

化學工業大綱

上 冊

R. Norris Shreve 原著

李世璿 編譯

六/38

上海新亞書店出版

化學工業大綱

原著書名 The Chemical Process Industries

作者 R. Norris Shreve

李世璿編譯

新亞書店出版

化 學 工 業 大 綱

The Chemical Process Industries

by

R. Norris Shreve

McGraw-hill Book Company, Inc.

1945.

上 冊

版 權 所 有



不 准 翻 印

一 九 五 二 年 十 一 月 初 版

定 價 人 民 幣 三 五 〇 〇 〇 元

編 譯 者 李 世 璠

出 版 者 新 亞 書 店

上 海 河 南 中 路 159 號

電 話: 9 4 2 5 8

總 發 行 所 中 國 科 技 圖 書 聯 合 發 行 所

上 海 中 央 路 24 號 304 室

電 話: 19566 電 報 掛 號: 21968

分 銷 處 上 海 重 慶 新 亞 書 店

漢 口 貴 陽

序 言

本書係根據 Shreve 氏所著“Chemical Process Industries”一書編譯而成；刪去了不適當和不真確的部分，批判了英美的商業觀點，並補充以本國材料和近年來最新的發展。本書取材仍注重原理的探討，根據物理化學和化工原理，將化學工業的生產過程分為互相聯系的單元物理操作和單元化學程序，即思維重於記憶，使讀者不但知其然，進而明瞭其所以然；並藉程序表由原料以至成品及其有關生產設備組成有系統的觀念，使讀者認識整個的生產過程，而不至停留於偏面或瑣碎知識的記憶；且進一步通過生產部門集體的實踐，結合了實際情況，俾能運用原理，以發揮創造的精神。

本書的目次，並未作硬性的規定，為便於教學起見，暫將最基本和較易瞭解的數章，列在前面；但在特種情形下，不妨隨意加以更改。書中各種名詞均以化學命名原則為標準，少數名詞為化學命名原則中所未有者，則暫時採用較通用的譯名，待將來名詞標準化時，再行修改。本書蒙蘇元復、璩定一、李懋觀、劉馥英、劉華業、王承明、張潤庠諸教授提供意見，供給材料，並為校閱和改正錯誤，使本書得早日出版，特此敬致謝忱；又承國內各工廠惠借生產照片，附此一併誌感。本書編譯雖歷時兩載，但因個人能力有限，遺漏疏忽之處，在所難免；尚希讀者不吝指教，俾於再版時加以改正，不勝幸甚。

編者序於上海交通大學

一九五二年八月一日

上 冊 目 次

第一章 單元程序與單元操作	1
第二章 水的調節與廢水的處理	11
水的調節, 12. 水的調節法, 12. 污水與工業廢水的處理, 24.	
第三章 燃料, 動力, 與空氣調節	27
燃料, 28. 動力的產力, 32. 致冷, 35. 空氣的調節, 37.	
第四章 煤的分解蒸餾	39
煤的煉焦, 42. 煤瀝蒸餾, 52. 煤瀝的其他用途, 56.	
第五章 燃料氣體	58
天然氣, 59. 煤氣, 64. 水煤氣, 64. 發生爐煤氣, 68.	
第六章 工業氣體	72
二氧化碳, 72. 氫, 78. 氫的製造, 79. 氧與氮, 82. 大氣中的稀有氣體, 85. 氮, 87. 乙炔, 88. 二氧化硫, 88. 氧化亞氮, 89.	
第七章 工業用碳	91
燈黑, 92. 黑煙末, 93. 結構材料碳與石墨, 96. 活性炭, 99. 石墨, 103. 工業金剛石, 106.	
第八章 陶瓷工業	108
基本原料, 108. 基本陶瓷化學與單元程序, 111. 白色陶瓷, 113. 重黏土產品, 115. 耐火材料, 116. 搪瓷與搪瓷金屬, 125. 瓷, 127.	
第九章 水泥與鈣、鎂化合物	131
水泥, 131. 水泥的製造, 131. 特種水泥, 142. 石灰, 142. 石灰的製造, 144. 石膏, 146. 其他鈣化合物, 143. 氫氧鎂水泥, 149. 鎂化合物, 150.	
第十章 玻璃工業	157
製造, 157. 製造方法, 163. 特種玻璃的製造, 171. 岩絨, 174.	
第十一章 鉀鹽與混合肥料	177
氯化鉀, 177. 氫氧化鉀與碳酸鉀, 184. 硝酸鉀, 184. 酒石酸氫鉀, 184. 混合肥料, 185.	

