

萬 有 文 庫

第一集一千種

王 雲 五 主 編

非 金 屬 材 料

馮 雄 著

商 務 印 書 館 發 行



非金屬材料

馮雄著

編主五雲王
庫文有萬
種千一集一第

料材屬金非
著雄馮

路南河海上
五雲王 人行發

路南河海上
館書印務商 所刷印

埠各及海上
館書印務商 所行發

版初月二十年二十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

ENGINEERING MATERIALS—NON-METALS
BY FUNG HSIUNG
PUBLISHED BY Y. W. WONG
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
Shanghai, China
1933
All Rights Reserved

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者
王雲五

商務印書館發行

非金屬材料

目次

第一章	純淨水泥	一
第二章	沙	三〇
第三章	粗粒料	四二
第四章	水泥膠沙	四九
第五章	三和土	六三
第六章	建築用粘土製品	九七
第七章	建築用石	一一九

第八章 木材……………一四二

第九章 雜色材料……………一七八

非金屬材料

第一章 純淨水泥

第一節 總論

定義 以粘土質及石灰質之材料，依極適當而正確之比例，透徹混和，烘燒之至開始熔融，取其燼塊，磨為細粉，在烘燒之後，除水及石膏外，不加他物，此細粉名為純淨水泥。

辨名 純淨水泥在英文名為 *Portland cement*。我國之譯名不一，有（一）水泥，（二）波特蘭水泥，（三）巴得蘭水泥，（四）人造水泥，（五）水門汀，（六）塞門德士，（七）士敏土，（八）坭崙西門士，（九）人造膠灰，（十）洋灰等。今取純淨水泥者，因水泥二字，漸已通行，加純淨二字，以示其原料之配合有限制，不加雜質，而與天然水泥、鐵渣水泥等質地差遜之品殊異故也。但我國所產所用之水泥，祇純淨水泥一種，故尋常實無庸設為分別。本書除在以純淨水泥與別種

水泥對舉之時以外，所言水泥，即爲純淨水泥，不復標明純淨二字，發凡於此。

紀原 純淨水泥之發明，在西元一八二四年，時英格蘭黎芝（Leeds）地方，有坊工阿斯丁

〔約瑟〕（Joseph Aspdin）氏者，試用石灰石與粘土混和，入窯烘燒，然後磨粉，而得一種水泥；用

此製成三和土，與在英格蘭附近波特蘭島（Isle of Portland）所產石灰石，頗爲相似，故名其水

泥爲波特蘭水泥。阿斯丁氏以其發明品向專利局註冊，得有專利之權。阿斯丁氏因有發明純淨水泥之功，但其製法猶屬粗疏；百年以來，歷經專家之研究，而後成品之質地，乃能有今日之優美也。

用途 水泥乃膠凝性材料之一種，其用途屬於建築工程方面，大別可分二項。

（一）作成膠沙（Mortar），用於砌工中砵置磚石，及用於塹工中塗刷牆面。

（二）作成三和土，用於各種建築，在後章論三和土時，當細述之。以用途之廣言之，水泥之位置在一切工程材料中，僅居鋼料之次。木料之消費亦多，然多用作暫時之構造，不比水泥之具永遠性也。

第二節 製造

原料 水泥之主要成分爲氯化鈣，氯化矽，及氯化鋁。製造之原料，爲粘土質原料及石灰質兩類。前者所以供給氯化矽及氯化鋁，後者所以供給氯化鈣。兩類原料，各有數種，茲將通行配用法，列表如下：

第一表

粘土質原料	石灰質原料
粘土質石灰岩	純淨石灰岩
粘土或頁岩	純淨石灰岩
粘土或頁岩	白堊或白堊質石灰岩
粘土	泥灰岩

粘土質石灰岩，又名水泥岩 (Cement rock)，含有自六八至七二%之 CaO ，自一八至二七%之粘土質物質，及不逾五%之 MgO 。粘土係用岩石分解腐化而成，其極純淨者，名爲瓷

土，化學成分爲 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 。製水泥所用粘土，不免含有雜質，但以不混砂礫者爲宜；而其所含氯化矽量，至少應有五五%，而氯化鋁及氯化鐵總量，應有氯化矽量之半或其三分之一。頁岩乃粘土受壓力結成者。

