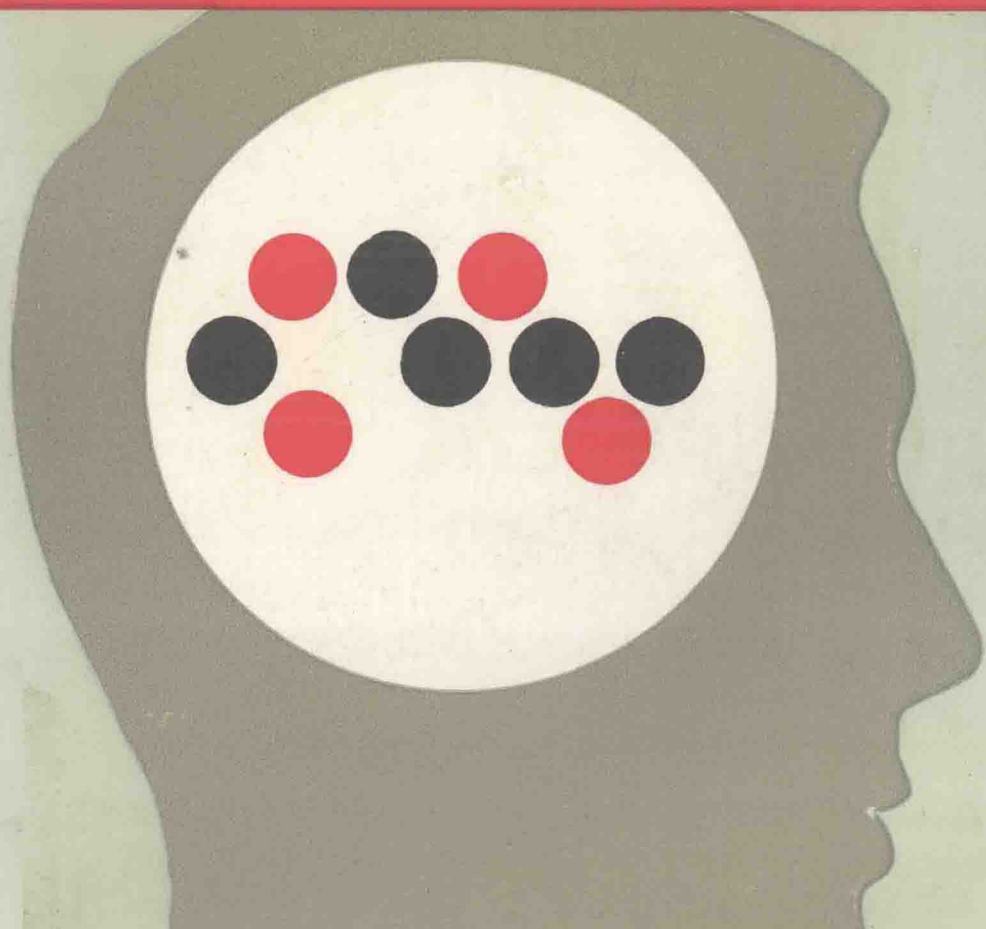


單元操作

葉和明 著

科學技術叢書 / 三民書局印行



單元操作

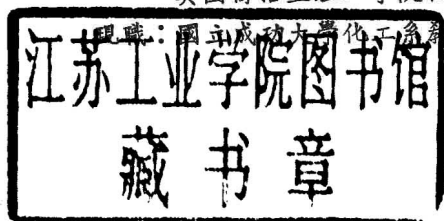
(下 册)

葉 和 明 著

學歷：國立台灣大學化工系畢業

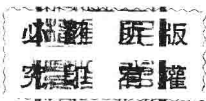
美國喬治亞理工學院化工系化工博士

現職：國立成功大學化工系教授



三 民 書 局 印 行

行政院新聞局登記證版臺業字第二〇〇號



中華民國六十九年八月初版
中華民國七十二年一月再版

單 元 操 作 (下)

基本定價伍元

著 者	葉 和 明
發 行 人	劉 振 強
出 版 者	三民書局股份有限公司
印 刷 所	三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號
郵政劃撥 九九九八號

