

关于柴油加氢裂化反应器热氢汽提的研究

雷东海 寇治平 张 翼 (浙江石油化工有限公司, 浙江 舟山 316000)

摘 要: 石油是石油化工行业生产的主要原料, 受到石油资源属于稀缺资源的影响, 在进行生产的过程中, 必须要提升石油资源的利用效率。石油化工生产中利用的主要技术为精馏技术, 通过此种技术的应用, 有效地提升了生产效率和生产质量, 原油通过常减压“初馏—常压蒸馏—减压蒸馏”三级蒸馏工艺技术路线。原油在装置内经电脱盐脱水、初馏、常压蒸馏和减压蒸馏后, 分馏出石脑油(含轻烃)、航煤、柴油、蜡油和减压渣油等(中间)产品。而这些中间产品有需要通过一系列的反应才产出可以有效利用的产品。

关键词: 柴油加氢; 反应器; 柴油冲洗; 热氢汽提

1 加氢裂化技术的特点

柴油加氢裂化反应就是加氢裂化反应器通过固定床单段一次通过柴油加氢裂化技术将粗产品柴油生产成可进行调和的成品液化石油气、石脑油、重石脑油、航煤、产品柴油等。通过柴油加氢裂化装置生产高质量的合格产品需要用到一个很重要的设备, 就是反应器; 反应器内通过控制压力和温度, 在催化剂的作用下进行一系列的化学反应以后, 才能转变为所需要的目标产品; 而反应器在反应一段时间后, 由于各种原因会造成反应器催化剂床层压差升高, 压差过高会压塌催化剂床层, 更严重的会造成反应器受损, 造成事故发生。

2 进行柴油冲洗及热氢汽提的目的与具体操作

反应器催化剂床层压降变大之后, 在不更换催化剂时, 选择反应器催化剂床层进行柴油冲洗和热氢汽提的方式来降低反应器催化剂床层压差, 维持生产的继续进行。具体情况如下: 2021年1月29日起, 柴油加氢裂化装置循环氢压缩机出入口压差由1980kPa出现明显上涨趋势, 3月底达到2310kPa, 上涨幅度到达330kPa, 上涨趋势见图1(s1135si28102为压缩机转速)。

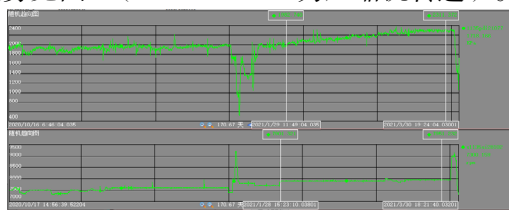


图1 循环氢压缩机出入口压差变化趋势

期间裂化反应器R-0102总压降1135PID21056上涨了408kPa, 其上涨数值大于循环氢压缩机出入口压差上涨值, 原因是急冷氢流量一定程度上影响床层差压测量, 但裂化反应器R-0102压降总体上涨趋势与压缩机出入口压差上涨趋势一致, 图2显示了裂化反应器R-0102压差变化趋势(1135PID21050为第一床层压降、1135PID21052为第一二床层总压降、1135PID21054为第一二三床层总压降、1135PID21056为裂化反应器R-0102总压降), 从图2可知, 1月30日裂化反应器R-0102第一二三床层总压降1135PID21054达到满量程650kPa, 3月18日扩量程后达到约980kPa; 表1可知, 裂化反应器R-0102第一床层压差、第三床层压差上涨

趋势明显, 分别达111kPa、234kPa。

表1 R-0102床层压降对照表(压差单位 kPa)

时间	第一床层压差	第二床层压差	第三床层压差	第四床层压差	R-0102总压降
1月29日	150	327	131	147	755
3月30日	261	369	365	168	1163
压差变化	111	42	234	21	408

