

上篇

程序設計及經濟評估



CHAPTER 1

導 論

在本章中將說明：

- 製程設計的定義和原理（1.1 及 1.2 節）。
- 化學工廠設計所包涵的內容。
- 課程內容。

1.1 製程設計的定義

process 的原義是 “a systematic series of actions directed to some end”，即是為達到某一目的而採用的系列性動作。適用的範圍很廣，例如：

- 在收到車輛換牌照的通知之後，完成繳費動作並取得收據是公文處理（document processing）。
- 冷飲店製作珍珠奶茶的過程是食品加工（food processing）。
- 台塑將乙烯聚合成聚乙烯用的是化學過程（chemical process）。

在和商業有關的行為中，process 是指：

將某一事物轉變為可為顧客所能接受產品的過程。

而在化學工業中的定義是：

將原料轉變成為能被顧客接受產品的過程，過程是以化學反應為核心。

化工程序設計

是以 **process** 一字的中文譯名，為「過程」；由於在過程中涉及到一定分量的技術，也有將 **process** 譯名「工藝」的，工藝的原意和英文的 **technology** 相近。流程是另外一種譯法。本書採用「製程」和「程序」。

化工製程設計是設計一個以化學反應為核心，將原料轉變為能為顧客所接受的產品的生產工廠。

在前述的定義中，以「能為顧客所接受的」文字來界定產品的品質，而不用「最高品質」、「最純的產品」之類的形容詞。因為不同的產品有不同的市場；同一化學品用於工業製造是一種規格，用於醫藥或化粧品則完全是另一種規格，不能混為一談。「為顧客所能接受」或「滿足顧客的需要」是比較正確的說法。在商業上要追求的是市場，不是盲目的追求「高品質」。

1.2 製程設計的目標

「簡單」是所有製程設計的最高指導原則，也是製程設計者所追求的終極目標。

製程中經常包含有一個以上的步驟（**step**），例如：

乙烯 ——> 聚合 ——> 單體回收 ——> 造粒 ——> 成品
(原料) (化學反應) (分離) (後處理) (產品)

簡化一般是將原有的步驟合併或者消除，即是減少製程所需要的步驟；或者是減少製程中設備（**equipment**）的數量。

在不損害到產品品質的前提下，比較簡單的製程具有下列優點：

- 容易操作。

1 導 論

- 由於步驟比較少，是以
 - 投資（capital investment）比較少。
 - 操作時所需要的水、電、蒸氣的量相對減少，亦即是操作費用（operating costs）比較低。

追求製造流程的簡化，是企業界的全民運動，從工廠到銀行和泡沫紅茶業者都是一樣。簡化的驅動力是要降低成本。用另外一種方式來表達，簡化流程就是「合理化」。

1.3 製程設計的基本資料

設立一座化學工廠所需要的、最基本的資料是什麼？在本節中，將以在技術轉讓（technology transfer）時，賣方所提供的技術資料為例，來作說明：

在購買技術以設立工廠時，有兩種作法：

- 一種是整廠輸入式（turn key，意思是就如同買汽車一樣，付了錢，坐上車，轉一下 key 就開走了），即是由技術出讓者除了技術之外，尚負責建廠和試傳等工作。台灣目前採這種方式建廠的人非常少。
- 另外一種方式，是只購買技術，並要求技術出讓者提供必要的指導和服務，自行建廠。

第二種購買技術方式的技術內容是包含在下列三種文件中：

1. 第一種是設計原理（design principle），或是製程說明（process description），即是設計最基本的資料，包括：
 - 化學反應的條件包括反應的溫度、壓力、速率（rate）、反

化工程序設計

應熱、轉化率 (conversion) 和收率 (yield)，及副產品的種類和數量等，反應動力 (reaction kinetics) 和反應機理 (reaction mechanism)，以及需要注意的地方，例如加溫不能太快等。