編輯大意

1. 本書係依據教育部六十五年六月公佈之五專化學工程科課程標準編輯而成，主要供五年制工專化學工程科第四、五學年上、下學期使用。如感教學時數不足時，可斟酌省去冠有星號（※）之章節。
2. 本書共分上、下兩冊，除討論流體力學，熱傳送及質量傳送等之單元操作外，尚包括固體之處理問題。為使上、下兩冊之篇幅分配平均，故將混合、機械分離及固體之處理與質量傳送之單元操作同列於下冊中。
3. 撰寫本書時，筆者認為讀者已熟諳普通物理及化學，而且已修讀過微積分及化工計算等課程。
4. 本書內容力求淺易、簡要；筆者才疏學淺，謬誤之處必所難免，尚祈海內外先進不吝指教，俾再版時得以更正，不勝感激。

單元操作(下) 目次

第十九章 質量傳送總論

19-1 概論	1
19-2 濃度	2
19-3 速度	3
19-4 通量	5
19-5 質量之傳遞方式	5
19-6 Fick第一擴散定律	6
19-7 擴散度	7
19-8 對流質量傳送	16
19-9 質量傳送之連續方程式	17
19-10 常見之邊界條件	23

第二十章 擴散質量傳送

20-1 概論	29
20-2 液體之蒸發	30
20-3 蒸氣之冷凝	35
20-4 通過球狀氣體膜之擴散	40
20-5 伴有均勻化學反應之擴散	44
20-6 伴有非均勻化學反應之擴散	50
20-7 平面擴散	55
20-8 半無窮長介質中之不穩態擴散	58

20-9 液滴中之不穩態擴散62

第二十一章 對流質量傳送

21-1 概論71

21-2 對流質量傳送係數71

21-3 氣體之吸收72

21-4 濃度界面層77

21-5 伴有均勻化學反應之濃度界面層80

21-6 擾狀流動之濃度界面層85

21-7 質量能量及動量傳送之類比88

21-8 因次分析93

21-9 沿管中流動之質量傳送96

21-10 流體越過球體及圓柱體之質量傳送99

21-11 填充塔之質量傳送101

第二十二章 蒸 餾

22-1 概論109

22-2 分壓109

22-3 蒸氣與液體之平衡110

22-4 亨利定律111

22-5 拉午耳定律111

22-6 理想溶液112

22-7 沸點組成圖112

22-8 平衡圖116

22-9 共沸混合物117

22-10 相對揮發度118

22-11 熱含量成分圖	119
22-12 蒸餾之方法	121
22-13 微分蒸餾	121
22-14 平衡蒸餾	123
22-15 精餾	127
22-16 精餾塔之構造	128
22-17 精餾塔之物料及能量均衡	131
22-18 理想板之數目	134
22-19 逐板計算法	134
22-20 麥泰圖解法	135
22-21 彭川圖解法	147
22-22 多成份精餾	156
22-23 板之效率	162
22-24 精餾塔之設計	164
22-25 共沸點蒸餾與萃取蒸餾	165
22-26 水蒸氣蒸餾	166
22-27 分批蒸餾	166
22-28 支流與多處進料	167

第二十三章 萃 取

23-1 概論	173
23-2 萃取之步驟與方法	173
23-3 溶劑之選擇	173
23-4 萃取器之種類	175
23-5 固體萃取之計算法	180
23-6 固體萃取之圖解法	186

23-7 連續逆流式多次接觸固體萃取之圖解法.....190
23-8 液體之萃取.....196
23-9 三成份系統之平衡圖.....196
23-10 連續逆流式多級接觸液體萃取之圖解法.....199

第二十四章 氣體之吸收

24-1 概論.....207
24-2 氣體之溶解度.....207
24-3 液體吸收劑之選擇.....209
24-4 氣體吸收之裝置.....210
24-5 填充吸收塔.....210
24-6 填充之種類.....212
24-7 填充塔內氣體與液體之流動情形.....215
24-8 填充塔之壓力落差.....220
24-9 連續接觸式氣體吸收器之物料均衡.....222
24-10 液體與氣體莫爾比之最小值.....225
24-11 填充塔內溫度之影響.....226
24-12 逆流多級式板吸收塔中板數之計算.....231
24-13 吸收之機構——雙膜學說.....237
24-14 填充塔中填料高度之計算.....238
24-15 總質傳係數之方法.....248
24-16 傳送單位高度 (HTU) 方法.....250
24-17 傳送單位之圖解法.....252
24-18 傳送單位數.....253
24-19 單膜阻力控制之吸收.....256
24-20 稀薄氣體.....257

