

板式循环水换热器结垢问题及对策

王修双

河南能源化工集团中原大化公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8552

[摘要] 通过对板式循环水换热器换热效果差的原因分析, 以及对换热器循环水流量的测定, 提出解决换热器换热效果差对应的解决办法, 在化工生产中具有巨大的实用价值。

[关键词] 板式换热器; 结垢; 换热效果差; 温度高

Scaling problem and countermeasures of plate type circulating water heat exchanger

Wang Xiushuang

Henan Energy and Chemical Group Zhongyuan Dahua Company

[Abstract] By analyzing the reasons for the poor heat transfer efficiency of the plate type circulating water heat exchanger and measuring the circulating water flow rate of the heat exchanger, solutions corresponding to the poor heat transfer efficiency of the heat exchanger are proposed, which have great practical value in chemical production.

[Key words] Plate Heat Exchanger, Scaling, Poor Heat Transfer Efficiency, High Temperature

1、概述

板式换热器是由一系列具有一定波纹形状的金属片叠装而成的一种新型高效换热器。各种板片之间形成薄矩形通道, 通过板片进行热量交换。板式换热器是液-液、液-汽进行热交换的理想设备。它具有换热效率高、热损失小、结构紧凑轻巧、占地面积小、安装清洗方便、应用广泛、使用寿命长等特点。在相同压力损失情况下, 其传热系数比列管式换热器高3-5倍, 占地面积为管式换热器的三分之一, 热回收率可高达90%以上。

中原大会合成氨脱碳装置采用节能型苯菲尔脱碳流程, 共两段吸收一段再生, 并采用蒸汽喷射器和蒸汽压缩机降低再生热耗。

含CO₂17%的低变气经过经换热器换热后由177℃降至95℃, 从吸收塔05C001下部进入, 与塔顶喷淋下来的吸收液逆流接触, 经过两段吸收后顶部出来的合成气CO₂含量0.1%左右, 然后去甲烷化炉。

吸收塔(05C001)流出的106℃富液, 经水力透平(05MT01)减压膨胀后送至再生塔(05C002)顶部, 溶液减压闪蒸出部份水蒸汽和CO₂, 然后向下流经再生塔(05C002)的四层填料, 此时溶液与再沸器(05E002)及闪蒸槽(05D002)来的蒸汽相接触, 使溶液进一步汽提再生。

再生塔(05C002)底部流出的溶液入闪蒸槽(05D002), 经五级闪蒸压力降至 -0.11×10^5 Pa, 闪蒸释放出的蒸汽由蒸汽喷射器(05A001~4)和蒸汽压缩机(05K001)注入再生塔。

再生好的溶液从塔底部流出,经溶液泵(05P001A/B)升压后分两路送入吸收塔,一路为25%的溶液量,经水冷器(05E010A/B)将溶液冷却到70℃入吸收塔(05C001)上部,另一路将其余的75%的量直接送吸收塔的下部,从吸收塔底部流出106℃的富液。经水力透平(05MT01)或其旁路阀(LV-05007B)后送入再生塔上部,从而构成循环。

从再生塔顶排出的CO₂依次进入两台脱盐水预热器(05E004A/B)、两台水冷器(05E007A/B)冷却到40℃经分离器(05F005)分离后送往尿素装置。

脱盐水预热器(05E004A/B)、水冷器(05E007A/B)均为板式换热器,其中水冷器(05E007A/B)设计压力为0.6/0.9Mpa,换热面积529.5m²。