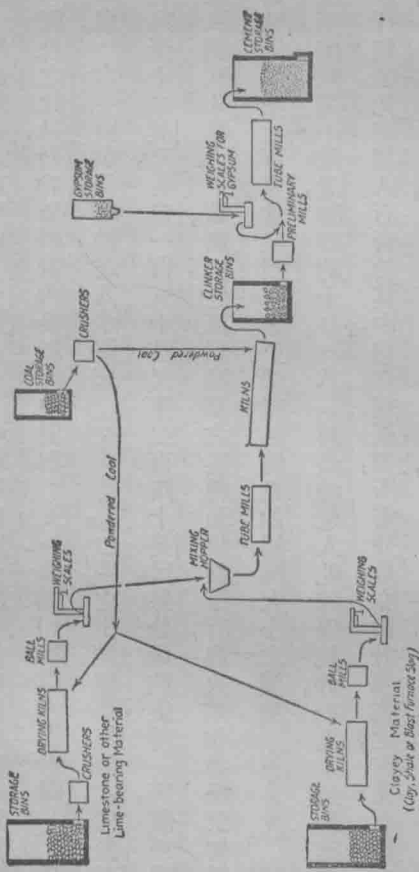
純淨石灰岩之成分爲 $CaCO_3$ 。但製水泥所用者，總含有多少雜質，如鎂、矽、鐵、硫及鹼質等。白堊爲由細微有機體之軀殼積聚而成，而含有少量之鈣、鋁、鎂等之氯化物。泥灰岩乃比較純淨之石灰岩，所含有 $CaCO_3$ 及 $MgCO_3$ 之總量，自九〇至九七%， SiO_2 之量不及一%， Al_2O_3 及 Fe_2O_3 等不及一%。

原料之配合 水泥原料之配合法係分析原料之成分，決定各種原料用量之多寡，以期與所定水泥之成分相副；復從實驗之結果，以行加減。此事頗屬不易；但在一廠成立以後，所用原料，如來源不改，而成分無大殊異，則原料配合之比量，自亦無大變化也。

製法之分類 水泥原料之入窯烘燒以前，須將其碎爲粉末，而依適當比量，透徹混和，是爲初步處理，其方法隨原料之種類而異，而水泥之製法遂有乾法 (dry process) 及溼法 (wet process)

之別。乾法之使用較廣，而溼法則僅在原料用泥灰岩及粘土，或用白堊質石灰岩及粘土時行之。

乾法 第一圖所示，為乾法製造水泥之程序。(一)先將石灰質原料及粘土質原料分別在軋碎機中，軋成如鷄卵之大小；若原料本係小塊，則不用軋碎。(二)送入橫置之旋轉乾燥機中烘



第一圖 乾法製造水泥之程序

乾。(三)將原料送入球磨機 (ball mill) 中以行粗磨。(四)依分析原料成分所得之結果，決定原料配合之比量，乃將原料置入混和厚中混和。(五)將混和物送入管磨機 (tube mill) 中以行細磨。(六)將磨得細粉送入水泥窯 (cement kiln) 之上端，窯為旋轉式，橫置而略斜，直徑約十英尺至十二英尺，長自一百五十英尺至二百四十英尺。每分鐘約旋轉一周，燃料為碾細之煤粉，由送風機吹入窯之下端。磨細之原料，隨窯之旋轉而緩緩下行，與火焰相遇，燒至初起熔融，其溫度約為華氏二千七百度。當其到窯之下端時，已燒成如胡桃大小之燼塊 (clinker)。(七)燼塊出窯，送至儲藏箱中陳置，歷時約十日。(八)將燼塊送入軋碎機軋碎。(九)將軋碎燼塊，送入粗磨機，以行粗磨。此時加入石膏於其中，以作緩凝劑，所需分量，亦由計算定之，有此而後成品之凝結性減緩，方便於普通工作。(十)將所得燼塊粗粒，送入管磨機以行細磨。(十一)所得細粉，即為水泥，再置入水泥箱中，儲蓄歷數星期，以期改良其品質。(十二)陳置合度之水泥，送至包裝室中，用自動機械衡其重量，再裝入布袋或木箱之中。一袋水泥重九十四磅，一箱者重三百七十六磅。包裝既畢，即可運出銷售。

溼法 製造水泥，如以泥灰岩與粘土或頁岩同用時，則採用溼法。今就其程序之與乾法不同之點，擇要述之。(一) 泥灰岩常藏在水底，須用浚渫法取之。所得薄泥漿，除去夾雜之樹根石塊，儲於大櫃中備用。(二) 烘乾粘土。(三) 將烘乾之粘土，置入側輪磨機 (edge mill) 中磨細。(五) 將泥漿送入攪拌機 (pug mill) 混和透徹。(六) 送入大筲中，分析其成分，添入不足之原料。(七) 送入溼金剛砂磨機 (wet-emery mill) 或溼管磨機 (wet-tube mill)，以行細磨。(八) 將磨細泥漿送入儲藏櫃中。(九) 將泥漿送入筲中烘燒，不用預先烘乾。泥漿入筲時含有約六〇至六五%之水分，在筲之上端，化汽散出。(十) 烘燒後之處理，與乾法同。

烘燒之原理 原料入筲烘燒，所起變化，大概最先為水分之蒸發；次為碳酸鈣及碳酸鎂之分解，復次為鹼質之逐出；復次為第一氯化鐵之氯化為第二氯化鐵；終為氯化鈣及氯化鎂之與氯化矽、氯化鋁及氯化鐵等化合，而成矽酸鹽、鋁酸鹽及鐵酸鹽，所得即水泥也。大概烘燒水泥，溫度常須至華氏二八五〇度以上，始能使其其中石灰質與粘土質兩種材料完全化合也。

