

浅析芳烃装置加工高溴指数 C₈A 优化的经济效益分析

马 龙 (中国石化海南炼化化工有限公司, 海南 洋浦 578101)

摘 要: 国内外购混合二甲苯成本较高, 为了降低原料成本, 提高装置的经济效益, 海南炼化采取了掺炼高溴指数混合二甲苯的措施。高溴指数混合二甲苯是一种低品质的混合二甲苯, 其价格比优质混合二甲苯低 100 元 / 吨, 但其含有较多的乙苯、C₉ 和溴指数较高的组分, 如果直接用于对二甲苯生产, 会影响吸附剂的寿命和产品的纯度。为此, 海南炼化利用二甲苯白土塔的脱烯烃工艺, 使用了上海石油化工研究院开发的 IDO-01 分子筛催化剂, 替代传统的白土脱烯烃工艺, 能有效提高脱烯烃能力, 可降低高溴价混合二甲苯中溴指数, 使二甲苯塔顶进入吸附单元的原料达到设计要求。同时, 海南炼化根据对进料中组分的变化分析, 对脱氧塔、白土塔、二甲苯塔、邻二甲苯塔和吸附装置等进行优化调整, 以保证吸附进料的溴指数、乙苯和 C₉ 等组分符合要求, 同时保证产品的质量和收率。

关键词: 高溴; 混合二甲苯; 优化调整; 经济效益

海南炼化第二套对二甲苯装置是中国石化自主研发的第二代高效环保芳烃成套技术的应用项目, 该技术在原料精制、芳烃转化、对二甲苯分离等方面实现了多项创新, 达到了国际领先水平, 为我国芳烃产业的发展提供了强大的技术支撑。该装置的原料主要是外购的混合二甲苯和氢气, 以及自产的 1# 甲苯塔底物料和 2# 甲苯塔底物料, 主要产品是对二甲苯和邻二甲苯。对二甲苯是聚酯纤维的重要原料, 邻二甲苯是合成树脂的重要原料, 两者都是高附加值的化工产品, 市场需求量大, 价格稳定。该装置自 2019 年 10 月投产以来, 运行稳定, 产品质量优良, 经济效益显著。

为了进一步降低原料成本, 提高产品收益, 海南炼化采取了两项措施: 一是掺炼高溴指数混合二甲苯, 二是新建炼油改扩建装置。高溴指数混合二甲苯是一种低品质的混合二甲苯, 但其含有较多的乙苯、C₉ 和溴指数较高的组分, 如果直接用于对二甲苯生产, 会影响吸附剂的寿命和产品的纯度。为此, 海南炼化在保证吸附进料和产品质量的前提下, 通过优化工艺参数, 控制高溴指数混合二甲苯的掺炼量, 使其在不影响装置运行的情况下, 降低原料成本。炼油改扩建装置是海南炼化为了提高炼油深度, 增加高附加值产品的产量, 同时满足对二甲苯装置的原料需求而新建的装置, 该装置以重整石脑油为原料, 生产出高纯度的混合二甲苯和高辛烷值的汽油, 既提高了炼油的利润, 又降低了对二甲苯装置的原料采购量, 实现了双赢。

1 加工方案

将外购高溴指数混合二甲苯与溴指数合格的混合二甲苯掺炼进入脱氧塔进行处理, 再经过白土塔

C2806AB 后进入二甲苯塔, 在确保吸附分离进料溴指数合格的前提下, 适当提高高溴 C₈A 的回炼量。同时跟踪装置物料溴指数的变化情况, 适时提高白土塔的人口温度, 以保持白土 / 精制剂的活性, 当温度提升至 180℃ 以上后, 提前联系相关单位准备更换白土 / 精制剂。目前, 白土塔运行温度为 150℃, 可以满足精制要求, 暂时不需要更换白土。同时因为掺炼高溴指数混合二甲苯后进料中乙苯及 C₉ 的组分变化, 还需要相应调整吸附装置及邻二甲苯塔的操作。

