
提升芳香烴工廠 效率新趨勢

台化公司化工一部製程開發組

前言

芳香烴 (Aromatics) 產業在近期中國大陸、南韓與新加坡大幅擴充產能，以及頁岩油與頁岩氣開發，輕裂廠減少輕油進料，裂解汽油 (芳香烴含量高達 80%) 減產的雙重衝擊之下，正面臨重大的考驗。台化化一部的三座芳香烴工廠，自從民國 88 年陸續完工投產以來，雖持續利用歷年定檢歲修機會，引進新技術、新觸媒及執行製程改造，在降低能耗及產能提升方面已具競爭力，但面臨近期產能更大，整合性更佳的新芳香烴工廠投入競爭之際，製程開發組持續蒐集及開發當前最新與效率最佳的芳香烴生產技術，並構思引進及與現有三座工廠整合，以下彙總提升芳香烴工廠效率的新趨勢。

一、芳香烴工廠流程簡介

本部芳香烴工廠之進料設計係以輕油及裂解汽油為主，不足部份以甲苯及二甲苯補充，製程可分為芳香烴製造 (包括預餾、加氫、重組與再生等單元)、芳香烴純化分離 (包括萃取、精餾與分離等單元) 以及芳香烴轉化 (包括轉烷與異構單元)。

輕油本身含苯、甲苯與二甲苯濃度只有約 12%，需經過加氫、重組製程加以轉化藉以提升芳香烴濃度，其後再經萃取、轉烷、精餾、異構與分離等製程加以精製與純化，才能產出高純度的苯及對二甲苯；裂解汽油含苯、甲苯與二甲苯達 80%，可以先經萃取製程處理，所萃取出來的高濃度芳香烴油則可併入前述輕油流程，產出苯與對二甲苯。

以下針對重組、轉烷、異構及分離等單元提出四項製程改善方法，藉以提升芳香烴工廠生產效率。

二、輕油分餾提升重組單元效率

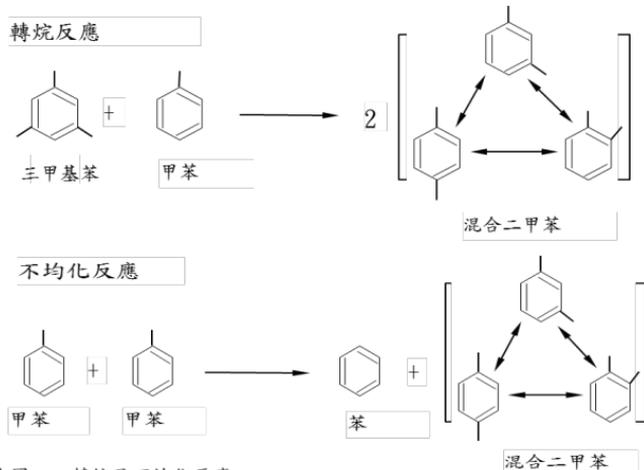
傳統芳香烴工廠重組單元之輕油進料組成為包含碳數 6 到 10 的碳氫化合物 (C6~C10)，事實上各種成份經重組觸媒轉化成芳香烴的選擇性有很大的差異，例如輕質成份的芳香烴選擇性低，其他則裂解成液化石油氣 (LPG) 及燃料氣，重質成份的芳香烴選擇性高。於是將輕油分餾成輕質部份及重質部份，分別送入不同的重組觸媒反應系統，以追求最佳的芳香烴選擇性的策略，已被發展出來。

擬規劃的改善方向：引進對輕質進料有高選擇性的重組製程，輕油經分餾後，輕質成份投入新規劃的重組單元，其芳香烴選擇性可以提高，可大幅增產輕質芳香烴；重質成份則送入既有的傳統重組單元，除了維持高的高芳香烴選擇性外，由於輕質成份已被分餾移除，因此既有重組單元可增產二甲苯。