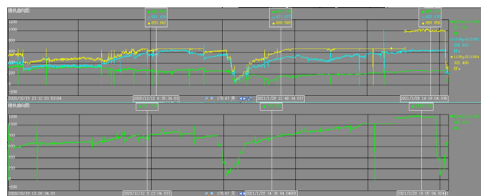
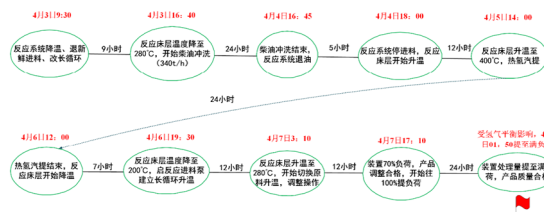


图2 R-0102床层压差变化趋势

专利商经过数据分析认为: 压降的快速增长可能是由于R-0102多次出现热点的结果, 多次热点的出现造成催化剂床层结焦, 导致催化剂床层压降增大。由于裂化反应器R-0102第二床层和第三床层单床层压差都接近机械设计极限, 为避免反应器内件损坏, 按专利商的建议对催化剂进行柴油冲洗及热氢汽提, 达到去除催化剂上焦碳, 降低床层压降的目的。

3 柴油冲洗、热氢汽提及开工恢复实际进度节点

350万吨/年柴油加氢裂化装置柴油冲洗、热氢汽提及开工恢复统筹图(红色字体为实际进度节点)



注: 停工到开工恢复70%进料负荷计划统筹105小时, 恢复到100%负荷计划统筹129小时。

实际用时: 停工到开工恢复70%进料负荷用时104小时, 受氢气平衡影响恢复到100%负荷用时136.5小时。

图3 实际进度节点与计划统筹对比

柴油冲洗、热氢汽提及开工恢复到70%负荷所用时间基本与计划统筹时间一致; 因氢气平衡限制提量, 负荷由70%提至满负荷实际所用时间比计划统筹多7.5h。详细进度节点见图3。

4 柴油冲洗、热氢汽提效果评价

表2对热氢汽提前后主要操作参数进行了对比,

循环氢压缩机出入口压差降低了 187kPa，裂化反应器 R-0102 各床层压差总和下降了 186kPa，两者几乎一致，从数据中可以看出反应系统压降的改善主要体现在 R-0102 各床层压降的下降。

表 2 热氢汽提前后主要操作参数对比

时间	3月26日	4月16日	备注
加工量, t/h	417	417	
催柴, t/h	82	82	
焦柴, t/h	100	100	
轻蜡油, t/h	43	43	
直柴, t/h	192	192 (含 25% 常一线)	
系统压力, MPa	10.5	10.5	
氢油比, Nm ³ /h	845	875	
循环氢转速, rpm	7950	8000	
循环氢流量, Nm ³ /h	820000	800000	
R-0102 第一床层压差, kPa	261	194	降低 67kPa
R-0102 第二床层压差, kPa	370	307	降低 63kPa
R-0102 第三床层压差, kPa	366	335	降低 31kPa
R-0102 第四床层压差, kPa	161	136	降低 25kPa
K-0101 出入口压差, kPa	2292	2105	降低 187kPa

