

### 第三章 雙塔設計與控制結構回顧

共沸蒸餾於化工中已屬相當成熟的技術，此方面的文獻藏量相當豐沛。近幾年來的研究則較偏重於控制策略對於動態行為之影響與控制策略之改善方面。目前此領域已有相當多文獻發表的，但是大部份文獻之探討都是針對單獨共沸塔作討論，只有少數文獻是針對雙塔做探討。

Rovaglio et al. (1993) 發現傳統的雙塔設計是利用單點溫度偵測，此點溫度當作 PID 迴圈的程序變數來控制再沸器之蒸氣用量，但是此控制策略不能準確地修正成份的分布情況。Rovaglio et al. (1993) 建議使用兩點溫度偵測，利用兩點的平均溫度來當作 PID 控制器的輸入變數 (input variable)；經由動態測試的得知多點控制有較好的穩定性。夾帶劑的用量對於水和乙醇的分離有相當的影響，其應該由塔內成份分佈情形來控制，而非由夾帶劑的損失來決定。Rovaglio et al. (1993) 認為由傳統的雙塔控制架構中修改而提出新的控制策略其架構如圖 3-1 所示；其使用雙前饋控制來控制進料和夾帶劑的流量。

Rovaglio et al. (1995) 再探討利用回收大量夾帶劑的方式，將異相共沸蒸餾系統操作在 UTL (upper tie line) 的範圍內，以增加系統的可操作性 (operability)。Chien et al. (2004) 使用異丙醇-環己烷-水

