

科學圖書大庫

化學程序工業

(上 冊)

譯者 林建中

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

化學程序工業

(上 冊)

譯者 林建中

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年三月二十四日五版

化學程序工業 (上 冊)

基本定價 3.20

譯者 林建中 國立台灣大學化工系教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 971973

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧銓氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，賡續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掄誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者序

「化學程序工業」這一本書，依照原著者史雷夫教授在其銘謝文所作的說明，如果沒有各方面不同的公司開誠布公為學術研討而合作，以及各個公司中員工的熱忱協助勢將無法完成。原著者又說，本書之成篇實有賴于百多個以上的機構和一百五十名以上的專家，參與數據、流程圖以及相片等資料之蒐集與整理工作。由此可見，本書實在是一本涉獵廣泛的化學程序工業方面的巨著偉構，集合了美國各大化學工業公司與化工專家的技術經驗之結晶。我們更從而體會到原著者本人策劃本書著作時之宏大心願，而其在學術與技術上淵博精深又極其縝密的思維特別值得我們欽敬。

誠如眾所週知，化學程序工業種類繁多，每一種化學程序工業所面臨化學程序以外的問題，物理的、機械的、技術的…又如此之多，如此之廣。因此，大多數的化學工程師—包括譯者本人—多無從對一種以上的化學程序工業，有較深的接觸與瞭解。基於此一事實，本書的內容能廣泛的包羅了各種各類的化學程序工業，適當的加之介紹論列，對於化學工業界學術上和技術上的價值是無與倫比的，對於化學工程師和學生更有莫大的研究參考上的助益。

亦基於上述原因，譯者不揣冒昧，大膽嘗試本書之翻譯，實鑑于本書之內容價值，希望藉此譯本提供大專學生和在職化學工程師研討各種化學程序工業時有所幫助，倘因而更能促進國內化學工業之研究發展，誠譯者最大之願也。

本書之譯述，譯者雖然曾經動員了許多助教、研究生參加校稿繕寫工作，也曾走訪國內各化學工廠與專家學者請教有關實際問題，耗費了較預定一倍以上時間執筆，經兩年的時光，始底完成。惟由於個人菲學，所熟悉之化學程序工業祇不過有限的一兩種而已，兼之教學之餘從事本書之譯述，疏漏失誤之處在所難免，尚祈國內先進專家不吝指正是幸！

林建中 謹識

民國六十一年十月

於國立台灣大學

前言

在此書中，將發現很多關於這位著者化學工程師在學術上與技術上修養的精華，正如偉伯斯達（Webster）所下定義中概述“在文明進展的某一個階段或狀態中，卓越的成就，信念，傳統……等複雜因素曾經構成了一個群體的背景”。在最近幾年我們已領悟了人道文明與科學文明結合的必要性。而斯諾（C. P. Snow）先生已曾經在此二者之間建立起了高度的橋樑。可見一位工程師的修養成就同樣對我們是很重要；而此書所表達者即為這位化學工程師的修養，內行與其實際操作經驗的總結。

史雷夫博士（Dr. Shreve）為化學程序工業發展的先驅，其一生中有很長的一段時間曾服務於化工界，任職為工程師，許多大化學工廠的顧問，教育家並為發展中國家 - 自由中國的工程教育顧問。因此他具有才能呈獻此本教科書和其他各種化學程序工業的論文，並有資格介紹化學工程的職業、技術、科學與實際作業的現況。此第三次重印的新版比過去兩版收集更多的純技術，且方法上有更多份量，以適應於目前化學工業上更多的實際作業。此版亦記載化學程序工業的成長與發展。

我執教於化學工程已有卅幾年，而其中廿年一直以此本“化學程序工業”做為教科書，因其中廣泛，正確、與批評性的說明而受益不淺。曾用過前兩版的十萬個學生中，不管其在求學階段或在職階段，均未能完全學過如此版中所記述的所有內容。但他們曾經發現本書中有過去他們所學數學和物理的許多應用例子。特別是在一些別人所發展成功的程序與工廠中。其實他們以同樣的科學觀念，在其他課程就很難被應用到。