- 影響化學反應的因素，例如原料中所含不同雜質對轉化率、收率及副產品生成的影響；操作溫度的極限和溫度變化對收率、轉化率及副產品生成的影響等。
- 原料的規格，包含各種雜質的可容許最大量等；檢測方法，安全及貯量存時需要注意的事項及要求等。
- 產品規格及檢驗方法。
- 輔助原物料例如催化劑、水、電、蒸氣和其輔助用品的耗用量及規格。

2. PFD (process flow diagram) 及 P&ID (pipe and instrument diagram)，這是根據化學反應所作出的基礎設計 (basic design)，是用於實地建廠細部設計 (detailed design) 的技術基礎。其內涵將在下一節中 (1.4 節) 中詳細說明。細部設計除了技術因素之外，還一定要加入該廠現場的環境及地理因素。

3. 操作手冊 (operation mannul)，這是根據工廠的實際情況，加上基礎設計理念 (design philosophy) 所訂定出來的詳細操作步驟，包含：

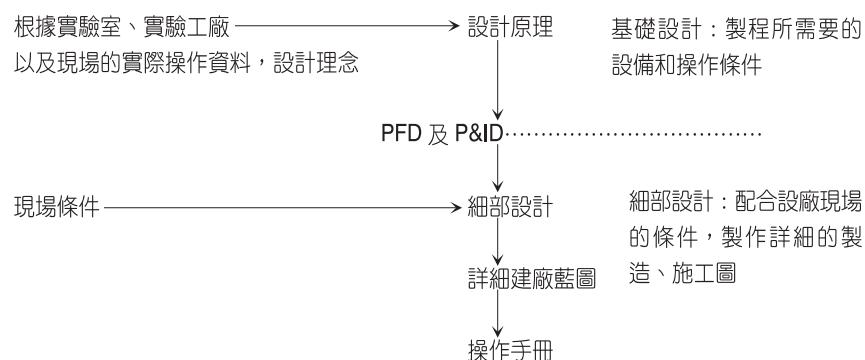
- 管道清洗 (cleaning) 和測漏。
- 試俾 (test run)。
- 正常操作 (nomal operation)。
- 停俾 (shut down)。
- 緊急事故 (emergency)。

不包含在文件中的服務包含：

1 導 論

- 細部設計的核定和認可。
- 試傳。

在程序上，說明如下：



結論是製程設計所需要的基本資料是：

化學反應的資訊，包含了在實際現場操作中所發生的情況。操作現場的資訊中包含有：

- 在實驗室及實驗工場中觀察不到的現象，而在大量生產時顯示出來的資訊。例如微量副產品的形成和累積。
- 理論和實際操作的區別。

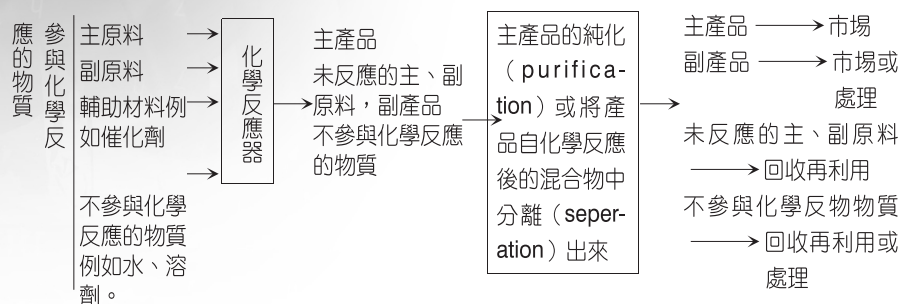
一般將已具有工廠實地操作經驗的技術，稱為成熟的（proven）技術，其可靠性較未實地使用過技術為高。

1.4 製程設計的內涵和次序

在這一節中說明製程設計要做那些工作。

化工程序設計

將原料經由化學反應而取得產品的情形如下：



是以製程設計依次包含下列工作內容：

- 第一項工作是化學反應器設計。
- 第二項工作是分離設備各單元的設計。
- 第三項工作是聯結各操作單元之間，例如反應器與分離設備之間的物流（mass flow）傳送設備的設計。
- 第四項工作是配合反應器及各分離單元對溫度及壓力的需求，而配置的換熱（heat exchang）和加、減壓裝置。
- 第五項是所有設備操作情況例如溫度、壓力、流量的測定和顯示儀表，以及控制儀器。

