

專 科 學 校 用 書

工 程 材 料

著 者 正 森 明
編 校 居 福 治
戴 方 梁

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司



專 科 學 校 用 書

工 程 材 料

戴	居	正	編	著
方	福	森	校	訂
梁	治	明		

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司

出 版

內 容 介 紹

本書的編寫以適用於二年制專修科教學為主，取材力求精簡扼要，並以土木、水利及建築方面所用之材料為敘述之對象。

全書共分十章，內容包括木材、石料、磚瓦、膠結材料、混凝土、塗料及瀝青、塑膠及橡膠、鋼鐵、非鐵金屬及其合金等。關於工程材料試驗亦略述大概項目，俾與專書互相配合。

書中所用名詞均以我國已經習用者為準，度量衡單位均用公制，與其他專科用書保持一貫標準。

工 程 材 料

編 著 者	戴 居 正
校 訂 者	方 福 森 梁 治 明
出 版 者	中國科學圖書儀器公司
印 刷	上海延安中路 537 號 電話 64545
總 經 售	中國圖書發行公司
版權所有 ★ 不可翻印	

CHE. 5—0.12 32 開 208 面 117 千字 每千冊用紙 6.76 令

1953 年 3 月初版 0001—2500

新定價 ¥ 10,000 1953 年 11 月 6 版 15001—18000

上海市書刊出版業營業許可證出 027 號

序 言

工程材料範圍甚廣，各種工程所用材料不同。本書內容係以土木、水利、及建築工程方面所用之材料為對象。

本書共分十章，內容包括木材、石料、磚瓦、膠結材料、混凝土、塗料及瀝青、塑膠及橡膠、鋼鐵、非鐵金屬及其合金等。在講授時，如因時間所限，可以酌量節略。

工程材料試驗，本應一併敘述。惟因我國慣例，另有專書討論，故本書祇得擇要略述其大概，或舉出試驗項目。

本書所用名詞，均按照我國已經普遍使用者為準。其係習見或涵義顯著者一律不加註解。

本書一律採用公制度量衡單位，以便利應用而符合標準。

本書創編伊始，因時間倉促，貽誤之處在所不免。海內同志，幸賜指正，以期改進，實深感荷。

本書承方福森、梁治明二位先生校訂，李蔭餘、姚璉二位先生提出寶貴意見，合併誌謝。

戴居正誌於南京工學院

1952年12月1日

目 錄

序言	i
----	---

第一章 總論	1-6
--------	-----

1-1 導言	1	1-5 工作應力	5
1-2 工程材料與經濟建設	1	1-6 材料之試驗	6
1-3 工程材料與工程力學	2	1-7 材料之分類	6
1-4 材料之性質	2		

第二章 木材	7-24
--------	------

2-1 概論	7	2-9 木料之強度	14
2-2 樹木之分類	7	2-10 木材之朽腐	17
2-3 樹木之組織	8	2-11 木材之保存	18
2-4 樹木之生長	10	2-12 木材之等級	19
2-5 工程上常用之木料	10	2-13 木材之量計	20
2-6 木材之疵病	12	2-14 膠合木	21
2-7 木材之採伐及處理	12	2-15 竹	22
2-8 木材之性質	13		

第三章 石料	25-32
--------	-------

3-1 石料之種類	25	3-6 石料之用途	30
3-2 石料之選擇	26	3-7 石料數量之計算	31
3-3 石料之開採	26	3-8 築路所用之石料	31
3-4 工程上常用之石料	28	3-9 石料之試驗	31
3-5 石料之性質	29		

第四章 磚瓦(附瓷器)..... 33-51

4—1 概說33

第一節 磚瓦

4—2 土器33

4—3 磚之原料34

4—4 磚之製造34

4—5 練泥34

4—6 製坯35

4—7 磚坯之乾燥37

4—8 磚窯38

4—9 磚坯之烘燒40

4—10 磚之種類41

4—11 磚之性質42

4—12 磚之試驗44

4—13 路磚44

4—14 瓦45

4—15 瓦管,美術製品等.....45

第二節 耐火磚

4—16 耐火磚之性能及種類46

4—17 酸性耐火磚46

4—18 鹼性耐火磚47

4—19 中性耐火磚47

4—20 耐火磚之檢驗47

第三節 瓷器

4—21 瓷器之原料48

4—22 釉48

4—23 瓷器之製造49

4—24 瓷器之性質50

第五章 膠結材料(附膠砂)..... 52-84

5—1 概說52

第一節 石膏

5—2 石膏之原料52

5—3 石膏之分類52

5—4 石膏之製造53

5—5 石膏之性質54

5—6 石膏之用途54

5—7 石膏之試驗55

第二節 石灰

5—8 石灰之原料55

5—9 石灰之製造55

5—10 石灰之分類57

5—11 石灰之性質57

5—12 石灰之消化及用途58

5—13 石灰之鑑別及成分標準59

5—14 消石灰之製造60

5—15 消石灰與石灰之比較60

第三節 矽酸鹽水泥

(附氧氯化物水泥,礬土水泥等)

