



15

水 泥 工 業



商務印書館

增訂化學工業大全

(15)

水 泥 工 業

永井彰一郎原著
何 鼎 原 譯
呂克明補譯修訂

商 務 印 書 館 出 版

增訂版附言

本書總輯原名“最新化學工業大全”，是我館於1935年冬，根據日本新光社1933年版“最新化學工業大系”全書，約國內專家譯出，在一年半內陸續出版的。全書共十五冊，凡五十八篇，約六百萬字，包括化學工業應有的各部門，材料豐富，論述精審，在當時是一部介紹化工新技術的較大出版物，成為國內化學工業界的重要參考書。全書出齊以後，初版不久售完，其後曾重印四次，銷行很廣。但本書自從出版迄今，已歷十五六年，這一期間，化工方面不絕有新的發明和進步，所以必須加以增訂。查日文原書曾於1938年改訂一次，復於1943至44年間徹底修訂，加入了不少新材料。全書除第六、第十、第十五三冊，未見修訂外，其餘十二冊，都用“三訂增補版”的名稱發行。這“三訂增補版”自從出書以來，也有了六七年之久，未及將第二次世界大戰期間以及戰後的新材料列入，在今天看來，仍不能稱為最新，然供作我國工業家及化工技術人員參考，實際上有其相當的價值。茲因我館舊譯本早已全部售缺，國內還有不少讀者需求這書，為配合國家經濟建設高潮的來到，實有再出增訂版的必要。故自本年初起，即根據日文原書“三訂增補版”各冊及1938年改訂版第六、第十、第十五三冊，重行補譯修訂，稱為“增訂化學工業大全”；並為便利讀者購買起見，特將全書所含各篇，按照化學工業一般分類方法，另作適宜的配合，分成三十四冊，各冊均以主要內容的篇名為書名，陸續出版，以便選購。全書計畫編訂，由鄒尙熊先生主持，補譯校修，由張聲、呂克明兩先生擔任，閱稿整理，由舒重則先生負責。

商務印書館 1951年12月

目次

緒言	1
第一篇 總論	3
第一章 水泥之語源及其分類	5
第一節 水泥之名稱及其語源	5
第二節 水泥之分類	5
第二章 水泥發達之概況	8
第一節 石膏、石灰時代	8
第二節 石灰、火山灰時代	8
第三節 人工火山灰時代	9
第四節 水硬石灰、天然水泥時代	10
第五節 波特蘭水泥之發明	11
第六節 高級水泥之起源	13
第七節 高鋁水泥、特殊波特蘭水泥、混合波特蘭水泥等之出現	13
第八節 世界水泥之產額	14
第二篇 氣硬水泥類	17
第一章 石膏類	17
第一節 原料石膏	17
1. 天然石膏	18
2. 副產或合成石膏	20

第二節 石膏之燒成	20
1. 低溫煨燒石膏類	21
2. 高溫煨燒石膏類	22
3. 石膏之燒成法	23
第三節 煨石膏之性狀	25
1. 粉細程度與凝結及硬化之關係	25
2. 凝結之促進劑及抑制劑	25
第四節 高溫煨燒石膏及其性狀	27
1. 燒成溫度與石灰生成量及其效果	27
2. 硬煨燒石膏或水泥石膏	29
第五節 石膏類用途之例	31
1. 埃及建造金字塔所用之石膏	31
2. 建築用之石膏板	32
第二章 石灰及石灰膠泥	35
第一節 石灰之原料	35
1. 各種石灰原料之分類	35
2. 各種原料之化學成分	35
第二節 石灰之燒成及其成分	37
1. 石灰燒成窯	38
2. 石灰之消解法	38
3. 石灰之種類及其化學成分	42
第三節 石灰之用途	45
1. 氣硬石灰之用途	46
2. 石灰之試驗法	47
第三章 鎂氧水泥	48
第一節 鎂氧原料及其製造	48
1. 鎂氧原料之菱鎂礦	48
2. 鎂氧之製造	50
3. 其他鎂氧之製法	51

4. 鎂氧之成分	51
5. 其他原料	52
第二節 鎂氧水泥之調合及其性狀	53
1. 原料調合比例	53
2. 混和物之使用	55
3. 索勒爾石及其他	57
4. 鎂氧水泥之優點及缺點	58
第三篇 水硬水泥類	59
第一章 石灰混合水泥	61
第一節 水泥混合材料之意義	61
1. 混合材料之種類	62
2. 混合材料之化學成分	63
3. 混合材料之試驗法	67
第二節 石灰混合水泥之性狀	68
1. 石灰與火山灰之混用	69
2. 石灰與礦渣頁岩灰砂質等之混用	72
第三節 石灰與混合材料所製成之人造石	75
1. 礦渣磚及人造石	75
2. 砂灰磚或灰砂磚	78
3. 頁岩灰、火山灰所製成之人造石	79
第二章 水硬石灰	80
第一節 水硬石灰之發端及其種類	80
1. 水硬石灰之發端	80
2. 水硬石灰之種類	81
3. 水泥之水硬率與水硬係數	82
第二節 水硬石灰之製造及其成分、性狀	84
1. 製造水硬石灰用之石灰石	84
2. 水硬石灰之製造法	84
3. 水硬石灰之成分及其強度	86

