

# 碳四烯烃转化装置停工排液低温原因分析

吴大伟

国能新疆化工有限公司 新疆 乌鲁木齐 831400

**摘要:** 国能新疆化工碳四烯烃转化装置主要由:水洗及脱二甲醚塔系统、选择加氢系统、OCT反应系统、分离精制系统、公用工程系统组成,装置2016年一次开车成功,目前装置各项工艺参数都在控制指标范围内。但是装置在停工排液过程多次造成烯烃分离热火炬罐低温,本论文主要分析产生低温原因并提出合理的应对措施。

**关键词:** 碳四烯烃转化;热火炬;低温

引言:国能新疆化工有限公司MTO联合装置-碳四烯烃转化装置采用美国LUMMUS公司的碳四烯烃转化工艺技术,该工艺技术成熟,目前国内已有上海赛科、宁波富德等成功商业化运行工厂。目前全世界已建成运行或正在建设的烯烃歧化装置超过30套。该装置由东华工程科技股份有限公司设计,中国化学工程第三建设有限公司施工,于2015年7月中交,2016年10月一次开车成功。装置以烯烃分离装置来的混合碳四和乙烯为原料生产聚合级丙烯,同时副产C4和C5+产品,装置设计规模为11.7万吨/年聚合级丙烯。装置设计年操作时间8000小时,操作弹性60~110%,装置可连续运行周期36个月,设计寿命20年。装置主要由碳四原料预处理单元、选择加氢单元、OCT反应单元、分离精制单元以及公用工程单元组成。

## 1 装置单元及作用介绍

1.1 碳四原料预处理单元:该单元主要由水洗塔及脱二甲醚塔组成,其中水洗塔T-3101采用填料塔通过脱盐水与碳四在塔内逆流接触,从而脱除碳四原料中的甲醇、丙酮等水溶性杂质。水洗塔塔底废水送入废水闪蒸罐V-3102,该罐主要作用是尽可能闪蒸出废水中的烃类,然后送入烯烃分离产品气压缩机一段入口缓冲罐V-201。从水洗塔顶部溢流出来的碳四原料通过聚结器X-3101将碳四原料中的游离水脱除然后进入脱二甲醚塔缓冲罐V-3101,然后经过P-3101A/B送入脱二甲醚塔T-3102脱除二甲醚等轻质组分。脱二甲醚塔底部采用低低压蒸汽作为热源,顶部物料通过循环水冷却器E-3102冷却,脱二甲醚塔顶部富含二甲醚的物料送入烯烃分离装置产品气压缩机二段入口缓冲罐V-202,脱二甲醚塔底物料(二甲醚含量控制在 $\leq 5\text{ppm}$ )送入选择加氢单元<sup>[1]</sup>。

1.2 选择加氢单元:选择加氢单元主要包括一段选择加氢单元与二段选择加氢单元。该单元的共有三台加氢反应器,其中一段选择加氢反应器R-3201A/B一开一备(或再生),三台加氢反应器采用固定床,催化剂采

用BASF独家催化剂H0-41,该催化剂的主要活性组分为金属钨。该单元的主要作用是脱除碳四原料中1,3-丁二烯、乙烯基乙炔等含有两个双键或三键的碳四组分。首先脱二甲醚塔塔底物料进入一段加氢反应器进料缓冲罐V-3201,然后通过P-3201A/B并混合部分一段选择加氢产物经蒸汽加热器E-3202加热然后与氢气(按一定比例)混合,最后从上向下通过一段选择加氢反应器R-3201A/B,反应器中主要发生1,3-丁二烯加氢生成1-丁烯或2-丁烯。从反应器出来的混合碳四进入分离罐V-3202,分离罐中的气相通过循环水冷却以回收碳四组分,不凝气送去烯烃分离装置产品气压缩机一段入口缓冲罐V-201。二段选择加氢反应器主要讲一段选择加氢反应器产物进一步加氢使碳四原料中的1,3-丁二烯含量 $\leq 50\text{ppm}$ 。

