

碳四综合利用装置三个单元联合运行

姚佃鹏 (中煤陕西榆林能源化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

摘要: 碳四综合利用装置由 MTBE 单元、OCU 单元、异构化单元。MTBE 单元是以混合碳四为原料通过加氢反应去除丁二烯和炔烃, 进行醚化反应生成 MTBE, 醚化反应后的混和碳四精馏得到丁烯-1 产品, 重 C₄ (主要含丁烯-2) 作为 OCU 单元进料, 在 OCU 反应器中反应生成丙烯, 通过精馏得到聚合级丙烯产品。异构化单元是丁烯-2 双键异构化制丁烯-1 装置, 由于上游装置乙丙比的调整, 生产出的乙烯量高于丙烯产量, 而无法满足聚丙烯装置每日的消耗量, 为了保障聚丙烯装置产量稳定, 此时需要开 OCU 单元来生产丙烯, OCU 单元平均一个半月需要开一次, 以往的正常生产运行模式为 MTBE+ 异构化或 MTBE+OCU 两两单元运行模式, 未降低异构化如此高频率的开停工增加了安全风险和催化剂的使用寿命, 为充分发挥碳四装置性能和提高生产负荷、延长运行时间决定优化碳四装置的运行模式提高公司经济效益。

关键词: 联合运行; 聚合级丙烯; MTBE 单元; OCU 单元; 异构化单元

碳四综合利用装置正常生产运行模式为 MTBE 单元 + 异构化单元或 MTBE 单元 + OCU 单元, 两两单元运行模式, 因 OCU 单元平均一个半月需要开一次, 开 OCU 单元的时候需要将异构化单元停车, OCU 单元停车后再将异构化单元进行重新开车, OCU 反应器和异构化反应器是高温反应, 如此高频率的开停工增加了安全风险, 也影响反应器催化剂的使用寿命, 为充分发挥碳四装置性能, 最大程度地提高生产负荷、延长运行时间, 通过计算物料平衡, 不断摸索试验进料负荷、各反应器催化剂对反应温度、压力的敏感性, 调整三个单元工艺操作, 建立了碳四综合利用装置三套联运工艺模型, 摸索出适合三个单元联合运行的操作参数。

1 技术领域

2020 年 8 月 17 日, 中煤陕西公司烯烃中心碳四综合利用装置顺利实现 MTBE、异构化、OCU 三个单元联合运行生产, 同时实现了多产丙烯、多产丁烯-1 的目的, 成为了国内碳四综合利用领域多单元联合运行的先行者。

2 主要内容

碳四综合利用装置由 MTBE 单元、OCU 单元、异构化单元。MTBE 单元包括选择加氢系统、醚化反应精馏系统、甲醇回收萃取系统、丁烯-1 精馏系统四个部分; OCU 单元包括 OCT 反应物料预处理系统、OCT 反应器系统、脱乙烯塔、脱丙烯塔和再生系统五个部分; 异构化单元包括异构化反应系统、选择加氢系统、粗丁烯-1 提浓系统三个部分。MTBE 单元是以混合碳四为原料通过加氢反应去除丁二烯和炔烃, 加氢后碳四与甲醇在催化剂作用下进行醚化反应生成 MTBE, 醚化反应后的混和碳四通过水洗塔除掉甲醇后进入第一、第二精馏塔分离得到丁烯-1 产品, 重 C₄ (主要含丁烯-2) 作为 OCU 进料, 在 OCU 反应器中乙烯和丁烯-2 反应生成丙烯, 通过脱乙烯塔和脱丙烯塔得到聚合级丙烯产品。异构化单元是丁烯-2 双键异构化制丁烯-1 装置是利用丁烯-1 装置的副产重 C₄ 作为异构化原料, 反应产物经热量回

