

大 學 用 書

工程材料學

(第二卷非金屬材料及其試驗法)

陸 志 鴻 編 著

正 中 書 局 印 行

大學用書

工程材料學

(第二卷非金屬材料及其試驗法)

編著者 陸志鴻

正中書局印行



版權所有

翻印必究

中華民國四十八年四月臺初版

中華民國六十五年九月臺八版

大學
用書 工程材料學 (第二卷非金屬)
材料及其試驗法

全一冊 基本定價 平三元八角
精四元九角

(外埠酌加運費滙費)

編著者 陸 志 鴻

發行人 黎 元 譽

印刷發行 正 中 書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍油麻地北海街七號)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

東 海 書 店

(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號(4215)利
(2000)

序 言

本書專述非金屬材料及其物理性質與機械性質之試驗方法。共分十二章。第一章至第四章述水泥、混凝土、石材及粘土製品等非金屬無機材料。第五章至第十二章述木材、瀝青質材料、纖維材料、橡膠、合成樹脂、膠合劑、電氣絕緣材料、潤滑油、及塗料等非金屬有機材料。供土木、建築、機械、電機、等學系之教材及參考之用。內容難免有未妥之處，祈讀者有以教之。

著 者 識

工程材料學

第二卷

非金屬材料及其試驗法目次

第一章 石灰, 石膏及水泥

1-1 無機膠結材料之分類	1
1-2 水泥類發展簡史	2
A. 石 膏	
1-3 石膏之燒成	3
1-4 石膏之性狀	5
1-5 石膏之用途	6
B. 石 灰	
1-6 石灰之製造與種類	7
1-7 生石灰之消化	10
1-8 石灰之用途	11
C. 苦土水泥	
1-9 苦土水泥	11
D. 水硬性膠結材料中主要成分之比率	
1-10 各種比率	13
E. 水硬性石灰	
1-11 水硬性石灰	16
F. 石灰混合水泥	
1-12 水泥內之混合材料	17
1-13 石灰混合水泥	19
1-14 水淬炉渣之水硬性	20
G. 天然水泥	

— 2 —

1-15 天然水泥	2 2
-----------	-----

H. 波德蘭水泥

1-16 原料	2 4
1-17 製法概要	2 5
1-18 波德蘭水泥中主要水硬性化合物	3 2
1-19 凝結與硬化	3 4
1-20 物理性質及標準砂漿強度	3 7
1-21 波德蘭水泥之物理性質試驗法及其規格	4 3
1-22 波德蘭水泥之風化	5 4
1-23 波德蘭水泥之凝結促進劑與硬化促進劑	5 5
1-24 水泥防凍劑	5 7
1-25 海水對於波德蘭水泥建築物之作用	5 8
1-26 早強波德蘭水泥	5 9
1-27 特種波德蘭水泥	6 0
1-28 伴沫水泥	6 2
1-29 高爐水泥	6 3

I. 礮土水泥

1-30 原料及製法	6 3
1-31 性質	6 4

附錄 求波德蘭水泥粉細度之Blaine空氣透過法	6 7
--------------------------	-----

第二章 混凝土

2-1 骨 礫	7 3
2-2 骨礫內之不純物及其試驗法	7 3
2-3 骨礫之形狀及大小	7 7
2-4 骨礫之表面水及吸水量	8 1
2-5 骨礫之比重及單位體積重	8 3
2-6 骨礫之實體積及空隙率	8 8
2-7 骨礫之表面積	9 0

2-8	卵石與碎石子之比較	90
2-9	輕骨礫	91
2-10	混 凝 土	92
2-11	混凝土之工作度	95
2-12	混凝土之稠度試驗法	98
2-13	混凝土內材料之析離及滲水	99
2-14	關於混凝土強度之理論	101
2-15	材料品質與抗压強度之關係	104
2-16	材料配合及水量對於抗压強度之關係	106
2-17	混凝土試體之處理方法與抗压強度之關係	111
2-18	混凝土之抗拉強度	118
2-19	混凝土之抗彎強度及抗剪強度	119
2-20	混凝土與鋼筋之結着強度	119
2-21	混凝土之耐久性	121
2-22	混凝土之水密性	125
2-23	混凝土之配合比例	126
2-24	混凝土之配合設計法	129
2-25	不由實驗而設計預定品質與工作度之混凝土配合	133
2-26	由試混以決定所需性質與工作度之混凝土配合	136
2-27	材料需量之估計	139
2-28	混凝土之拌混	143
2-29	預混混凝土	147
2-30	混凝土之重量	147
2-31	混凝土之強度	148
2-32	混凝土之應力應變曲線	152
2-33	混凝土之潛變	153
2-34	混凝土之融合	155
2-35	混凝土之體積變化	156