1.3 二段选择加氢产物与循环C4混合进入OCT新鲜/循环碳四缓冲罐V-3301,混合C4组分经P-3301A/B送入混合器A-3301中与新鲜/循环乙烯混合,然后进入OCT反应器进料预处理器D-3301A/B, OTC反应器进料预处理器D-3301A/B主要作用是脱除原料中OCT催化剂毒物(CO、硫、乙醇、羰基物以及水)。这些毒物能够覆盖在催化剂表面,降低催化剂活性。处理后的组分经过滤器S-3301脱除吸附剂粉末。本装置提供两台预处理器,正常生产时一开一备。再生气使用来自再生系统的热氮气,该氮气通过预处理器再生气蒸汽预热器E-3313以及预处理器再生气电加热器加热E-3312。经过预处理处理后的混合碳四物料经过一系列不断的换热加热最后进入OCT反应器R-3301A/B进行歧化异构化反应, OTC反应器中发生的反应主要是:

①1-丁烯异构化反应:  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH} = \text{CH}-\text{CH}_3$

②2-丁烯歧化反应:  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{CH}_3-\text{CH} = \text{CH}-\text{CH}_3 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6$

从OCT反应器出来的混合物料经过一系列冷却进入分离精制单元。

1.4 分离精制单元：该单元主要包括脱乙烯塔 T-3301、脱丙烯塔 T-3302、脱丁烷塔 T-3303。经脱乙烯塔进料急冷器急冷后的OCT反应产物进入脱乙烯塔。脱乙烯塔塔顶物料由来自烯烃分离装置的-24℃丙烯冷剂进行冷却，然后进入脱乙烯塔回流罐V-3303，塔顶少量含有氢气、甲烷、乙烯、乙烷组分送入烯烃分离装置产品气压缩机入口缓冲罐，回流罐中的液相乙烯一部分经脱乙烯塔循环泵P-3304A/B送入OCT反应器进料预处理器D-3301A/B，剩余液相经脱乙烯塔回流泵P-3303A/B回流返回脱乙烯塔。塔釜采用低低压蒸汽进行加热。脱丙烯塔主要作用是将脱乙烯塔釜液分离成聚合级丙烯和C4+组分。塔顶组分经脱丙烯塔冷凝器E-3306冷凝，一部分作为回流返塔，另一部分作为产品送入罐区。塔釜采用低低压蒸汽作为热源。脱丁烷塔主要作用是将C4+组分进一步分离出混合碳四与C5+组分。塔顶部分碳四返回OCT反应进料缓冲罐V-3301，一部分回流，另一部分碳四作为副产品外送罐区。塔釜C5+物料经过循环水冷却器E-3316冷却后送入罐区。