24-21 傳送單位高度之實驗公式	260
24-22 反應吸收	262
24-23 氣提	262

第二十五章 調濕與涼水

25-1 概論	269
25-2 有關濕度之各項名詞的定義	270
25-3 絕熱飽和溫度	271
25-4 濕度表之構成	273
25-5 濕度表之使用	274
25-6 濕球溫度	276
25-7 濕球溫度原理	277
25-8 濕球溫度與絕熱飽和溫度之關係	279
25-9 濕度之測量法	279
25-10 空氣與水之接觸	280
25-11 空氣與水接觸之理論分析	284
25-12 HTU 方法之應用	288
25-13 調濕方法	291
25-14 涼水塔	292

第二十六章 乾 燥

26-1 概論	299
26-2 乾燥器之分類	299
26-3 盤式乾燥器	300
26-4 隧式乾燥器	301
26-5 旋轉乾燥器	302

26-6	輪機式乾燥器	302
26-7	運送式乾燥器	303
26-8	筒式乾燥器	303
26-9	鼓形乾燥器	304
26-10	噴淋乾燥器	305
26-11	乾燥機之設計原理	306
26-12	乾燥操作之計算實例	310
26-13	氣體之乾燥	316

第二十七章 吸 附

27-1	概論	321
27-2	吸附之種類	322
27-3	吸附與吸收之區別	323
27-4	吸附之平衡	324
27-5	吸附之遲滯性	327
27-6	吸附之理論	330
27-7	單級操作	330
27-8	逆流式多級之操作	332
27-9	級效率	339
27-10	連續接觸式之操作	339
27-11	超吸器	340
27-12	吸附波	345
27-13	蒸氣之吸附	346
27-14	液體之吸附	348

第二十八章 結 晶

28-1	概論	351
28-2	晶體之種類及形狀	351
28-3	晶體習性	353
28-4	過飽和及結晶之方法	353
28-5	結晶設備	354
28-6	質量均衡	360
28-7	能量均衡	364
28-8	結晶之理論	367
28-9	晶體之生長	368
28-10	晶體之黏結	371
28-11	結晶之管理與實際操作	372
28-12	分級結晶	372

第二十九章 固體之性質

29-1	概論	377
29-2	密度	377
29-3	整體密度	377
29-4	比重	378
29-5	硬度	378
29-6	平均粒子直徑	379
29-7	比表面積	380

第三十章 機械分離與混合

30-1	概論	383
30-2	篩分	384
30-3	柵篩	385

30-4	轉筒篩	385
30-5	振篩	386
30-6	擺篩	387
30-7	標準篩	388
30-8	篩析	388
30-9	篩之效率	391
30-10	篩之容量與效率	392
30-11	離析	392
30-12	水力離析	393
30-13	沉降定律	393
30-14	等落速粒子	395
30-15	水篩	395
30-16	水選	397
30-17	水分法之實際應用	398
30-18	表面速度水分器	400
30-19	自由沉降水分器	402
30-20	雙錐水分器	403
30-21	框篩	404
30-22	篩選檯	406
30-23	靜電類析	405
30-24	磁力類析	407
30-25	浮選	408
30-26	沈析與稠化	409
30-27	集塵與氣體淨化	410
30-28	離心分離	411
30-29	混合與攪拌	412

第三十一章 過 濾

31-1 概論	419
31-2 過濾機之種類	419
31-3 重力濾器	420
31-4 壓濾機	423
31-5 葉濾機	426
31-6 連續式旋轉真空濾機	429
31-7 過濾操作	432
31-8 過濾機之選擇	432
31-9 過濾介質之選擇	433
31-10 過濾理論	433
31-11 不可壓縮過濾之計算	437
31-12 可壓縮過濾之計算	441
31-13 離心過濾	444

第三十二章 固體之減積與造粒

32-1 概論	447
32-2 碎化準則	447
32-3 碎化產品之特性	448
32-4 碎化成品之大小分佈狀況	448
32-5 壓碎效率	453
32-6 力丁格定律	454
32-7 龐德壓碎定律及工作指數	455
32-8 減積裝置	457
32-9 顎式壓碎機	458