2 原料组分对比分析

表 1 采购的 C₈A 和高溴价 C₈A 对比

组分名称	单位	指标	C ₈ A	高溴价 C ₈ A
溴指数	mgBr/100g	≤ 50	1.4	34.9
非芳烃	%(质量分数)		0.224	0.764
苯	%(质量分数)		0.005	0.006
甲苯	%(质量分数)	≤ 0.5	0.047	0.145
对二甲苯	%(质量分数)	≥ 17	17.69	19.105
邻二甲苯	%(质量分数)		26.384	22.586
间二甲苯	%(质量分数)		39.967	40.102
乙苯	%(质量分数)	≤ 19	15.665	17.102
C ₈ 芳烃	%(质量分数)	≥ 96.5	99.706	98.895
C ₉ 及以上	%(质量分数)	≤ 1	0.018	0.19

表 1 为第二套对二甲苯装置采购入厂的混合二甲苯与高溴指数混合二甲苯的组分化验分析。经过数据对比可以看出, 高溴指数混合二甲苯的溴指数为 34.9mgBr/100g 远大于正常的混合二甲苯中溴指数含

量,同时乙苯及其他杂质的含量也有所偏高。如果全部改为高溴指数混合二甲苯回炼,不仅容易造成白土塔负荷增加,吸附进料溴指数增多,而且会造成对二甲苯中的乙苯增加,影响对二甲苯产品的纯度。所以需要选择掺炼部分高溴指数混合二甲苯来保证装置的指标达到要求。对于C₉的微量增长也会影响到邻二甲苯塔的操作调整。

3 掺炼高溴指数混合二甲苯后的优化操作

3.1 付油流程操作优化

第二套对二甲苯装置原料由芳烃储运原料罐供料,由于之前原料全部为优质混合二甲苯,由3#罐和7#罐轮流切换收油付油。现在改为掺炼部分高溴指数混合二甲苯,由6#罐收高溴指数混合二甲苯。由于付油管线是汇合在一起到二甲苯装置界区,掺炼高溴指数混合二甲苯时需要两个罐同时付油。由于每个罐压及输送泵出口压力的不同,每次回炼量都需要现场调节输送泵出口阀,同时用返罐线平衡泵出口压力。而当高溴指数混合二甲苯6#罐位低时直接停泵改为只付优质混合二甲苯,6#罐改为收油流程,如此反复进行间歇性掺炼高溴指数混合二甲苯,而每次掺炼量根据二甲苯装置实际操作需求来决定。

3.2 掺炼量与白土塔的操作优化

当掺炼高溴指数混合二甲苯时,由于进料中溴指数的增加会直接导致吸附进料中溴指数增长,而过高的溴指数会使吸附剂中毒,影响吸附装置收率,甚至会损坏吸附剂造成经济损失。第二套对二甲苯装置设计有二甲苯白土塔,在之前回炼优质混合二甲苯时由于脱氧塔进料中溴指数很低,并不需要脱除烯烃。自二套二甲苯装置开车运行以来也没有提温及切换白土换剂操作。

图1为脱氧塔进料和二甲苯塔顶吸附进料采样溴指数分析。由图中趋势可以看出随着进料中掺炼的高

溴指数混合二甲苯流量增加,脱氧塔底溴指数也在同步增加。正常二甲苯装置在80%负荷下混合二甲苯的回炼量为120t,而当掺炼高溴指数混合二甲苯流量增加到40t以上时,化验分析吸附进料中的溴指数为20.4mgBr/100g,而吸附进料溴指数的控制指标为20mgBr/100g。目前二甲苯白土塔运行温度为150℃,可以通过提高白土塔操作温度来降低白土出口的溴指数。当温度提升至180℃以上联系外操切换白土,排油、蒸煮、氮气置换合格后联系相关单位准备更换精制剂。

