



109268 專 科 学 校 用 書

工程材料

(修 訂 本)

戴 居 正 編 著
方 福 森 校 訂
梁 治 明



科学技術出版社

4
2

K.

專·科·學·校·用·書

工 程 材 料

修 正 本

戴 居 正 編 著

方 福 森 梁 治 明 校 訂

科 學 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書的編写以适用于二年制專修科教学为主，取材力求精簡扼要，并以土木、水利及建筑方面所用之材料为敘述之对象。

全書共分十一章，内容包括木材、石料、磚瓦、膠結材料、混凝土、涂料及瀝青、塑膠及橡膠、鋼鐵、非鉄金属及其合金与其他材料等。关于工程材料試驗亦略述大概項目，俾与專書互相配合。

書中所用名詞均以我国已經习用者为准，度量衡單位均用公制、与其他專科用書保持一貫标准。

工 程 材 料

修 訂 本

編 著 者 戴 居 正

校 訂 者 方福森 梁治明

*

科学技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 号

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書号: 15119·446

开本 787×1092 耗 1/32·印張 5 13/16·字數 124,000

1957 年 1 月第 1 版

1957 年 1 月第 1 次印刷·印數 1—8,000

定价: (10) 0.85 元

序 言

工程材料範圍甚廣，各種工程所用材料不同。本書內容系以土木、水利及建筑工程方面所用之材料為對象。

本書共分十一章，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，故本書只得擇要略述其大概，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。其系習見或涵義顯著者一律不加注解。

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，李蔭余、姚璉二位先生提出寶貴意見，合併志謝。

戴居正志于南京工學院

1952年12月1日

增訂版序言

本書出版以來深蒙讀者愛護，提出寶貴的意見，甚為感謝。茲為滿足讀者的要求，特作部分的修改，並增補一章。惟工程材料的範圍甚廣，而我國工程材料方面的新成就又不斷地出現，挂一漏萬在所不免。尚祈海內同志隨時指正為幸。

編 者

1956年7月1日

目 录

序言	1
第一章 总論	1
1-1 导言	1
1-2 工程材料与經濟建設	1
1-3 工程材料与工程力学	1
1-4 材料之組成及組織	2
1-5 材料之性質	2
1-6 材料之試驗	5
1-7 材料之分类	5
第二章 木材	6
2-1 概論	6
2-2 树木之分类	6
2-3 树木之組織	7
2-4 树木之生長	7
2-5 工程上常用之木料	8
2-6 木材之疵病	10
2-7 木材之采伐及处理	10
2-8 木材之性質	11
2-9 木材之强度	12
2-10 木材之朽腐	13
2-11 木材之保存	15
2-12 木材之种类	16
2-13 木材之量計和材积之 計算	17
2-14 木材之制品	17
2-15 竹材	19
第三章 石料	21
3-1 概論	21
3-2 石料之選擇	22
3-3 石料之开采	22
3-4 工程上常用之石料	24
3-5 石料之性質	25
3-6 石料之用途	25
3-7 石料数量之計算	26
3-8 筑路所用之石料	26
3-9 石料之試驗	26
第四章 磚瓦及瓷器	28
4-1 概說	28
第一节 磚瓦	29
4-2 土器	28
4-3 磚之原料	28
4-4 磚之制造	29
4-5 練泥	29

