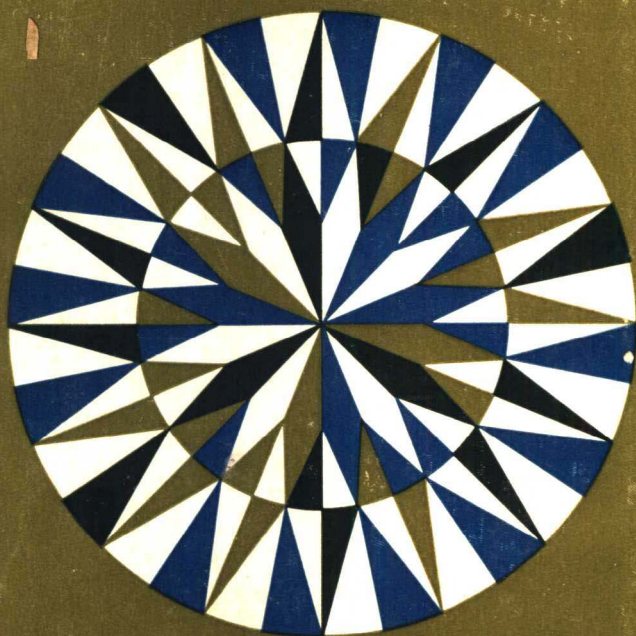


水 泥 工 業 叢 書

最新水泥製造學

W. H. Duda 原著 李 崇 年 校 訂
楊 樹 人 譯 述 耿 鎔



台灣區水泥工業同業公會主編
中外圖書出版社印行

水泥工業叢書

最新水泥製造學

W. H. Duda	原著
楊樹人	譯述
李崇年	校訂
耿 鎔	

臺灣區水泥工業同業公會主編
中外圖書出版社印行

著者原序

本書寫作之目的在於，對目前國際上水泥工業之製造程序，機器及設備，提供一簡明而多方面活用之說明。對於數據與圖表，尤為注意。內容以最緊要之知識為限；水泥工程師應能從本書獲得迅速就用之基本數據。

關於各種程序，無意評定其優劣，因自國際觀點而論，蓋亦無法判別。生產程序及設備，適合於某一國家者，未必可用於他處，地理環境，技術與經濟條件，乃至個別水泥廠之規模，均有不同故也。舉凡特殊性質，應用之範圍與限制，已屬確立而無疑問者，始於本書加以敘述。篇幅有限，生產方法不具未來重要性者，一概從略。早期發展之程序，同在省略之列，以免對於其後之知識，有先入成見。

編著本書之際，盎格羅薩克遜，日耳曼及斯拉夫參考來源，平等利用。法國及日本來源，兼在考慮之列。

各種資料數據，以及計算方法，原有語言障礙，或僅聞之於局部地方者，今在本書均能迅速檢得；則本書或可同時促進國際經驗之交換。

本書採用德英兩種文字對照方式，係建築出版社 (Bauverlag) 之建議；德英文讀者可以比較兩種語文之水泥技術名詞，隨手拾得，輕而易舉。

德文方面，所有數據，公式及計算例題主要應用公制；其對照英文方面則用美國習用之度量衡制度。所用公制單位亦僅以公制國家水泥工業通用者為限。故若干國際單位 (SI=Systeme Internationale) 亦從略。今日若干國家，有公制體系與美國習用度量衡制平行使用者；本書並列兩制數據，水泥專家間有對於兩制未能全曉者，由此可以熟悉其應用，不無裨補。

為維持本書兩種語文中之數字組合一致起見，概用美國制度，千

位數用逗點(,)分開，整數與小數則用圓點(•)分開。

爲適應目前舉世能源危機起見，「水泥工業之燃料」一章之敘述較詳。煤碳在甚多場合殆將代替水泥工業所用之燃料油，曾予澈底討論；使用碳粉（塵）燃燒法亦同。「發展階段之研磨方法」一章意在促進節省能量研磨法之可能發展，更上層樓。

對於若干廠商不吝提供繪圖及數據資料，僅再申謝忱。圖書館學碩士 George Yashur 先生在參考書目方面，惠予有價值之協助，一併致謝。內人 Helen，自願放棄週末休假，使余得於工作之餘，致力於本書，功不可沒。此外，建築出版社之 Reinhart Knapp 先生曾有甚多可貴之提示，並寬宏忍耐，期待本書之編成，情殊可感。建築出版社不惜工本，悉心講求此書之排印，堂皇富麗，有足多者。

Walter H. Duda
Allentown, Pennsylvania,
U.S.A.