第十二章 食鹽及其他鈉化合物 189

氯化鈉或普通食鹽, 189. 硫酸鈉, 191. 硫酸氫鈉或硝餅, 194. 亞硫酸氫鈉, 194. 亞硫酸鈉, 194. 低亞硫酸鈉, 195. 硫化鈉, 195. 硫代硫酸鈉, 196. 亞硝酸鈉, 197. 矽酸鈉, 197. 過氧化鈉, 198. 過硼酸鈉, 198. 矽肼化鈉, 199. 氰化鈉, 199.

第十三章 鹼與氯工業 201

鈉鹼灰的製造, 203. 侯氏鹼法, 209. 重碳酸鈉的製造, 211. 雜鹼, 211. 石灰鹼法製造苛性鈉, 212. 苛性鈉與氯的電解製造法, 214. 漂白粉, 223. 次氯酸鈉, 225. 亞氯酸鈉, 225.

第十四章 電解工業 228

鋁, 228. 鎂, 232. 鈉與鉀, 237. 過氧化氫, 237. 氯酸鈉與過氯酸鈉, 239. 其他產物, 240. 有機化合物, 240. 原電池與蓄電池, 241.

第十五章 電熱工業 244

人造磨擦物, 245. 碳化鈣, 248. 其他電熱產物, 249.

第十六章 磷工業 251

磷酸鈣, 251. 磷, 257. 磷與磷酸的製造, 258. 磷酸鈉, 262. 磷酸銨, 266. 焙粉, 266.

第十七章 硫與硫酸 269

硫的開採與製造, 269. 硫酸, 272. 鉛室法, 276. 接觸法, 288. 接觸法的設備, 294.

第十八章 氮氣工業 300

氰化物, 301. 合成氨, 303. 硫酸銨, 313. 磷酸銨, 314. 硝酸銨, 314. 脛, 314. 硝酸, 315. 硝酸鈉, 319.

第十九章 鹽酸及其他無機化學品 321

鹽酸, 321. 溴, 323. 碘, 326. 氟化鋁鈉, 329. 鉍氧, 330. 硫酸鋁與明礬, 332. 氯化鋁, 334. 硫酸亞鐵, 335. 銅鹽, 335. 鋁化合物, 335. 鉍鹽, 335. 錳鹽, 336. 矽化合物, 337. 硝酸銀, 337. 鉍與鉍鹽, 337. 稀土金屬化合物, 338. 重鉻酸鈉, 340.

第一章

單元程序與單元操作

化學工程的定義如下：

化學工程，即研究物質經化學變化或某種物理變化的工業製造及其應用的工程。此類工業製造，常可分列為互相配合的單元物理操作^a與單元化學程序^b。化學工程師的任務，主要在研究這些單元操作和單元程序，如何應用於工廠設備的設計、構造及其操作。化學工程師的基本學識為物理、化學和數學，而經濟學為其應用的指南。

單元程序是化學變化上極有用的觀念，即由化學變化的工業化，而達到生產服務的目的。而單元操作却是工業上處理化學品或有關材料的物理變化，它往往與單元程序中吸熱或放熱的化學反應所引起的熱的流動發生密切的關係；但它在某種情況下，例如流體因流動，由一部門轉移到另一部門時，則與化學變化無關。

單元程序與單元操作可將種類繁雜似乎毫不相關的化學工業，綜合而成統一的原理，而又分別應用於各種必要的情況中。單元操作含有較單元程序更多的公式，性質亦極複雜；但將公式和實際經驗靈活而經濟的運用，更為必要。

單元程序在應用上的特徵，可略述如下：

1. 凡某一種單元程序，在一系列個別的反應中，指出單一或相同的情況，除基本的化學種類外，可能在能的變化、腐蝕、壓力、反應時間、平衡、或原料等方面，有其共同類似點。

^a unit physical operation. ^b unit chemical process.