總之：此項規劃擬檢討引進對輕質成份輕油有較佳芳香烴選擇性的重組製程，除可提升輕質芳香烴產量外，亦可改善現有傳統重組製程的效率，可以增產二甲苯。

三、轉烷觸媒效能提升以增加產能

轉烷單元之進料為甲苯及碳數為 9 以上的芳香烴 (A9+)，轉烷觸媒可將甲苯及碳數為 9 以上芳香烴 (A9+) 經轉烷及不均化反應，產製苯及二甲苯，轉烷及不均化反應詳圖一：

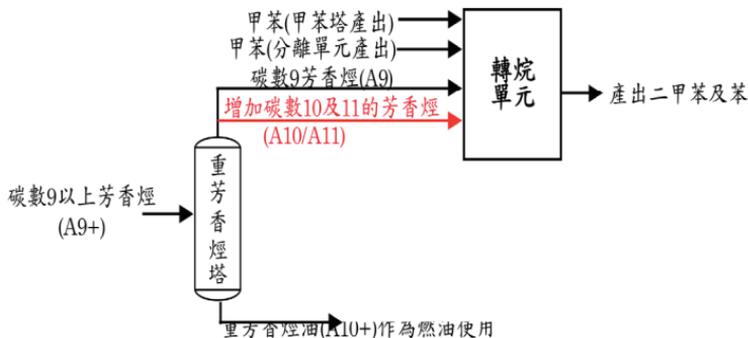


▲圖一、轉烷及不均化反應

新一代轉烷觸媒 (註 1、2) 經分子篩結構改良後，性能已大幅提升，新一代轉烷觸媒主要優點包括：

- (1) 具有高的 A9+ 轉化率，可提高二甲苯產量；
- (2) 較低的反應溫度，可減少能耗；
- (3) 較佳進料成份操作彈性；

擬規劃改善方向：現狀本部各廠有一股碳數為 10 以上的重芳香烴油 (A10+)，原規劃作為燃料油使用，擬利用新一代轉烷觸媒可以接受重質成份的特性，回收重芳香烴油中碳數 10 及 11 的芳香烴 (A10/A11)，並經新一代轉烷觸媒轉化生產苯及二甲苯，可提升副產物重芳香烴油價值 (高值化)，增加生產效益，其流程詳圖二：



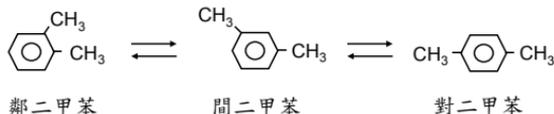
▲圖二、轉烷單元進料示意圖

總之：此項改善規劃擬檢討引進新一代轉烷觸媒，利用其可以接受重質成份的特性，將重芳香烴油中的 A10/A11 回收產製二甲苯，大幅增加生產效益。

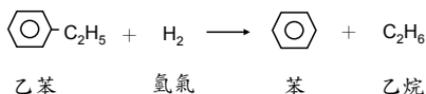
四、異構觸媒效能提升節能改善

異構單元之進料為分離單元萃餘塔塔頂之萃餘油 (主要為乙苯、間二甲苯及鄰二甲苯)，該油料經加熱至約 350~420°C 後進入反應器，在氣相條件下經異構觸媒將間及鄰二甲苯轉化成對、間及鄰二甲苯，及將乙苯轉化成苯和乙烷，異構反應示意如下：

1. 二甲苯異構反應

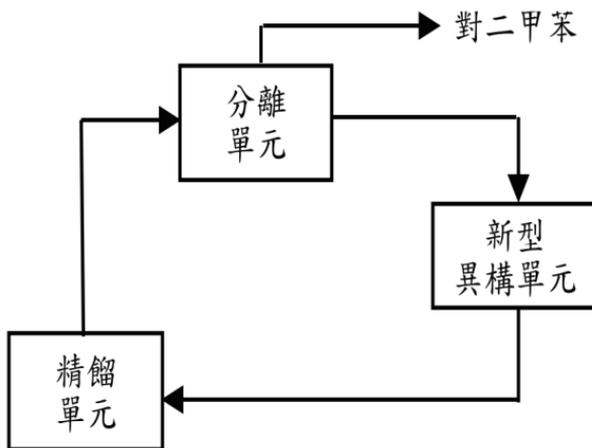


2. 乙苯轉化成苯和乙烷



傳統異構單元需要將反應物氯化後送入異構反應器，異構單元流程包括反應器系統及去庚烷塔系統，反應物(乙苯、間及鄰二甲苯)需歷經二次液相與氣相轉換，除了流程較長外，能源使用也不經濟；近期業界已發展出新型異構反應技術，反應溫度可低於 300°C 以下，相較於傳統異構反應，因不需重覆升溫氯化及降溫液化，可大幅節省能耗。