譯 序

去年春初接到此書之出版預告，即知其爲一有價值之最新著作。夏末參觀芝加哥附近之卜特蘭水泥協會（The Portland Cement Association: Research and Development, Construction Technology Laboratories, Skokie, Illinois, U.S.A.），在其圖書室中閱到原書。該室編目依照著作出版時日先後逆排，在「水泥製造方法」一類之提要目錄卡片中，當時赫然以此書爲第一號。招待參觀之經理某君，頗訝何以知有此書，竟蒙以研究此業之同行相看。譯者莞爾難以爲答。

即在該室經過數小時之檢閱，略知世界最新水泥製造方法，悉已羅列於此書。乃有意譯述，以饗國人。計自開始以至譯完，先後凡八月有餘，廣續工作，未嘗間斷。

此書原文係德英文對照，敘述以準確清楚爲主，不求潤色，乃一般工程書籍之本色。德文文筆優於英文，揣係先用德文撰成，然後譯英，而作者又原爲德人之故。英文亦非完全自德文直譯，其間頗有不同之處，可以互相補充。譯述時參考兩種原文，斟酌取捨，以期行文更易了解。

關於術語名詞，爲考慮國內德文應用較少之關係，儘量引用英文，但若干必要處在，間亦附註德文，以爲比較。水泥製造方法，係從經驗發展而成，各地各種語言，有甚多習用名詞，難於統一。不但英德文互有不同，即同一種文字，亦往往因時因地而不同。原著廣引各種語言參考文獻既未畫一，譯者學識淺陋亦無法越俎代庖。或爲此書之一病；但能兼收並蓄，亦未嘗不可增加涵義之豐富。

原書應用米突公制及美國習用兩種單位；德文以公制爲主，而英文則以美制爲主。譯文斟酌採用兩制之一，但於（）中附註另一制之單位，以便比較。

至於專門名詞之翻譯，則儘量依照教育部公布之化學工程名詞（60年10月），機械工程名詞（51年11月），礦冶工程名詞（49年11月），化學名詞（49年5月），化學命名原則（21年11月），電機工程名詞（51年4月）。惟部頒各名詞，時間先後不一，間亦互有出入，不得不斟酌取捨。又有名詞，爲以上諸書所未列者，惟有比照原義及譯詞習慣，試爲自譯，非敢立異，實以腹儉，聊以救窮，貽笑大方，仍候高明指正，以求改進。

工程及化學工程，原非譯者素習，何竟率爾操觚，則不可不略爲說明。緣不佞幼年，對於自然及工程科學，本有興趣。只以人世浮沉，未能自主，忝列社會科學門牆。惟在學之時，仍酌選自然科學。就業之餘，亦每自修工程科學，作爲消遣。今已退休有年，自覺往年累積之淺識，尚可勉作此書之舌人；或視爲自學之筆記，亦未爲不可。困而爲之，不過聊示老驥伏櫪，仍有學習之志而已。

頻年諸承李崇年兄嫂愛護。適逢崇年兄繼任水泥公會理事長，力求提高生產技術，謹以此書之譯本題獻，聊示感激，略盡心意。初循出版通例，在扉頁載明其事，乃崇年先生謙抑，堅決以爲不可，緣附記於此。

譯者 六十六年五月十六日，農曆丁巳年三月二十九日
先母一百零五歲冥壽

本稿譯畢以後，復蒙李理事長崇年兄及台泥總工程師耿鎔兄校訂，若干名詞乃得與我水泥工業界所習用者相符，另有若干未盡妥當處在，亦承指正，併此誌謝。此外如仍有疵誤，責在譯者，悉候讀者不吝指教，是所拜禱。