235	水密混凝土及防水與防濕	158
237	伴沫混凝土	162
238	伴沫混凝土之性質	164
239	混凝土內空氣含量之測定法	166
240	粗石混凝土及巨石混凝土	178
241	輕混凝土	176
242	預製混凝土	178
243	真空處理之混凝土	180
244	預力混凝土	180
245	混凝土之抗压強度試驗	181
246	混凝土之抗拉強度係數試驗	186
247	混凝土之抗彎強度試驗	188
248	構造物上已硬化之混凝土強度試驗	189
249	混凝土之吸水試驗	190
250	混凝土之透水試驗	191
251	凍融試驗	192
252	磨損試驗	192
253	混凝土製品	193
254	水泥石棉製品	194
附錄 I. 骨礫之耐久性試驗法		197
II. 骨礫之磨損試驗法		201
III. 未固結混凝土之採樣		204
IV. 未固結混凝土之水洗分析法		205

第三章 石 材

3-1	分類及組織	209
3-2	性質	211
3-3	道路石材之試驗	213

第四章 粘土製品

4.1 粘 土	2 2 1
4.2 粘土製品	2 2 2
A. 磚 瓦 類	
4.3 普通磚	2 2 3
4.4 普通磚之製法	2 2 4
4.5 特殊磚	2 2 7
4.6 磚類之試驗法	2 2 9
4.7 瓦	2 3 8
4.8 瓷 磚	2 3 9
4.9 陶管類	2 4 0

B. 耐火材料

4.10 驗溫錐	2 4 3
4.11 耐火材料之種類	2 4 4
4.12 耐火粘土	2 4 5
4.13 燒磨土	2 4 8
4.14 矽石質耐火材料	2 4 9
4.15 石灰石質及白雲石質耐火材料	2 5 2
4.16 苔土質耐火材料	2 5 3
4.17 碳質耐火材料	2 5 4
4.18 鉻質耐火材料	2 5 5
4.19 礬土質耐火材料	2 5 5
4.20 特種耐火材料	2 5 6
4.21 耐火材料之試驗	2 5 8

C. 電氣用瓷絕緣器

4.22 瓷絕緣器	2 6 1
4.23 瓷絕緣器試驗法	2 6 2

D. 保溫磚類

4.24 保温材料	264
-----------	-----

4.25 砂藻土磚	266
-----------	-----

第五章 木材

5.1 細胞組織	269
----------	-----

5.2 鋸木及乾燥	274
-----------	-----

5.3 物理性質	279
----------	-----

5.4 機械性質	283
----------	-----

5.5 木材試驗法	288
-----------	-----

5.6 木材之耐久性及保存法	297
----------------	-----

5.7 國產重要木材及其強度試驗之例	302
--------------------	-----

5.8 輸入木材	306
----------	-----

5.9 層板	309
--------	-----

5.10 竹	313
--------	-----

第六章 瀝青質材料

6.1 概說	317
--------	-----

6.2 地瀝青	317
---------	-----

6.3 石油地瀝青試驗法	320
--------------	-----

6.4 路面用焦油	327
-----------	-----

6.5 路面用焦油之試驗法	328
---------------	-----

6.6 瀝青乳劑	334
----------	-----

6.7 瀝青乳劑之使用法	335
--------------	-----

6.8 地瀝青磚塊	337
-----------	-----

6.9 瀝青質填縫材料	337
-------------	-----

6.10 地瀝青氈及防水布等	337
----------------	-----

第七章 纖維材料

7.1 纖維原料	341
----------	-----

7.2 編織物	343
---------	-----

7.3 飛機用翼布	343
-----------	-----

7.4 織物之物理性質試驗	345
7.5 紙之物理性質試驗法	347
7.6 油 毯	350
7.7 纖維質板	350
7.8 索	35

第八章 橡膠及合成樹脂

8.1 橡 膠	353
8.2 加硫橡膠諸性質及其試驗	354
8.3 合成樹脂	360
8.4 熱硬性樹脂	362
8.5 熱塑性樹脂	364
8.6 其他之合成樹脂	368
8.7 合成樹脂可塑物之性能及試驗法	369

第九章 膠合劑

9.1 概 說	375
9.2 乾酪膠	375
9.3 動物質膠	377
9.4 液狀膠	380
9.5 植物質蛋白膠	380
9.6 合成樹脂膠	380
9.7 膠合力試驗法	381

第十章 電氣絕緣材料

10.1 概 說	385
10.2 絕緣物之分類	388
10.3 天然無機質絕緣物	388
10.4 人造無機質絕緣物	392
10.5 纖維質絕緣材料	397
10.6 油脂及橡膠類	401

