|
| | 质量分数 | 处理量 | 质量分数 | 处理量 |
| 乙二醇 | 0 | 0 | 5.29 | 37817.53 |
| 水 | 0.33 | 2391.07 | 0.88 | 6260.88 |
| 氮气 | 0.21 | 1509.97 | 0.21 | 1509.98 |
| 氩气 | 5.73 | 40912.11 | 5.73 | 40912.13 |
| 氧气 | 12.50 | 89275.24 | 9.14 | 65267.83 |
| 甲烷 | 45.40 | 324234.00 | 45.40 | 324234.00 |
| 乙烯 | 32.58 | 232700.00 | 28.79 | 205613.00 |
| 乙烷 | 1.92 | 13704.25 | 1.92 | 13704.27 |
| 二氧化碳 | 1.33 | 9498.44 | 2.64 | 18879.46 |

表 2 某 80 万 t/a 乙二醇装置工艺参数

| 项目 | 进口温度/°C | 出口温度/°C | 允许压降/kPa |
|--------|---------|---------|----------|
| 进料(壳侧) | 43.4 | 175 | 36 |
| 出料(管侧) | 208 | 81.1 | 13 |

收稿日期:2021-01-26;修回日期:2021-05-24

作者简介:沈洋(1991-),男,硕士,工程师,研究方向为工艺设计,通讯联系人,shenyang02-hqc@cnpc.com.cn。

2 换热器类型的比较

根据以上工艺条件,对单浮头式和折流杆式的换热器进行对比,为了使对比更为方便,表3列出两种类型换热器面积余量基本一致下的计算结果。

表3 两种类型换热器计算结果

| 项目 | 单浮头式 | 折流杆式 |
|--|--------|--------|
| 壳侧流量/(t·h ⁻¹) | 714.2 | |
| 管侧流量/(t·h ⁻¹) | 714.2 | |
| 折流杆(板)间距/mm | 2360 | 150 |
| 壳侧流速/(m·s ⁻¹) | 3.94 | 2.93 |
| 管侧流速/(m·s ⁻¹) | 10.39 | 7.53 |
| 壳侧传热系数/(W·m ⁻² ·K ⁻¹) | 613.1 | 431.89 |
| 管侧传热系数/(W·m ⁻² ·K ⁻¹) | 570.14 | 435.5 |
| 总传热系数/(W·m ⁻² ·K ⁻¹) | 218.09 | 167.88 |
| EMTD/°C | 33.3 | 35.3 |
| 壳侧压降/kPa | 35.439 | 16.638 |
| 管侧压降/kPa | 12.488 | 6.441 |
| 有效换热面积/m ² | 9864.3 | 12221 |
| 面积余量/% | 10.16 | 11.23 |

3 单浮头与折流杆式换热器的比较

3.1 工艺角度

3.1.1 传热系数

由于管壳两侧都是气相物料,所以相对于液相来说传热系数较低。而传热系数又跟管壳两侧的流速有关,同时传热系数也会影响换热器的有效面积和整体的设备投资。所以传热系数的大小对换热器选型方案的确定至关重要。从表3计算结果可以看出,单浮头式比折流杆式管壳侧流速高,管壳侧的传热系数大。显然单浮头式总传热系数高,传热效果好。

3.1.2 有效平均温差

有效平均温差(EMTD)主要由物料进出口的温度和物料在管壳侧的流动方向共同决定。由表3可以看出,单浮头式EMTD为33.3℃,折流杆式EMTD为35.3℃。由于物料在折流杆式中管壳侧的流动方向为纯逆流,所以有效平均温差比较大。而对于单浮头式,由于壳侧有折流板的存在,所以物料在壳侧的流动有轴向和径向之分,故整体流动不是纯逆流。但由于两种型式有效平均温差相差不大,所以影响不大。

3.1.3 管壳侧压降

在两者面积余量相同时(约11%),单浮头式整

个换热器的有效换热面积比折流杆式要小,表明在完成同样传热要求下单浮头式结构尺寸和占地面积更小、设备投资更低。由于折流杆式壳侧内部是由间距150mm的折流环组成,物料在壳侧流动方式为轴向方向,所以流动阻力小,整体压降小。

3.2 设备角度

3.2.1 结构特点

从工作状态上可以看出,折流杆换热器的流道是由纵横交错的折流杆组成纵向的流动区域,如图1所示。折流杆结构的换热器缩减了壳侧不流动的换热死区,所以可以很好地提高换热器的传热能力^[5]。