收、提浓后返回到丁烯-1 装置的第一精馏塔, 依托丁烯-1 装置分离精制得到丁烯-1 产品。

由于上游装置乙丙比的调整, 生产出的乙烯量高于丙烯产量, 而烯烃分离产的丙烯无法满足聚丙烯装置每日的消耗量, 丙烯罐存平均每天降低 90t 左右, 而乙烯罐存量较高, 为了保障聚丙烯装置产量稳定, 此时需要开 OCU 单元来生产丙烯, OCU 单元平均一个半月需要开一次, 以往的正常生产运行模式为 MTBE+ 异构化或 MTBE+OCU 两两单元运行模式, 开 OCU 单元的时候需要将异构化单元停车, OCU 单元停车后再将异构化单元进行重新开车, 异构化反应器是高温反应, 异构化如此高频率的开停工增加了安全风险, 也影响异构化反应器催化剂的使用寿命, 且丁烯-1 和聚合级丙烯无法实现同时增产的目的。

为充分发挥碳四装置性能, 最大程度地提高生产负荷、延长运行时间, 扩大经济效益, 公司力推与烯烃中心商议决定优化碳四装置的运行模式, 公司技术领导与装置技术人员立即开会研究联合运行的可行性, 通过计算三个单元进料负荷, 计算物料平衡, 再不断摸索试验进料负荷、各反应器催化剂对反应温度、压力的敏感性, 调整三套装置系统操作, 建立了碳四综合利用装置三套联运工艺模型, 摸索出适合三个单元联合运行的操作参数, 于 2020 年 8 月 17 日顺利实现 MTBE、异构化、OCU 三个单元联合运行生产, 实现了多产丙烯、多产丁烯-1 的目的。

三套单元联合运行既能保障聚丙烯装置高负荷运行所需的丙烯原料, 又能满足聚乙烯装置对丁烯-1 的需求, 富余的聚合级丙烯进行外售, 经济效益显著。同时有效的降低了异构化单元开停车次数, 降低了装置开停车安全风险, 大大提高了装置长周期稳定运行, 为全厂物料平衡和安全稳定运行做出突出贡献。

3 工艺原理

MTBE 单元是以混合碳四为原料通过加氢反应去除丁二烯和炔烃, 加氢后碳四与甲醇在催化剂作用下进行

醚化反应生成 MTBE，醚化反应后的混和碳四通过水洗塔除掉甲醇后进入第一、第二精馏塔分离得到丁烯-1 产品，重 C₄（主要含丁烯-2）作为 OCU 进料，在 OCU 反应器中乙烯和丁烯-2 反应生成丙烯，通过脱丙烯塔和脱丙烷塔得到聚合级丙烯产品。异构化单元是丁烯-2 双键异构化制丁烯-1 装置是利用丁烯-1 装置的副产重 C₄ 作为异构化原料，反应产物经热量回收、提浓后返回到丁烯-1 装置的第一精馏塔，依托丁烯-1 装置分离精制得到丁烯-1 产品。

4 进料负荷计算

OCU 装置设计运行负荷 15.5t/h，结合近 5 年 OCU 单元运行情况，OCU 的进料负荷最低不能低于 12t/h（77%），进料低于 12t/h 时，OCU 处理器再生切换时流量无法满足，加热炉炉管出现断料情况，因此，要保证 OCU 正常运行，OCU 的进料负荷不能低于 12t/h。MTBE 单元设计运行负荷 22.25t/h，结合近 5 年 MTBE+OCU 运行情况来看，MTBE 进料负荷 18t/h 时，MTBE 所产碳四能满足 OCU 加热炉进料入口流量最低要求，通过计算，MTBE、异构化、OCU 三个单元联合运行时，为了保证 OCU 单元正常运行，MTBE 单元的进料负荷不能低于 18t/h。异构化单元进料负荷过低会导致反应器中副反应增多，由于异构化反应器的进料量可由循环碳四量进行调节，因此不异构化进料负荷要求不高，控制 100% 左右即可。

为了最大程度地提高生产负荷、延长运行时间，扩大经济效益，深挖碳四综合利用装置的潜能，公司决定优化碳四装置的运行模式，装置生产技术人员通过计算三个单元进料负荷，计算物料平衡，不断摸索试验进料负荷、MTBE 单元进料负荷 18t/h，异构化单元粗丁烯采出 3t/h，MTBE 产的重碳四加上异构化返回来的剩余重碳四共计 15t/h 进入异构化，通过降低粗丁烯的采出量来满足 OCU 单元的进料量为 12t/h。