1.5 公用工程部分：该部分主要包括装置的水、汽、风等公用工程物料，另外还包括OCT预处理器再生系统与汽提系统。

其中OCT预处理器再生系统在OCT反应器进料预处

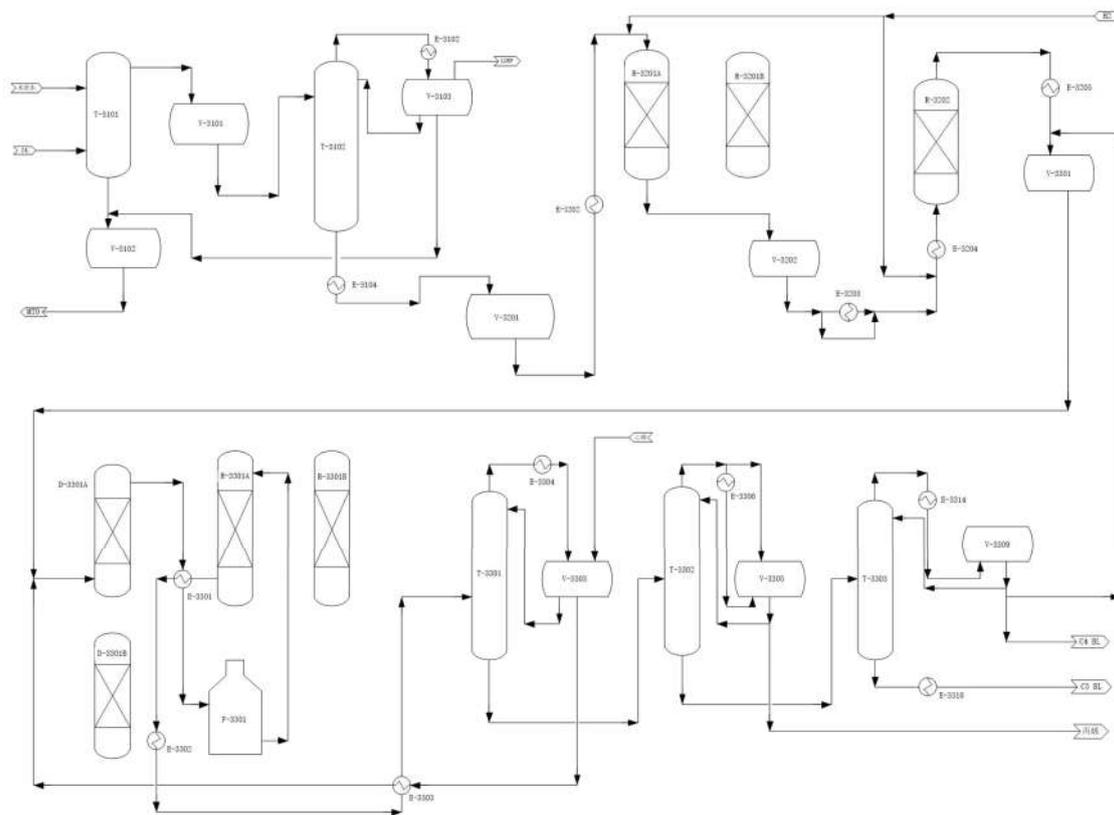
理器D-3301A/B再生期间使用，主要作用是在再生加热阶段提供热氮气和在再生冷却阶段提供冷氮气。

OCT预处理器汽提系统：预处理器排液后C4汽提系统提供热气相丁烯。该步骤主要有三个目的：

- 1.5.1 回收吸附剂微孔中的C4物料，减小再生期结焦；
- 1.5.2 稳定返回的再生气组成；
- 1.5.3 减少液相碳四存在，减少再生气因碳四汽化吸热降温。

再生第二阶段使用290℃的热氮气进行再生，预处理器在备用前通过冷再生气冷却。C4汽提系统是一个封闭系统。来自二级选择性加氢反应器的C4进入C4汽提缓冲罐V-3306，然后经P-3306A/B增压，在C4汽提汽化器E-3310中被低低压蒸汽加热汽化后送入碳四烯烃转化反应进料预处理器D-3301A/B，汽提出吸附在吸附剂微孔中的混合C4。汽提后的C4在C4汽提冷凝器E-3311中用循环水冷凝后回到C4汽提缓冲罐V-3306，不凝气经过驰放气D管线送入烯烃分离装置产品气压缩机二段吸入罐V-202。在C4汽提过程全部结束后，C4汽提缓冲罐中的混合C4用泵送入OCT新鲜/循环C4缓冲罐V-3301，多余的C4送入OCT反应预处理器排放罐V-3302。

装置主要流程图如下图所示：



## 2 装置运行情况及停工排液低温事件介绍

国能新疆化工有限公司碳四烯烃转化装置(OCU)从2016年首次开车成功后一直保持平稳运行,装置各项运行参数都在控制指标范围内。但是装置每次停工排液过程中总会造成烯烃分离装置热火炬罐低温,现以2022年8月份的停工排液造成低温事件作为分析对象,找出造成热火炬低温原因并提出合理措施。