32-10 偏旋壓碎機	461
32-11 平輥壓碎機	461
32-12 鏈磨機	464
32-13 輥壓機	465
32-14 輟磨機	466
32-15 迴轉磨機	467
32-16 超細研磨機	468
32-17 剪削機	469
32-18 操作方法	470
32-19 開路及閉路操作	471
32-20 造粒	472

第三十三章 固體之輸送

33-1 概論	475
33-2 振動運送機	475
33-3 螺旋運送機	476
33-4 刮板運送機	477
33-5 雷得拉運送機	479
33-6 裙式運送機	480
33-7 斗式升降機	480
33-8 帶式運送機	483
33-9 加料器	486
33-10 卸料裝置	486
33-11 氣流運送機	487

第三十四章 其他單元操作

34-1 概論.....	491
34-2 離子交換.....	491
34-3 薄膜分離.....	492
34-4 昇華.....	493
34-5 液帶精煉與冷凍分離.....	493

附 錄

第十九章 質量傳送總論

19-1 概 論

化學工程師之任務，乃肩負化工廠之設計及操作，使化學反應之發生，反應物之調配及生成物之分離等諸工作能稱心應手。吾人已於上册中討論流體力學，熱傳送，及其應用；流體力學及熱傳送乃一般工程師所共同遭遇之問題，而質量傳送 (*mass transfer*) 及其應用則為化工廠中所須解決之最主要問題，亦為化學工程師所應具有之專長。質量傳送問題遠比流體力學或熱傳送者繁難，蓋因討論質量傳送問題時，不但同時牽涉到流體力學及熱傳送問題，而且所處理之物料為二成份或多成份之混合物。

正如同熱傳送因溫度差而引起一樣，質量傳送問題之發生主要乃因濃度差而引起，即混合物中之某成份，由濃度較高處移動至濃度較低處。例如室內置一盛有清水之試管，若空氣中之水蒸氣未達飽和度，則試管中之水，汽化而擴散至空氣中，此乃質量傳送之一實例，而水蒸氣確係由濃度較高處（試管中之水面上）移動至濃度較低處（試管口）。

解質量傳送問題時有兩個途徑可循：一為應用平衡階 (*equilibrium stage*) 之觀念，另一為應用擴散程序 (*diffusional process*) 之觀念，至於採取何法，端視使用之裝置而定，惟所依據之基本定理，不外乎質量結算，能量結算及相之平衡。

化學工廠中所遭遇之質量傳送操作 (*mass-transfer operations*)

甚多，本書因限於篇幅，僅討論較重要者，計有：萃取 (*extraction*)，蒸餾 (*distillation*)、氣體之吸收 (*gas absorption*)、結晶 (*crystallization*)、乾燥 (*drying*)、吸着 (*adsorption*) 及增濕與除濕 (*humidification and dehumidification*) 等。因這些單元操作乃質量傳送之應用，故未討論此類操作之前，擬先就質量傳送之基本觀念作最簡單之介紹，計有：擴散 (*diffusion*)，對流質量傳送 (*convective mass transfer*) 及伴有化學反應之質量傳送 (*mass transfer with chemical reaction*) 等。

19-2 濃 度

多成份系統中之某成份濃度，可用多種方法表示。本書將介紹四種濃度之表示方法，即質量密度 ρ_i ，莫爾密度 C_i ，質量分率 w_i 及莫爾分率 x_i 。其定義分別為

ρ_i = 每單位體積混合物中所含 i 成份之質量

C_i = 每單位體積混合物中所含 i 成份之莫爾數

$$w_i = \frac{i \text{ 成份之質量密度}}{\text{混合物之質量密度}} = \frac{\rho_i}{\rho}$$

$$x_i = \frac{i \text{ 成份之莫爾密度}}{\text{混合物之莫爾密度}} = \frac{C_i}{C}$$

須注意者， $\rho = \sum_i \rho_i$ ， $C = \sum_i C_i$ ， $\sum_i w_i = 1$ 及 $\sum_i x_i = 1$ 。若以 M_i 表 i 成份之分子量， M 表混合物之平均分子量，則

$$\sum_i x_i M_i = M = \frac{\rho}{C}$$

倘混合物為二成份者，則