

加氢改质装置加热炉余热回收

节能改造项目优化措施及其经济性分析

李晓涛 李 鹏 崔祥勇 (中海沥青股份有限公司, 山东 滨州 256600)

摘 要: 中海沥青股份有限公司 120 万 t/a 加氢改质装置, 反应进料加热炉和重沸炉共用空气预热器, 原来在装置满负荷运行 (处理量 145t/h) 时, 铸铁板式预热器排烟温度较高, 加热炉排烟温度 180℃ 左右, 加热炉效率偏低, 在 90.5% 左右, 加热炉能耗较大。2022 年 4-5 月装置大修采用全新的烟气深度余热回收工艺, 改造后加热炉效率提升至 93.5% 以上, 排烟温度降低至 110℃ 以下, 降低了加热炉燃料消耗量和碳排放总量, 装置生产成本降低, 经济效益提升明显。

关键词: 加氢改质装置; 加热炉余热回收; 高效空气预热器; 节约企业成本; 经济效益提升

1 前言

节能减排技术是指在生产过程中能减少能源消耗量, 同时降低污染物排放量的工业技术。当前各炼油厂、化工厂及其他具有工艺加热炉的装置普遍都安装有各种形式的空气预热器及省煤器, 利用炉膛内部排放的 300–400℃ 的高温烟气预热空气, 使进入炉膛燃烧的空气被加热, 以提高燃烧效率, 节约燃料气的消耗, 而达到一次节能的目的。同时预热器系统降低了高温烟气的出口温度, 减少了热污染, 将这部分热量变废为宝, 达到双向节能的目的。炼油化工企业目前所投用的传统余热回收排烟温度在 150℃ 左右, 考虑到避免酸露点腐蚀问题, 一般都会把排烟温度控制在烟气露点温度以上。此时烟气因为温度较高, 本身还有大量的余热未能得到有效利用, 直接排放废热浪费严重。而且在露点温度以上的烟气内部很少发生冷凝作用, 烟气中本身含有的固体颗粒物会随着烟气一起排放入大气中, 造成污染。因此深度降低烟气温度, 可以同时回收烟气显热及水蒸气冷凝释放的汽化潜热, 大幅度提高加热炉效率, 降低燃料消耗量, 减少加热炉碳排放量。在降温的过程中迫使烟气发生剧烈的冷凝作用, 使其中的水蒸气由气态变为液态形成水雾, 水雾中的小液滴吸附烟气中粉尘颗粒作为凝结核, 团聚为大液滴, 由液滴捕集器收集统一处理。经由这个过程后, 最终排放的烟气中的固体粉尘颗粒物大幅度降低, 有效的降低排烟对大气的污染。

2 加热炉余热回收节能改造项目实施前存在的问题

①加氢改质装置的反应进料加热炉和重沸炉共用

空气预热器, 原来在装置满负荷运行 (处理量 145t/h) 时, 加热炉排烟温度 180℃ 左右, 加热炉的热效率 90.5% 左右; ②铸铁板式预热器排烟温度较高, 加热炉效率普遍偏低, 能耗较大; ③余热回收系统工艺相对简单, 不具备深度降低烟气温度, 有效抵抗露点腐蚀的功能; ④原空气预热器主要材质防腐蚀、防堵塞能力欠缺, 不宜进行烟气深度降温换热; ⑤原冷烟道采用的是碳钢管体加轻质浇注衬里的组合方式, 无防水、防漏和防腐能力; ⑥原引风机一般设计工作温度在 150℃, 叶轮、壁板和主轴等接触烟气的部件均采用碳钢材质, 表面仅涂刷防锈漆料, 其防腐能力十分有限; ⑦原烟道中并无任何可以进行低温湿烟气液滴捕集的设备; ⑧原烟风道基本都存在一定程度的漏风现象, 在冷热烟道法兰连接处及各挡板位置尤其明显, 这些漏风现象一定程度上加剧了余热回收系统的热量损失; ⑨原加热炉及余热回收系统并未配置任何污水或含酸冷凝水处理设备, 冬季或低负荷工况下出现的冷凝水均采用直接排放的方式处理, 存在有环保隐患。