由於我們的職業越來越複雜，因此在工程教育中關於科學的課目越來越多。因此我們的教育不能讓年青的工程師們誤認為用“電腦”所導出的解答即為問題的真正解決，例如在反應，熱量與質量輸送所組成的問題之解決即是。他們必須了解在實際工業中將工程師的判斷亦考慮在內，這樣利用科學原理所得的計算才能成功地實現。在化學工程師的新觀念中；認為即使是最複雜的課程，亦至少應將程序工業的背景介紹給學生，例如硫酸如何生產、石油精

煉的影響因素何在？高分子聚合物之製造會增加燒鹼工業副產品的需要，而這樣才有燒鹼工業的存在，其他類似的介紹等等。如果培養一個化學工程師而毫不注重其在化學程序工業本行中的實際工作成績，這樣只是企圖製造一個學術好的工程師而已，不管其日後能寫出多好的博士論文，這只不過是一種次要的學術嘗試罷了！

對我本身曾為廿幾個國家的實際作業化學工程師而言，前兩版經常為我旅行中的伴侶，因為本書為所有化學製造之現有資料中最小亦是最佳的濃縮代表品。如今，在本書更具進步與發展的形式中，呈現有更佳的資料—包括有關經濟的數據，書目，流程圖，重要物質平衡，控制單元圖，與其他工具。正如一般教科書、參考書與論文，此第三版“化學程序工業”將對想從事許多同樣工業的工程師們提供很好的服務。他們將一致地感謝史雷夫博士做為化學工業教師與實際經驗收集者所做的貢獻。最後引用另一位重要出版商的一句誌言；本書是“所有被允許付印最新消息”的摘要和指引，並為那些有關化學工業的細節不夠高明地方做詳細的解說而著。

奧斯麻 (Donald F. Othmer)

化學工程學名譽教授

勃羅克蘭工藝學院（紐約市）

序 言

化學工程爲化學程序工業的基礎，此書的主要目的便是在強調此點，其他探討的方法和目標在第 1 章和第 2 章都有詳盡的解釋。此第三版將提供第二版發行以後至 1965 年底新發現之化學程序工業 (CPI) 的文獻與逐項步驟，便於核對而書中的統計大都爲 1962 年或 1963 年的。每一章專論某一種程序工業，諸如玻璃、紙、橡膠、或硫酸工業等。其內容的安排大致按以下的規則排列：在簡短的介紹之後，致力概述此工業的大要，在某些方面亦將介紹特別程序的歷史背景，然後再考慮到用途與經濟價值，包含統計表。如此就可以判斷此工業的重要性。我們必須了解，生產趨勢的記述，不管其增加或減少總比某種物質製造數量與價值之敘述更爲重要。此可將各年的生產情形記錄在平行行內或繪成統計曲線來表示。在製造方面，由於此爲化學工程之書，關於能量變化，單元操作、與化學變化均必須提醒讀者注意。對於某些重要的程序，主要的單元操作與化學變化均將列表說明。將工業分成爲這些單元可以幫助讀者在一種工業所學的知識應用於另一種工業上。其實流程圖在視覺教育上亦產生同樣的功用。如此可使讀者易於了解，像過濾、蒸發、氫化或氯化等過程同時能應用於很多工業上。而原料的來源與其對於製造過程的關係，將在其經濟價值，和在其化學品關係上討論。

由於流程圖的數目繁多，且限於篇幅，只能有限地刊登圖片。另一方面因爲裝備的圖片對於學生的了解裨益很大，謹此建議老師，爲了補充教科書內圖片的不足，最好能收集一些所學工業的工廠與設備的適當圖片。這些圖片通常能在學生的見習旅行中，從已訪問過或計劃將去訪問的工廠獲得。這些圖片可作成幻燈片，然後在適當時做有效的應用。在許多例子中，流程圖可供給很多資料和功用，並可做爲問題的基礎。在前兩版最值得爭論諸點之一爲問題的編入與否，特別是化學工程教師們的觀點如此。大多數人認爲這些較短的問題不值得一提應被刪掉。這點著者在第三版中已經做到。但請參閱第一章所推薦之有關問題。