3.3 二甲苯装置优化调整

表2 掺炼前、后二甲苯塔顶和塔底化验分析对比

	组分名称	单位	掺炼前	掺炼后
二甲苯塔塔顶	溴指数	mgBr/100g	4.1	14.6
	C ₉ 芳烃	%(质量分数)	0.019	0.071
二甲苯塔塔底	对二甲苯	%(质量分数)	0.008	0.007
	间二甲苯	%(质量分数)	0.022	0.018
	邻二甲苯	%(质量分数)	63.969	58.123
	C ₈ 芳烃	%(质量分数)	63.623	58.148
	C ₉ 芳烃	%(质量分数)	25.141	29.389

表2为掺炼部分高溴指数混合二甲苯前、后二甲苯塔顶和塔底化验分析数据。经过对比可以发现掺炼后二甲苯塔顶、塔底的C₉芳烃含量都有所增长。

二甲苯塔顶的C₉芳烃含量指标要求小于0.5%,掺炼过多的高溴指数混合二甲苯会使C₉芳烃含量超标,过多的C₉芳烃同样会使吸附剂中毒。为了控制二甲苯塔顶的C₉芳烃含量只有减少高溴指数混合二甲苯掺炼量。

二甲苯塔底的C₉芳烃含量过高会影响到邻二甲苯塔的进料。邻二甲苯塔进料中重组分增多会造成塔顶邻二甲苯产品中异丙苯增多,会影响到邻二甲苯的产品纯度和产量。为了掺炼部分高溴指数混合二甲苯的

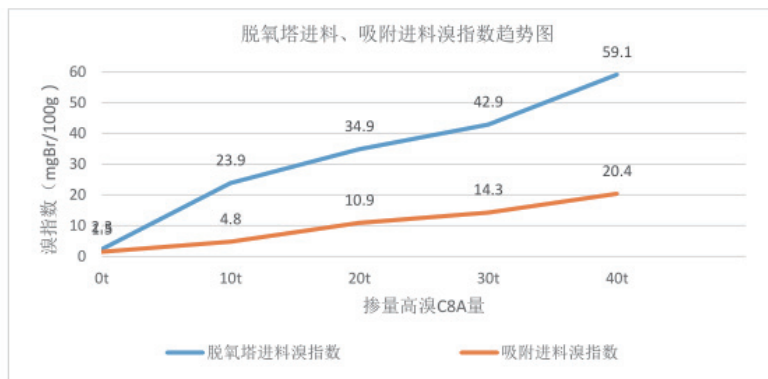


图1 脱氧塔进料、吸附进料中溴指数趋势图

同时不影响邻二甲苯产品的质量,可以通过提高邻二甲苯塔负荷同时加大邻二甲苯塔回流量来调整。

3.4 吸附装置优化调整

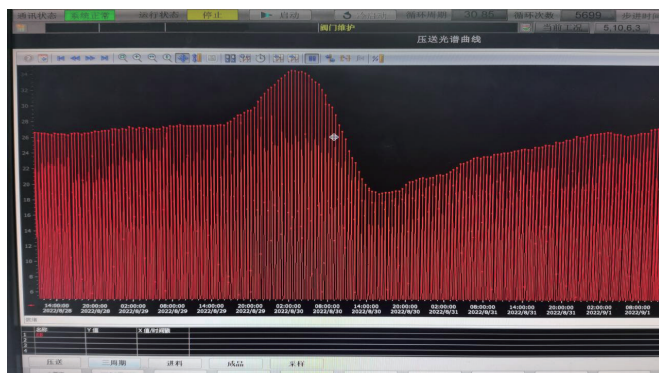


图2 压送光谱曲线乙苯含量趋势图

图2是二套吸附装置国产化吸附塔自主研发的MCS系统中拉曼光谱曲线的截图,图中的趋势为吸附塔压送循环管线中乙苯浓度的光谱曲线。在8月29日白班早上9点时二甲苯装置收到调度指令联系储运芳烃罐区开始掺炼部分高溴指数混合二甲苯,从图2中可以看出下午17点吸附塔压送中乙苯浓度开始不断增长。由于乙苯与对二甲苯的吸附选择性接近,当乙苯增多时会占用吸附剂选择性体积,在精制区与对二甲苯一起进入抽出液塔。由于两者的沸点接近在精馏塔中很难分离,从而会导致对二甲苯的纯度下降。