10-7 塗料及浸滲材料	406
10-8 絕緣油	411
10-9 絕緣漆之試驗	413
第十一章 潤滑劑	
11-1 概說	421
11-2 潤滑作用	426
11-3 石油系潤滑油	426
11-4 石油系潤滑油之製品種類	429
11-5 動植物質潤滑油	435
11-6 人造潤滑油	437
11-7 特殊潤滑油	439
11-8 半固狀潤滑劑	440
11-9 固體潤滑劑	443
11-10 液體固體混合潤滑劑	444
11-11 潤滑法	445
第十二章 塗料	
12-1 普通塗料	449
12-2 熬油	449
12-3 假漆	450
12-4 油漆	453
12-5 光漆	455
12-6 水性塗料	456
12-7 纖維素系塗料	457
12-8 合成樹脂塗料	458
12-9 特殊塗料	462
12-10 中國漆	466
12-11 塗料噴附法	468
12-12 飛機用塗料	468

工程材料學

第二卷

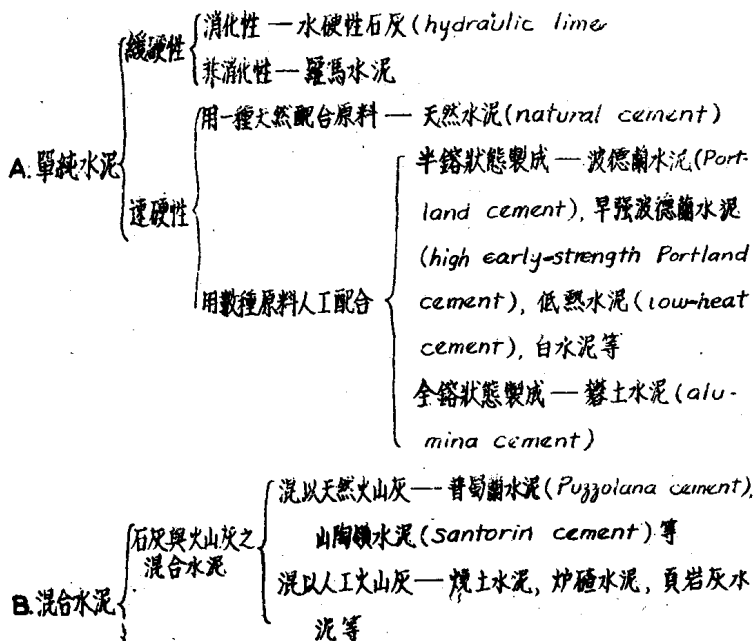
非金屬材料及其試驗法

第一章 石灰, 石膏, 及水泥

1.1 無機膠結材料之分類 無機膠結材料 (inorganic cementing materials) 乃一種重要之無機質建築材料, 硬化後可膠合他種材料, 結成一体, 而生強度。可分類之如下:

(I) 非水硬性膠結材料 — 石膏, 石灰, 苦土水泥 (magnesia cement)

(II) 水硬性 (hydraulic) 膠結材料



濃德蘭水泥與 火山灰之混合 水泥	{	混以天然火山灰——普波水泥(Pu $\dot{z}$ zolana Port-
		land cement), 山波水泥(Santorin Port-
		land cement)等
	{	混以人工火山灰——高炉水泥(blast furnace
		cement) 鉄波水泥(iron Portland cement)
		頁岩波德蘭水泥, 明礬渣波德蘭水泥(Si-stoff
		Portland cement) 曾立地上(soliditit)等

1.2 水泥類發展簡史 上列各種水硬性勝結材料可稱之為水泥類。水泥類之起源為石灰、石膏、火山灰等。古代埃及金字塔及希臘建築遺跡中曾發見燒石膏與石灰之砂漿(mortar)。希臘文明末期曾用山陶嶺島(Santorin Island)之火山灰混於石灰中，並加以砂，得石灰砂漿，用於建築物。羅馬帝國時代曾用義大利南部普蜀里(Pozzoli, Puzgoli)附近之火山灰混於石灰中，以建築古城。此火山灰與石灰之混合物有水硬性(hydraulic property)而能耐久。至10-12世紀後用陶器磚瓦等碎粉或燒土混於石灰，並加以砂而得砂漿。人工火山灰(artificial pu $\dot{z}$ zolana)已始於此。