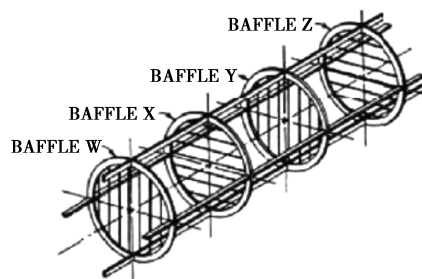


图1 纵向流换热器折流杆示意图

由于折流杆换热器结构跟传统折流板换热器不同,传统折流板型式由于有折流板的存在影响了介质流动,而折流杆式没有折流板,所以减少了换热管束横向流动的阻力,同时还可以减少往复流动的反向作用力,因此折流杆换热器壳侧的压力损失也很小。折流杆换热器在壳侧进出口设置了导流筒,其作用就是改变介质从进口管进入到壳体后的流动方向,使介质从导流筒与壳体的空间中先流向管板方向,避免“死区”的产生。

然而折流杆换热器内部结构相对复杂,每对折流环之间间距较小,所以设备制造加工难度较大;同时由于自身的结构特点,对于管壳两侧温度差距较大的工况,折流杆换热器不适用。

单浮头式换热器可以很好地解决大温差下管壳两侧的热应力问题,同时浮头的结构型式又可以满足机械清洗的要求。

表4列出了两种换热器的材料消耗。由表4可以看出,单浮头式比折流杆式节省材料12%。

表4 两种型式换热器管束重量

| 项目 | 单浮头式 | 折流杆式 |
|--------|---------|---------|
| 管束重量/t | 198.328 | 225.367 |

(下转第346页)

(7) 优化工艺流程

将汽包上水、三联换热器上水、急冷器用水改为除盐水,很好地解决了供水阀堵塞和汽包给水泵电流高的问题,工艺凝液送回水处理系统除油除铁后再回收利用。

(8) 加强原料乙苯杂质监控

定期采集脱氢反应器进料样,监控乙苯进料中二乙苯和异丙苯浓度,建立二乙基苯定期分析制度,分析脱氢液及粗苯乙烯塔釜样品中二乙基苯含量,持续跟踪关键点二乙基苯浓度,优化操作。

(9) 优化监控和操作方式

根据苯乙烯装置运行实际情况,修正和增加相关参数报警值,提升操作员对参数报警敏感度。操作员加强对阻聚剂罐的液位、阻聚剂泵电流和阻聚剂流量等关键参数监控,关键趋势组每 4 h 从 DCS 后台自动弹出画面并红色报警,提醒操作员逐一查看确认趋势,方可逐一消掉报警,提高本质安全水平。

(上接第 341 页)

3.2.2 设备清洗

由于壳侧进料有结垢的倾向,需要经常进行清洗。单浮头式换热器可以抽芯,可对管壳程进行清洗;折流杆式是固定管板结构,管板和壳体进行了焊接,管束不能抽出,不能进行壳程清洗,只能进行化学清洗,相比来说运行和操作费用较高。

4 结论

综上所述,环氧乙烷进料/产品换热器适宜采用单浮头式结构,管壳侧物料近似纯逆流形式换热,与折流杆式相比,传热系数更高、管束重量更轻,其传热效果更优,经济效益更好;并且单浮头式换热器可以进行管壳程的清洗,同时浮头的结构也可以

5 结语

预防苯乙烯聚合是苯乙烯生产中必须考虑的技术问题,持续进行工艺优化、加强技术和生产管理,提出了多项防止苯乙烯聚合的原创措施和工艺管理手段,基本解决了苯乙烯聚合制约生产的问题,在第二运行周期装置平稳运行了 4 年,大修系统检查良好,保证了苯乙烯装置安、稳、长、满、优运行。

参考文献

- [1] 王凯. 苯乙烯精制条件下热聚合动力学行为研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [2] 李钦. 苯乙烯精馏过程中的聚合的控制和处理[C]. 第六届苯乙烯行业年会文集, 青岛: 中石化上海石油化工研究院乙苯/苯乙烯协作组, 2017: 30-34.
- [3] 焦书建, 王振龙, 王光耀. 苯乙烯装置聚合物生成原因分析[J]. 广州化工, 2013, 40(11): 223-225.
- [4] 葛春方, 洪纯芬, 吴德荣. 苯乙烯精馏系统工程阻聚计算[J]. 化学工程, 2009, 37(2): 4-7. ■

解决温差应力对于设备的影响。单浮头式换热器同样适用于石油化工装置中其他类似进出料换热器的选型。

参考文献

- [1] 钱嘉兴. 关于环氧乙烷/乙二醇主要工艺生产特点浅析[J]. 医药工程设计, 2008, 29(5): 14-18.
- [2] 宋铁新. EO/EG 装置 SHELL 和 SD 技术对比[J]. 广州化工, 2014, 41(20): 107-108.
- [3] 李天文, 杨帆, 张玉玲, 等. 环氧乙烷的技术进展及产品装置分析[J]. 天津化工, 2007, 21(2): 13-14.
- [4] 张旭之, 王松汉. 乙烯衍生物工学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1995.
- [5] 王子宗. 石油化工设计手册(第三卷)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿, 投稿系统: <http://www.xdhg.com.cn>