2. 因單元程序的存在,往往產生工廠的獨立單位,即一座建築物或工廠的一部分,專供製造或進行某一種單元程序,例如重氮化、偶聯、酯化、發酵、或烷化,而得各種化學品。

3. 藉一種單元程序可能製成多種產品,因此所用的設備,往往有相互的關係。例如鑄鐵製的硝化器,即具有充分攪拌和冷卻旋管的反應器,可供製備多種化學品,如硝基苯、硝基萘、或 T.N.T.

4. 同一單元程序中,製造某一種化學品的設備,可供作他種物品的製造,工程師的工作,即維持一切設備經常的運用,使其充分發揮生產的效能。

5. 藉單元程序的分類,化學工程師可以通過集體的實踐,而得知同類中個別新化學品的製備。他必須記住,原則重於特殊的實踐。這種經驗,即將過去單元程序中一般數據,應用於任何新化學品的製造上,以便節省個別的觀察和複雜的記憶。

6. 單元程序的分類基礎,是根據化學變化,即着重化學反應;凡一種工業製造常因反應收穫量的增高,而大量影響製造成本。由此可知單元程序的一觀念,即着重基本化學變化詳盡的研究。原料成本隱存於總成本分配中,約佔製造費半數以上,化學工業除求獲致最高的收穫量外,同時須對單元操作作謹慎的考慮,以求節省動力、熱能、以及其他的物理因素。

7. 無機和有機製造,可藉單元程序觀點,並無分離的必要,因為有機和無機化學品的設備和製造問題,往往十分類似,即基本反應中所含物理化學原理,或設備的構造和控制,以及經濟原則,均屬一致的,例如氮與氫合成氨,一氧化碳加氫生成甲醇,除原料和觸媒有不同外,其所用的條件或設備,並無十分差異。

8. 設備的設計,由於單元操作安排的通則所給予的幫助,較之考慮個別的反應,更為重要。因為從單元程序所得若干反應的經驗,可供作同類新反應的指南。

單元程序中,對於平衡與反應速率的基本物理化學的瞭解愈多,則反

應的控制愈佳;轉化率愈高,則製造成本亦愈低。例如硫酸製造中屢經指出,增高速率,即減低其平衡,所以在二氧化硫的轉化器設計上,須先獲反應的高速率,然後改變條件,以利其平衡。

本書特別注意單元程序與單元操作,主要單元的名稱,分列於表 1-1 中。單元程序即構成染料中間物和有機化學品分類的基礎。表 1-2 臚列各種工業所含主要單元程序及其所需的主要設備。同此,表 1-3 說明單元操作的情形。

表 1-1. 主要的單元程序與單元操作

單 元 程 序	單 元 操 作
1. 燃燒	1. 流體的流動
2. 氧化	2. 熱的傳遞
3. 中和	3. 蒸發
4. 矽酸鹽的生成	4. 增濕與減濕
5. 苛性化	5. 氣體吸收
6. 電解	6. 溶劑萃取
7. 複分解	7. 吸附
8. 煅燒	8. 蒸餾與昇華
9. 硝化	9. 乾燥
10. 酯化	10. 混和
11. 還原	11. 選粒
12. 氨解	12. 沉積與傾析
13. 鹵化	13. 過濾
14. 磺化	14. 篩析
15. 水解	15. 結晶
16. 氫合	16. 離心
17. 烷化	17. 解磨
18. Friedel-Crafts 反應	18. 物料處理
19. 縮合	
20. 聚合	
21. 重氮化與偶聯	
22. 發酵	
23. 高溫分解	
24. 芳構化	
25. 異構變化	