擬規劃改善方向：針對現有異構單元，規劃設置一座新型異構反應器，可處理來自分離單元萃餘塔塔頂之萃餘油，在流程上萃餘油經新型異構反應器後，可直接送入精餾單元，可收反應溫度較低與縮短流程之節能效益，新型異構反應規劃流程方塊圖詳圖三：



▲圖三、新型異構反應規劃流程方塊圖

總之：此項改善規劃擬檢討引進新型異構反應技術，可降低反應溫度至 300°C 以下及縮短流程，大幅節省能耗。

五、分離吸附劑效能提升以增加產能

由於對二甲苯 (PX) 與其同份異構物鄰二甲苯 (OX)、間二甲苯 (MX) 及乙苯 (EB) 的沸點非常接近，很難利用傳統的蒸餾方法加以分離純化，故目前在商業運轉的芳香烴工廠分離單元主要是利用分子篩 (Molecular Sieve) 吸附劑對這四種物質親和力 大小不同，搭配脫附劑 (對二乙苯，PDEB)，來達到分離純化 PX 的目的。

分離單元為一包括吸附、脫附及蒸餾的連續製程，主要裝置包括兩座吸附槽、一座多口導流的旋轉閥及三座蒸餾塔，用以自混合二甲苯中提煉高純度 PX。過去舊型吸附劑之活性及物理強度較差，而改良後新型吸附劑具有較好的活性，不僅大幅提升 PX 產量，其物理強度亦獲得改善可以延長使用壽命，新舊型分離吸附劑主要性能比較如表一：

▼表一：新舊型分離吸附劑性能比較表

吸附劑		舊型	新型
性能	PX吸附能力	BASE	BASE x 1.3
	吸附室進料量	BASE	BASE x 1.3
	PX產能提升	BASE	BASE x 1.2

擬規劃改善方向：本部已經完成二座芳香烴工廠分離單元吸附劑更新，經重新開車後，確認新型吸附劑性能可達預期 PX 增產目標，未來將持續進行第三座芳香烴工廠吸附劑更新。

總之：此項改善規劃為引進新型分離單元吸附劑，除了可提升 PX 產能與降低單位成本外，並且由於物理強度改善，亦可延長使用壽命。

六、結語

彙總前述各項製程改善方法及預期效益如下表：

▼表二：芳香烴工廠製程改善方法及預期效益彙總

單元別	改善方法	預期效益
重組	輕油分餾處理及引進輕質輕油重組製程	引進對輕質成份輕油有較佳芳香烴選擇性的重組製程，除可提升輕質芳香烴產量外，亦可改善現有傳統重組製程的效率，可以增產二甲苯。
轉烷	更換新一代轉烷觸媒	利用新一代觸媒可以接受重質成份的特性，將重芳香烴油中的A10/A11回收產製二甲苯，大幅增加生產效益。
異構	引進新型異構反應技術	相較於傳統異構反應，可降低反應溫度至300℃以下及縮短流程，大幅節省能耗。
分離	更換新型分離吸附劑	提升PX產能與降低單位成本，並且由於物理強度改善，亦可延長使用壽命。

芳香烴產業近期面臨大型化及整合性更佳的芳香烴工廠競爭，加上輕裂廠副產品裂解汽油減少供應等二項衝擊，對於現有芳香烴工廠必須更積極引進新技術，降低生產成本提升競爭力，才是求生存之不二法門。

參考文獻

註 1：Zeolyst 公司網站 (<http://www.zeolyst.com/our-products.aspx>) 介紹

註 2：UOP 公司網站 (<http://www.uop.com/products/catalysts/>) 介紹