18世紀末英 John Smeaton 氏修建 Eddystone 燈塔(在英國 Cornwall 海岸)。因火山灰由德義希臘輸入，成本頗高，人工火山灰又無良品，故用粘土質之不純石灰石燒成水硬性石灰，聚成該燈塔。當時燒成物中不溶化之灰黑硬塊尚未知其利用。1796年 Joseph Parker 氏始將此廢粉製得水硬性更大之物，此為羅馬水泥(Roman cement)之肇始。其後比法等國用粘土成分更多之石灰石即所謂水泥岩(cement rock)者燒成天然水泥。1818年法 L. J. Vicat 氏加20%粘土於石灰石中燒成與天然水泥相同之物。1822年英 James Frost 氏用矽質粘土與石灰石亦燒成同樣水泥。1824年英里芝(Leeds)市 Joseph Aspdin 氏用同樣原料配合燒成水泥。硬化後其色似於英國波德蘭島所產建築石材，故復命名

為波德蘭水泥，而獲英政府之專利。19世紀前半葉此水泥發展於英，其後傳入歐陸。1869年德Michaelis氏加以研究，進步尤著。1877~1878年德國訂定水泥規格。1875年傳入於美，成為大規模工業。吾國於1886年始建啟新洋灰廠於唐山。

1907~1909年法Bied及奧Spackmann氏各獨立發明礮土水泥，其早期強度特高。1920年以後始大規模製造之。1908年奧Spindel氏創製早強波德蘭水泥，1924年德Gehler教授加以提倡。此後迅速發展於德美日等國。

次示1952年世界主要生產水泥國家之水泥類年產額（單位千公噸）：

美國	43,091	捷克	2,520
蘇聯	15,120	西班牙	2,463
西德	12,886	中國	2,446
英國聯邦	11,314	瑞典	2,054
法國	8,645	南非	2,027
日本	7,117	墨西哥	1,640
義大利	6,652	巴西	1,616
比利時	4,111	阿根廷	1,536
印度	3,612	奧國	1,432
加拿大	2,940	澳洲	1,357
波蘭	2,660	世界總產額	159,000

A. 石膏

1-3 石膏之燒成 天然石膏分二種：(1)結晶石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 因形狀組織色澤而有種種名稱。純白而細晶粒者為雪花石膏 (alabaster)。透明者為透明石膏 (selenita)。針狀或放射狀者為纖維石膏。混有粘土等不純物者為石膏土 (gypsum earth, gyp site)。比重約2.3~2.33。(2)無水石膏 CaSO_4 為天然無水物，稱

燒成於 230°C 以上之石膏，其凝結與硬化均緩慢。因原料純度之不同可分為兩種：(i)用純石膏燒成於 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 以上者為壁用石膏粉(flooring plaster)，塗於地面牆面等。(ii)用粘土質石膏，或加明礬，硼砂，矽酸，粘土等於石膏中而燒成於 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 以上者經磨粉後成硬石膏粉(hard-finish plaster)。用於地面，牆面或天花板之粉刷。凝結雖緩，然硬化後極硬。硬石膏粉有下列數種：

(a)金氏水泥(Kene's cement)：將純石膏煨燒於石灰窯或堅窯中達赤熱後即浸於10%左右之明礬液內。乾燥後再燒於 1000°C 以上而磨細之。此兩次煨燒均於窯內與焦炭或煤交互成層裝入，故有灰分混入。與石膏內所分解之 CaO 相作用而生成化合物，有助於硬化。又將粘土質石膏浸於明礬液而燒成於高溫者亦有同樣效果。粉細度(fineness)愈細者早期強度愈大。混水數日後頗硬。用於牆面及隅角等之粉刷。

(b)巴里水泥(Parian cement)：金氏水泥中以硼砂代明礬而同樣製成者。普通硬化於4~5小時後。

(c)麥克水泥(Mack's cement)：純石膏燒於高溫而逐出其全部結晶水，加以0.4~0.5%之 Na_2SO_4 或 K_2SO_4 而磨細之。加水硬化後頗硬而耐水。用於天花板及牆面之粉刷。

1.4 石膏之性狀 (A)低溫燒成石膏之性狀：燒石膏之比重為2.6，單位體積重量為 $0.7\sim 1.2\text{ kg/l}$ 。加水時生結晶，而體積有6.6~1%之膨脹，溫度可升高 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。加水量約為石膏重量之40~50%。良質者加水後硬化於5~15分內。硬度雖小，然緻密而輕為熱與電之不良導體。燒石膏粉之良否可簡單試之如下：握緊於手掌中有團結之感，放開時仍保持緊握時之原形者為良質。若開掌時成分散狀者不良，蓋已受濕氣所浸矣。

美國材料試驗學會(A.S.T.M.)對於面層粉刷用之煨燒石膏粉有C23-55及C16-54之規格，其粉細度須全部通過14號篩，通過100號篩者須不少於60%。不加緩凝劑時之凝結時間(time of set-