第三章 天然水泥	88
第一節 天然水泥之原料	88
1. 天然波特蘭之原料	88
2. 羅馬水泥之原料	89
第二節 天然水泥之製造法及其化學成分	89
1. 天然水泥之製造	90
2. 水泥之硬化率	90
3. 天然水泥之化學成分、強度及其他	92
第四章 波特蘭水泥	96
第一節 原料各論	96
1. 原料之分類	96
2. 石灰質原料	97
3. 黏土質原料	101
4. 矽酸質原料	103
5. 氧化鐵原料	105
6. 其他原料	106
第二節 製造法之大要	107
1. 製造法之方式及工程種類	108
2. 原料之類理及調合	108
3. 自原料調合物燒成熔塊之工程	116
4. 粉碎熔塊製造水泥之工程	122
5. 燒成釜之耐火材料	124
6. 燒成用燃料與熱效率	128
第三節 波特蘭水泥之化學成分及其比率	131
1. 水泥之全成分	131
2. 關於化學成分之比率係數	133
3. 水泥之水硬性化合物	138
第四節 波特蘭水泥之各種物理性及其強度	144
1. 水泥之比重細度及凝結與硬化	144
2. 水泥膠泥之強度	149

第五節 高級波特蘭水泥	152
1. 高級水泥之標準	152
2. 高級水泥之化學成分	155
3. 高級水泥之強度、比重等	158
第六節 特殊波特蘭水泥	161
1. 特殊波特蘭水泥化學成分之比較	161
2. 特殊波特蘭水泥之強度	164
第五章 高鋁水泥	165
第一節 高鋁水泥	165
1. 高鋁水泥之原料與製造	166
2. 高鋁水泥之化學成分	169
3. 高鋁水泥之強度	170
第二節 石灰高鋁水泥	173
第六章 混合波特蘭水泥	175
第一節 礦渣混合波特蘭水泥	175
1. 鼓風爐礦渣及其利用	175
2. 爐渣水泥之化學成分	178
3. 爐渣水泥之強度、比重、細度	181
第二節 火山灰質波特蘭水泥	181
1. 火山灰波特蘭水泥	182
2. 德國火山灰波特蘭水泥	182
3. 矽酸質白土波特蘭水泥	182
第三節 燒岩混合水泥及新燒岩混合水泥	185
第四節 頁岩灰混合波特蘭水泥	188
附錄 參考圖書及雜誌	192

水 泥 工 業

緒 言

水泥(cement, Zement)與玻璃、搪瓷、陶瓷、耐火材料、磚瓦等,均爲以矽酸鹽類(silicates, Silikat)爲原料,立脚於其化學上之製造化學工業——即矽酸鹽化學及其工業——之生產品也。此矽酸鹽工業與酸鹼工業、人造肥料工業、冶金工業等,共同形成無機化學工業之大部門,而其內容則由水泥工業、玻璃工業、搪瓷工業、陶瓷工業、耐火材料及磚瓦五大部門所構成。是等矽酸鹽工業各部門中,要以水泥工業與玻璃工業尤爲進步,因其能立於今日最新之科學的基礎上,而集矽酸鹽工業化學及製造技術之精華於一堂也。

本篇對於水泥及灰泥(plasters)類——即無機膠凝材料(inorganic cementing materials; Mörtelbindemittel, Mörtelbindestoff)——欲就最新矽酸鹽工業化學見地,一述其化學及工業。所謂無機膠凝材料,乃指石灰、石膏、火山灰(pozzolana)及其膠泥(mortar),與夫現今之唯一土木建築材料之波特蘭水泥(Portland cement)、高鋁水泥(alumina cement)、爐渣水泥(blast furnace slag cement)等之特殊水泥及水泥混合材料而言。

第一篇 總論

無機膠凝材料之水泥及灰泥類，在遠古埃及時代已知使用，如當時之石膏、石灰；至希臘、羅馬時代，則進而混合火山灰、石灰以製造膠泥，而此膠泥於土木建築上實足點綴偉大羅馬文明之遺蹟。是等石膏、石灰、火山灰，實乃水泥及灰泥類之嚆矢。當羅馬時代末期十七、十八世紀之頃，則繼之而有水硬石灰(hydraulic lime; Wasserkalk, Graukalk, Zementkalk)及天然水泥(natural cement, Naturzement)，迨至現代而有今日之水泥。蓋波特蘭水泥興於十九世紀初葉，爾後近百年間因一切科學之進步，與夫工業之發達，水泥工業遂發展為重化學工業之一，於矽酸鹽工業中亦為發達極其迅速者。

