

BA-103 裂解炉性能测试

徐生荣

(南京师范大学 动力工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 通过对 BA-103 裂解炉进行的性能测试, 了解该炉改造后的效果. 测试结果说明, 裂解炉炉内烟气温度、炉墙内外壁温度、炉管管壁温度分布符合设计要求. 散热损失较小, 说明炉墙保温层设计、安装合理; 排烟热损失较大是因为过剩空气系数偏大和排烟温度较高. 该炉的实测热效率超过设计要求. 裂解炉的改造达到了节能降耗、增加产出的预期目的.

[关键词] 裂解炉, 温度测量, 烟气分析, 热平衡

[中图分类号] TK22; TQ2, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292-(2004 04-0025-03)

0 引言^[1]

裂解炉是乙烯装置的核心设备, 其投资约占乙烯装置总投资的 1/3. 它的安全和经济运行对整个装置操作是非常关键的. 在裂解炉中将辐射炉管置于炉膛内的高温烟气中, 原料裂解反应所需的热量通过炉管从高温烟气中吸收, 而高温烟气由燃料气或油与空气混合燃烧产生.

裂解炉根据工艺需要分成 3 个区域, 炉内辐射区、横跨段和对流段. 其中部分热量要在炉子对流段加以回收, 用以预热工艺物料(烃进料、稀释蒸汽、锅炉给水和产生高压饱和蒸汽及过热蒸汽, 以提高裂解炉的热效率. 反应生成的高温裂解气进入废热锅炉快速冷却(急冷), 以防止裂解产品二次反应, 降低乙烯收率.

BA-103 裂解炉是某石化公司 20 世纪 80 年代从美国引进的鲁姆斯公司 SRF-III 型裂解炉, 该公司采用荷兰 KTI 公司 GK-V 型裂解炉技术, 对其进行了改造, 预期改造后乙烯炉生产能力从 4 万 t/年增加到 6 万 t/年. 因此 BA-103 炉改造后进行性能测试是必要的.

测试内容主要包括: 裂解炉辐射段及横跨段炉内烟气温度测量; 辐射段和对流段炉墙外壁温度测量; 辐射段炉内墙表面温度及炉管管壁温度测量; 辐射段和横跨段及对流段出口烟气取样分析. 裂解气取样分析和燃料气取样分析; 此外还包括工艺操作数据记录、工艺操作参数调整等. 其主要目的是对该炉的性能加以分析和评价, 为同类型的裂解炉改造提供新的依据.

1 裂解炉工艺概述

BA-103 裂解炉工艺流程为: 液态原料由界外送送到裂解炉界区, 原料温度约为 60℃, 分成 6 路, 分别经各路的流量控制阀, 进入裂解炉对流段第一组原料预热器(FPH, 预热后的原料与界外送来的 175℃稀释蒸汽一部分混合后进入第一混合原料高温盘管(HTG-1, 接着进入第二高温盘管(HTG-2.

从界外送来的 175℃稀释蒸汽另一部分也分成 6 路进入稀释蒸汽过热(器(DSSH 过热到 564℃, 与从 HTG-2 出来的 398℃烃混合, 混合温度为 438℃, 然后进入第三高温盘管(HTG-3 加热到 605℃. 从 HTG-3 来的温度为 605℃的烃、蒸汽混合物经横跨管分成 48 股进入裂解炉辐射炉管内, 被迅速加热到工艺上规定的裂解温度 863℃, 如图 1 所示.

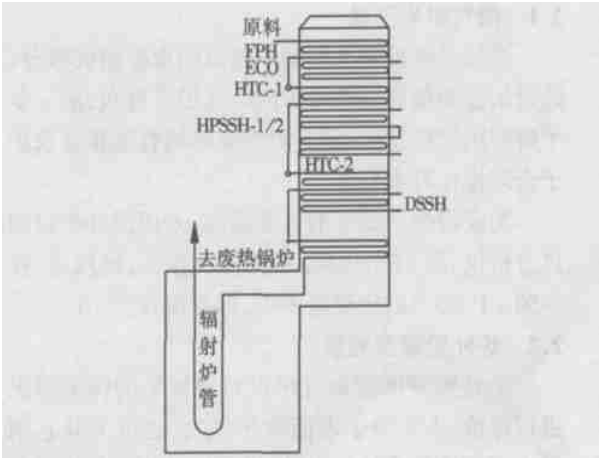


图 1 裂解炉工艺简图

从裂解炉辐射炉管出来的高温裂解气分成 16 根管一组直接进入一台线性废热锅炉(TLE, 全炉

共 3 台线性废热锅炉. 废热锅炉可以在几毫秒的时间内把高温裂解气迅速降低到 435℃, 防止二次反应发生而降低乙烯收率. 然后裂解气再进入文丘里型不结垢急冷器, 进一步冷却至 214℃, 送至界外的汽油分馏塔.