4-6 制坯	30	第二节 耐火磚	
4-7 磚坯之干燥	31	4-16 耐火磚之性能及种类	39
4-8 磚窖	32	4-17 酸性耐火磚	39
4-9 磚坯之烘燒	34	4-18 硷性耐火磚	40
4-10 磚之种类	35	4-19 中性耐火磚	40
4-11 磚之性質	36	4-20 耐火磚之檢驗	40
4-12 磚之試驗	37	第三节 瓷器	
4-13 路磚	37	4-21 瓷器之原料	41
4-14 瓦	38	4-22 釉	41
4-15 瓦管、美术制品等	38	4-23 瓷器之制造	41
		4-24 瓷器之性質	42
第五章 膠結材料及砂漿	44		
5-1 概說	44	5-18 耐酸水泥	52
第一节 石膏		5-19 水硬石灰	52
5-2 石膏之原料	44	5-20 天然水泥	52
5-3 石膏之分类	44	5-21 矾土水泥	52
5-4 石膏之制造	45	5-22 膨脹水泥	53
5-5 石膏之性質	45	5-23 朴素蘭石灰水泥	53
5-6 石膏之用途	46	5-24 石灰矿糖水泥	53
5-7 石膏之試驗	46	第四节 矽酸鹽水泥	
第二节 石灰		5-25 定义	53
5-8 石灰之原料	47	5-26 水泥之原料	54
5-9 石灰之制造	47	5-27 原料之配合	54
5-10 石灰之分类	48	5-28 水泥之制造方法	54
5-11 石灰之性質	48	5-29 制造水泥之主要設備	57
5-12 石灰之消化及用途	49	5-30 制造水泥时应注意之 点	57
5-13 石灰之鉴别及成分标准	50	5-31 水泥中之化合物	58
5-14 消石灰	50	5-32 水泥之水化作用	58
5-15 磨細生石灰	51	5-33 水泥的腐蝕	59
第三节 鎂氧水泥等		5-34 水泥的性質	60
5-16 鎂氧水泥	51	5-35 水泥的标号	61
5-17 水玻璃	51		

5 36 水泥的試驗	61	5-42 概論	66
5 37 普通水泥的应用范围	63	5 43 膠砂的分类	67
5 38 水泥的驗收	63	5 44 膠砂的原料	67
5-39 水泥的儲运	64	5-45 膠砂的配合計算	68
5-40 火山灰質水泥、矿隄 水泥、混合水泥	64	5-46 膠砂的性質	68
5-41 其他水泥	65	5-47 砌牆膠砂、抹面膠砂、 地板膠砂	70
第五节 膠砂		5-48 膠砂的施工	71
第六章 混凝土	73		
6-1 混凝土概論	73	6-19 混凝土的配合設計	83
第一节 混凝土之原料		第三节 混凝土之制造	
6-2 水泥	73	6-20 工地之布置和管理	87
6-3 水	74	6-21 材料之量定	88
6-4 細料	74	6-22 混凝土之混合	88
6-5 砂之細度及級配	74	6-23 混凝土之运输	89
6-6 砂之選擇及堆置	76	6-24 混凝土之模板	89
6-7 砂之試驗	76	6-25 混凝土之澆置	89
6-8 粗料	77	6-26 新旧混凝土之接合	90
6-9 粗料之种类	77	6-27 混凝土之养护	91
6-10 粗料之大小限度及級 配	77	6-28 模板之拆除及表面之 修整	91
6-11 碎石与卵石之比較	78	6-29 水中澆置混凝土之方 法	91
6-12 粗料之試驗	78	6-30 冬季澆置混凝土之方 法	93
6-13 粗料与細料中有害物 質之限度	78	6-31 混凝土之特种处理	93
第二节 混凝土之配合		第四节 混凝土之性質	
6-14 概論	79	6-32 混凝土之强度	94
6-15 水灰比原理	79	6-33 抗拉、抗撓及抗压强度	94
6-16 混凝土强度的經驗公 式	80	6-34 混凝土强度与齡期之 关系	94
6-17 混凝土的和易性	81	6-35 抗剪强度	94
6-18 混凝土配合原則	83		

6-36 耐磨性	95	6-46 混凝土之試驗	101
6-37 混凝土与鋼筋之附着 强度	96	6-47 混凝土强度等級	102
6-38 混凝土之彈性及彈性 系数	97	6-48 优良均匀混凝土的图解	102
6-39 重复应力之疲劳限度	98	第五节 特种混凝土及混 凝土制品	
6-40 混凝土之不透水性	98	6-49 加气混凝土	102
6-41 混凝土之耐久性	98	6-50 輕混凝土	104
6-42 混凝土之脹縮	100	6-51 泡沫混凝土	104
6-43 混凝土之耐火性	101	6-52 干硬混凝土	104
6-44 混凝土之耐用性	101	6-53 混凝土制品之种类	105
6-45 混凝土之重量	101	6-54 混凝土制品之制造	105
		6-55 混凝土制品之用途	105
第七章 涂料及瀝青	107		
第一节 涂料		7-10 油漆之陈老	114
7-1 涂料之功用及原料	107	7-11 其他涂料	114
7-2 顏料	107	7-12 油漆工作法	114
7-3 溶剂	109	第二节 瀝青	
7-4 干燥剂	109	7-13 瀝青	114
7-5 脂	110	7-14 瀝青材料	115
7-6 稀薄剂	110	7-15 地瀝青之性質	115
7-7 涂料之种类及制造	110	7-16 地瀝青之用途	115
7-8 油漆之种类	112	7-17 瀝青屋面材料	116
7-9 清漆之种类	113		
第八章 塑膠及橡膠	117		
8-1 概論	117	8-7 塑膠之机械性質	124
第一节 塑膠		第二节 橡膠	
8-2 塑膠之特性	117	8-8 橡膠之优点	128
8-3 热凝塑膠	117	8-9 橡膠之制造	128
8-4 热熔塑膠	119	8-10 橡膠之性質	129
8-5 塑膠之組合成分	122	8-11 人造橡膠	130
8-6 塑膠之制造	124		

