

科學圖書大庫

化工單元操作

編者 張富祿

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

化工單元操作

編者 張富祿

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年三月七日初版

化工單元操作

基本定價 5.60

編者 張富祿 台灣肥料公司工程師
光武工專副教授

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。

(67)局版臺業字第1810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
7815250號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大原彩色印製企業有限公司 台北市西園路2段396巷19號
電話：3611986・3813998

序 言

本書之目的，為提供專科學校化工科教學之用。專科學校之迅速發展，教科書需要之迫切，是所週知之事。查單元操作，應溯源至美國 Dr A.D, Little 在麻省理工學院，於 1915 年十二月之報告中，首先正式敘述化工單元操作之概念，因而促使化工單元操作一門學科之誕生。在我國亦已有近五十年之教學，大部份仍直接使用英文課本，而英文課本，迭有新出，日趨艱深，各課本自成一家言，似有使教學兩困之感。其不能直接使用，相當明顯。

教學課本，應與專著有所不同。專著可自成一家言，而教學課本，理宜允執厥中，闡明應教應學範圍內之基本原理為重。而教學之最基本要義，不宜使學者喪失向學之興趣。艱滯、迂遠、繁難，以至於不可及者，使望書生畏，其有背於教學主旨，莫此為甚。

近十年來，中文之此一門課本，欣見其先後有數種出版。但早期者，已逾七八年，已不能滿足演進中專科教學之用。益以單元操作；即將轉變成四學期之課程，故內容之變動，實刻不容緩。

復以世界各國，正迫切地限期改用國際單位，即 S I 制，包括英美等國自身在內。美國化工學會，定自 1979 年起，使用 S I 制，自該年元月份起，所有文章發表於該學會者，均須使用 S I 制之單位。S I 制源自公制，吾國推行公制，歷有年所，如學校課本之不用公制，將何所云乎推行。

本書依下列要點而編撰：

- 2-1 流 體.. 所頒，以實用為主之教學宗旨。務求淺近實用，例算
- 2-2 黏 度..

豐富，內容新穎，執簡於繁，涵蓋周全。

2. 遵循國際單位制，並附以若干英制之數值，以爲對照參酌。

3. 合於專科學校四學期教學之用。

4. 工程上之計算與設計，本非一蹴即就之事。原理之瞭解，方程式之應用，以及使用各種分析與求解之方法。本書儘力避開艱深迂遠之理論，深度以適合實用要求爲度，力求寧繁而不難，明晰而扼要。以無師能自學爲對象，使具有廣泛應用而實質趣味橫生之單元操作，凡有心之人，均能學而自通，達成易學、可讀、解惑、向學之宗旨。

本書部份曾經試教，配合四學期之教學，應無太大之過多與不足。如有過多，對於部份例算，可不必要逐項示算，可擇要說明。如時間有餘，可就部份習題，酌行解說。

目 錄

序 言

第一章 概 述

1-1	化工單元操作	1
1-2	力與質量	2
1-3	重量	3
1-4	單位制度	4
1-5	國際單位制	5
1-6	單位之換算	7
1-7	氣體	9
1-8	壓力	10
1-9	溫度	10
1-10	物質或系統之受熱	11
1-11	功與功率之單位	12
1-12	摩爾與摩爾單位	13
1-13	試誤求解法	14
1-14	因次分析	15
1-15	均 衡	17

第二章 流體與流體流動

2-1	流 體	20
2-2	黏 度	22

2-3	流體靜力	23
2-4	比重計	25
2-5	液柱壓力計	26
2-6	流體力頭	28
2-7	質量速度	29
2-8	流體流動過程之機械能變化	31
2-9	Bernoulli 方程式	33
2-10	Bernoulli 方程式之應用	34

第三章 流體在管內流動

3-1	流體流動概念	37
3-2	Reynolds 實驗與 Re 數	38
3-3	界面層概念	40
3-4	管內流體流動之磨擦	41
3-5	磨擦係數	43
3-6	管內磨擦係數圖	44
3-7	Fanning 方程式	46
3-8	Hagen-Poiseuille 方程式	47
3-9	Fanning 方程式之應用	47
3-10	其他磨擦損失	51
3-11	管路總力頭損失	51
3-12	管內流體流動之計算	54
3-13	氣體流動	58
3-14	流體流動計量	63
3-15	皮托管	63
3-16	小孔流量計	65
3-17	細腰計	68
3-18	面積流量計	69
3-19	其他流量計	70