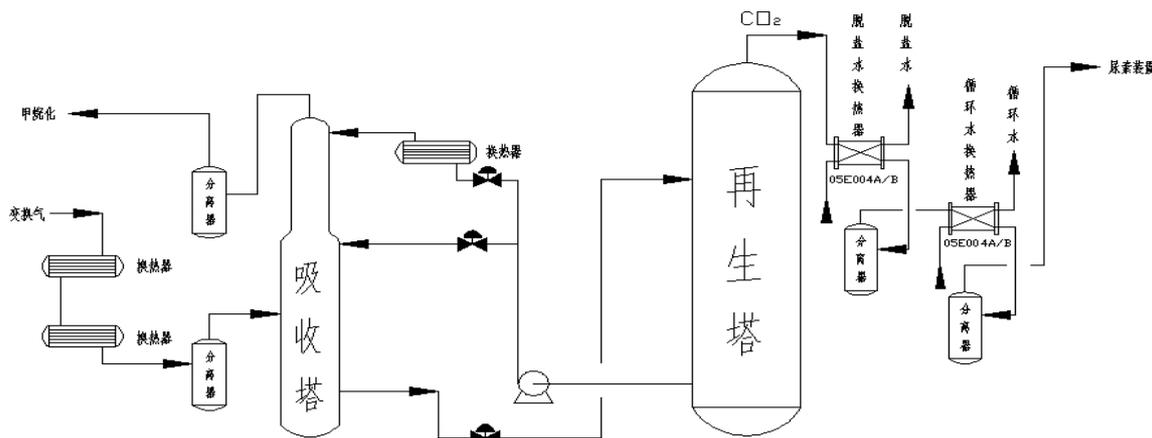


图1 脱碳流程

2、运行中出现的问题分析

尿素装置对原料二氧化碳的要求是:二氧化碳纯度(干基)不小于99.79%,氢气含量不大于1%,二氧化碳温度小于45℃,压力。二氧化碳温度高

3、原因分析

在运行过程中,二氧化碳温度不断升高,采取管线及分离器外加喷淋水的方法控制二氧化碳温度。停车后拆解发现,板式循环水换热器05E007A/B内部结垢严重。如图所示

3.1 换热器结垢

循环水结垢的根源在于水中溶解的矿物质在特定条件下析出并沉积在管道、设备等表面。这些矿物质主要包括碳酸钙、硫酸钙、硅酸钙以及镁盐等,它们在水中的溶解度随温度、pH值、压力等因素的变化而变化。当循环水在系统中不断循环使用时,由于蒸发浓缩、温度升高以及水流速度减缓等原因,这些矿物质会逐渐达到饱和状态并析出,形成水垢。

3.2 循环水水质差

循环冷却水在运行过程中,随着水的不断蒸发消耗,新鲜水的不断加入,水中各种杂质的浓度会相应增大,结垢的概率

也会大大增加。这时,补充水的各种指标就很重要,指标越高越容易达到饱和而产生结晶。因此,根据循环水补充量,必须定期投入阻垢剂。

3.3 循环水温度高

循环水中的碳酸钙、碳酸镁等盐类,其溶解度都是随着温度的升高而减小,因此水温越高越容易结垢,同时由于分子活动随温度上升其动能越大,水垢的附着速度也越高,而通过换热器工艺介质和冷却水进出口温差的变化来反应污垢沉积量的变化。所以换热器结垢的主要原因是循环水换热器回水温度长时间在高温下运行所致。循环冷却水和热介质之间的换热温降也和结垢有着直接关系。

3.4 循环水流速低

水垢的附着速度,随着换热器内水速的降低而增大。水速较大时,悬浮物、水垢易被水流冲走,不易沉积,板式换热器中一些死角,或水流分配不均匀的地方,由于循环水流速过小就更容易沉积水垢。

4、处理措施

通过检修期间,对板式换热器的打开检查和内部结垢原因

的深入分析, 中原大化合成氨装置制定了一些列预防板式换热器结垢的预防措施及处理措施。

4.1 技术改造增加循环水的流速

增加管道泵, 以提高循环水的流速。在循环水入口处增加一流量为 1250 m³/h, 扬程为 16.1 米, 功率 90kw 的离心泵用于提高循环水流速, 循环水流速由原来的提至。

板式换热器 A/B 并联运行改为串联运行。原设计两台板式循环水换热器并联运行, 循环水进入换热器后, 流通面积变大, 流速降低。改为串联后, 相当于减少了一半的流通面积, 同样提高了循环水的流速。