又內容索引，以時間倉促，未能編就，深以爲歉，容俟再版時補編。

六十六年八月二十四日修稿附記

出版社原序

本書乃多年工作之成果，在問世以前，即已引起非常之興趣。其特色在於廣範收羅參考文獻，予以評論而外，並報告甚多技術知識，計算方法與生產程序，原來僅係見知於局部地區而加以應用者。故能完成一項重要貢獻，使各種語言區域，及地理工作範圍之水泥專家，可以互相交換知識，討論不同場地之經驗。此點殆亦為本書重要性之所在。本書可使個別讀者，領悟國外同行之思路與工作方法。

本書為篇幅所限，優先敘述對於日常工作有其重要性者。若干敘述或不能普遍適用。讀者如欲獲得更詳盡之報告，必須參考原始文獻。敬請讀書諸君惠示高見，以期本書之繼續改進。此後再版之際，將予考慮。建議及提示請寄出版社或本書著者。

Wiesbaden，1975年11月。

（建築出版社）

Bauverlag GmbH

D 6200 Wiesbaden

P.O. Box 1460

Bundesrepublik Deutschland.

最新水泥製造學

目 錄

著者原序

出版社原序

譯序

1. 原 料	1
1.1 石灰質成分	1
1.1.1 石灰石	1
1.1.2 白堊	2
1.1.3 泥灰土	2
1.2 黏土質成分	4
1.3 矯正配料	6
1.4 水泥原料之輔助成分	6
1.4.1 氧化鎂	6
1.4.2 鹼	7
1.4.3 硫磺	8
1.4.4 氯化物	9
1.4.5 氟化物含量	9
1.4.6 磷含量	10
1.5 卜特蘭水泥熟料之礦物相	10
1.5.1	10
1.5.2 矽酸三鈣晶體	11
1.5.3 矽酸二鈣晶體	11
1.5.4 鋁鐵酸鈣	12
1.5.5	12
1.6 熟料之潛能組成	13
1.7 水泥係數	16

1.7.1 水硬係數	16
1.7.2 矽氧係數	16
1.7.3 鋁氧係數	17
1.8 石灰公式	18
1.8.1 石灰飽和度	18
1.8.2 石灰標準	19
1.9 其他係數	21
2. 混合生料成分之計算	23
2.1 十字計算法	23
2.2 按水硬係數計算法	24
2.3 按石灰飽和度為依據之計算法	25
2.4 按石灰飽和度及矽氧係數之計算法	28
2.5 按熟料吸收煤灰數量之計算法	34
2.6 四種原料成分之計算	41
2.7 計算混合生料以達到預定數量之潛能熟料化合（礦）物	42
2.8 氧化物含量及潛能組成	48
3. 原料之粗（磨）碎	51
3.1 粗碎（磨）機器及方法	51
3.2 系統概觀	51
3.3 碎磨率	53
3.4 面積之產生及動力需要	54
3.5 粗（壓）碎機大小之選擇	56
3.6 顎式壓碎機	57
3.7 錐形壓碎機	69
3.8 旋迴壓碎機	71

3.9 錐形或西門氏壓碎機	77
3.10 輥式壓碎機	80
3.11 鎚碎機	84
3.12 (碰)撞(壓)碎機	91
3.13 複合碰撞壓碎機	94
4. 原料之乾燥	95
4.1 逆流乾燥機	96
4.2 並流乾燥機	96
4.3 桶形乾燥機之選擇	96
4.4 水分之種類	97
4.5 熱傳遞	97
4.6 溫度	99
4.7 壓力落差	100
4.8 嵌入物	100
4.9 充載程度	101
4.10 比熱消耗量	101
4.11 桶式乾燥機之熱量均衡	102
4.12 蒸發率	103
4.13 桶式乾燥機之性能	103
4.14 燃 料	105
4.15 原料通過桶式乾燥機之歷程	106
4.16 且乾且研法	107
4.16.1 球磨機且乾且研法	108
4.16.2 機械風析機中乾燥法	110
4.16.3 風掃磨之且乾且研法	112
4.16.4 輥磨機之且乾且研法	113
4.16.5 快速乾燥機	116