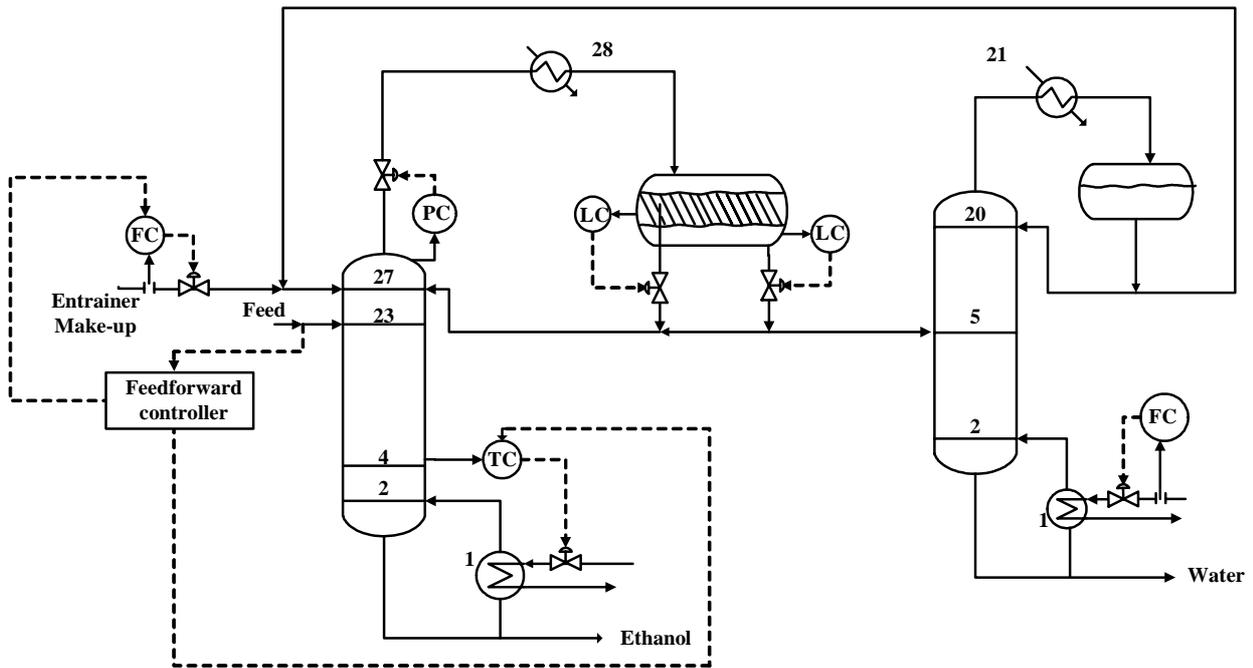


圖 3-1 Rovaglio et al. (1993) 所提出的控制架構

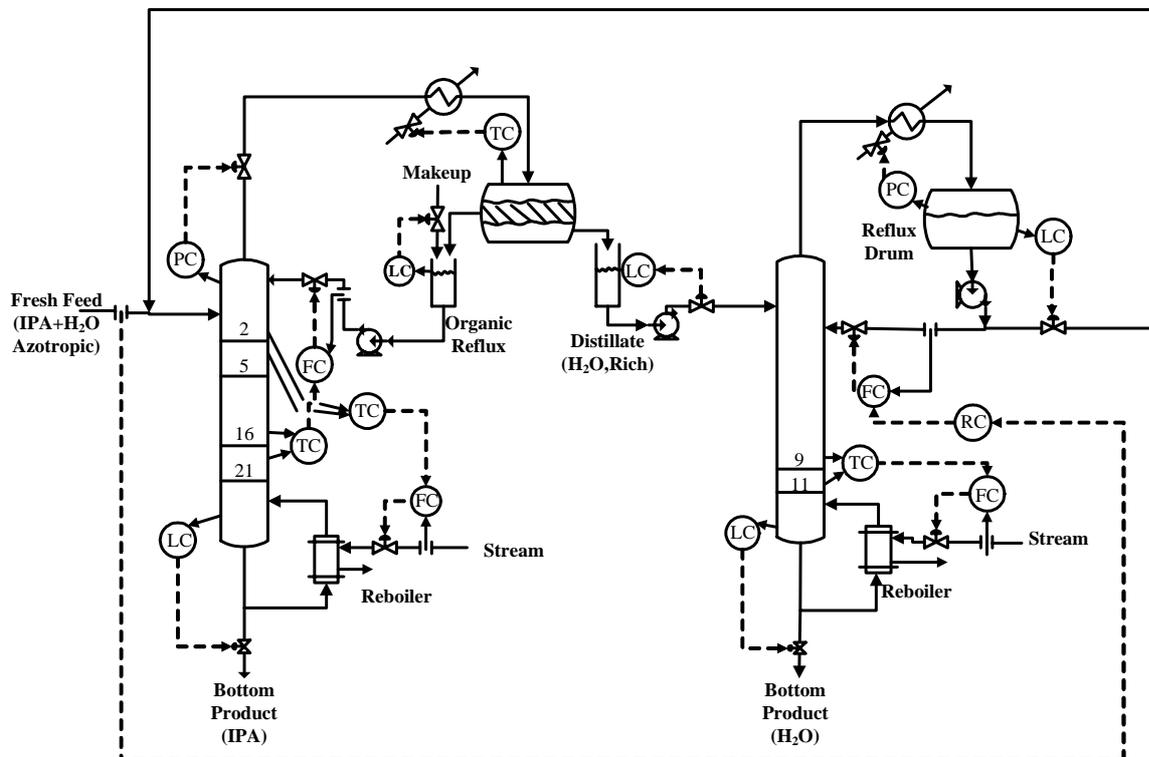


圖 3-2 Chien et al. (2004) 所提出的控制架構

(isopropanol-cyclohexane-water) 系統，使用 TAC (total annual cost) 分析，對雙塔系統和三塔系統進行經濟評估；發現雙塔系統較符合經濟效益，並對雙塔系統提出控制架構，如圖 3-2 所示。並於共沸塔使用雙溫度控制迴路來控制共沸塔塔底再沸器之蒸氣的進料量和油相回流之流量，而於回收塔單溫度控制迴路來控制回收塔塔底再沸器之蒸氣的進料量。當塔受干擾時，這樣的控制策略可以讓兩根塔底產物濃度維持在要求的規格。然而，相較於一般的控制策略有些不同，在雙溫度控制迴路是以反向配對的方式，以靠近塔頂的溫度控制點來對塔底再沸器蒸氣做控制；而另一個接近塔底的溫度控制點是用來控制油相回流的回流量。另一方面，對夾帶劑的用量則以油相儲槽的液位來控制；對回流的流量則利用進料量以比率控制，可以避免滾雪球效應。Luyben (2006) 使用乙醇-苯-水(ethanol-benzene-water)系統並提出一套控制架構，如圖 3-3 所示。通常再沸器蒸汽量都是利用塔內某板的溫度來控制，然而 Luyben (2006a)則以進料流量偵測器利用比例控制共沸塔再沸器蒸汽量。其原因是通常選擇板溫度是以溫度變化最敏感的位置為考量；然而，此系統溫度變化最敏感的位置位於再沸器之前幾板，而且其溫度變化不大，再加上這個位置的干擾較大，所以 Luyben (2006)乃以組成控制取代溫度控制。除之此外，Luyben (2006)並利用共沸塔塔底之組成控制器，以塔底濃度做設定點，再將油相回