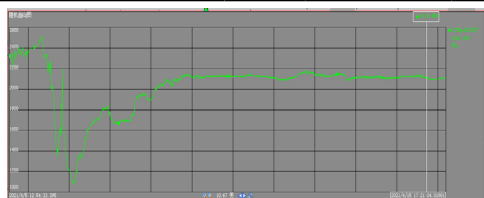


图 4 热氢汽提后循环氢压缩机出入口压差趋势

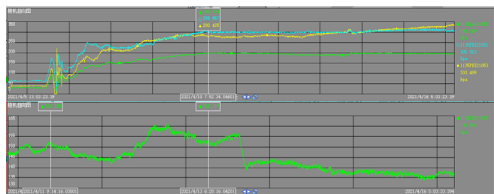


图 5 热氢汽提后 R-0102 各床层压差变化趋势

4月9日装置恢复 100% 负荷，截至 4月16日，循环氢压缩机出入口压差较热氢汽提前降低约 187kPa，目前压差约 2110kPa，数值暂时稳定（图 4）。从 4月10日以来裂化反应器 R-0102 各床层压差趋势来看，R-0102 第一床层压降为 195kPa、第二床层压降为 300–305kPa，相对稳定；R-0102 第四床层压降由 151kPa 下降至 136kPa，略有下降；而裂化反应器 R-0102 第三床层压降处于上升的趋势，压降由 280kPa 上涨至 16 日的 335kPa，见图 5（1135PID21050 为第一床层压降、1135PID21051 为第二床层压降、1135PID21053 为第三床层压降、1135PID21055 为第四床层压降）。裂化反应器 R-0102 第三床层压降虽在上涨，但目前循环氢压缩机出入口压差基本稳定，需要更长时间的监控压缩机出入口压差趋势与 R-0102 各床层压差的趋势变化。

5 装置长周期运行建议

5.1 稳定及优化进料性质

柴油加氢裂化设计加工 24.36% 的催化柴油、21.94% 的焦化柴油。由于二次加工柴油，尤其是催化柴油中多

环芳烃含量高达 40–45%，目前的催化剂级配不足以在设计催柴加工比例下达到工艺包要求的 53.65% 的重石收率。从掺炼轻蜡油前的实际运行情况来看，如果装置按设计比例加工催柴，为避免造成床层超温，装置的重石脑油收率仅能达到 28–29%。掺炼 10% 轻蜡油后，重石脑油收率大约能达到 37–38%。装置在接近最大重石脑油收率工况下运行时，需要罐区及上游装置保证进料性质稳定，计划调度部优先满足柴油加氢裂化装置的用氢需求，避免进料性质变化以及频繁提降转化率造成反应器不稳定而出现超温，导致催化剂进一步结焦，单床层压降、循环氢压缩机出入口压降快速上升。在后续加氢装置开工后，总体平衡催化柴油库存，尽量减少柴油加氢裂化装置催化柴油加工量。

5.2 加快催化剂采购进度

反应器内件设计单床层压降 ≥ 380 kPa，短期最大压降 ≥ 430 kPa，热氢气提后对 R-0102 床层压降虽有一定改善，但 R-0102 第二、第三床层压降仍然较高，分别为 305kPa、335kPa，如果单床层压降达到设计值，长期运行很可能造成反应器内件损坏。为了降低床层压降，只能降低处理量。

从目前的情况来看，R-0102 床层压降上升趋势与循环氢压缩机出入口压差上升趋势基本一致，随着循环氢压缩机出入口压降的进一步上涨，循环氢压缩机的负荷会进一步升高，为保证设备安全运行，可以采取的措施一是降低压缩机转速，但压缩机转速降低后，反应系统的氢油比达不到设计值，增大了反应器出现超温的风险；二是降低装置的处理量。

因此，为了彻底解决因催化剂频繁超温引起的床层压降上升问题，保证装置满负荷长周期平稳运行，需要在停工检修时更换催化剂。4月上旬，柴油加氢裂化装置的原料已送到大连院做中试试验，专利商也将于近期采样运到美国做中试试验。据了解，专利商收到原料后，中试试验需要 3 个月的时间，催化剂的制造周期约 1 年。需要公司协调大连院及专利商尽快完成催化剂的中试试验，给出新的催化剂级配方案，尽快完成催化剂的采购。

6 柴油加氢裂化装置柴油冲洗和热氢汽提的实践总结

柴油加氢裂化装置反应器催化剂床层压差高可以通过柴油冲洗和热氢汽提在一定时间内减轻反应器的运行负荷，降低反应器床层压降，虽然不能从根本上解决反应器床层压降持续升高的问题，但是为了生产能够继续稳定运行，达到装置设计的检修时间，柴油冲洗和热氢汽提有很大的研究意义。

作者简介：

雷东海（1987-），男，汉族，甘肃静宁人，助理工程师，本科，就职于浙江石油化工有限公司，研究方向：加氢精制、加氢裂化。