4.16.6 墮碎機用作且乾且研之設備	117
4.17 碰撞乾燥法	121
4.18 串列式且乾且研機器設備	122
4.19 雙轉磨機	124
4.20 乾燥處理與集塵操作	128
5. 水泥製造與研磨	131
5.1 臨界旋轉速率	132
5.2 磨球之動態靜止角	133
5.3 磨機截面之磨介分布	134
5.4 每周磨球碰撞次數	134
5.5 磨球對磨機進料之碰撞次數	135
5.6 磨球在磨機中之充載	135
5.7 磨球充載總量	136
5.8 磨機充載之提示	137
5.9 磨球與熟料之充載	138
5.10 使用磨介之磨機充載	139
5.11 磨球大小之公式	142
6. Bond氏研磨功指數	145
6.1 Hardgrove 氏可磨性指數 (Mablbarheits-Index)	146
6.2 Starke 氏公式	147
6.3 球磨機之動力需要	148
6.4 比表面積與 (Bond 公式) 粒子 (大小) 尺度	151
6.5 開路研磨之換算	151
6.6 球磨機產能	152
6.6.1 Tovarov 計算法	152
6.6.2 Jacob 計算法	156

6.7 各種研磨系統之動力需要	159
7. 磨球數據	160
7.1 磨球數據(美國習慣單位)	160
7.2 磨球之化學組成	161
7.3 鍛合金鋼磨球之硬度	162
7.4 研磨與金屬磨耗	162
7.4.1 機械化學性反應	163
7.5 磨球之磨耗率	163
7.6 「鎳堅」材料用於粉碎處理	165
7.7 每研磨小時直線磨耗率	166
7.7.1 比磨耗	167
7.7.2 磨介比磨耗率之改善	167
7.7.3 高度抗磨球之磨耗	167
7.7.4 煤磨機之比磨耗	168
7.7.5 高度抗磨球之比磨耗	168
7.7.6 磨耗率, g/kwh	169
7.7.7 蘇聯水泥工業磨耗率	169
7.7.8 瑞典水泥工業磨耗率	169
7.7.9 磨機直徑與磨襯磨耗	170
8. 磨機傳動	172
8.1 中軸傳動之變化形式	172
8.2 齒環(輪)傳動布置之變化	173
8.2.1 磨機發動機大小之決定	174
8.3 無齒輪球磨機之傳動	175
9. 磨機圓筒——最適之尺度	180

9.1	磨筒(殼)之厚度	181
9.2	磨筒標準	182
9.3	磨 頂	182
9.4	磨機軸承	183
9.5	管磨機軸承之冷却	185
9.6	磨襯之表面形狀	185
9.7	磨襯之扣栓	186
9.8	磨倉間隔	187
9.9	磨機襯板之有效表面積	190
9.10	壩 圈	191
9.11	磨料在管磨機中停留之時間	192
9.12	新裝管磨機之起動(試車)	192

10.	水泥最後加工研磨	194
10.1	Wagner 氏及 Blaine 氏比表面積	196
10.2	助磨劑	197
10.3	磨介之(表面)結皮	199
10.4	化學及潛能的複合物對於可磨性之影響	200
10.5	水分對於研磨程序之影響	202
10.6	研磨與熱之發生	204
10.7	水泥最後研磨之冷却程序	205
10.7.1	磨機通風	206
10.7.2	磨殼水淋冷却法	206
10.7.3	磨內注水冷却法	206
10.7.4	釋 例	208
10.7.5	機械風析機之冷却	210
10.7.6	Fuller 水泥冷却器之冷却	213
10.7.7	水泥冷却器之大小	214

11. 比磨機容積與動力需要	216
11.1 管磨機 L/D 比率與動力需要	217
11.2 管磨機直徑及磨機傳動馬力需要	217
11.3 管磨機之投資成本	219
11.4 研磨工廠設備之技術數據	219
11.5 (日本)管磨機尺度	224
11.6 蘇聯及東德水泥所建數所水泥磨廠之技術數據	224
12. 閉路研磨	226
12.1 研磨機產能之比較	231
12.2 研磨設備之建築面積	231
12.3 複合磨機及閉路磨機概觀	232
13. 輥磨機	234
13.1 Loesche (婁歇)輥磨機	234
13.2 球環磨機——Peters 磨機	238
13.3 Raymond 碗型環磨機	240
13.4 MPS (型)輥碗磨機	242
13.5 Polysius 輥磨機	243
14. 發展中之研磨方法	247
14.1 行星式球磨機	247
14.2 爆炸電花粉碎法	251
15. 風析機	254
15.1 通用風析機之尺寸比率	257
15.2 風析機大小	258
15.3 風析機之比能需要量	258