此書有雙重功用。一可爲大學的教科書，使各種課程更趨完整，讓年青

的工程師們了解他們即將進入的行業或有關的行業，即使是不直接有關聯。同時其對於實際從業的化學工程師或化學家亦是一本參考書。爲了他們，各種概略流程圖請參照 Chemical Engineering, Chemical Engineering Progress, Industrial Engineering Chemistry 等書所繪者做爲本書補充，而這些書將能提供實際從業的工程師們所需之細節，但對於學生只易於使其混淆而已。然而學生總應該參考培理 (Perry) 所著化工手冊第四版。如果在此冊的設備章內未有很好的報告，同時在化學技術全書 (Encyclopedia of chemical Technology) 中亦未盡詳細時，則在此本教科書將增添幾頁予以說明。

依第三次改訂版的本來設計，需要每一章內有一些容易了解的書目參考和標題的收集。但由於美國化學學會 (American Chemical Society) 爲 1967 年的出版，加上安排的空間限制和化學技術文獻的刊登，迫使放棄此計劃。在每一章的後面均附有定期校對的“美國化工學會”(AIChE) 目錄，“化工圖書”目錄 (Chemical Engineering Library Book list) 與各種特殊資料來源的指引，以做爲選擇的參考。因此，雖然有些仍然對工業有用的舊書籍亦收集於內，但以上目錄的選擇在於強調新進者。

列於美國成長最快的工業中，化學程序工業每年曾爲幾千人提供無數的就業機會。

我希望向許多化工界教師們的廣大幫助表示感謝。其中有一些是我職業上的友人或過去的學生：他們是 Donald F. Othmer 教授, Brage Colding, George T. Austin, Stuart Mc Lain, Fred O'Flaherty, R. H. Ewell Ralph Shay, Charles H. Prien, Alan Rhodes, Glenn L. Jenkins, Robert D. Vaughn, Leslie Lahti, 和 Roger Eckert 同時亦感謝吾妻 Eleanor B. Sherve 五年來一直爲稿抄寫的耐心，和吾秘書 Elizabeth Prentiss 的幫助，與其他凡對我幫助很大的人，他們是 Beth Brunirt Lois Conrad, Mary O'Farrell, 和 Rox Ann Baughman Irene M. Strieby 係爲此書若干章的共同作者，他並運用多年在化學上與圖書上的經驗，在本書校對方面做了不可勝數的幫助，應在此一併致謝。

諾立斯·史雷夫 (R. Norris Shreve)

銘 謝

要寫一本像本書“化學程序工業”這樣涉及廣泛而且出版三次的書，如無各種程序工業部門不同公司的互相密切合作，和其員工的幫助是絕不可能的。其中有很多是筆者畢生友人與最近三十五年來的學生。我特別感謝他們關於注腳以及對流程圖的幫助。在這化學工業程序(CPI)中有一百個以上的機構，其中有一百五十人以上曾合作收集技術數據、流程圖、圖版、相片與意見。我們必須了解這些人的幫助，才導致第三版的出版，一方面是基於職業上的義務，另一方面則為個人的樂意。應感謝者的芳名謹列於後：

MALLINCKRODT CHEMICAL WORKS, E. MALLINCKRODT, JR., A. E. RUEHLE, C. D. HARRINGTON; AMERICAN CYANAMID, G. N. VRIENS, THE CALCO CHEMICAL COMPANY,