3 技术实施方案

3.1 技术方法

①本项目利用现有的单独换热器技术整合成新领域内的应用成套工艺技术, 涉及多项工艺技术及应用。每个环节的工艺技术在国内均有相应的成熟应用, 应用性能均非常稳定; ②本项目采用高效防腐组合式空气预热器直接将空气与烟气进行换热, 低温段换热模块采用玻璃板式换热器, 其换热板采用特种耐热玻璃, 可以完全抵抗酸露点腐蚀, 高温段模块换热板材质为碳钢。烟道、空气管道、外支架材质为碳钢; ③本项

目高效防腐组合式空气预热器空气经四个换热流程 S 形流动后同侧进出预热器, 烟气从预热器顶部进入预热器, 底部出预热器与引风机连接进入冷烟道进行排烟。烟气与空气错流换热, 整个换热器共四个流程; 高温段三个流程, 低温段一个流程; ④本项目预热器低温段玻璃换热模块上方设置喷淋清洗装置, 用以定期对低温模块进行喷淋冲洗, 纯水喷淋时需采用除盐水, 化学清洗时由预热器供货厂家提供清洗剂和循环喷淋装置进行现场操作, 清洗产生的污水通过排污阀引入全厂排污管道; ⑤预热器低温段下方设置积液箱, 底部设置排污管组及排污阀, 可以实时连续排除冷凝水及清洗水。积液箱内部涂刷防腐涂料, 可有效放置冷凝水对积液箱的腐蚀; ⑥烟气排烟温度 110°C 以下, 低温段会出现明显的冷凝现象, 故低温段换热器盖板、立柱表面均喷涂玻璃鳞片进行防腐。

3.2 技术创新性

①采用全新的烟气深度余热回收工艺, 在目前的普通余热回收工艺基础上, 再提高系统热效率 3% 以上; ②新型换热材料用于低温烟气换热过程中, 实现换热器在酸性冷凝工况下中长期稳定运行, 连续运行时间不少于 4 年 (一个大修周期), 系统使用寿命不低于 8 年 (两个大修周期); ③烟气深度冷凝净化工艺, 将烟气排放固体粉尘颗粒物降低至 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以内; ④新型低压降液滴捕集设备, 保证其捕集效率高于 90%, 产生的压降不超过系统总压降的 10%, 连续使用时间不少于 5 年; ⑤新型冷烟道防腐、防水及防漏工艺, 改变现有的衬里结构, 确保冷烟道可以长周期稳定的在低温工况下运行; ⑥新型余热回收系统热损失控制技术, 确保烟道漏风及其他因素造成系统热损失下降至 2% 以内; ⑦开发了新型配套冷凝水自动化处理工艺设备, 使烟气降温产生的冷凝水可以在环保要求下进行排放。

4 改造内容

①整个新增装置空气入口、烟气出口不做任何改动。空气出口重新做连接段与原风道连接, 缩短原顶部烟道与烟气进口连接, 整体烟风道不改变原来管道走向布局, 不增加改造工作量; ②地基利旧, 施工简单, 仅吊走原预热器装置, 将新预热器装置原地吊装就位, 管口连接完毕即可。

5 主要解决问题

①降低加热炉系统最终排烟温度, 提高加热炉效率。改造后加热炉效率可基本提升至 93.5% 以上; ②

降低目标加热炉燃料消耗量和碳排放总量 2%; ③试用能够长周期稳定的在冷凝工况下工作的空气预热器设备; ④试用能够长周期稳定的在冷凝工况下工作冷烟道及引风机排风系统; ⑤解决冷烟道、引风机的腐蚀和漏水问题。改造后冷烟道及引风机具备良好的防腐和防水能力, 可以长期稳定在低温工况下运行; ⑥解决系统烟风道的漏风及热量异常散失问题。改造后整个系统的热损失可以降低至 2% 以内, 并解决烟道漏风对于排烟氧含量的影响; ⑦解决冷凝水随意排放的环保问题。改造后冷凝水可以达到 GB31570 标准中规定的“间接排放”标准, 不影响厂区环保。

6 开工运行状况

2022 年 6 月 2 日加氢改质装置大修开工后至今, 加热炉余热回收系统运行正常。部分运行参数如下: 见图 1、图 2、图 3。改造后反应炉和重沸炉的合计燃料气消耗: $1282\text{Nm}^3/\text{h}$ 。改造前加热炉余热回收系统运行状况。见图 4、图 5、图 6。改造前反应炉和重沸炉的合计燃料气消耗: $1723.8\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