15.4	輔扇控制速率之風析機	260
15.5	控制速率風析機之大小及產能	261
15.6	循環導送載荷及水泥細度	261
15.6.a	渦輪風析機	262
15.7	風析機通過料量及水泥細度	264
15.8	風析機公式	264
15.8.1	閉路法No. 1 系統	266
15.8.2	閉路法, No. 2 系統	268
15.8.3	確定細料回收百分比	269
15.8.4	閉路法, No. 2 系統, 裝置兩架風析機	270
15.9	風析機之風量	271
16.	閉路濕研法	274
16.1	DSM 箭操作效能之例	276
16.2	DSM 箭研磨流程圖	277
16.3	DSM 箭之操作	277
16.4	水泥生料漿	279
16.a	水泥生料之預先勻和	281
17.	生料之氣力勻和	291
17.1	Fuller 公司氣和法	292
17.2	Polysius 勻和系統	296
17.3	VEB-ZAB 條式攪和法	296
17.4	Geyser 法	297
17.5	Möller 剪流程序	298
17.6	Wiba 連續卸料攪和法	298

18. 水泥工業之燃料	301
18.1 固體燃料—煤	306
18.1.1 揮發物	307
18.1.2 煤之分析	308
18.1.3 熱值	308
18.1.4 熱質與熱消耗	309
18.1.5 熱化學反應及氣體體積	309
18.1.6 煤之點火溫度	312
18.1.7 燃燒時間	313
18.1.8 煤粉火燄之熱傳遞	314
18.1.9 燃燒氣體	315
18.1.10 煤之預備處理	317
18.1.11 煤之乾燥處理	318
18.1.12 煤之研磨處理	318
18.1.13 煤磨機之操作方式	319
18.2 液體燃料—燃料油	321
18.2.1 黏度	322
18.2.2 比重	323
18.2.3 熱值	326
18.2.4 火燄溫度	328
18.2.5 燃料油之預備處理	329
18.2.6 燃料油之燃燒	333
18.2.7 燃料油之霧化	335
18.2.8 煤與燃料油之比較	336
18.3 氣體燃料—天然氣	338
18.3.1 熱值	339
18.3.2 火燄溫度	341
18.3.3 燃燒氣體之體積	342

18.3.4 天然氣之燃燒 343

18.3.5 煤、燃料油及天然氣所產生燃燒氣之體積 347

19. 旋 窖 349

19.1 旋窖之類型 350

19.1.1 旋窖充載度 352

19.1.2 窖斜度 352

19.1.3 窖斜度之標稱 354

19.1.4 旋窖旋轉次數 356

19.1.5 窖中材料之通過時間 357

19.1.6 旋窖動力需要量之計算 358

19.1.7 旋窖之熱膨脹 363

19.1.8 旋窖之各帶 365

19.1.9 旋窖空氣之密封 366

19.2 旋窖之燃燒 372

19.2.1 噴燃管之佈置 372

19.2.2 煤塵燃燒器 374

19.2.3 燃料油燃燒器 376

19.2.3.1 壓力油料噴霧器——固定噴孔及變動壓力.... 376

19.2.3.2 壓力油料噴霧器——變化噴孔及固定壓力.... 377

19.2.3.3 油料迴流燃燒器 378

19.2.3.4 壓力油壓縮空氣燃燒器 378

19.2.3.5 超音波燃燒器 379

19.2.4 天然氣燃燒器 381

19.3 旋窖進料之準備法 382

19.3.1 乾法與濕法之比較 383

19.3.2 旋窖產能 386

19.3.2.1 濕法旋窖——大小及產能數字..... 389