进入裂解炉区的 148℃高压锅炉给水(BFW 有两根管, 一根用于正常 BFW 供给, 一根用作蒸汽过热器的减温水. BFW 先进入对流段锅炉水预热器(ECO 盘管加热到 245℃, 再送至汽包内, 通过下降管进入废热锅炉(TLE 的壳程(水侧, 吸收裂解气的热量部分汽化, 通过上升管将汽水混合物送入汽包, 汽包将水、汽分离出来. 324℃的饱和蒸汽依次进入对流段第一蒸汽过热器(HPSSH-1 和第二蒸汽过热器(HPSSH-2 过热到 525℃, 过热后的蒸汽送往界区外发电. 上述流程中温度分布状况可用表 1 加以概括.

表 1 裂解炉烟气及介质流程/℃

项目 (按烟气流程)	进口 烟温	出口 烟温	介质进口 温度	介质出口 温度
第三高温盘管(HTG-3	1 185	993	438	605
稀释蒸汽过热器(DSSH	993	886	175	564
第二蒸汽过热器(HPSSH-2	886	753	324	—
第一蒸汽过热器(HPSSH-1	753	611	—	525
第二高温盘管(HTG-2	611	554	—	398
第一高温盘管(HTG-1	554	347	—	331
锅炉水预热器(ECO	374	188	148	245
原料预热器(FPH	188	108	60	145

炉内所需的热量由 24 个底部烧嘴和 108 个侧壁烧嘴燃烧的气体燃料产生的高温烟气供给.

2 测试内容及方法

2.1 烟气温度测量

烟气温度测量是裂解炉测试的重要组成部分. 通过烟温测量可以获得炉内烟气温度分布, 进一步了解炉内供热情况, 同时对燃烧器的合理布置及炉子合理操作有重要意义.

为获得炉内烟气的真实温度, 采用国外进口的热分析仪, 配 TESTO-342 传感器及探头, 经校正, 在 - 50~ 1 400℃的测量范围内, 偏差值仅为 1℃.

2.2 炉外壁温度测量

炉外壁温度测量可用以对裂解炉的保温情况进行评价, 求取炉子表面散热损失, 还可为其它同类型裂解炉改造的保温设计提供依据. 为保证测量精度, 采用 A-1-305 型表面温度计对 BA-103 炉外壁温度进行多点测量.

2.3 炉内墙温度和炉管壁温度测量^[2]

炉内墙温度、炉管管壁温度及烟气温度决定了管内物料(烃 的反应温度, 管壁温度是关联管内烃

温度和烟气温度的桥梁. 管壁温度及炉内墙温度测量有接触法和非接触法. 本次测试采用国外进口的光学高温计对炉内墙温度和炉管外壁温度进行测量. 由于高温计在测量炉管表面温度时, 除了接受炉管表面的自身辐射外, 还接受到炉管表面对于炉内墙辐射的反射辐射, 因此炉管壁温度测量结果需经过反射修正, 修正后的温度值消除了反射的影响, 较客观地反应了炉管的实际温度. 根据文献[2] 推荐的数据以及仪器操作指南, 测量中炉管辐射率取 0. 91, 炉内墙辐射率取 0. 82.

2.4 烟气取样分析

在炉子的热性能测试中, 炉膛烟气成份分析是必不可少的. 主要分析烟气中 O₂、CO₂、CO、NO_x 的含量, 这对了解炉内燃烧情况, 确定炉子过剩空气系数, 求取炉子热效率, 调整炉子运行和环境保护都是十分重要的. 为保证烟气成份分析准确, 采用进口的 TESTO-350 型烟气分析仪, 对烟气进行取样分析, 取样点分别设在辐射段、横跨段及对流段出口(即引风机入口 .

2.5 其它测试分析

除了上述测试内容外, 还进行了裂解气全分析及原料油、燃料气分析, 对炉子操作工艺参数进行了详细记录.

3 测试结果及分析

共进行了 3 个工况的热性能测试, 3 个工况的最大负荷与最小负荷相差 12% (表 4 中的总供热量 . 每个工况的测试过程中要求运行参数保持稳定, 直到测试结束.

3.1 烟气温度测量

从测量过程和测量结果来看, 裂解炉辐射段各方向的温度分布是比较均匀的. 沿炉体高度方向的温度差最大为 103℃, 水平方向的温度偏差最大为 21℃, 说明炉内辐射受热面布置是合理的. 烟气温度测量结果见表 2.

表 2 烟气温度测量结果/℃

项目	工况 1	工况 2	工况 3
排烟温度	142	143	145
横跨段	1 067	1 084	1 083
炉膛中部	1 102	1 107	1 110
炉膛底部	1 152	1 197	1 143

3.2 炉外壁表面温度测量

在测量炉外壁表面温度时, 将散热表面分成若干个相等的区域进行测量, 测点布置了 600 余个, 由测量结果来看, 在炉墙看火孔区域局部温度较高, 最高达到 112℃, 但这些区域的面积很小, 而这

些区域以外的大面积区, 温度分布较均匀, 且总的温度值较低. 由此可见, 炉墙散热损失较小.