4.2 优化操作, 控制二氧化碳进板式循环水换热器温度

根据研究表明, 循环水温度在 70℃ 以下时, 结垢速率较慢, 通过常规阻垢处理可有效延缓钙镁盐沉积; 70-80℃ 时, 碳酸钙、硫酸钙等盐类析出速度加快, 需配合水质软化技术控制结垢; 80℃ 以上时, 水中溶解的二氧化碳逸出加速, 导致碳酸盐平衡破坏, 引发快速结垢现象。所以要严格控制循环水温度, 中原大化循环冷却水系统循环水温度一般在 28-35℃, 远小于 80℃, 不会快速结垢。但如果进入换热器二氧化碳温度过高, 会在刚进入换热器时与循环水换热的初期, 使一部分刚换热循环冷却水温度快速上涨, 在换热器内引发结垢。

中原大化合成氨装置严格控制二氧化碳进入板式循环水换热器的温度低于 80℃, 板式循环水换热器前有两台板式脱盐水换热器, 脱盐水与再生塔出来的二氧化碳换热后, 经过再次换热后一路进入合成氨装置的除氧器, 经过除氧调整 PH 值后作为锅炉水使用, 另一路进入动力厂除氧器, 作为紧急情况下使用的低压事故水使用。当进入板式循环水换热器温度过高时, 及时联系动力厂多引用合成装置的低压事故水, 以增加冷侧介质流量, 达到降低二氧化碳温度的目的。

另外, 中原大化还对脱盐水管线进行了改造, 在脱盐水冷却器后脱盐水管线导淋增加管线引至循环水管线, 在夏季二氧化碳温度较高时, 通过开此导淋以增加脱盐水用量来降低二氧化碳温度。因此方法浪费脱盐水, 所以仅在夏季二氧化碳温度较高时采用。

4.3 适时反冲洗减少内部水垢

利用清晨, 循环冷却水温度较低的时候, 对换热器进行反

冲。首先停运循环水管道泵, 打开管道泵旁路阀, 然后关闭管道泵进出口阀门, 并拆除管道泵至出口管线, 现场快速关闭管道泵旁路阀, 打开管道泵出口阀, 使循环冷却水逆向流经水冷却器, 就地排放, 反冲二至三次, 直至反冲的循环水干净无杂质。因操作过程中, 二氧化碳温度会快速上涨, 应在操作前与尿素装置沟通好, 尿素装置提前降负荷, 调整二氧化碳压缩机, 防止反冲过程中造成尿素运行不稳定或者压缩机喘振。

4.4 对板式换热器结垢进行清洗

利用大修停运期间, 对换热器进行化学清洗和机械高压清洗。化学清洗法是通过使用化学清洗剂来溶解和去除板式换热器板片上的污垢和腐蚀产物。这种方法适用于沉积物、腐蚀和污垢较为严重的情况。常用的清洗剂包括盐酸、苯甲酸、硫酸、氰化钠等。其中, 苯甲酸作为清洗剂时效果较好, 且对板片的腐蚀作用相对较小。在选择清洗剂时, 需要考虑换热器的材质、污垢的成分以及清洗条件等因素。

机械清洗法是利用高压水、刷子、刮刀等工具对板式换热器进行物理清洗。这种方法适用于较轻的污垢和污染情况。使用高压水清洗设备, 通过高压水流的高压和高速将换热器表面的污垢和锈垢清除掉。

还可以利用超声波清洗法对翅片进行清洗, 超声波清洗法是利用超声波产生的空化效应来分离污垢和沉积物。这种方法适用于清洗微小孔径和细小结构的板片。超声波在液体中传播时, 会产生强烈的空化效应和冲击波, 这些效应能够穿透到板片的深处, 有效地去除积垢。这种清洗方法的优点是清洗效率高, 能够彻底去除污垢, 对板片无损。

5、结束语

板式换热器的换热效果, 严重影响着二氧化碳的温度, 从而影响尿素装置的安全稳定运行, 影响着运行成本。通过对换热器结垢原因深入的分析, 并采取了一些列行之有效的技术改造和优化工艺操作, 已顺利度过夏季高温高湿天气, 二氧化碳温度都控制在指标范围内, 尿素装置已平稳运行将近 200 天。

作者简介: 王修双, 男, 出生日期: 1986 年 12 月 12 日, 职务职称: 助理工程师, 专业领域: 化工操作, 电子信箱: xius12@163.com。