5—16 概論60

5—17 水硬石灰61

5—18 格蘭畢水泥61

5—19 樸索蘭石灰水泥61

5—20 天然水泥62

5—21 礮礱石灰水泥62

5—22 礬土水泥62

5-23 苦土水泥	63
第四節 波特蘭水泥	
5-24 波特蘭水泥之歷史	63
5-25 波特蘭水泥之定義	64
5-26 水泥之原料	64
5-27 原料之配合	64
5-28 水泥之製造方法	65
5-29 製造水泥之主要設備	68
5-30 製造水泥時應注意之點	68
5-31 水泥中之化合物	69
5-32 水泥之水化作用	69

5-33 水泥之性質	70
5-34 純水泥塊及水泥膠砂之脹縮	71
5-35 純水泥及水泥膠砂之附着力	72
5-36 水泥之種類	74
5-37 其他水泥	75
5-38 水泥之試驗	76
5-39 水泥之標準	79
5-40 水泥標號及測定方法	80
5-41 膠砂	81
5-42 膠結材料製品	82

第六章 混凝土.....85-124

6-1 混凝土概論	85
第一節 混凝土之原料	
6-2 水泥	85
6-3 水	86
6-4 細料	86
6-5 砂之細度及級配	87
6-6 砂之選擇及堆置	89
6-7 砂之試驗	89
6-8 粗料	89
6-9 粗料之種類	90
6-10 粗料之大小限度及級配	90
6-11 碎石與卵石之比較	91
6-12 粗料之試驗	91
6-13 粗料與細料中有害物質之 限度	91
第二節 混凝土之配合	
6-14 配合之目標	92
6-15 配合方法	92

6-16 選擇體積法	92
6-17 水灰比原理	93
6-18 和易性稠度及陷度	94
6-19 試驗拌合法	96
第三節 混凝土之製造	
6-20 工地之佈置	102
6-21 材料之量定	103
6-22 混凝土之混合	103
6-23 混凝土之運輸	103
6-24 混凝土之模板	104
6-25 混凝土之澆置	104
6-26 新舊混凝土之接合	106
6-27 混凝土之養護	107
6-28 模板之拆除及表面之修整	108
6-29 水中澆置混凝土之方法	108
6-30 冬季澆置混凝土之方法	108
6-31 混凝土之特種處理	109
第四節 混凝土之性質	

6-32 混凝土之強度.....	109	6-43 混凝土之耐火性.....	118
6-33 抗拉, 抗撓及抗壓強度.....	110	6-44 混凝土之耐用性.....	118
6-34 混凝土強度與齡期之關係.....	110	6-45 塑性流.....	119
6-35 抗剪強度.....	110	6-46 混凝土之重量.....	119
6-36 耐磨性.....	111	6-47 混凝土之試驗.....	120
6-37 混凝土與鋼筋之附着強度.....	111	6-48 混凝土之工作應力.....	120
6-38 混凝土之彈性及彈性係數.....	113	6-49 混凝土強度等級.....	120
6-39 重複應力之疲勞限度.....	114	6-50 優良均勻混凝土的圖解.....	120
6-40 混凝土之不透水性.....	115	6-51 混凝土製品之種類.....	122
6-41 混凝土之耐久性.....	116	6-52 混凝土製品之製造.....	122
6-42 混凝土之脹縮.....	118	6-53 混凝土製品之用途.....	122

第七章 塗料(附瀝青)..... 125-136

7-1 塗料之功用及原料.....	125	7-10 油漆之陳老.....	133
7-2 顏料.....	125	7-11 其他塗料.....	134
7-3 溶劑.....	127	7-12 油漆工作法.....	134
7-4 乾燥劑.....	128	瀝 青	
7-5 脂.....	128	7-13 瀝青.....	134
7-6 稀薄劑.....	129	7-14 地瀝青之性質.....	135
7-7 塗料之種類及製造.....	129	7-15 地瀝青之用途.....	136
7-8 油漆之種類.....	131	7-16 瀝青屋面材料.....	136
7-9 清漆之種類.....	132		