MARDEN, ORTH, AND HASTINGS and the SHREVE CHEMICAL CO.; REILLY TAR & CHEMICAL CORP., H. H. HORNER, F. E. CISLAK; ELI LILLY & CO., J. A. LEIGHTY, H. W. RHODEHAMEI, JR., F. R. LLOYD; LILLY INDUSTRIAL COATINGS, INC., R. C. HILES, J. R. PICKERING; DOW CHEMICAL CO., V. A. FAUVER, R. C. GUNDERSON, D. E. HARMER; THE PERMUTIT CO., ESKEL NORDELL; HALL LABORATORIES, E. P. PARTRIDGE; BABCOCK & WILCOX CO., W. J. DARMSTADT; BITUMINOUS COAL RES., INC., A. A. POTTER, H. J. ROSE; GENERAL ELECTRIC CO., F. P. BUNDY, R. H. GRAHAM; UNION CARBIDE CO., J. F. EVERSOLE, H. B. ALLPORT, W. W. PALMQUIST, F. T. SCOTT; AZBE CORP., V. J. AZBE; GIRDLER CORP., W. E. BROWN; AMERICAN AIR LIQUIDE, INC., K. W. GLOVER; GREAT LAKES CARBON CORP., J. F. HUNT; FRITZCHE BROTHERS, INC., R. J. EISERLE; PORTLAND CEMENT ASSOC., H. H. STEINOUR; MONSANTO CO., C. M. DEAN, J. H. NICHOLS, J. A. BRINK, CLAYTON F. CALLIS, J. R. DONAVAN; ALUMINUM COMPANY OF AMERICA, D. H. TILSON, G. T. HOLMES; THE AUSTIN CO., O. J. BOLDDUC; AMERICAN AGRICULTURAL CHEMICAL CO., R. C. SPECHT; AMERICAN POTASH & CHEMICAL CORP., D. S. ARNOLD, G. H. STURTEVANT; THE LUMMUS CO., S. A. GUERRIERI; CHEMICAL CONSTRUCTION CORP., S. STRELZOFF, J. B. RINCKHOFF, E. A. ROSS, J. D'ARCY; NATIONAL LEAD CO., E. MANTIUS; CORNING GLASS WORKS, L. R. SCHLOTZHAUER; OWENS-CORNING FIBERGLAS CORP., GAMES SLAYTER; PITTSBURGH PLATE GLASS CO., R. F. BARKER; AMERICAN-ST. GODAIN CORP., D. F. RIDINGS, JR.; EASTMAN KODAK CO., MARTIN SCOTT; E. I. DU PONT, R. C. FORNEY, O. STALLMANN, H. W. LUBS; PROCTER & GAMBLE CO., L. H. GOING, BRUCE MARTIN, R. E. HALL; SUGAR RESEARCH FOUNDATION, J. L. HICKSON; CORN PRODUCTS CO., R. C. WHEELER; MILES CHEMICAL CO., M. W. SHEPARD, V. J. ROMEO, W. A. COMPTON; COMMERCIAL SOLVENTS CORPORATION, JEROME MARTIN, P. J. BAKER; HERCULES POWDER CO., J. N. BORGLIN; STANDARD OIL CO. OF OHIO, A. B. CLARKE; GENERAL TIRE & RUBBER CO., SAM SALEM, R. W. WATKINS; M. W. KELLOGG CO., H. B. HASS, T. C. WHITE, L. C. AXELROD; STANDARD OIL OF NEW JERSEY, B. M. VANDERBILT; SUN OIL CO., C. G. KIRKBRIDE; ALLIED CHEMICAL CORP., N. L. ANDERSON, E. M. GOLZE; LEHN & FINK, E. S. WRIGHT; THE UPJOHN CO., D. I. WEISBLAT; ELECTRONIC ASSOCIATES, INC., GEORGE A. MARR.

下列的人士與化學工程師對本書曾經有很大的貢獻：

MARSHALL SITTIG, DONALD G. FRIER, W. T. READ, SR., MARILYN FORNEY, and MARJORIE CAMPBELL.