第九章 鋼鉄	132		
9-1 概説	132	9-24 砒鋼	149
9-2 鋼与鉄之区别	132	9-25 錳鋼	149
9-3 鋼鉄之分类	133	9-26 鉻鋼	149
第一节 生鉄		9-27 鎢鋼	149
9-4 生鉄之分类	133	9-28 鎳鉻鋼	150
9-5 生鉄之原料	133	9-29 其他合金鋼	150
9-6 生鉄之制造及用途	134	9-30 鋼之試驗	150
第二节 碳鋼		9-31 鋼之标准	150
9-7 鋼之分类	135	第四节 熟鉄	
9-8 滲碳煉鋼法	135	9-32 熟鉄之制造	150
9-9 坩堝煉鋼法	136	9-33 熟鉄之性質	151
9-10 柏塞麦煉鋼法	136	9-34 熟鉄之用途	152
9-11 平炉煉鋼法	137	第五节 鑄鉄	
9-12 电炉煉鋼法	138	9-35 鑄鉄之制造	152
9-13 鋼料造形法	138	9-36 鑄鉄之組織	153
9-14 純鉄之組織	139	9-37 鑄鉄之性質	153
9-15 鋼之組織	139	9-38 鑄鉄之用途	153
9-16 鋼之热处理	141	第六节 展性鑄鉄	
9-17 鋼之性質	142	9-39 展性鑄鉄之制造	155
9-18 鑄鋼	145	9-40 展性鑄鉄之組織及性質	155
9-19 錠鉄	146	9-41 展性鑄鉄之用途	156
9-20 鋼之焊接	146	9-42 高級鑄鉄	156
9-21 鋼之表面硬化法	147	9-43 球墨鑄鉄	156
第三节 合金鋼		9-44 各种鑄鉄性質之比較	157
9-22 概説	148		
9-23 鎳鋼	148		
第十章 非鉄金属及其合金	159		
10-1 概説	159	10-5 錫	161
10-2 銅	159	10-6 鋁	162
10-3 鋅	160	10-7 鎂	162
10-4 鉛	161	10-8 鍍	162

10-9 銅之合金	162	10-13 壓鑄合金	166
10-10 鋁合金	164	10-14 軸承合金	166
10-11 鎂合金	165	10-15 易熔合金	167
10-12 鎳合金	165		
第十一章 其他材料	168		
11-1 概說	168	11-4 有機膠	170
11-2 隔熱材料	168	11-5 人造石料	171
11-3 玻璃	169		
附录一	173		
附录二	175		

第一章

总 論

1-1 导言 工程材料学或简称工程材料，是討論各項工程上所用材料之物理性質、来源、制造、用途、檢驗与品質改进等問題的科學。照廣義解釋，凡工程上所用之材料，虽普通如泥土、柴草等均可称为工程材料。但一般所謂的工程材料，是指用在建筑及机械方面的材料而言。

工程材料与工业材料有区别，用在工程方面者称为工程材料；用在工业方面者称为工业材料。同一木材用在房屋建筑则为工程材料，用以制造紙漿，则为工业材料。

1-2 工程材料与經濟建設 工程建筑是經濟建設中重要部門之一，例如铁路、厂房等建筑；而工程材料又占整个工程費用之絕大部分，一般約占 70~80%，由此可見工程材料在經濟建設中之重要性。