表 1-2. 單元程序及其設備

單元程序	工業或產品	設 備
1. 燃燒 (完全氧化)	燃料與動力	鍋爐(鋼,火磚)
2. 氧化	水與廢料	匣(混凝土)
	水煤氣	發生爐(鋼與磚)
	工業氣體(CO_2 , H_2)	鍋爐(鋼與磚)
	磷製磷酸	氧化器(鋼與磚)
	硫酸	燃燒器(鋼)
		轉化器(鋼,鑄鐵)
		鉛室(襯鉛)
	硝酸(氨法)	氧化器(鋼)
	油漆與塗料	反應器,鍋,混和器(鋼)
	油布	氧化室(磚)
	發酵:醋酸,檸檬酸,與葡 萄糖酸	匣(木),盤(鋁)
	苯二甲酐	反應器(鋼)
	甲醛	氧化器(鋼)
		觸媒(銀絲網)
3. 中和	醋酸(由乙醛)	反應器與冷凝器(不銹鋼)
	水的處理	處理器(鋼),沉降器(鋼或混 凝土)
	氨化過磷酸鈣	反應器與庫(鋼,混凝土)
	鈉鹽	鍋,結晶器(多半鋼)
	磷酸鈉與磷酸鉍	反應器(多半鋼,襯鉛)
	硫酸鉍	吸收器(重鉛)
	硝酸鉍	吸收器(襯瓷)
	膈	反應器(襯銀)
	硫酸鋁	匣(襯鉛)
	亞砷酸鹽 } 砷酸鹽 }	匣(木)
	脂肪酸製皂	匣(不銹鋼或銅鎳合金)
4. 矽酸鹽的 生成	陶瓷	模型(鋼),窯(瓷磚)
	灰沙磚	壓磚機(鋼),甌(鋼)
	水泥	窯(多半鋼,襯磚)
	玻璃	玻璃爐(瓷塊磚)
5. 苛性化	苛性鈉(燒鹼)	苛化器(鋼)
6. 電解	工業氣體(H_2 , O_2)	電解槽(鋼)

單元程序	工業或產品	設 備
7. 複分解	苛性鈉與氯	電解槽(混凝土與鋼)
	鋁	電解槽(鋼)
	鎂	電解槽(鋼)
	鈉	電解槽(鋼與磚)
	水的軟化	匣(鋼), 沉降器(混凝土)
	鈣鹽與鎂鹽	匣(鋼與混凝土), 反應器(鋼)
	鉀鹽	反應器(鋼)
	鈉鹽	反應器(鋼等)
	鈉鹼灰	鹽水處理器(木)
		吸收器(鑄鐵)
	磷酸	反應器(襯鉛)
	過磷酸鈣	混和器與庫(鐵與混凝土)
	鹽酸	蒸餾器(鑄鐵), 冷凝器(陶瓷, 鋁, 或碳)
8. 煅燒	氫氟酸	蒸餾器(鑄鐵), 冷凝器(鉛)
	塗料	反應器(鋼)
	石灰	窯(旋式, 襯磚的鋼; 或直式, 鋼與磚)
	石膏	乾燥器(鋼)
9. 硝化	鈉鹼灰	煅燒爐, 旋式(鋼)
	炸藥	硝化器(鑄鐵或不銹鋼)
	染料中間物	硝化器(鑄鐵或不銹鋼)
10. 酯化	硝基烷	硝化器與分餾塔, 連續式(不銹鋼)
	人造絲: 膠絲素	浸壓機, 撕碎機, 熟化器, 旋鼓混和器(鋼)
11. 還原	人造絲: 纖維素醋酸酯	混和器, 乙醚化器(鋁)
	乙酸乙酯與乙酸乙烯酯	反應器(鋼或不銹鋼)
	磷	爐(鋼, 磚)
	二氧化硫製硫	反應器(鋼)
12. 藉氨解的 胺化	硝基苯製苯胺	還原器(鑄鐵或木)
	對苯二胺	還原器(鑄鐵)
	氯苯製苯胺	壓熱器(鋼)
	苯胺-(2)	壓熱器(鋼)
	羥乙基胺	壓熱器(鋼)
13. 鹵化	毒氣	反應器(鋼)
	殺蟲劑	反應器(鋼或陶瓷)
	染料中間物	反應器(鋼或陶瓷)
	氯苯	鹵化器(鋼)