距波特蘭水泥發明(1824 年)後一百年，即 1923 ~ 1924 年，更有高級波特蘭水泥(high Portlant cement)、各種特殊波特蘭水泥、高鋁水泥(high aluminous cement)等較波特蘭水泥更優秀之水泥出現，水泥與鐵遂同為人所重視，而成現代土木建築界重要材料之雙壁矣。鐵有所謂生鐵、鋼，更有鉻鐵(ferrochrom)、錳鐵(ferromanganese)等各種合金，而水泥已如上述，亦有天然水泥、波特蘭水泥，更有各種高級水泥、特殊水泥等等，視為土木建築上工業材料之雙壁，對照比較之，饒有興趣也。

是以水泥類乃現代土木建築之主要材料中其發達極為顯著者，而其工業之進步，亦異常迅速，誠製造化學工業中矽酸鹽工業或窯業(silicate industry, ceramic industry; Keramik)之翹楚也。而水泥工業與玻璃工業堪稱為矽酸鹽工業界之雙壁者，因其能隨近代科學之進

步，而以矽酸鹽化學及機械工業之精華爲其基礎故也。本篇之水泥及灰泥類，專由矽酸鹽化學觀點加以分類，而就其化學、製造法、性狀、用途等一述其大要。至其詳細之敘述，則非本篇有限之頁數所能勝任，故特揭載參考書及研究報告於各節中，以資學者之參考。

第一章 水泥之語源及其分類

第一節 水泥之名稱及其語源

水泥一語，有廣狹二義：廣義之水泥，不問其屬於有機質抑無機質，凡用以接合或膠凝物體者，常錫以是名，其特殊者，則稱為某某水泥而區別之，此乃通例，而一般用為無機膠凝材料(inorganic cementing materials, Mörtelbindemittel 或 Mörtelbindestoff)之意者，則稱之為水泥類。狹義之水泥，即水泥類中最重要而用途又最廣之波特蘭水泥，亦略稱為水泥。

水泥一語，究來自何處，追溯其源，乃全出於外語之誤譯（見 Tonindustrie=Zeitung, 1932, 56, 1097）：考拉丁語之 Caementum 或 Cementum 函義為碾碎(caedere)，後轉為土木建築用碎石之意，至羅馬時代，以碎石建築牆壁，則多稱之為 Caementa，後法人羅力奧 (Loriot) 譯古代羅馬文學家柏力紐斯 (Plinius) 之作品時，以法語 Ciment 譯 Caementa，此與上之 Caementa 一語，異其函義，實為「與水作用而硬化之膠泥」之意。嗣後又自法語之 ciment，轉入英語而成 cement, cementing material，入德語而為 Zement, Mörtelbindemittel, Mörtelbindestoff, Mörtelbildner，輾轉誤傳，遂用今義。

第二節 水泥之分類

廣義水泥名義所包含者，其種類極為衆多，欲完全分類之，實屬不易，故各方面有種種之分類。普通採用者，以斯賓德之分類法 (M. Spindel, Tonindustrie=Zeitung, 1927, 51, 684)，為最詳細，最合理。茲介紹

之於下：

I. 氣硬水泥類

A. 純淨水泥

a. 自硬水泥 石膏類

b. 不自硬水泥 各種石灰類

B. 混合水泥

a. 自硬水泥 鎂質水泥 (鎂質舊稱苦土)

II. 水硬水泥

C. 純淨水泥

1. 緩硬水泥

a. 溶解性 水硬石灰

b. 不溶解性 水硬石灰類

水泥石灰

羅馬水泥 (羅馬石灰)

鎂質石灰 (白雲石水泥)

2. 急硬水泥

a. 單純天然原料 天然波特蘭水泥 (天然水泥)