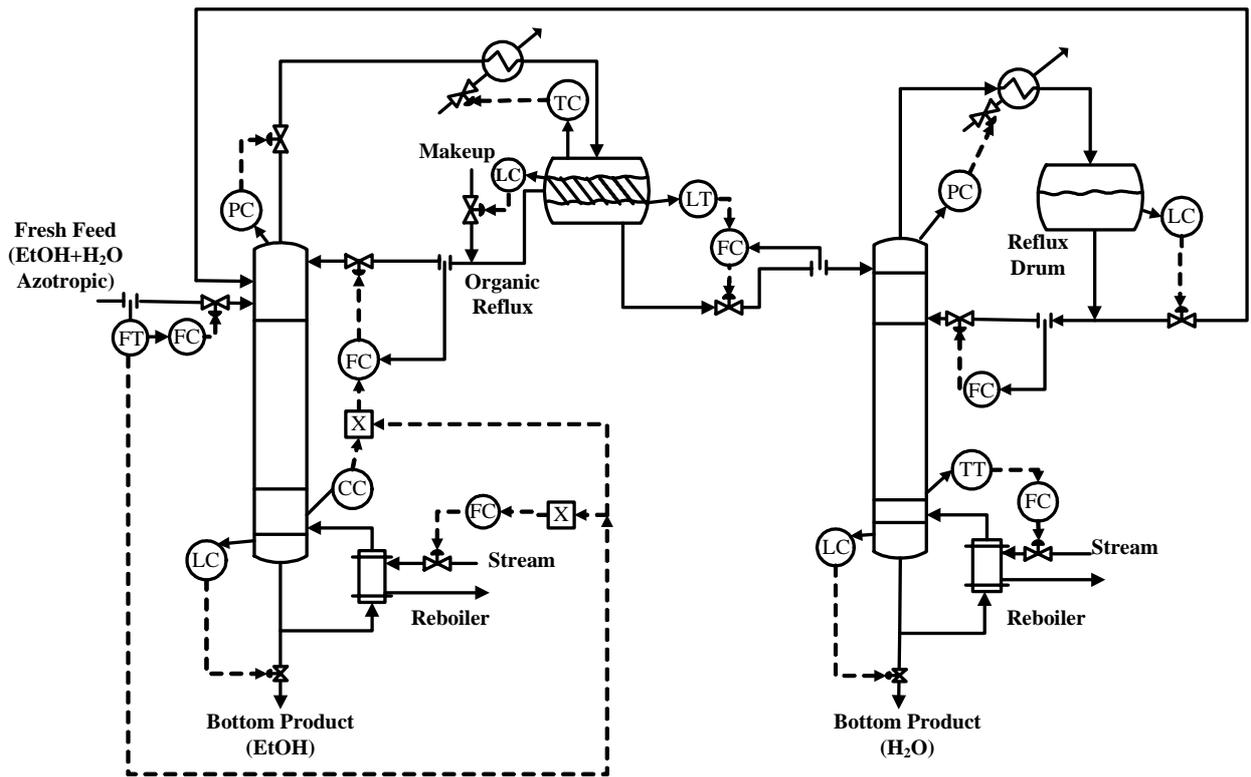


圖 3-3 Luyben (2006) 所提出的控制架構

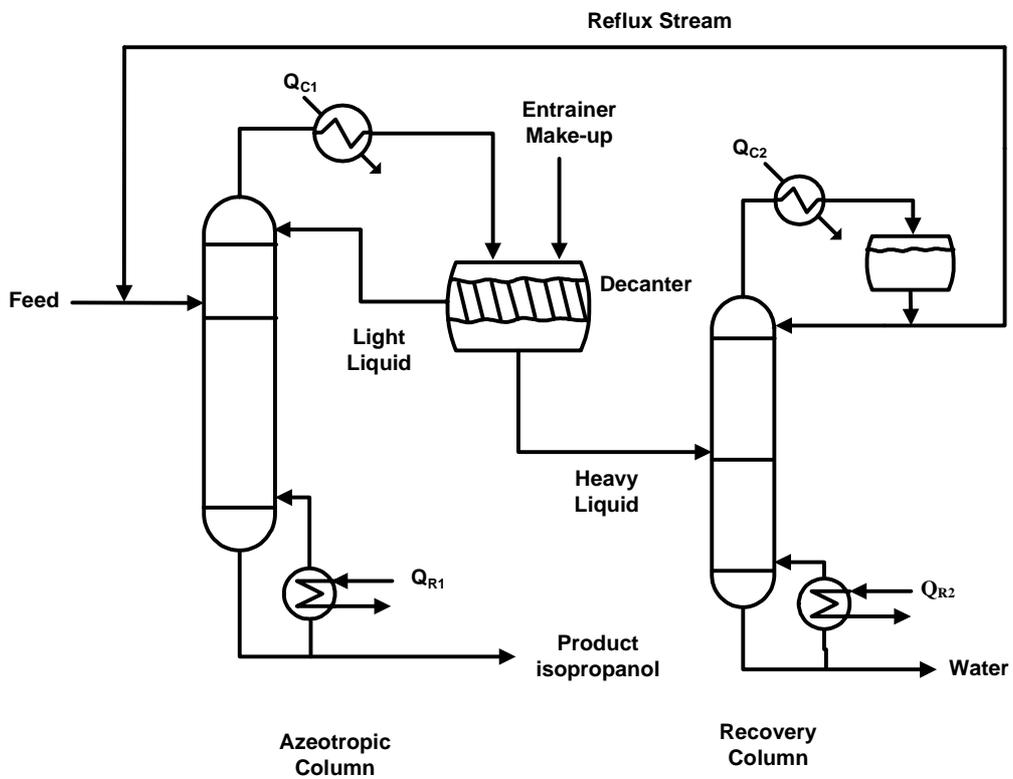


圖 3-4 Chien et al. (2007) 的 CASE 設計架構

流和進料以比例控制來控制油相回流量。又利用分相器的水相液位來控制(reverse-acting)水相出口之流量；因此，當液位上升時，水相出口流量是減少。Chien et al. (2007)提出三種設計架構，今分別敘述如下。CASE (圖 3-4)進料由共沸塔進入，塔底為 99.9%異丙醇，塔頂為三相共沸物，將三相共沸物和夾帶劑一起送入分相器產生液液分相，油相回流至共沸塔，水相當作回收塔之進料以進行分離，塔底為 99.9%水，塔頂蒸餾物回流至共沸塔進行再純化。CASE (圖 3-5)進料先進入濃縮塔，使異丙醇和水混合液濃縮至近共沸組成，再送入共沸塔其塔底產生 99.9%異丙醇，塔頂為三相共沸物，將和夾帶劑一起送入分相器產生液液分相，油相回流至共沸塔，水相當作回收塔之進料以進行分離，塔底為 99.9%水，塔頂蒸餾物回流至共沸塔進行再純化。CASE (圖 3-6)則是將 CASE 的濃縮塔和回收塔合併，進料與分相器之水相混和送入 Pre-concentrator/Recovery Column 進行分離，塔底產物為 99.9% 水，而塔頂蒸物餾回流至共沸塔分離，塔產生 99.9%異丙醇，塔頂蒸餾物和夾帶劑混合於分相器，油相回流至共沸塔。另一方面，Chien et al. (2007)利用 TAC(toal annual cost)分析得知 CASE 是較符合經濟效益，並提出如圖 3-7 所示其控制架構；以 Column 2 的回流量利用比例控制來控制油相回流量，而兩根塔的溫度控制是使用單點溫度控制迴路。Chien et al. (2007)修正了先前文獻



