

建筑材料

上海铁道学院 周以格 长沙铁道学院 张绍麟 主编

高等学校教材

中国铁道出版社

高等学校教材
建筑材料

长沙铁道学院 张绍麟
上海铁道学院 周以恪 主编

西南交通大学 郑盛娥
西南交通大学 凤凌云 主审

中国铁道出版社

1991年·北京

内 容 简 介

本教材主要介绍建筑材料的基本性质（包括材料的物理、力学性质，材料的组成、结构、构造与性能的关系），无机胶凝材料（包括石膏、石灰、水泥），混凝土与砂浆，建筑钢材（包括钢材的生产常识、技术性能及化学成分对钢材性质的影响，木材（木材分类、构造及综合利用），沥青及防水堵漏材料（包括沥青的品种及其制品），建筑塑料（塑料的组成、特性和分类以及在铁道工程中的应用），其它材料（普通粘土砖、绝热、吸声、装饰等材料）。为了加深对内容的理解和巩固，每章编进了有关的材料试验。

高 等 学 校 教 材

建 筑 材 料

上海铁道学院 周以格 主编
长沙铁道学院 张绍麟

中国铁道出版社出版、发行

（北京市东单三条14号）

责任编辑 李云国 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092mm/16 印张：14.25字数：356千

1991年2月 第1版 第1次印刷

印数：1—7000册

ISBN7-113-00930-1/TB·22 定价：2.85元

前 言

本教材是根据高等学校铁道工程、铁路桥梁、铁路隧道等专业“建筑材料”课程教学大纲，在1980年由长沙铁道学院王浩主编、中国铁道出版社出版的《建筑材料》试用教材的基础上修订的。

《建筑材料》试用教材是按50学时编写的，选材符合当时的教学要求，内容比较丰富，深受路内、路外各高等学校师生的欢迎，在教学中，起到了积极作用。但是，由于科学技术的发展，有关规范标准的修订，课程教学时数的增加（68学时），拓宽专业面等，因此，根据铁道部铁道工程、桥梁隧道工程专业教学指导委员会的意见，经铁道部教育司的同意，对试用教材进行修订。

修订后的教材与原试用教材相比较，内容上增写了天然石材、普通粘土砖、石膏、石灰、木材等常用材料和装饰、绝热、吸声等新材料，并根据修订的规范标准，对试用教材有关的内容亦作了必要的修改。

为了便于教学，巩固所学的内容，将原试用教材第二篇建筑材料试验的内容合并到第一篇的有关章节中去。

本教材除以铁道工程、铁路桥梁工程、铁路隧道工程、地下铁道工程等专业为主外，并兼顾工业与民用建筑等土建类专业的需要。在选材和编写上，力求便于教学，着重基础知识，注意前、后课程衔接，突出基本理论和常用材料。

本次修订由上海铁道学院周以恪、长沙铁道学院张绍麟共同主编，西南交通大学凤凌云、郑盛娥主审。参加修订编写工作的有：长沙铁道学院张绍麟（绪论、第一、五章及第三章第一节及有关试验），上海铁道学院周以恪（第二、七章及第八章第一节），长沙铁道学院彭雅雅（第三章第二、三节及有关试验），西南交通大学凤凌云（第四章），兰州铁道学院王永遂（第六章），长沙铁道学院周士琼（第八章第二、三、四、五节）。

在编写过程中，得到各院校领导和同仁们的支持和帮助，对书稿的内容提出了宝贵意见，在此表示感谢。

编 者

一九八九、五、

目 录

绪 论	1
第一章 建筑材料的基本性质	3
第一节 材料的物理性质	3
第二节 材料的力学性质	7
第三节 材料的耐久性	11
第四节 材料的组成、结构、构造与性能的关系	12
第五节 材料基本性质试验	14
第二章 无机胶凝材料	19
第一节 石 膏	19
第二节 石 灰	22
第三节 水 泥	26
第四节 无机胶凝材料试验	50
第三章 混凝土与砂浆	58
第一节 普通混凝土	58
第二节 高强混凝土及其它混凝土	100
第三节 建筑砂浆	111
第四节 混凝土与砂浆试验	116
第四章 建筑钢材	135
第一节 钢的生产与分类	135
第二节 钢的晶体组织与性能	137
第三节 建筑钢材的技术性质	141
第四节 化学成分对钢性质的影响	146
第五节 热处理对钢性质的影响	147
第六节 加工硬化与时效对钢性质的影响	148
第七节 建筑钢材的标准和选用	150
第八节 钢的腐蚀与防锈	156
第九节 建筑钢材试验	158
第五章 木 材	163
第一节 木材的分类与构造	163
第二节 木材的性质	165
第三节 木材的防护处理	170
第四节 木材的综合利用	171
第五节 木材试验	172
第六章 沥青及防水堵漏材料	177