我国地大物博，工程材料产品向称丰富，以往常有盲目生产，及仰賴外貨之情形。解放以来人民政府极力倡导工程材料之計劃生产，統籌分配，提倡節約，此种正确的措施值得重視。今后方向，是在爭取工程材料及其制品工业的发展，以求減低成本，提高品質，統一标准，使国家的經濟建設，早日完成。

1-3 工程材料与工程力学 工程材料与工程力学为工程設計中的基本科學。其不同之点可举例說明如下：設一木梭柱的

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。同時棧柱發生變形，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。至於棧柱能否支持，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、檢驗、儲運等問題，俾在設計及施工時，能合理地選擇材料、檢驗材料、使用材料，以期達到經濟和安全的效果。

1-4 材料之組成及組織 材料之組成系指材料組成分子的種類（或化學成分）和含量；例如花崗岩的組成分子為石英、長石、雲母等。組織系指組成分子的形狀和排列情形。組織分為粗大組織和顯微組織。粗大組織系指組成分子的形狀和排列情形為肉眼所能看到的，例如整塊的、層狀的等；顯微組織，為肉眼所不能看到的，例如粗粒的、細粒的等。各種材料可能有同樣的組成而有不同的組織；或不同的組成而有同樣的組織；因為組成或組織的不同而其性質亦異。

工程材料有整體的和疏散的兩種：磚、石等為整體的材料，砂、碎石等為疏散的材料。整體材料有完全密實的和含孔的兩類：前者內部沒有小孔，后者內部有小孔。小孔有開形的亦有閉形的，在物體的內部均勻地分布或非均勻地分布。完全密實的材料很少，僅鋼、玻璃等屬之。

1-5 材料之性質 一般建築物及結構的每一部分，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，

例如干木与湿木，高温时的金属与室温时的金属，性質大有差别。所以研究工程材料，除了解其基本性質（例如强度、硬度等）外，尚应进一步了解其組成和組織，对水和水汽的关系，对于冷热的影响，对于大气及化学药品的抗蚀性，以及各种性質之間的关系等。一般工程材料之基本性質^①，簡述如下：

比重 比重系材料在完全密实状态下，單位体积的重量；一般用克每立方公分来表示。

單位重(容重) 單位重系材料在天然状态下（包括整体材料的气孔或疏散材料間的孔隙在內），單位体积的重量；一般用克每立方公分或公斤每立方公尺来表示。

孔隙率 孔隙率系在整体材料的体积中，所含孔隙体积的百分率。孔隙率的大小对于材料的强度、吸收水量、导热性能和抵抗环境作用的能力等，有密切的关系。

吸水性和透水性 吸水性系材料在大气压力下，于水中能吸收水分的性質。吸水性用吸水率来表示。透水性系材料在水压力的作用下，能使水透过的性質。吸水性和透水性均与材料之組織有关而且是一种不良的性質。

导热性 导热性系材料能使热量从表面經過材料本身傳送到另一表面的性能。导热性用导热系数来表示。凡孔隙率較大的、細微和閉形孔隙的、干燥的材料，其导热性較低。

耐火性 耐火性系材料在高温（ $1,580^{\circ}\text{C}$ 以上）时，能抵抗变形和保持强度的性能。具有耐火性的材料，称为耐火材料。若干材料（混凝土等）能在 400°C 上下的溫度長期使用，称为耐热

① 各項基本性質的詳細解釋可參看唐尔焯等譯的建筑材料第一篇，或馬嗣昭譯的建筑材料学第一章

材料。

强度与应力 材料承受载荷时，都有抵抗折断、变形的性能，此种性能谓之强度。强度用单位面积之力表示之；有抗拉、抗压、抗挠、抗剪、抗扭等五种。强度与应力之区别为：强度是材料的本能，有一定的数字；应力则因外力而产生，没有一定的数字。

应变 材料承受载荷时发生变形。例如一杆承受拉力，杆之长度为 l ，总伸长为 δ ，则单位杆长之伸长 e ($e = \delta/l$)，名为单位伸长或拉应变。将材料抗拉或抗压试验所得之结果，以应变作横座标，应力作纵座标，连接各点，则成应力应变图（参看图 6-9）；从图上可以研究材料应力与应变的关系。