2.1 低温事件经过:2022年8月14号12:00装置停工,8月16号装置完成吹扫置换交付检修。在排液倒空过程中共三次造成烯烃分离热火炬罐低温。

2.2 热火炬罐低温危害:根据烯烃分离装置火炬系统设计原则,烯烃分离装置共设有:热火炬系统、热排放系统、冷排放系统、冷火炬系统。火炬系统分为热火炬与冷火炬主要根据排放介质的温度进行确实能够,排放介质温度高于4℃的排放热火炬系统,低于4℃排放冷火炬系统<sup>[2]</sup>。其中热火炬系统根据排放介质的状态又分为热排放与热火炬系统。热排放系统与热火炬系统在烯烃分离装置共用一个热火炬罐。该火炬罐底部设有液包用于分离系统中夹带或冷凝的液体。液包中设有加热盘管用于给液相组分进行加热汽化,加热盘管采用低低压蒸汽加热,加热盘管材质20#钢,在有压状态下能够承受的极限低温为-20℃。所以碳四烯烃转化装置通过热排放排放的物料导致热火炬罐低温导致加热盘管低温破损,一方面增加装置停工检修费用,另一方面影响热火炬系统使用,严重的话有可能导致装置停工。

### 2.3 事故原因分析:

2.3.1 汽提系统:由于汽提储罐主要储存预处理器系统汽提后的介质,成分主要是乙烯与碳四,同时乙烯溶解在碳四介质中导致班组人员在排液过程中阀门开的较大导致大量乙烯介质进入热火炬罐,从而导致烯烃分离装置热火炬罐低温。

2.3.2 OCT新鲜/循环碳四罐:OCT新鲜/循环碳四罐由于在停工倒液过程中接受预处理器内大量含有乙烯的碳四介质,导致大量乙烯介质带入OCT新鲜/循环碳四罐,导致后续排液引起热火炬罐低温。

2.3.3 脱丙烯塔底部排放:由于停工过程中脱乙烯塔、脱丙烯塔、脱丁烷塔三塔在操作过程中系统比较紊乱,导致脱丙烯塔系统上部的丙烯进入塔釜并溶解在碳四介质中,导致脱丙烯塔底部排液过程中低温。

### 2.4 事故采取的应对措施:

2.4.1 汽提系统:1.装置停工倒液过程中打开放空阀将系统内的乙烯介质尽量排放至火炬系统(该处火炬是热火炬),在排放的过程中P-3306A/B一直运行,通过泵的一直运行将液相碳四介质中的乙烯排入火炬。同时倒液过程中尽量降低V-3306液位,降低残液排放量。2.排液过程中综合统筹考虑,排液阀门微开缓慢排放。

2.4.2 OCT新鲜/循环碳四罐:1.P-3302出口管线上增加去脱乙烯塔进料管线的排液线,该排液线主要用于停工阶段预处理器D-3301A/B及V-3302倒液。2.正常排液过程中尽量降低V-3301储罐液位(建议液位低于5%,该值还得征求设备工程师建议)。

2.4.3 脱丙烯塔底部排放:1.停工倒液过程中控制T-3302灵敏板温度(正常温度90℃,建议停工过程中控制在90℃以上)。2.停工倒液过程中通过HV-3305放空,将系统中的丙烯尽量排放至冷火炬系统。2.进行技改将T-3302底部的排放改为冷排放。

2.4.4 装置停工过程中保持伴热正常投用。

2.4.5 停工调整过程中优化操作。主要控制好脱丙烯塔塔釜灵敏板温度不低于80℃并通过监控塔釜物料在线分析仪上的丙烯含量判断丙烯是否进入脱丁烷塔。

## 3 结语

碳四烯烃转化装置主要由:水洗及脱二甲醚塔单元、选择加氢单元、OCT反应单元、分离精制单元以及公用工程单元组成,该装置涉及高温、低温、易燃易爆介质较多,生产运行中操作要求比较精细,尤其是装置停工过程中更需要进一步的精细操作。从以上论述中发现造成烯烃分离热火炬罐低温的原因主要有两点:1)停工时间比较紧,装置操作比较粗放,导致大量乙烯、丙烯等轻烃介质带入下游系统在排液的过程中导致热火炬系统低温。2)部分系统存在设计问题及需要进一步优化。脱丙烯塔塔釜排放管线应该设计成冷排放系统;预处理器系统及OCT反应系统应该通过技改增加临时排放管线,将含有乙烯介质的碳四物料排入脱乙烯塔系统。

### 参考文献

[1]曹健,碳四烯烃转化技术在CTO装置的工业化应用,化工管理 2017,8.

[2]王松汉,乙烯装置技术与运行,中国石化出版社,2012,699-700.