第一节	石油沥青与煤沥青	177
第二节	改性沥青	183
第三节	沥青的应用与制品	184
第四节	沥青混凝土与沥青砂浆	190
第五节	防水堵漏材料	190
第六节	沥青试验	192
第七章	建筑塑料	195
第一节	塑料的组成	195
第二节	塑料的主要特性与分类	198
第三节	常用的建筑塑料	199
第四节	塑料在铁道建筑工程中的应用	201
第五节	常用的胶粘剂与嵌缝材料	203
第八章	其他材料	205
第一节	天然石料	205
第二节	普通粘土砖	209
第三节	绝热、吸声材料	213
第四节	装饰材料	216
第五节	普通粘土砖强度试验	220

绪 论

一、建筑材料与材料科学

建筑材料的生产与使用，是随着社会生产力和材料科学水平的提高而逐步得到发展的。在原始社会里，人类只能依赖于大自然的赐予，利用泥土、砂石和树木来修建简单的房屋和桥梁。后来随着社会生产力的发展，人类懂得利用粘土来烧砖、瓦，利用岩石来烧石灰和石膏，从此才有最初的建筑材料生产。与此同时，木材的加工技术与金属的冶炼和应用，也都了一定的发展。延续到18、19世纪，随着社会生产力和自然科学的进一步发展，新型工业部门纷纷建立起来，推动了矿山、铁路、港口和城市建设工程的兴起和迅速发展。这些部门对建筑材料的巨大需求，使得建筑材料生产走向新的发展阶段，促使由手工业生产方式转向大型的工业生产方式。于是，先后出现了建筑钢材、水泥、混凝土和钢筋混凝土等材料。可见，人类使用和创造材料已有几千年的历史，然而，材料研究能够发展成为一门科学却是近三、四十年的事。

材料科学是从微观上研究材料的内部结构、成分对材料性能的影响及其相互关系的一门理论科学。它是根据材料的化学组成和物质内部的分子、原子和离子排列，来说明材料为什么会有这样或那样的性质和功能，又如何从改变材料内部结构去改善材料的性能。具体的说，材料科学是从 $10^{-1} \sim 10^{-11}$ mm尺寸范围的内部结构去研究材料微观组织对材料性能的影响规律。而建筑材料学则是材料科学的一个分支，它主要是从工程使用的角度去研究材料的原料、生产、成分和组成、结构和构造以及环境条件等对材料性能的影响及其相互间关系的一门应用科学。因此，材料科学可以为工程结构中所重视的材料性质提供理论基础，同时又为研制、创新、改进以及按指定性能设计和研制新型材料提供有效途径。

近几十年来，随着社会生产力的飞速发展以及材料科学的巨大进步，建筑材料的品种、数量正在急剧增加，质量也在日益提高。更由于新结构、新技术、新工艺的不断涌现和发展，对建筑材料的性能，也不断提出许多新的要求。目前，建筑材料的总趋势正朝着轻质、高强、耐久、复合、多功能的方向发展，许多具有特种性能的钢材、水泥、混凝土、有机合成材料、防水材料以及各种复合材料、改性材料等，都纷纷出现并得到发展和应用。建筑材料工业已成为我国国民经济中的一个重要支柱。当前任何一项建设工程都需要建材部门及时提供数量巨大、质量良好、品种齐全的建筑材料，方可保证基本建设的顺利进行。以铁路建设为例，修建一条I级铁路干线，在平原地区每一延长公里，约需各种材料六千余吨，在山岳地区则需约一万五千余吨。故材料费用在工程总造价中所占比重甚大，约占60~70%。对于材质方面，严寒地区要求材料应具有足够的耐冻性，材料用于有侵蚀性介质的环境中时则要求具有良好的耐蚀性；对于特大桥梁所用的结构材料，则要求具有较高的强度；而对于一些处在特殊条件下的工厂和建筑物，则根据不同情况，要求具有不同特殊性能的材料。