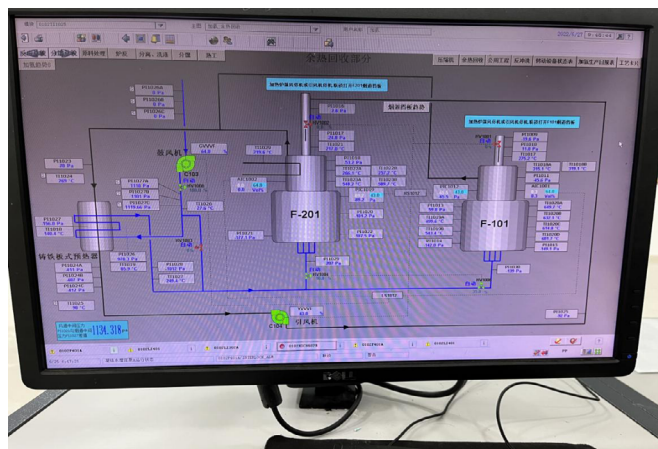


图 1 改造后排烟温度 98°

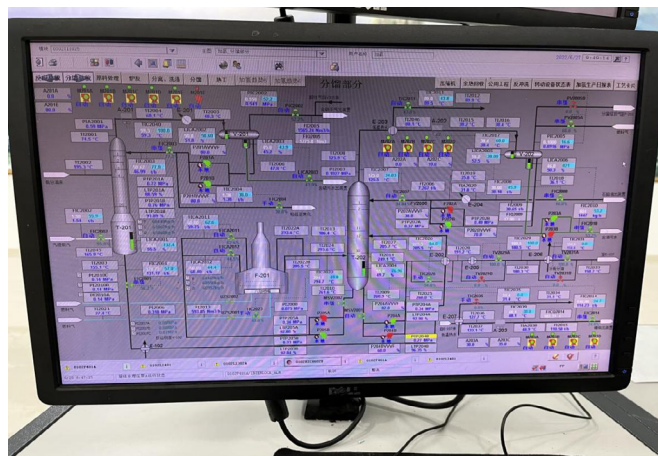


图 2 改造后重沸炉燃料气消耗量 $593.85\text{Nm}^3/\text{h}$

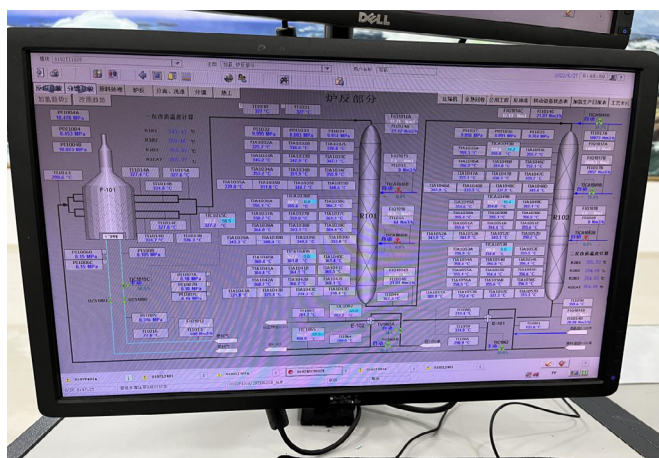


图3 改造后反应炉燃料气消耗量 $688\text{Nm}^3/\text{h}$

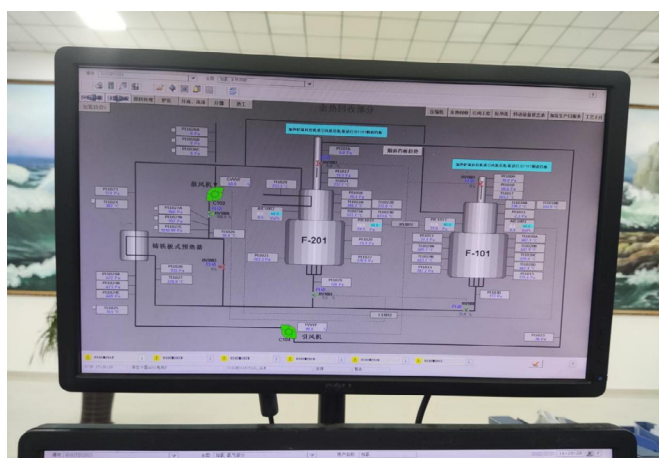


图4 改造前排烟温度 151°

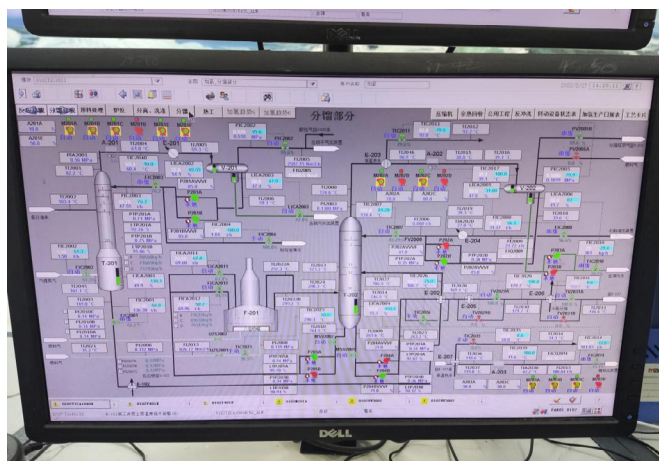


图5 改造前重沸炉燃料气消耗量 $826.77\text{Nm}^3/\text{h}$

7 改造后实施效果

①根据改造前后正常运行工况比较,按 8400h/a 运行周期,每年直接节省 $(1723.8-1282) \times 8400=371.3$ 万 Nm^3/a 燃料气;②加热炉系统热效率达到 93.5% 以上,排烟温度降低至 110°C 以下;③烟气深度冷凝采用玻璃板式换热器作为低温预热器系统,可以完全解决酸性腐

蚀的问题,极大的提高设备使用寿命,减少维修及配件更换成本;④高温段及低温段换热模块均采用较大板间距的平板式换热器组成,可以有效的减缓预热器积灰堵塞情况的发生;⑤ SO_2 、颗粒物及 NO_x 进一步降低,其中烟气排放固体粉尘颗粒物降低至 