弹性与塑性 物体承受外力，发生变形，除去外力，又回复原来状态，此种特性，谓之弹性。如仅能恢复一部分原状，则谓之部分弹性；其不能恢复的部分，则称为永久变形，此种特性，谓之塑性。由多次试验之结果，可知在某一限度之下，钢、熟铁、木等可视为完全弹性的材料；在此限度的强度，名为弹性限度。至于混凝土、砖、石等材料则为部分弹性的或塑性的。

韧性与脆性 凡材料能承受高度应力及大量变形而仍不折断者，谓之韧性材料；一般用引伸率（或称伸长率，即拉应变 $\times 100$ ）来表示。能承受高度应力，但经细小变形而已折断者，谓之脆性材料。软钢等为韧性材料，混凝土等则为脆性材料。

硬度 凡材料能抵抗磨耗、印痕、刻划等之性能，谓之硬度。

撞击强度 撞击强度系材料受撞击时，抵抗破坏或发生裂纹的性能。撞击强度用破坏试件所耗的功（公斤公尺每平方公分）来表示。承受动载荷的结构，其材料须有较高的撞击强度。

耐久性 耐久性系材料抵抗破坏因素作用的性能。破坏因素有：

(1)风化作用 如热脹冷縮、湿脹干縮、冰冻融化等的循环作用；(2)化学作用 各种气体、化学藥品等的侵蝕作用；(3)机械作用 如撞击、磨損、水流冲刷等的作用。

耐久性的优劣主要决定于材料的組成和組織以及环境的影响。因此同一材料，在不同的环境下，其耐久性不会相同。耐久性的优劣对于建筑物的使用年限有密切的关系。

任何材料在使用时，其性能均会逐渐减退，但减退的速率不同；退化較速者，耐久性較劣；反之則較优。

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，以作設計或施工时的資料。材料試驗可分为：(一)物理試驗，(二)机械試驗，(三)化学試驗，(四)显微檢驗。

(一)物理試驗 目的在求材料之物理性質如比重、單位重、孔隙率、吸水率、导热性等。

(二)机械試驗 目的在求材料之机械性質如抗拉、抗压、抗撓、抗剪等强度；以及延性(伸長率或撓度)、坚韧性(撞击强度)、硬度等。

(三)化学試驗 目的在分析材料之化学成分，有害物質之成分及各种成分的分配是否均匀。

(四)显微檢驗 目的在研究材料的显微組織与其机械性能之关系。化学試驗和显微檢驗，一般做得不多。

以上各項試驗均須依照标准方法采取样品；在試驗时应注意各項步驟和操作；試驗完毕后，应作出真确而具体的报告。

1-7 材料之分类 工程材料可依照用途而分类，例如建筑材料、道路材料、电工材料等。但一般分为非金属材料及金属材料两大类。非金属材料包括木材、石料、磚瓦、膠結材料、混凝土、涂料、塑膠等；金属材料則包括鋼鐵、純金属及其合金等。

第二章

木材

2-1 概論 木材为主要建筑材料之一，現虽在若干方面，已为混凝土及鋼鉄所取代，但木材之消耗于建筑及其他用途者，不独未見衰落，且正日見增加。

木材之抗压强度不及鋼鉄与混凝土，但其韌性則甚优。木材之缺点为缺乏耐火性及耐久性，故在工程設計时，对于此两点，应加注意。

我国房屋建筑，一向采用木材为主要材料，因此形成我国特殊的建筑形式。

本章主要内容为木材之組織及性質、朽腐原因及保存方法，最后簡述木材制品及竹之性質。

2-2 树木之分类 树木之种类甚多，可按其生長方式，分为外長树与內長树两大类。

(一)外長树 外長树之生長，系于树皮及旧木之間，每年生新木一层，將全部旧木包裹在內。外長树又可分为两类：(1)針叶类或称軟木类，具針叶，大都为常綠树，如松、杉、柏等；(2)闊叶类或称硬木类，具闊叶，大都为落叶树，木質較坚，如橡、榆等。

(二)內長树 內長树縱向橫向同时生長，尤以縱向生長特別发达；且新生木質与旧木質混合，不易区别，如竹、棕櫚等。

树木之用为建筑材料者，須树干正直，易于加工及鋸成各种