由于建筑材料的质量，直接影响着建筑工程质量，因此，在选择和使用材料时，必须高度重视材料质量的检验。铁路工程结构物，暴露在严寒酷暑和大气雨水之中，如果局部遭到

损坏,就可能牵动全线,影响通车。为了确保工程结构物的安全耐久,必须切实注意材料质量检验和经常的防护。对于新材料和代用材料的选用,要采取积极而又慎重的态度,使用前必须经过严格的技术鉴定。

为此,必须要求每一个工程技术人员了解各项材料的成分、结构以及生产、加工原理,掌握各种常用材料的技术性质,应用范围和检验方法,并能够查阅有关各种建筑材料的标准规范,同时,对材料的储运和防护方法,也应有所了解,以期切实做好本职工作。

二、课程性质和学习内容

在培养土木工程专业计划中,“建筑材料”是一门技术基础课。它的任务主要为建筑结构和施工等专业课程,提供建筑材料方面的理论知识,另一方面,为学生今后从事专业技术工作时,就材料选择、材料验收、质量鉴定、材料试验、储存运输、防腐处理以及试验研究等方面,打下必要的基础。

本课程着重讲述铁路工程和工业与民用建筑中常用的几类主要建筑材料。在学习过程中,应以材料的技术性质、应用范围和质量检验方法为重点,但也应注意了解材料成分、构造和生产加工过程对其性能的影响,注意各种性能间的有机联系。

建筑材料的品种繁多,必须注意分析和比较同类材料不同品种的共性和特性,以及异类材料之间的显著相异点,以利于在选择材料时,能针对实际条件,作出明确的抉择。

为了巩固课堂上讲授的理论知识,充实和丰富教学内容,因此,必须认真地做好建筑材料的试验。通过试验操作,熟悉试验设备和试验操作技术,具体了解材料性质的检验方法和必要的技术规范,为将来参加实际的材料检验和科学研究工作打下必要的基础。

进行材料试验的步骤:(1)选取有代表性的样品(简称取样),选择适当精度的仪器设备;(2)按规定的标准方法进行试验操作,作出试验记录;(3)将试验数据加以整理,通过分析,作出试验结论,写出试验报告。

试验报告必须认真填写,不要敷衍塞责,马虎了事。计算时要注意单位,数据要有分析,问题要有结论。分析中应说明试验数据的精确度,结论要指出试验数据说明了什么问题。为了加深理论认识,在试验报告中,可以写上试验原理、影响因素、存在的问题以及自己的心得体会。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料按化学成分可分为有机质材料、无机质材料和复合材料三大类。

无机质材料分为金属材料（如铁、钢、铝、铜、镍等）、非金属材料（如砖、天然石材、水泥、混凝土等）。

有机质材料分为植物质材料（如木材、竹材等），沥青材料（如石油沥青、煤沥青等），高分子材料（如橡胶、塑料等）。

复合材料有钢筋混凝土、玻璃钢等。

建筑结构物是由多种建筑材料组合而成的。建筑材料在建筑结构物中所起的作用，因其所受荷载种类、所处部位和环境的不同而各有所侧重，例如，有的材料主要是承受荷载，有的起围护作用，有的则起隔热保温、装饰表面、防水防潮或防腐防火作用。工程设计、施工人员选用材料时，必须熟悉和掌握各种建筑材料技术性质的特点，才能合理选择，适当配合，以求符合建筑结构物安全、适用、耐久而又经济的设计要求。

建筑材料的技术性质是多种多样的，现从各种材料性能中选择一些带共同性的基本性质，引述一些初步概念，为结合具体材料深入讨论各项技术性质时打好基础。建筑材料的技术性质主要有下列三个方面：