3.3 烟气取样分析

烟气取样点分别设在辐射段一层平台(炉底部、横跨段及对流段出口, 分析测试结果见表 4. 过剩空气系数根据氮平衡计算得出.

从分析结果看, 烟气中 CO 含量最大区域在炉的底部, 但只有 44 mg/m³(干烟气, 在横跨段及其以后为 0, 说明炉内燃烧状态良好. 此时辐射段出口过剩系数 α= 1.1, 对流段出口过剩空气系数 α= 1.22 左右. 由于炉内燃烧温度较低(1 300~1 400℃, NO_x 浓度仅为 35~ 72 mg/m³(干烟气).

3.4 炉管壁温及炉内墙表面温度测量

由于 BA-103 辐射炉管是 U 型结构, 从炉底(平台 A, 到炉顶对一组 U 型炉管外壁温度及炉内墙表面温度进行了测量, 其结果见表 3.

表 3 炉管外表面及炉墙内表面温度测量结果/℃

测量位置	一程(小炉管)	二程(大炉管)	炉墙
平台 A 视孔	882	976	1 200
平台 B 视孔	893	1 042	1 187
平台 C 视孔	875	1 014	1 177
平台 D 视孔	797	1 025	1 182

由表 3 可知炉管外表面及炉墙内表面温度完全符合设计要求

3.5 裂解炉的热平衡

热平衡牵涉到的数据很多, 物料、燃料的流量、压力、温度及烟气温度、成份分析的准确性与否则是影响热平衡计算的关键因素. 计算采用实测数据作反平衡, 利用裂解气全分析及原料油、燃料气分析, 炉子操作工艺参数进行正平衡校核. 按文献[3]编制了计算程序. 根据裂解炉引风机入口烟气分析实测平均值计算过剩空气系数. 热平衡计算中, 炉墙散热损失, 采用炉外壁表温度测量结果, 对辐射段

和对流段各墙分别进行计算, 其中炉墙对环境的传热系数依据文献[3]推荐的公式计算. 热效率计算结果见表 4.

表 4 热效率计算结果

项目	工况 1	工况 2	工况 3
烟气中含 O ₂ 量/ %	4.0	4.1	4.0
烟气中含 CO ₂ 量/ %	9.4	9.5	9.5
过剩空气系数 α/ %	1.21	1.22	1.22
燃料气耗量/(m ³ /h)	5 160	5 222	5 299
燃料气热值/(kJ/m ³)	37 504	34 957	32 101
总供热量/(GJ/h)	193.5	182.5	170.1
排烟损失 q ₂ / %	6.23	6.21	6.25
不完全燃烧损失 q ₃ / %	0	0	0
散热损失 q ₄ / %	0.67	0.66	0.61
热效率/ %	93.10	93.13	93.14

从表 4 可以看出, 热效率为 93.1% 左右比设计值(92.7% 高出 0.4%.

4 结论

从热平衡测试、计算结果可以看出, 炉子热效率为 93.1% 左右, 超过了设计要求; 散热损失较小, 说明炉墙保温层设计、安装合理; 排烟热损失较大是因为过剩空气系数偏大和排烟温度较高, 可通过运行加以改善. 由测试数据及工艺操作参数记录结果来看, 由于炉内受热面布置合理, 烟气温度分布比较均匀, BA-103 炉比同类型未经改造的 BA-102 炉的乙烯收率高出近 1 个百分点, 因此裂解炉的改造达到了节能降耗、增加产出的预期目的.

[参考文献]

[1] 李作政. 乙烯生产与管理[M]. 北京: 中国石化出版社, 1992. 116-120.
[2] 吕崇德, 姜学智, 杨献勇, 等. 热工参数测量与处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990. 153-161.
[3] 化学工业炉设计手册编写组. 化学工业炉设计手册. 北京: 化学工业出版社, 1988. 201-214, 417-424.

Performance Tests and Analysis of BA-103 Cracking Still

XU Shengrong

(School of Power Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China

Abstract: According to the performance tests in BA-103 cracking still, the effect of the transformed stove has been gained. The tests have shown that in the cracking still, the temperature distribution in the gas and the wall setting as well as the cracking tubes can meet the design requirements. The loss of heat dissipating is smaller, indicating the insulating layer design of the stove wall and the installation have been properly made; the thermal loss of the exhaust gas is more because the excess air coefficient is big and the gas temperature is higher. The thermal efficiency of this stove satisfies the design requirement, and the transformation of the cracking still has achieved the purpose in saving energy, reducing consumption and increasing the output.
Key words: cracking still, temperature measurement, gas analysis, thermal equilibrium

[责任编辑: 刘健]