四章 流體輸送

4-1	管 類	72
4-2	公稱管徑	73
4-3	管 號	73
4-4	管之強度	73
4-5	管之材料	74
4-6	管徑之選擇	76
4-7	管路之熱膨脹	77
4-8	管 件	79
4-9	管線連接	79
4-10	活 門	83
4-11	泵	87
4-12	往復泵	88
4-13	旋轉泵	90
4-14	離心泵	92
4-15	離心泵之組件	96
4-16	離心泵之裝置	97
4-17	離心泵之操作	98
4-18	淨正吸引力頭	99
4-19	NPSH之實際計算	100
4-20	總動力頭	102
4-21	離心泵之力頭	103
4-22	離心泵之性能	105
4-23	離心泵之聯用	108
4-24	離心泵之關係法則	109
4-25	氣體之抽送與壓縮	109
4-26	送風機	110
4-27	壓縮機	112
4-28	抽氣機	113

第五章 熱傳輸

5-1	熱傳輸	116
5-2	熱傳導	116
5-3	Fourier 傳導定律	117
5-4	熱傳導度	119
5-5	串聯阻力	120
5-6	厚環壁之熱傳導	123
5-7	對流熱傳輸	125
5-8	薄膜係數	126
5-9	管內強制對流之因次分析	127
5-10	流體在圓管內強制對流之薄膜係數	129
5-11	簡化方程式	131
5-12	黏流	131
5-13	自圖查算 h_i	133
5-14	流體在管外	136
5-15	薄膜係數之一般範圍	137
5-16	Reynolds 之相似性推理	138
5-17	輻射	142
5-18	太陽輻射	144
5-19	黑體之輻射	144
5-20	吸收、反射、與透射	145
5-21	Stefan-Boltzmann 定律	146
5-22	輻射熱傳輸影響	147
5-23	熱電偶誤差	148
第六章 熱交換		
6-1	熱交換器	151
6-2	殼管式熱交換器	152
6-3	殼管式熱交換器之主要組件	155
6-4	總熱傳輸係數	156

6-5	指定面積之U	158
6-6	污垢係數	158
6-7	U之計算	160
6-8	溫度差	164
6-9	對數平均溫度差	167
6-10	多程熱交換器之溫度差	172
6-11	熱交換器之估算	175
6-12	鑄管換熱器	178
6-13	板式換熱器	179
6-14	套管換熱器	179
6-15	祛水器	181
6-16	熱用流體	182
6-17	保溫	183
6-18	熱交換器之操作	185

第七章 蒸發與結晶

7-1	蒸發	188
7-2	沸騰熱傳輸	189
7-3	成核沸騰與薄膜沸騰	190
7-4	蒸發設備	191
7-5	短管式蒸發器	192
7-6	長管式蒸發器	193
7-7	強制循環式蒸發器	194
7-8	蒸發器之熱傳輸	196
7-9	沸點之升高	196
7-10	液壓高差	198
10-8	蒸發器之焓結算	198
10-9	液之焓	199
10-10	蒸發	203
10-10	氣之移除	203

7-15	接觸冷凝器	205
7-16	蒸發器之配屬設備	207
7-17	多效蒸發	209
7-18	多效蒸發器之經濟效益與蒸發能力	211
7-19	多效蒸發器之計算	212
7-20	多效蒸發器之進料	216
7-21	蒸發器操作要點	219
7-22	蒸汽之再使用	220
7-23	蒸汽重壓縮原理	222
7-24	蒸汽重壓縮之應用	222
7-25	其他型式蒸發器	223
7-26	晶體	225
7-27	結晶	226
7-28	結晶設備	227
7-29	蒸發結晶器	229
7-30	溶解度與結晶	231

第八章 質量傳輸

8-1	質量傳輸	237
8-2	擴散	238
8-3	氣相之擴散度	241
8-4	液相之擴散度	243
8-5	相間質量傳輸	244
8-6	雙膜理論	245
8-7	質量傳輸係數	246
8-8	總量質傳輸係數	252
8-9	物料平衡與操作線	151
8-10	傳輸現象之共通性	152
		155
		156

第九章 氣體吸收

9-1	氣體吸收	264
9-2	填料塔	265
9-3	填 料	265
9-4	填料塔之流量限制	271
9-5	填料塔之壓力降	275
9-6	氣體之溶解度	277
9-7	吸收塔之物料平衡	279
9-8	吸收塔之最少液氣比	283
9-9	吸收之控制因素	286
9-10	順流吸收	287
9-11	階段吸收	288
9-12	連續吸收(填料塔)之設計	291
9-13	稀溶液之簡化設計法	302
9-14	吸收塔之溫度影響	311
9-15	吸收因素	312
9-16	填料塔以外之吸收設備	313

第十章 蒸 餾

10-1	蒸 餾	316
10-2	氣液均衡	317
10-3	二組分溶液	318
10-4	沸點成份圖	320
10-5	從 Raoult 定律定沸點成份圖	321
10-6	理想與非理想溶液	323
10-7	相對揮發度	325
10-8	蒸餾設備	326
10-9	常用分餾塔型式	328
10-10	泡罩塔與篩板塔	330