物理性质 主要包括与材料的质量、水、热等有关的性质。

力学性质 指材料的强度、变形性能、硬度、韧性、脆性等性质。

耐久性 材料在使用环境中，保持性能稳定的性质，包括抵抗化学侵蚀、冻融循环、生物破坏等。

第一节 材料的物理性质

一、与质量有关的性质

（一）密度（ ρ ）

是材料在密实状态下单位体积的质量，可按下列式计算。

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{g/cm}^3 \text{ 或 } \text{kg/m}^3) \quad (1-1)$$

式中 m —— 材料在干燥状态下的质量（g或kg）；

v —— 材料在密实状态下的体积（ cm^3 或 m^3 ）。

块体材料的“密实体积”，是指其中物质所占的真实体积，它不包括物质内部的孔隙。而混凝土所用的砂子、砾石、碎石等松散材料的密实体积，是指包括颗粒内部孔隙而不包括颗粒之间的空隙体积。为了加以区别，一般把块体材料的密度，叫做“真密度”（简称密度），把砂、石等松散材料的密度，叫做“视密度”。

（二）表观密度（ ρ_0 ）

是材料在自然状态下（包括孔隙或空隙在内）单位体积的质量，可按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{v_0} \quad (\text{g/cm}^3 \text{ 或 } \text{kg/m}^3) \quad (1-2)$$

式中 m ——材料质量（g或kg）；

v_0 ——材料在自然状态下的体积（ cm^3 或 m^3 ）。

材料含有水分时，它的质量和体积都会发生变化。通常所指的材料表观密度，都以干燥状态为准，如果是在含水状态下测定的，就需注明含水状态。

砂、石等散粒材料，在颗粒间存在着空隙，故常把这种材料的表观密度称为松散表观密度。

表1—1列举了几种常用建筑材料的表观密度。

几种常用建筑材料的表观密度

表1—1

材 料	表观密度 (kg/m^3)	材 料	表观密度 (kg/m^3)	材 料	表观密度 (kg/m^3)
钢、铸钢	7850	混凝土	2300~2400	沥青混凝土	2300
铸 铁	7250	钢筋混凝土	2400~2500	石 料	2400~2600
铝	2800	水泥砂浆	2100~2200	道床砂、碎石	1300~1700

（三）孔（空）隙率和密实度

孔（空）隙率是指材料中的孔（空）隙体积与总体积的百分比。孔隙率以及孔隙特征（孔径尺寸大小、分布情况、开口闭口、是否连通等）对材料的性质有显著的影响。

材料的孔（空）隙率 p 可以直接测定，也可以根据测得的表观密度 ρ_0 和密度 ρ 按下式间接计算：

$$p = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (1-3)$$

式中的 $\frac{\rho_0}{\rho}$ ，通常称为密实度，表观密度 ρ_0 与密度 ρ 越接近，即 $\frac{\rho_0}{\rho}$ 越接近于1，表明材料越密实。对同种材料来说，较密实的材料，其强度较高，吸水率较小，导热系数较大。

散粒材料可用式（1—3）来计算空隙率，只是式中的表观密度，要以散粒材料的松散表观密度代入，密度要以视密度代入。这样算得的空隙率，是散粒材料颗粒之间的空隙百分率，而不是颗粒内部的孔隙百分率。

二、与水有关的性质

（一）亲水性和憎水性

用作桥墩和基础等处于地下、水中或潮湿环境中的材料，以及用作屋面的防水材料，都是与水接触的。为了防止结构物或建筑物受到水介质的侵蚀而影响它的使用性能，必须研究材料与水有关的性质，以便正确地选用防水材料。

研究材料与水有关的性质，首先需要了解材料表面对水的吸附现象。材料能否被水润湿，与材料本身的性质，即亲水性或憎水性有关。

材料与其它介质接触的界面上具有表面能，表现为表面张力。每种材料都力图使这种表

面能减至最小。当材料与水接触时，如果材料与原介质（空气）接触界面上的表面能，大于材料与水分接触界面上的表面能，则水分就能代替原介质而被材料表面所吸附。亦即当材料分子与水分子间的相互作用力（吸附力），大于水分子之间的作用力（内聚力）时，则材料表面就能够吸附水而被水所湿润。材料表面对水分的吸附程度，可用润湿角来说明。