單元程序	工業或產品	設 備
14. 磺化	氯苯,四氯化碳 炸藥 亞硫酸鹽 製紙 染料中間物 苯磺酸鹽	氯化器(陶瓷),反應器(鋁鉛) 磺化器(鑄鐵或鋼) 燃燒器,亞硫酸塔,蒸餾器,解粕機 (多半鋼,塔為混凝土) 磺化器(鑄鐵或鋼) 磺化器(鑄鐵或鋼)
15. 水合與 水解(皂化) (鹼熔)	消石灰 五氧化磷製磷酸 三氧化硫製硫酸 明膠與動物膠 甘油 肥皂 玉蜀黍糖 糊精 葡萄糖與果糖 木材水解 酚 乙炔製乙醛 氯化物或硫酸鹽製醇	水合器(鋼) 水合器(襯瓷) 吸收器(鋼塔),冷凝旋管(鋼) 萃取器(鋼),特種乾燥器 製皂鍋(鋼,頂部不銹鋼) 蒸發器與蒸餾器(鋼) 製皂鍋(鋼,頂部不銹鋼) 耐酸壓熱器(銅) 耐酸壓熱器(銅) 發酵器(木或鋼匣) 耐酸壓熱器(銅) 熔鍋(鑄鐵) 反應器(砂鋼) 水解器(鋼或鋁鉛) 觸媒室(鉻合金)
16. 氫合與 氫解	氫製鹽酸 氫合油脂 去污劑 石油工業 合成甲醇	反應器(鋼),吸收器(陶瓷,鉍,或 碳) 氫合器(鋼),觸媒(鎳) 氫合壓熱器(襯不銹鋼) 觸媒室(鋼或鉻合金) 壓縮機,換熱器,觸媒室(鋼或鉻 合金)
17. 烷化	石油工業 中間物 二甲苯胺 四乙鉛	烷化器(鋼),泡罩塔(鋼) 反應器(鋼),蒸餾器(鋼) 壓熱器(鋼) 反應器(鋼)
18. Friedel-Crafts 反應	製蒽醌的磷-苯甲酰苯甲酸 乙苯(苯乙烯)	反應器(鋼或搪瓷) 反應器(鋼)
19. 縮合	樹脂化 苯酚酞指示劑	反應器(鋼) 反應器(鋼)
20. 聚合	橡膠	聚合器(鋼)

單元程序	工業或產品	設 備
21. 重氮化與偶聯	石油工業 染料	聚合反應器(鋼) 匣(木), 濾器(木或鑄鐵)
22. 發酵	工業氣體(CO_2) 單醣製酒精與二氧化碳 酒精, 丙酮, 與丁醇 酒 乳酸 青黴素(配尼西林)	發酵器(木或鋼) 發酵器(木或鋼) 發酵器(鋼) 發酵器(鋼, 木, 混凝土) 發酵器(鋼) 發酵器(鋼)
23. 高溫分解	煤的蒸餾 燃料氣體 增碳水煤氣 黑煙末 燈黑 木材蒸餾	甌(火磚, 外用鋼支撐) 甌(火磚, 外用鋼支撐) 增碳器(鋼襯磚) 鋼槽, 冷却器(鋼) 蒸餾室(鋼磚) 甌(鋼)
24. 芳構化	石油工業	反應室(鋼)
25. 異構變化	石油工業	異構化器(鋼)
26. 其他 (鹽基交換)	水 石墨	匣(鋼) 電熱爐(鋼與磚)
(同素異形變化)	碳化鈣 二硫化碳 攝影工業 皮革	電熱爐(鋼) 電熱爐(鋼與磚) 匣及特殊設備(鍍, 銀, 陶瓷, 橡膠) 匣(木)