10-11	分餾功能.....	331
10-12	焓濃度圖.....	334
10-13	焓濃度圖之製作.....	336
10-14	分餾塔之分析.....	338
10-15	彭川法.....	340
10-16	氣提段.....	344
10-17	全分餾塔.....	347
10-18	進料層次.....	351
10-19	回流比.....	351
10-20	最少與最適回流比.....	352
10-21	麥泰法.....	356
10-22	增濃段.....	357
10-23	氣提段.....	359
10-24	進料.....	360
10-25	蒸餾方法.....	370
10-26	急驟蒸餾.....	371
10-27	微分或簡單蒸餾.....	375
10-28	批式蒸餾.....	375
10-29	水蒸汽蒸餾.....	377
10-30	真空或減壓蒸餾.....	381
10-31	共沸物之蒸餾.....	382
10-32	萃取式蒸餾.....	383

第十一章 萃 取

11-1	萃 取.....	386
11-2	萃取設備.....	387
11-3	三角形座標.....	390
11-4	液液均衡.....	392
11-5	均衡圖.....	395
11-6	混合與分離之圖示法.....	396

11-7	單階段萃取.....	399
11-8	多階段萃取.....	402
11-9	逐階段計算.....	404
11-10	最多與最少溶劑量.....	407
11-11	萃取之應用實例.....	408
11-12	不互溶解之萃取.....	411
11-13	不互溶逆流萃取.....	412
11-14	連續塔式萃取.....	417
11-15	多階段逆流回流萃取.....	420
11-16	萃取與蒸餾之相似.....	422

第十二章 瀝 濾

12-1	瀝 濾.....	425
12-2	瀝濾操作.....	425
12-3	滲提槽.....	427
12-4	Shanks 組合.....	428
12-5	攪拌式瀝濾器.....	429
12-6	植物油子瀝濾.....	431
12-7	瀝濾與流蘇.....	432
12-8	多階段逆流瀝濾.....	433
12-9	恆定與可變底流.....	434
12-10	理想階段數之圖解定出法.....	436
12-11	恆定底流理想階段數.....	438
12-12	變動底流理想階段數.....	440
12-13	矩形座標圖解之應用.....	445
12-14	矩形座標圖解法.....	445

第十三章 濕度與其控制

13-1	濕度學.....	449
13-2	濕度之表示.....	450

13-3	H_p 與 H_s 之關係	451
13-4	術語涵義	454
13-5	濕球溫度	454
13-6	絕熱飽和溫度	456
13-7	濕度圖	457
13-8	濕度圖用法	459
13-9	濕度測定法	461
13-10	增濕法	462
13-11	減濕法	463
13-12	冷却水塔	464

第十四章 乾 燥

14-1	乾 燥	467
14-2	不溶固體之均衡水份	468
14-3	能溶固體之均衡水份	469
14-4	術語涵義	471
14-5	乾燥之基本概念	473
14-6	物料之被乾燥行爲	475
14-7	批式直接乾燥器	475
14-8	批式間接乾燥器	478
14-9	批式乾燥速率與時間	480
14-10	滾筒式乾燥機	484
14-11	迴轉式乾燥機	486
14-12	迴轉式穿流乾燥機	488
14-13	迴轉式乾燥機之物料與焓平衡	489
14-14	噴霧乾燥	491
14-15	輸送式乾燥機	494
14-16	流體床乾燥器	496
14-17	電介質乾燥器	496
14-18	乾燥機之選用	497

第十五章 流體相中之分離與攪拌

15-1	重力與機械分離	500
15-2	離析	501
15-3	沉積原理	503
15-4	方程式之應用	505
15-5	沉積設備	509
15-6	濃稠器	510
15-7	浮選	514
15-8	過濾	515
15-9	疊層式過濾器	516
15-10	板框式壓濾機	517
15-11	連續迴轉過濾機	519
15-12	過濾原理	523
15-13	離心過濾	529
15-14	集塵與除霧	531
15-15	旋風器	532
15-16	過濾器	534
15-17	條洗器	536
15-18	靜電沉積器	536
15-19	流體之攪拌	538

第十六章 固體處理

16-1	粉碎	542
16-2	被粉碎物料之性質	543
16-3	粗碎機	544
16-4	中度粉碎機	546
16-5	細粉研磨機	551
16-6	超微研磨機	554
16-7	回路研磨與通路研磨	556

16-8	篩選	557
16-9	篩網之績效	559
16-10	標準篩	559
16-11	篩析	560
16-12	固體輸送	562
16-13	帶式輸送機	563
16-14	螺旋輸送機	565
16-15	鏈式輸送機	566
16-16	斗式升運機	567
16-17	氣動輸送	569
16-18	加料	571
16-19	混合	572
16-20	散裝	574
16-21	槽內壓力	575
16-22	槽之出料	575

附錄甲

I. 換算對照表

1. 長度	579
2. 面積	580
3. 容積	580
4. 質量	581
5. 密度	582
6. 速度	582
7. 力	583
8. 壓力	583
9. 功率	583
10. 熱、能、功	584
II. 溫度換算對照	585
III. 均衡數據	586