第八章 塑膠及橡膠..... 137-153

8-1 概論.....	137	8-7 塑膠之機械性質.....	145
第一節 塑膠		第二節 橡膠	
8-2 塑膠之特性.....	137	8-8 橡膠之優點.....	150
8-3 熱凝塑膠.....	138	8-9 橡膠之製造.....	150
8-4 熱熔塑膠.....	139	8-10 橡膠之性質.....	151
8-5 塑膠之組合成分.....	144	8-11 人造橡膠.....	152
8-6 塑膠之製造.....	144		

第九章 鋼鐵..... 154-186

9-1 概說.....154

9-2 鋼與鐵之區別.....154

9-3 鋼鐵之分類.....155

第一節 生鐵

9-4 生鐵之分類.....155

9-5 生鐵之原料.....156

9-6 生鐵之製造及用途.....156

第二節 炭鋼

9-7 鋼之分類.....158

9-8 滲炭煉鋼法.....159

9-9 坩堝煉鋼法.....159

9-10 柏塞麥煉鋼法.....159

9-11 平爐煉鋼法.....161

9-12 電爐煉鋼法.....162

9-13 鋼料造形法.....162

9-14 純鐵之組織.....164

9-15 鋼之組織.....164

9-16 鋼之熱處理.....166

9-17 鋼之性質.....168

9-18 鑄鋼.....171

9-19 錠鐵.....171

9-20 鋼之焊接.....172

9-21 鋼之表面硬化法.....173

第三節 合金鋼

9-22 概說.....173

9-23 鎳鋼.....174

9-24 矽鋼.....174

9-25 錳鋼.....175

9-26 鉻鋼.....175

9-27 鎢鋼.....176

9-28 鎳鉻鋼.....176

9-29 其他合金鋼.....176

9-30 鋼之試驗.....176

9-31 鋼之標準.....177

第四節 熟鐵

9-32 熟鐵之製造.....177

9-33 熟鐵之性質.....178

9-34 熟鐵之用途.....178

第五節 鑄鐵

9-35 鑄鐵之製造.....179

9-36 鑄鐵之組織.....180

9-37 鑄鐵之性質.....181

9-38 鑄鐵之用途.....182

第六節 展性鑄鐵

9-39 展性鑄鐵之製造.....182

9-40 展性鑄鐵之組織及性質.....183

9-41 展性鑄鐵之用途.....183

9-42 高級鑄鐵.....184

9-43 球墨鑄鐵.....184

9-44 各種鑄鐵性質之比較.....184

第十章 非鐵金屬及其合金..... 187-197

10-1 概說.....187

10-2 銅.....187

10-3 鋅.....189

10-4 鉛.....190

10—5 錫	190	10-11 鎂合金	195
10—6 鋁	191	10-12 鋳合金	195
10—7 鑄	191	10-13 壓鑄件合金	196
10—8 鋅	191	10-14 軸承合金	196
10—9 銅之合金	192	10-15 易熔合金	196
10-10 鋁合金	194		

第一章

總論

1-1 導言 工程材料學或簡稱工程材料，是討論各項工程上所用材料之物理性質、來源、製造、用途、檢驗、與品質改進等問題的科學。照廣義解釋，凡工程上所用之材料，雖普通如泥土，柴草等均可稱為工程材料。但一般所謂的工程材料，是指用在建築及機械方面的材料而言。

工程材料與工業材料有區別，用在工程方面者稱為工程材料，用在工業方面者稱為工業材料。同一木材用在房屋建築則為工程材料，用以製造紙漿，則為工業材料。

1-2 工程材料與經濟建設 工程建築是經濟建設中重要部門之一，例如鐵路、廠房等建築；而工程材料又佔整個工程費用之絕大部份，一般約佔 70~80%，由此可見工程材料在經濟建設中之重要性。

我國地大物博，工程材料產品向稱豐富，已往常有盲目生產，及仰賴外貨之情形。解放以來人民政府極力倡導工程材料之計劃生產，統籌分配，提倡節約，此種正確的措施值得重視。今後方向，是在爭取工程材料及其製品工業的發展，以求減低成本，