Chien et al. (2004) 的雙溫度控制迴路，是因為進料有由 pre-concentrator/recovery column 進入而非由直接由共沸塔進入，pre-concentrator/recovery column 扮演了”buffered”的角色，減少了因進料變化的直接干擾。

本研究是以異丙醇-環己烷-水系統為主體，利用商業化模擬軟體 Aspen-plus 進行異相共沸蒸餾系統之程序設計與控制。研究中，提出以不同進料位置 and 不同回流位置來探討對其產物濃度的影響情形，找出較佳的蒸餾程序，並利用 RGA (relative gain array)、NI (Niederlinski index) 做控制配對分析，並配合工程經驗之判斷 (heuristic engineering judgment) 對此蒸餾程序提出建議之控制架構。

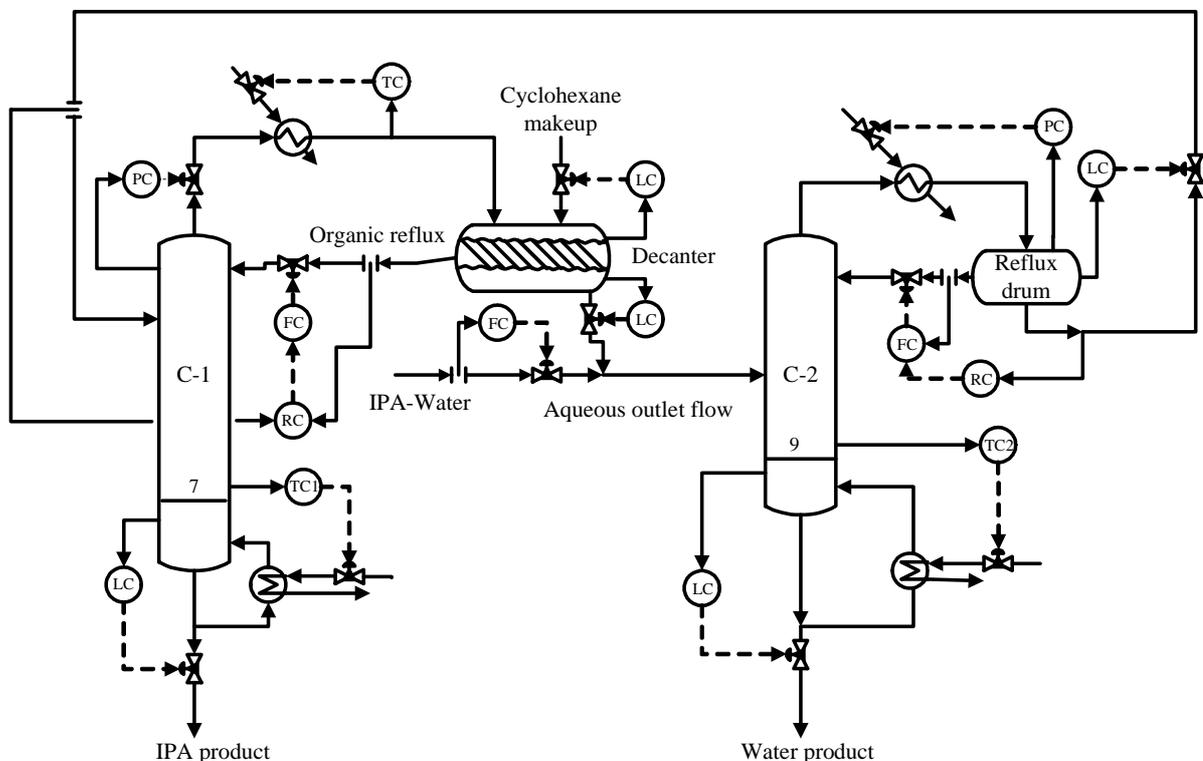


圖 3-7 Chien et al. (2007) 由 CASE 提出的控制架構