第二節 化學性質

成分 水泥之化學成分，變化之範圍不大，茲將美國及德國所產四種牌號水泥之分析結果，列表如下：

第二表

產地	原料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
利亥區 (Lehigh District)	水泥岩及石灰岩	19.06	7.47	2.29	61.23	2.83	1.34
美國暹都斯基 (Sandusky)	泥灰岩及粘土	23.08	6.16	2.90	62.38	1.21	1.66
美國芝加哥	鐵渣及石灰岩	23.62	8.21	2.71	61.92	1.78	1.32
德國	白堊及粘土	24.10	8.00	3.22	59.38	0.38	1.46

學者研究水泥成分，多思立公式以御之，如厄刻爾 (Eckel) 氏則謂水泥之學理上成分配合比例，應如下式所示，即：

$$\frac{2.8 \times \text{SiO}_2 (\%) + 1.1 \times \text{Al}_2\text{O}_3 (\%) + 0.7 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 (\%) + 1.0 \times \text{CaO} (\%) + 1.4 \times \text{MgO} (\%)}{= 1}$$

如此公式，各家所擬者，不止一種，但祇可作為參考，而不能據以判定水泥之確實品質，因同一成分之水泥，如烘燒程度差異，則品質亦有分別也。

組織 水泥之成分，已如上述。但各種成分，如何組織而成水泥，則各家學說不同，至今尙無定論。據美國對 (DAV) 氏之研究，下列五種混合物，俱可為水泥爐塊之組織物也。

- (1) C_2O , $3C_2O \cdot SiO_2$ 及 $3C_2O \cdot Al_2O_3$ 之混合物;
- (2) $2C_2O \cdot SiO_2$, $3C_2O \cdot SiO_2$ 及 $3C_2O \cdot Al_2O_3$ 之混合物;
- (3) $2C_2O \cdot SiO_2$, $3C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $5C_2O \cdot 3Al_2O_3$ 之混合物;
- (4) $2C_2O \cdot SiO_2$, $C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $5C_2O \cdot 3Al_2O_3$ 之混合物;
- (5) $2C_2O \cdot SiO_2$, $C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $2C_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 之混合物;

第四節 物理的性質及其試驗法

總論 水泥之物理的性質中，當注意者，有：(一) 比重；(二) 細度；(三) 健全性；(四) 凝結時間；(五) 淨水泥及膠沙之牽引強度。在重要構造工程中，須行關於此種性質之試驗，以決定

水泥之合用與否。試驗之時，須遵守標準規則，然後所得結果，乃有比較之價值。今將此五種性質及其通行試驗法，分述如下。

檢樣 試驗水泥之性質時，檢樣一事亦屬重要。須力求使所檢之樣品，足以代表全部水泥。美國材料試驗學會所定規範書中之檢樣方法，如下所述。

試驗時或用單獨樣品，或用複合樣品，隨所指定者行之。每一試驗樣品，至少應重八磅。

(甲) 單獨樣品 如在鐵路貨車檢樣，應從每五十筭取試驗樣品一件。如在水泥儲藏倉中檢樣，應從每一百筭取試驗樣品一件。

(乙) 複合樣品 如在鐵路貨車檢樣，應從每四十袋中之一袋（或每十筭中之一筭）檢取樣品，合成爲一件試驗樣品。如在水泥儲藏倉檢樣，每一件試驗樣品所代表者，應不逾二百筭。

在水泥製造廠檢樣，其方法如下。

(甲) 如從輸送水泥至儲藏倉之輸送機上取樣時，約計在經過輸送機每一百筭水泥中，至少應取八磅樣品。

(乙) 如用適當之檢樣直管從填滿水泥儲藏倉取樣時，最深可至十英尺。如倉之構造，適於使用平管取樣，亦可行之。檢樣之處，應均布於倉中各部。

(丙) 如從填滿之水泥儲藏倉，在出口處取樣時，應得充分之量，足以代表倉內之水泥，於放出水之前，置指示器於出口處上方水泥表面，由其所指示者，以定所取樣之量。

檢取之樣品應貯在不透氣之容器中，以便移運及儲藏。樣品用每英寸二十絲之篩篩過，使混和均勻，散碎其團塊，除去不相干之物質。

比重 昔時以爲測定水泥比重，可以察出曾否攪有低劣材料及烘燒有無未足之弊，今乃知此種情形對於比重之影響，並不顯著。故比重之測定，遂不視爲特別重要；非經特別指定，則不行之。

依美國材料試驗學會所定規範書，試驗水泥比重，應用第二圖所示之沙忒力比重計 (Le Chatelier apparatus)。

用不含水分之石油 (Kerosene) 成本品，其比重不小於波美氏六十二度者，以作試驗。於比重計之瓶中，注入此種液體，俟其表面升至管上零點與一公分間爲止。次取溫度相同之水泥重六十四公分，緩緩送入，勿使有沾着管之內壁者；又將其瓶斜置而旋轉之，使水泥所