5 设定联合运行的工艺流程

将 MTBE 单元 T302B 塔釜出来的重碳四经调节阀 FV309 后进入异构化单元，异构化 T401 塔釜出来的重碳四从调节阀 FV433 流出后，经过 XV949、XV933 阀后进入 OCU 装置，OCU 装置 T940 塔釜出来额重碳四经调节阀 FV925 出去进重碳四总管，最终送出装置外。

将 C₄ 进料负荷提至 18t/h，调节 MTBE 单元各系统稳定。调节异构化单元各系统稳定，控制异构化重碳四采出量相对稳定。打开 XV949、XV933 阀门，OCU 单元开始接收重碳四进料，按照 OCU 装置开工标准操作法进行开车操作，直至将三个单元各系统调节温度，产出合格产品。

2020 年 8 月 17 日，碳四综合利用装置 MTBE、异构化、OCU 三个单元联合运行生产成功，已实现联合运行 3 次，最长运行时长 28 天，生产运行稳定，各反应温度压力平稳正常，丁烯-1、聚合级丙烯产品质量合格。

6 特点

碳四综合利用装置三个单元联合运行生产模式是国内碳四综合利用领域多单元联合运行的先例，可实现同时增产聚合级丙烯和丁烯-1 产品的目的，富余的聚合级丙烯可以进行直接外售，经济效益显著。增加了碳四综合利用装置的运行模式，可根据市场行情，多元化的调整装置运行模式，同时降低了异构化单元的开停车次数，降低了开停车安全风险，延长异构化运行周期，有效的保障了异构化反应器催化剂使用周期。异构化剩余的丁烯-2 二次利用和乙烯参与反应生成聚合级丙烯，将重碳四中的丁烯-2 利用率最大化多元化运行模式，风险能力增强，可根据市场行情变化开工运行模式。

7 社会效益

2020 年 8 月 17 日，中煤陕西公司化工分公司烯烃中心碳四综合利用装置顺利实现 MTBE、异构化、OCU 三个单元联合运行生产，同时实现了多产丙烯、多产丁烯-1 的目的，成为了国内碳四综合利用领域多单元联合运行的先行者，富余丙烯可装车外卖，且具有良好的经济。同时为我国西北地区（陕西和内蒙）提供了聚合级丙烯货源，产生了良好的社会效益。为以后碳四多元化生产提供了宝贵的生产技术经验，在煤化工行业碳四综合利用领域中起到了示范作用。

碳四综合利用装置三个单元联合运行效益测算为 1767 万元/a，计算依据如下：MTBE 单元+OCU 单元两两运行模式：OCU 单元开停工一个周期为 45 天：每个周期内 OCU 单元约运行 15 天，停车 30 天，由于组分变化两两运行时每天聚合级丙烯平均产量为 390t，罐区聚合级丙烯罐存每天平均下降 90t，45 天罐存下降 4050t，原生产模式 OCU 每年开停工 8 次，聚合级丙烯产量为 $(15 \times 390 - 45 \times 90) \times 8 = 14400t$ ；

三套联合运行模式：OCU 单元开停工一个周期为 30 天：每个周期内 OCU 单元约运行 14 天，停车 16 天，由于组分变化三套联运时每天聚合级丙烯平均产量为 360t，罐区聚合级丙烯罐存每天平均下降 90t，30 天罐存下降 2700t，三套联运时每年开停工 12 次，聚合级丙烯产量为 $(14 \times 360 - 30 \times 90) \times 12 = 28080t$ ；

聚合级丙烯每吨效益约为 1292 元，实现三套联运后，富余的聚合级丙烯进行装车外卖。（三套联合运行时聚合级丙烯产量 - MTBE+OCU 运行时聚合级丙烯产量）× 每吨效益 = 效益，即： $(28080 - 14400) \times 1292 = 17674560$ 元

8 结语

碳四综合利用装置三个单元联合运行生产模式是国内碳四综合利用领域多单元联合运行的先例，成为了国内碳四综合利用领域多单元联合运行的先行者，碳四综合利用装置三个单元联合运行稳定，能实现多产品产量同增长，丁烯-2 利用率最大化，经济效益显著，具有较好的推广价值！