b. 配合人工原料

i 半 熔 化

普通波特蘭水泥

高級波特蘭水泥

特殊波特蘭水泥

鐵水泥或鐵礦水泥

庫爾氏水泥

白色水泥

鈦水泥

其他 鉻水泥

錳水泥等

ii 熔 化

高鋁水泥

石灰高鋁水泥

D. 混合水泥

a. 石灰混合水泥

火山灰水泥（普州瀾水泥）

1. 天然物

{ 意大利火山灰水泥
德國火山灰水泥
希臘火山灰水泥等

2. 人工物

{ 頁岩灰水泥
礦渣水泥

b. 混合波特蘭水泥火山灰波特蘭水泥

1. 天然物

{ 意大利火山灰波特蘭水泥
德國火山灰波特蘭水泥
希臘火山灰波特蘭水泥等

2. 人工物

{ 爐渣水泥、鐵波特蘭水泥
頁岩灰波特蘭水泥
燒岩混合水泥、新燒岩混合水泥
矽質波特蘭水泥等

III. 水泥混合材料

a. 天然物

{ 砂藻土、砂礫白土、溶砂白土等
意大利火山灰、德國火山灰、希臘火山灰等
日本火山灰、火山土等

b. 人工物

{ 黏土渣、明礬渣（矽質）等
鼓風爐礦渣
頁岩灰等

IV. 特殊水泥類

耐火水泥、耐酸水泥、

水玻璃水泥、鑲牙用水泥等

（註：附有粗黑線者，即現今普遍使用之材料。）

第二章 水泥發達之概況

徵諸上列水泥類之分類，水泥之嚆矢殆爲石灰、石膏或火山灰。茲揭槩水泥發達小史而有所論列者，蓋埃及、希臘、羅馬時代之石灰、石膏、火山灰，演進而成天然水泥，更進而成現代之波特蘭水泥，其演進過程與上述之水泥分類相對照，則水泥類全般之關係既易瞭然，而關於水泥之常識亦可明確也。

第一節 石膏、石灰時代

埃及文明遺蹟金字塔 (pyramid) 及獅身人首石像 (sphinx)，係用熟石膏、石灰等膠泥所建造，古代希臘時代之遺蹟，亦用石灰膠泥所建造，此實使水泥類發達史第一頁得有所點綴。埃及人除使用尼羅河 (Nile) 流域所產之雪花石膏 (alabaster，即純白生石膏) 爲石材外，又煨燒此種石膏之屑或不純淨之石膏及石灰石而製成煨石膏 (plaster) 及石灰使用之，或加入尼羅河流域之砂於煨石膏及石灰用水調合而製成膠泥使用之。克拉策納布教授 (Prof. Glasenapp) 及其他學者研究此表徵埃及文明之金字塔及獅身人首石像所用水泥類之結果，確認不純淨之石膏中頗含黏土質及石灰石，煨燒之乃得所謂灰泥石膏 (Estrichgips) (Rock Products, 1932, 35, No. 22, 27)。此種灰泥石膏，較普通純石膏、純石灰之硬化者，具有強大之耐水性，彼近五、六千年之金字塔及獅身人首石像之遺蹟，即可證明之。

第二節 石灰、火山灰時代

希臘時代末期，專使用一種石灰火山灰膠泥，而此種膠泥，乃加希

臘火山灰即散脫靈島 (Santorine Island, 古時稱為提刺島 (Thera Island)) 所產之火山灰於石灰或更加以砂礫而製成者。後羅馬民族繼承此希臘文化, 多用意大利南部那坡利 (Napoli) 市附近——尤為普州蘭 (Pozzoli 或 Pozzuoli, 或 Puzzoli) 附近——所產之所謂維蘇威火山灰 (Vesuvio pozzolana), 彼古代羅馬文化表徵之廢都潘沛依 (Pompeii) 之遺蹟, 即用此石灰火山灰質為膠凝材料而建造者, 較之埃及、希臘初期之石膏、石灰質者更進一步矣。蓋石膏、石灰乃氣硬水泥, 暴露於風雨中易受風化, 而火山灰則因石灰之存在, 乃發生水硬性, 故耐久性強。

除希臘之火山土 (Santorine earth)、那坡利之火山灰 (Pozzolana) 之外, 意大利中部羅馬市附近亦產優秀之火山灰, 中世紀至後世羅馬時代之土木建築, 均用是等火山灰及石灰建造之; 此外更有法國之火山灰 (arènes)、德國萊茵 (Rhein) 河流域之火山土 (trass) 等, 後因是等地方侵染羅馬文化, 亦使用之為重要水泥類。例如沿萊茵河而下, 侵入德國之羅馬民族, 在萊茵河流域各處, 利用此火山土與石灰, 樹立土木建築文化。

第三節 人工火山灰時代

羅馬民族用上述天然火山灰 (natural pozzolana) 製造之石灰火山灰質膠凝材料, 迄 10~12 世紀止, 其石灰之燒成多不充分, 自此時代以後, 則將陶器、磚瓦之片屑碾成粉末, 或用高溫度將黏土煅燒一次, 然後粉碎之, 作成人工火山灰 (artificial pozzolana), 再行混以石灰及砂, 用之為水硬膠泥。是則水泥一語, 誠如前章所述, 實具有拉丁語 caementum 即 caedere 碾碎之函義; 由後期拉丁語逐譯為法語時, 則用為人工火山灰 (即碾碎磚瓦而成者) 之意; 至十二世紀以後, 更用成火山灰石灰膠泥之意, 而 cement 與 mortar 遂用為同意語; 廣義水泥指 cement, 即