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下;⑥新型换热材料用于低温烟气换热过程中,实现换热器在酸性冷凝工况中长周期稳定运行,连续运行时间不少于4年(一个大修周期),系统使用寿命不低于8年(两个大修周期);⑦新型冷烟道防腐、防水及防漏工艺,改变现有的衬里结构,确保冷烟道可以长周期稳定的在低温工况下运行;⑧不增加新的运行人工和公用工程消耗。

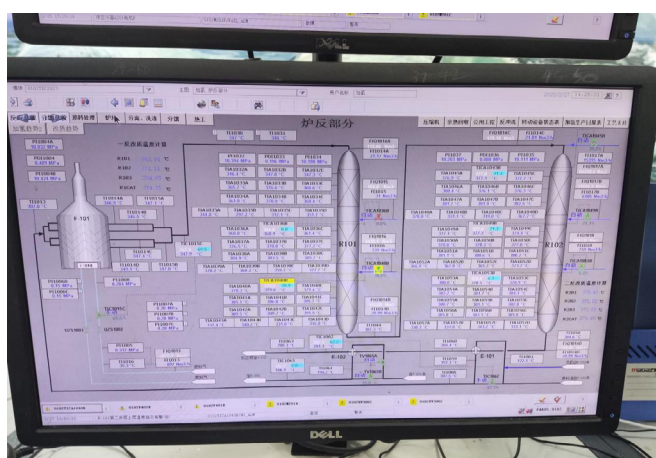


图6 改造前反应炉燃料消耗量 $897\text{Nm}^3/\text{h}$

8 环境与社会效益分析及推广应用价值

①系统无新的“三废”污染物产生;②减少加热炉系统碳排放量 2% 左右;③控制冷凝水排放的污染物含量,确保其环保达标 GB31570 的标准;④通过烟气深度冷凝,减少烟气中污染物的排放;⑤该项目可以有效提高加热炉效率,降低燃料消耗量,降低加热炉总碳排放量,具有良好的经济效益和环保效益,推广应用价值大。

综上所述,中海沥青股份有限公司 120 万 t/a 加氢改质装置余热回收节能改造项目开工后安全平稳运行,节省了大量的燃料气,加热炉热效率在 93.9% 左右,装置生产成本明显降低,经济效益明显。

参考文献:

[1] 李保良,王景堂.提高加氢裂化装置加热炉烟气余热回收效率改造应用[J].炼油技术与工程,2019(10).

作者简介:

李晓涛(1974-),男,汉族,山东惠民人,学士,高级工程师,研究方向:炼油工艺。