化學程序工業上冊

目 錄

譯者序
前言
序言
銘謝

第一章 化學程序 1

單元操作（物理方法）；化學變換；流程圖；化學程序法；資料來源。

第二章 化學程序之支柱基礎 8

基本化學資料；分批法和連續法；流程圖；化學程序之選擇，設計與操作；化學程序控制和儀器裝設；化學程序經濟學；市場估計；安全性；建廠地點；工廠建造；製造和創造之管理；研究與發展；專利；化學系統。

第三章 水處理工業 30

水的復用；水質的調節法；脫礦質作用；沉澱法；脫鹽處理；海洋資源；工業用水和污水之廢水處理；空氣污染。

第四章 燃料，能和空氣調節 51

能；化石燃料；動力的產生；冷凍；空氣調節

第五章 煤炭化學品 65

煤炭之分解蒸餾；焦炭之提煉；煤焦油之蒸餾；從煤至化學品

第六章 氣體燃料 83

天然氣；焦炭爐氣；水煤氣；發生爐煤氣；液化石油氣

第七章 工業用氣體 93

二氧化碳；氫；氫的製造；氮；氧；氧和氮大氣中的稀有氣；氦；乙炔；二硫化硫；一氧化碳；氯；氬氣

第八章 工業用碳127

燈黑；碳黑；碳與石墨之結構材料；活性碳；石墨；工業用鑽石。

第九章 陶瓷工業148

基本原料；化學變換，包括基本的陶瓷化學；白瓷器類；結構用黏土的產物；耐火物；特殊的陶瓷產品；搪瓷物及搪瓷金屬；瓷。

第十章 波特蘭水泥，鎂和鈣化合物 172

波特蘭水泥；水泥的製造；石灰；石灰的製造；石膏；各種各樣的鈣化合物；氫氧化鎂水泥；鎂化合物。

第十一章 玻璃工業 200

製造；製造方法；特種玻璃的製造。

第十二章 鹽和其他的鈉化合物 226

氯化鈉，或食鹽；硫酸鈉；硫酸氫鈉（或硝餅）；亞硫酸氫鈉；亞硫酸鈉；次硫酸鈉；硫酸鈉；硫代硫酸鈉；亞硝酸鈉；硅酸鈉；過氧化鈉；高硼酸鈉；鈉胺；氰化鈉和亞鐵氰化鈉。

第十三章 氯—鹼工業：蘇打灰，苛性鈉，氯 241

蘇打灰之製造；重碳酸鈉之製造；其他鹼類；氯及苛性鈉之製造；漂白粉；次氯酸鈉；亞氯酸鈉。

第十四章 電解工業 241

鋁；鎂；鈉；氯酸鹽和過氯酸鹽；第一級和第二級電池。

第十五章 電熱工業 284

人造磨料；碳化鈣；其他電熱產品

第十六章 磷工業 291

磷酸鹽岩及過磷酸鹽；過磷酸鹽；為肥料和鹽類用濕式磷酸之製造；磷與磷之淨化衍生物；磷及其淨化衍生物之製造；由磷製磷酸；磷酸鈉；烘焙粉；其他無機磷化物；有機磷化物。

第一章 化學程序

本書係討論有關從原料製造有用和有價值之成品的化學程序。這些具有市場價值的成品部份是為關涉美國經濟生活的消費品。其餘則為中間產品或做為消費品製造用的化學品。化學品中又有百分之二十可做為再製品原料，因之再製品實為這些原料自己的最好消費者。

本書主要的對象為化學工程師，各種工業化學工廠的化學從業人員和在大學中化學工程學系的學生……等等。依照「美國化學工程學會」的定義，吾人可以解釋「化學工程」為各種物質的物理變化和化學變化的製造程序之發展及應用的工程學。

化學工程的發展過程中，由於基本結構的分類上，得到驚人的原動力，後來把化學製造程序上有關物理變化的工程歸納起來，於1910年被定名為「單元操作」。這種分類是麻省理工學院的一些化學工程教授在歐克教授（W. H. Walker）的領導下所制定的。而「單元操作」的名稱則為歐克教授的同事立特（A. D. Little）所命名的。三、四十年來，這種依物理變化分類為「單元操作」的觀念對化學工程實在是一種很了不起的激勵。這些物理變化的單元如：過濾、熱傳遞以及其他各種變化，都個別研究並成為各種化學製造工業實用的共同作業方式。到了1930年後不久，有類似的分類方式出現，乃由克羅根（P. H. Groggins）定名了一種叫做「單元方法」的項目，正如同物理變化分類為「單元操作」一樣，「單元方法」是各種化學變化的分類。雖然克羅根或其他人將各種化學變化和反應明確分類為「單元方法」，並且成為了化學工程程序上重要依據，但却未像分類「單元操作」一般曾經花費過很大的工夫。