图3为8月29日16时到30日8时的对二甲苯产品中乙苯与对二甲苯浓度变化趋势图,自掺炼高溴指数混合二甲苯起7小时后产品中对二甲苯浓度开始明显下滑,而产品中乙苯含量显著增长。

为了保证对二甲苯的纯度合格,首先可以降低高溴指数混合二甲苯掺炼量来减少吸附进料中乙苯的浓度。同时可以通过提高吸附塔的二区回流比来增大精制区的区域流量,不过大幅度提高二区回流比也会造成对二甲苯收率降低。所有在保证一定的对二甲苯纯

度和收率的情况下可以适当的调整掺炼量。

4 掺炼前后经济效益分析

表3 高溴指数混合二甲苯加工量效益测算

名称	6月	7月	8月	9月	合计	月度均值
加工量(t)	10409	19044	13898	21510	64861	16215
降低成本(万元)	104	190	139	215	648	162

由表3可以看出自2022年6月份开始,芳烃装置开始加工高溴指数混合二甲苯,累计加工6.5万吨,平均每月加工1.62万吨。每吨高溴指数混合二甲苯原料价格按比优质混合二甲苯低100元计算,每月平均可降低原料成本为 $1.62 \times 100 = 162$ 万元。

5 结论

本文通过对海南炼化第二套对二甲苯装置的原料组分、工艺参数、产品质量和经济效益的分析,探讨了掺炼高溴指数混合二甲苯的可行性和优化方案。主要结论如下:①掺炼高溴指数混合二甲苯可以降低原料成本,提高对二甲苯装置的收益水平,但需要控制好掺炼量,避免影响吸附剂的寿命和产品的纯度;②掺炼高溴指数混合二甲苯后,需要对脱氧塔、白土塔、二甲苯塔、邻二甲苯塔和吸附装置等进行优化调整,以保证吸附进料的溴指数、乙苯和C₉等组分符合要求,同时保证产品的质量和收率;③根据经济效益分析,掺炼高溴指数混合二甲苯的方案每月可以节约原料成本162万元,增加产品收益7600万元,增加运行成本126万元,增加经济效益7636万元,是一种具有很高价值的优化方案。

参考文献:

- [1] 戴厚良. 芳烃技术 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2014.
- [2] 郭建军, 王晓峰, 张晓峰, 等. 大型芳烃联合装置在炼化一体化加工方案中的优化设计 [J]. 炼油技术与工程, 2021, 51(06): 1-6.

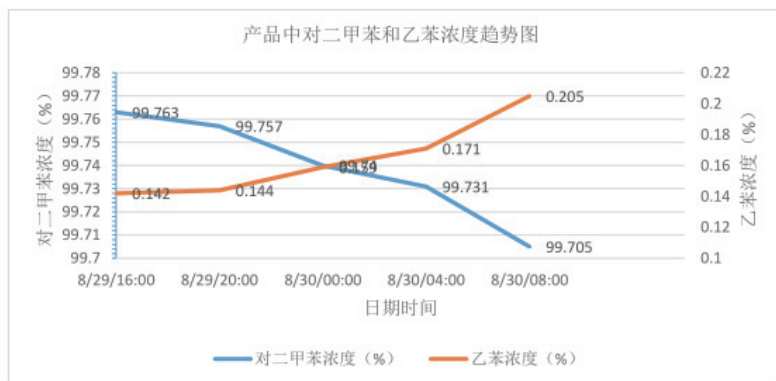


图3 产品中乙苯与对二甲苯的浓度变化趋势图