提高品質，統一標準，使國家的經濟建設，早日完成。

1-3 工程材料與工程力學 工程材料與工程力學為工程設計中的基本科學。其不同之點可舉例說明如下：設一木稜柱的長度為 l ，剖面為 A ，上端承受 P 載荷。柱的下端必產生一同量的反力，以保持平衡；此種問題之討論，則屬於應用力學。同時稜柱發生變形，剖面上產生應力（應力 = P/A ），即單位面積之力；此種問題之研究則屬於材料力學。至於稜柱能否支持，是否安全或經濟，須視木材之性質而定。研究木材之性質，則屬於工程材料之範圍。故研究工程材料之目的，乃為了解工程材料之性能等，俾在設計及施工時，達到經濟及安全的效果。

1-4 材料之性質 一般建築物及結構，都受到各種外力，或大氣及化學的腐蝕，或機械的磨耗。建築物及結構能否支持及耐久，全視所在之環境及所用材料之性能而定。

工程材料之性質，並非一定不變，常隨含水量、溫度等而異。例如乾木與濕木，高溫時的金屬與室溫時的金屬，性質大有差別。所以研究工程材料，除了解其基本性質（例如強度硬度等）外，尚應進一步了解其構造；對水和水汽的關係（包括吸水性、滲透性等）；對於冷熱的影響（包括傳熱性、耐熱性、耐火性等）；對於大氣和化學的抗蝕性等。一般工程材料之基本性質，簡述如下：

強度與應力 材料承受載荷時，都有抵抗折斷、變形的性能，

此種性能謂之強度。強度用單位面積之力表示之；有抗拉、抗壓、抗撓、抗剪、抗扭等五種。強度與應力之區別為：強度是材料的本能，有一定的數字；應力則因外力而產生，沒有一定的數字。

應變 材料承受載荷時發生變形。例如一桿承受拉力，桿之長度為 l ，總伸長為 δ ，則單位桿長之伸長 e ($e = \delta/l$)，名為單位伸長或拉應變；倘此桿承受壓力，總壓縮亦為 δ ，則單位桿長之壓縮 e ，亦為 δ/l ，名為單位壓縮或壓應變。

應力應變圖⁽¹⁾ 將材料抗拉或抗壓試驗所得之結果，以應變作橫座標，應力作縱座標，連接各點，則成應力應變圖。圖 1-1

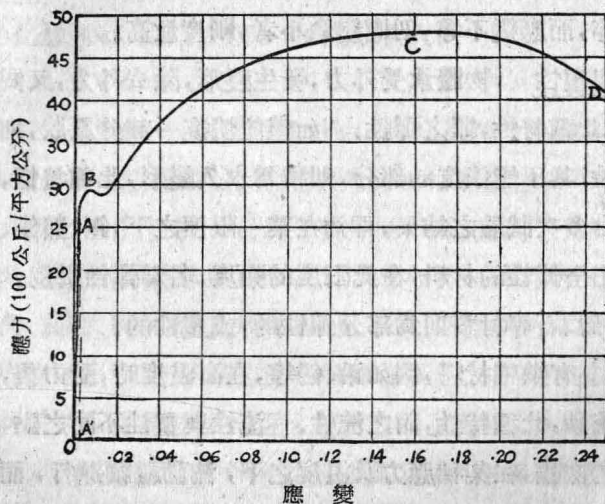


圖 1-1 低炭鋼之應力應變圖 (抗拉)

(1) 鋼桿伸長時，其剖面之面積即隨之減小；但計算屈服強度、極限強度時，慣例均以未變形時之剖面面積計算之。

代表低碳鋼之應力與應變的關係。自 O 至 A ，應力與應變成正比例， A 點之應力稱為比例極限。 A 點之應力與應變之比 ($AA':OA'$) 稱為彈性係數。如載荷繼續增加，則應變之增加較前迅速，此線漸見彎曲；至 B 點，則應力雖無若何增加，而應變則突然增大；此種現象，名為金屬之屈服； B 點之應力，稱為屈服強度。如載荷再繼續增加，應力與應變，亦繼續同時增加；至 C 點，應力已達最高限度，稱為極限強度。 C 點以後，應力雖減小，應變仍迅速增加；至 D 點，材料即告斷裂。

剛度 材料承受載荷時，發生應力及應變；倘兩種材料發生之應力相等，而應變不等，則應變愈小者，剛度愈高。

彈性與塑性 物體承受外力，發生變形，除去外力，又回復原來狀態，此種特性，謂之彈性。如僅能恢復一部分原狀，則謂之部分彈性；其不能恢復的部分，則稱為永久變形，此種特性，謂之塑性。由多次試驗之結果，可知在某一限度之下，鋼、熟鐵、木等可視為完全彈性的材料；在此限度的強度，名為彈性限度。至於混凝土、磚、石等材料則為部分彈性的，或塑性的。