近十年來，化學工程在各方面都有很快速的進展，這些在物理及化學上的新成就，在培理（Perry）所編著的「化學工程手冊」第四版式或他有關資料中都有記載。

附表[1-1]係依照培理分類法列出物理變化，以分別各物理變化和工廠的物理定理，並用以區分化學工程基礎科學和化學工程程序上的裝置設備。

表 1.1 化學工程的物理定律

取自培理手冊

節

- 5 流體和粒子機構
流動，測定，流體和粒子動力學
- 6 流體的輸送和儲存
液體和氣體的唧送和儲存，使用唧筒，壓縮機，吹風機，活門，管子，儲氣器
- 7 固體的輸送和儲存
帶式運輸包裝和儲存（氣動的和流動的運輸）
- 8 形狀的增大和減小
壓碎，碾磨，凝結，粒化和壓緊
- 9 熱的產生，傳送和儲存
燃料，燒爐，燃燒；動力的產生和傳達
- 10 熱傳達
冷凝，轉化和輻射中的熱傳達
- 11 熱傳遞裝置
蒸發器，熱交換器
- 12 冷凍
普通的和低溫的
- 13 蒸餾（理論和基本定律）
蒸氣—液體平衡，連續與單批式二成分和多成分蒸餾；可萃取的共沸蒸餾（計算機）；裝置請看 18 節
- 14 氣體吸收和溶劑萃取
氣體吸收，液體—液體萃取
- 15 濕化和乾燥
濕度測定，蒸發，冷卻，空氣調節，固體的乾燥
- 16 吸附和離子交換
理論，操作，設計和吸着方法。
17. 其他擴散操作
浸瀝，結晶，昇華，氣體擴散，透析，電氣透析
- 18 液氣相系統（裝置）
物質輸送動力學和流體動力學

19 液固相系統（裝置）

過濾機和離心機，增稠器和分粒器，調漿機和攪動器離子交換和泥漿輸送

20 氣固相系統（裝置）

為熱和物質輸送的接觸裝置

21 氣氣相，液液相和固固相系統（裝置）

抽樣品，篩別，泡沫選礦，靜電氣分別

另一方面，「單元方法」所表示的化學變化，目前已經被石油化學工業上使用已久的「化學變換」（Chemical Conversion）所替代。茲參考培里以及其他資料將這些化學變化或化學變換作系統的分類列舉於附表[1.2]。

表1.2 主要的化學變換

丙烯（酸）化	冷 凝	水解和水和（皂化和鹼溶化）
醇 化	脫 水	離子交換
烷 化	重氮化和偶合	異構化
還 原 胺 化	（雙重分解）	中 和
胺 解	電 解	硝 化
芳香化或環化	酯化（硫酸塩化作用）	氮 化
鍛 燒	酸 酵	聚 合
羧 化	費葛氏反應	高溫分解或裂解
碱 化	鹵 水	還 原
燃 燒	水解甲醃化（氧代）	硅酸形成
（無控制氧化作用）	氫化，脫氫及氫解	磺 化

本書所涉及各種化學品都特別強調此種化學變換，[附表1.2]是有關各種化學反應應用在化工程序上的變化。其包括：(1)特別反應的基本化學，(2)進行反應的裝置，(3)在最低成本及最高效率的有利競爭條件下整個程序的管理。由於這些變換的繁雜，雖無法如同單元操作一樣作很科學和正確的整理或分類列出來，不過對在製造程序設計新的方法上却有極大的裨益。

在製造化學品方面所應用的「化學變換」其特點可以歸納如下：

1. 每一化學變換都具有其單元性，或類似於一連串個別反應的面目。這些單元面目，其基本化學分類暫且不談，可是在能量變化，反應時間、平衡和原料上都具有其相同性。

2. 在各類有關的化學變換程序中，我們可以將它們分成各種獨立變化，使能製造出許多化學品，譬如：重氮化（Diazotization），偶合（