表 1-3. 單元操作及其設備

單元操作	工業或產品	設 備
1. 流體的流動	水與廢料 油脂 石油工業	泵(鋼), 匣(鋼, 混凝土) 泵(鋼) 泵(鋼)
2. 熱的傳遞	燃料與動力 煤的蒸餾 燃料氣體 陶瓷 水泥	鍋爐與換熱器(鋼) 廢熱鍋爐與換流節熱器(火磚) 發生爐(鋼與磚), 換熱器與冷却器(鋼) 密(鋼與火磚) 旋轉密(鋼, 火磚)

單元操作	工業或產品	設 備
3. 蒸發	玻璃	爐與換流節熱器(瓷塊磚與磚)
	鈉鹼灰(即純鹼)	煨燒器(鋼)
	磷	電熱爐或鼓風爐(鋼磚)
	硫酸	燃燒器與轉化器(鋼)
	氨	轉化器與換熱器(鋼)
	石油工業	管爐, 換熱器, 冷凝器(鋼)
	鉀鹽	多效蒸發器(鑄鐵)
	食鹽	多效蒸發器(鑄鐵)
	苛性鈉	多效蒸發器(銅槓)
	磷酸	蒸發器(襯鉛)
4. 增濕與減濕	甘油	多效蒸發器(鋼)
	糖	多效蒸發器(鋼)
5. 氣體吸收	紡織纖維	廠房(磚, 混凝土, 木材)
	煤的蒸餾	吸收塔(鋼)
	燃料氣體	吸收器或淨化塔(鋼)
	工業氣體	吸收塔
	漂白粉	架式或旋轉吸收塔(混凝土)
6. 溶劑萃取	硝酸	吸收器與氧化器(鉻鋼)
	鹽酸	吸收器(陶瓷, 石英, 鋁, 或炭)
	皮革	匣(木)
	煤氣	塔(鋼)
	殺蟲劑	滲濾器(鋼)
	油類	萃取器(鋼)
	醋酸	萃取器(鋼或不銹鋼)
	松香	萃取器(鋼或不銹鋼)
	潤滑油	萃取器(鋼)
	水與瓷料的淨化	砂濾匣(混凝土)
7. 吸附	人造革溶劑的收復	砂濾匣(混凝土)
	煤的蒸餾	煉焦爐(火磚), 蒸餾器(鋼)
	工業氣體(N_2 , O_2)	液態空氣精餾器(鋼)
8. 蒸餾與昇華	甘油	真空蒸餾器(鋼)
	酒精, 丙酮	蒸餾器(鋼)
	石油工業	泡罩塔, 蒸餾器(鋼)
	中間物	蒸餾器(鑄鐵, 鋼)
	陶瓷	乾燥器(鋼或磚)
9. 乾燥	鈉鹽	旋轉乾燥器或盤(銅鎳合金, 鋼)