流性 有幾種材料，例如鉛、錫等，在高溫度時，受力後，顯出緩慢的流動，此種特性，謂之流性。流性與塑性不同之點，即具有流性之物體，在某種應力及溫度之下，流動繼續進行，而塑性則否。

韌性與脆性 凡材料能承受高度應力及大量變形而仍不折斷者，謂之韌性材料。能承受高度應力，但經細小變形而已折斷

者，謂之脆性材料。軟鋼、熟鐵等為韌性材料；生鐵、混凝土等則為脆性材料。

延性與展性 凡材料承受拉力時，發生較長之伸長度，而不折斷之性質，謂之延性。延性用引伸率（或稱伸長率）以表明之。凡材料承受錘擊能展成薄片之性質，謂之展性。

均勻性 凡材料各部分之同類性質，相等者，謂之均勻的材料。具有均勻性之材料，較不均勻者（例如有裂縫之木材等）為佳。

硬度 凡材料能抵抗磨耗、印痕、刻劃等之性能，謂之硬度。

耐久性 任何材料在使用時，性能均減退。但減退之速率不同；退化愈速者，耐久性愈小，反之則愈大。

1-5 工作應力 在工程設計時，每種材料均須規定一種應力，根據此應力以作設計，方能保證結構物的安全和不損壞，此種應力謂之工作應力。材料在使用時，可能受到下列的影響而致損壞：應力的分佈未能和公式算出者相符；結構物有時遇到超額載荷、震動、反復應力、腐蝕、品質不勻、性能減退等。為求防止結構物的損壞，工作應力應小於彈性限度。合理的工作應力，應視材料的品質，載荷的情形，結構物的重要性，及施工時的情況等而定；換句話說，工作應力應根據工程經驗以為決定。因此

$$\text{工作應力} = \frac{\text{材料的強度}}{\text{安全係數}}$$

若為韌性材料，普通用屈服強度計算；若為脆性材料，則用極限

強度計算；安全係數，則根據工程經驗以爲決定。

1-6 材料之試驗 材料試驗之目的在乎研究材料之性能或檢驗材料之品質。材料之試驗可分爲三個部門：(一)化學的試驗；(二)機械的試驗；(三)顯微的檢驗。

(一) 化學的試驗 目的在分析材料之化學成份，有害物質之成份，及各種成份的分配是否均勻。

(二) 機械的試驗 目的在了解材料之各種機械性能，包括抗拉、抗壓、抗撓、抗剪、抗扭等強度；以及延性(伸長率或撓度)，韌性(衝擊試驗)，重複應力之疲勞限度(疲勞試驗)，硬度、耐磨性等試驗。試驗樣品，可採用整塊材料或採自材料中的一小部分；試驗有時試到折斷，有時試到工作應力，全視材料之用途而定。

(三) 顯微的檢驗 目的在研究材料的結晶組織與機械性能的關係。

1-7 材料之分類 工程材料可依照用途而分類，例如建築材料，道路材料，電工材料等。但一般分爲非金屬材料及金屬材料兩大類。非金屬材料包括木材、石料、磚瓦、膠結材料、混凝土、塗料、塑膠等；金屬材料則包括鋼鐵、純金屬及其合金等。

第二章

木材

2-1 概論 木材爲主要建築材料之一，現雖在若干方面，已爲混凝土及鋼鐵所取代，但木材之消耗於建築及其他用途者，不獨未見衰落，且正日見增加。

木材之抗壓強度不及鋼鐵與混凝土，但其韌性則甚優。木材之缺點爲缺乏耐火性及耐久性，故在工程設計時，對於此兩點，應加注意。

我國房屋建築，一向採用木材爲主要材料，因此形成我國特殊的建築形式。

本章主要內容爲木材之組織及性質，朽腐原因及保存方法，最後簡述木材製品及竹之性質。

2-2 樹木之分類 樹木之種類甚多，可按其生長方式，分爲外長樹，與內長樹兩大類。

(一) 外長樹 外長樹之生長，係於樹皮及舊木之間，每年生新木一層，將全部舊木包裹在內。外長樹又可分爲兩類：(1) 針葉類或稱軟木類，具針葉，大都爲常綠樹，如松、杉、柏等。(2) 闊葉類或稱硬木類，具闊葉，大都爲落葉樹，木質較堅，如橡、榆等。