前列五項是基礎設計或製程設計的範圍。在實際設立工廠時，需要增加下列項目：

- 原物料和成品的貯存槽（tank）和倉庫，以及輸送設備。
- 水、電、蒸氣、壓縮空氣，以及其他氣體的產生、貯存和供應管線、儀表和控制設備。這些物質和能源統稱之為公用設施（utilities）。
- 污染處理設施，例如污水處理等。

1 導 論

- 緊急事故處理設施，例如備用發電機，緊急事故時的排放系統，例如 flare 等。

設計的次序是：

1. 根據化學資訊和工場實地操作經驗，以及產量，設計反應器，並列出反應器進出料的各種成分、數量、溫度和壓力。
2. 確定分離的方法和次序，至此可以劃出簡化的流程圖（simplified flow diagram 或 block flow diagram，簡稱為 BFD）。BFD 包含製程中的主要設備（major equipments）。
3. 以 BFD 為基礎，設計及計算：
 - 各主要設備的規格和要求，以及進出各主要設備的物流和狀態（溫度、壓力）。
 - 各主要設備所需要的前置作業設備，例如泵（pump）和熱交換器（heat exchanger）的規格和要求，以及所需要的水、電、蒸氣等公共設施。

根據以上的設計，列出：

- 進、出各設備（包含熱交換器、泵和壓縮機）的分項質量（mass）和能量（energy）平衡表。

由各設備的質、能平衡表，製作：

- 物流總表（flow summary）。

將所有的設備列為

- 設備總表（equipment summary）。

將以上的資料綜合在一起，製作

- 製程流程圖（process flow diagram，簡稱為 PFD）。

化工程序設計

PFD 是設計工廠最重要的資料。

4. 在 PFD 的基礎上，加上：

- 管路（piping）
- 儀表和控制（instruments）設備

即得到

- P&ID（pipe and instrument diagram）。

在一定的意義上，製程設計相當於製作從 BFD 到 PFD 和 P&ID 的過程。在 A1 中，說明了製作流程圖的方法和過程。

1.5 製程設計與經濟評估

為什麼要做製程設計？

- 第一個答案是要建立一座生產用的工廠，一圓從頭設計一座全新工廠的夢。
- 更常遇到的情形是作經濟評估（economical evaluation），例如：
 - 實驗室中發展一種可取代現存製程的新製程，新的製程是否具有競爭力？這就需要經過經濟評估。在經濟評估中，需要新製程的設廠成本和生產成本資訊，所以必需要先作新製程的設計至 PFD 階段，以便估算設廠成本。
 - 一個全新生產新產品的工廠，在決定設廠之前也必需要有設廠的投資額，以便確定所需要的全部總投資額。
 - 在修改部分現有工廠的時候，也必需要評估修改所需要的預

1 導 論

算，和經濟效益。其基礎就是修改部分的 PFD。要修改現有工廠的可能原因之一是環保，在這種情況下修改的成果是減少污染而不是降低成本，但是也必需要知道投資數，和增加多少費用。

是以作製程設計的目的，除了真正的設立工廠之外，是作經濟評估，也是因為這個原因，故而在課程的安排上，將製程設計和經濟評估統合在一起。

1.6 內容安排

根據 1.3 至 1.5 節的說明，本書內容的安排如下：

- 第一章 導論
- 第二章 化學反應
- 第三章 化學反應器的選擇與設計
- 第四章 多相分離
- 第五章 均相分離
- 第六章 綜合討論
- 第七章 從設計到建廠
- 第八章 成本與利潤
- 第九章 經濟評估

第二至第六章是說明程序設計的過程，第七至第九章是說明經濟評估的方法和意義。