單元操作	工業或產品	設 備
10. 混和	塗料	乾燥箱(鋼)
	肥皂	乾燥室(磚與木材)
	糖	旋轉乾燥器(鋼)
	紙粕與紙	汽熱筒(鋼)
	橡膠	乾燥器(鋼)
	肥料	混和器(鋼)
	炸藥	混和器(鋼)
	油漆	混和器(鋼)
11. 選粒	染料	混和匣(木材)
	水泥岩	精選設備(鋼)
	磷酸岩	精選設備(鋼)
12. 沉積與傾析	鉀鹽	增稠器(鋼)
	苛性鈉	增稠器(鋼)
13. 過濾	陶瓷	板框式濾器(鐵)
	鈣鹽與鎂鹽	濾器(鐵與黃銅)
	鉀鹽	濾器(鐵)
	鈉鹽	濾器(鐵與木材)
	糖	濾器(鐵)
	人造纖維	濾器(黃銅)
	石蠟	濾器(鐵)
	染料與中間物	板框式濾器(鐵,木材)
	有機化學品	濾器(鐵,木材)
14. 篩析	水泥	篩(鐵)
	鈉鹼灰	篩(鐵與木材)
	碳化矽	篩(鐵與木材)
	糖	篩(鐵與木材)
15. 結晶	鈣鹽與鎂鹽	匣(鋼)
	鉀鹽	真空與敞式結晶器(鋼)
	鈉鹽	結晶器(鋼)
	糖	結晶器(鋼)
16. 離心	硫酸銨	離心機(銅與鐵)
	鉀鹽	離心機(銅與鐵)
	鈉鹽	離心機(銅與鐵)
	糖	離心機(銅與鐵)
17. 解磨	陶瓷	磨(鋼)
	水泥	磨(鋼)
	玻璃原料	磨(鋼)

單元操作	工業或產品	設備
18. 物料處理	礦質纖維	磨(鋼與磚)
	油漆	球磨機, 筒磨機, 或盤磨機(鋼, 石)
	樹脂	磨(鋼)
	燃料	運輸機(橡膠, 帆布)
	陶瓷	螺旋運輸機(橡膠, 鋼)
	燃料氣體	泵與管(鋼)
	水泥	運輸機(鋼, 橡膠)
	玻璃	特種運輸機(鋼)
	鈉鹼灰	螺旋運輸機(鋼)
	木材	貨車(鋼)
	橡膠	貨車, 運輸機(鋼)

選定參考書

蘇元復, 張震旦, 王承明, “化工原理,” 龍門書局, 1951.

A. F. КАСАТКИН, “ОСНОВНЫЕ И ПРОЦЕССЫ АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.”

Unit Process Symposia, Ind. Eng. Chem. (1937 -)

Walker, William H, Warren K. Lewis, & Others, “Principles of Chemical Engineering.”

Brown, G. G., “Unit Operations.”

McCormack, Harry, “The Applications of Chemical Engineering.”

Groggins, P. H., “Unit Processes in Organic Synthesis.”

第二章

水的調節與廢水的處理

水的調節與廢水的處理，久已成為市政的主要任務，但製備化學用水的重要性，仍未受十分重視。化學工業消耗大量性質不同的用水，且工業廢水的處理，構成較城市廢水更嚴重的問題。此因工業廢水含有不同的物理與化學性質，所以處理上，不能應用一種簡單的方法。化學工廠中用水可能達六種之多：

1. 河水，供大部分處理之用。
2. 井水，溫度低而清淨，適合冷卻之用。
3. 過濾水，供多種程序上的需要。
4. 處理水，即經明礬沉澱，石灰鹼與磷酸三鈉軟化之水。使用時，須用銅管，以免含鐵或其他。
5. 蒸餾水，供試驗室及一切試驗工作，須用錫管導流至用水的處所。
6. 飲料水，供飲食之用。

衆所週知，用水的純淨與數量，極關廠址選擇問題；地下水和地面水均須考慮，地下水因四季皆冷，更適合冷卻之需；但性硬，產生鍋垢，阻礙熱的傳遞。

水中不純物因地而異，硬水中含有有害量的可溶性鈣鹽和鎂鹽，例如碳酸鹽、氯化物、或硫酸鹽，一遇肥皂，即生沉澱，且在鍋爐中生成不大導熱的鍋垢。

硬度，常以可溶性鈣鹽和鎂鹽作為碳酸鈣 CaCO_3 當量表之，倘用標準皂液滴定測量而得，則稱為皂硬度^a。水的分析單位，採用每百萬份的分率(p. p. m.)和每加侖的若干格令^b計之；每加侖一格令，相當於

^a soap hardness. ^b grains.