图 1—1 中的 A 点表示材料、水和空气三相的交点。在这个交点上有三种力在起作用，材料表面对空气介质的表面张力 $\sigma_{1,3}$ ，水分对空气介质的表面张力 $\sigma_{2,3}$ 和材料表面对水分的表面张力 $\sigma_{1,2}$ 。如果这三个力的合力使 A 点上的水分子拉向右方，则水珠扩大，材料被润湿；如果拉向左方，则水珠变圆，材料不润湿。从图 1—1 (a) 中可以看出，拉向右的力是 $\sigma_{1,3}$ ，拉向左的力是： $\sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cdot \cos \theta$ 。

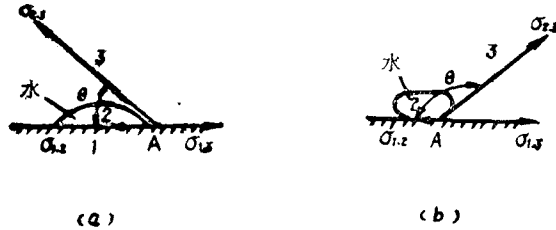


图 1—1 材料的亲水性和憎水性
(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料。

$\sigma_{1,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cdot \cos \theta$ ，则越易润湿；

$\sigma_{1,3} < \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cos \theta$ ，则越难润湿；

$\sigma_{1,3} = \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cdot \cos \theta$ 时，水滴静止。此时的 θ 角度就是润湿角（或接触角），即

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{1,3} - \sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} \quad (1-4)$$

从式 (1—4) 可以看出，当 $\sigma_{1,2}$ 小于 $\sigma_{1,3}$ 时，则 $0 < \theta \leq 90^\circ$ ，这时材料表现出亲水性，即这种材料表面是可润湿的，因而被称为亲水性材料。如果 $\sigma_{1,2}$ 大于 $\sigma_{1,3}$ ，则 $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ，材料表现为憎水性，即这种材料表面是不可润湿的，故而被称为憎水性材料。建筑材料中的木材、混凝土、砂、石等均为亲水性材料，沥青、石蜡等为憎水性材料。一般防水材料，必须是憎水性材料。

(二) 吸水性和含水率

亲水性材料浸入水中时，其毛细管孔隙会吸收水分。毛细管的孔径越细，吸入的水分就越深，这种吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的以吸水率表示。材料的吸水率通常以吸水饱和时材料吸入的水量，占材料干燥质重或体积的百分数来表示：

$$\text{质重吸水率} \quad B = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-5)$$

$$\text{体积吸水率} \quad B' = \frac{m_1 - m}{v_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

如果将以上两式相除，则可求得两者之间的关系：

$$B' = B \cdot \frac{m}{v_0} = B \cdot \rho_0 \quad (1-7)$$

式中 m —— 材料干燥状态下的质重 (g 或 kg)；
 m_1 —— 材料吸水饱和而干时的质重 (g 或 kg)；
 ρ_0 —— 材料的表观密度 (g/cm³ 或 kg/m³)；
 v_0 —— 材料的体积 (cm³ 或 m³)。

在实用上，一般采用质重吸水率。通常材料中所含水分的质重与干材料质重之比的百分数叫含水率。可见，吸水率只是材料在特殊状态下的一种含水率。

材料的吸水性，主要取决于材料的亲水性还是憎水性，而且与孔隙率的大小和孔隙特征有关。水碰到憎水性材料，会形成水滴而流掉，不能润湿材料的表面。表面亲水而孔隙率又较大的材料，一般吸水性较大。分散而封闭的孔隙，水不能进入。大的开口孔隙或气泡，水能进入但却不易充满。因此按体积计算的吸水率，常较材料的孔隙率为小。具有很多开口而微小孔隙的材料，吸水能力特别大。例如，普通粘土砖的质重吸水率可达20%，而木材的质重吸水率甚至可达100%以上。密实的材料吸水率却很小，例如花岗岩的吸水率为0.5~0.7%，普通混凝土为2~3%。材料吸水后，对材料性能可能产生一系列的影响，例如使体积膨胀，表观密度增加，强度降低，导热性能增大等等。有些材料（如混凝土），长期浸在没有压力的水中，反而有利于强度的继续增长。

（三）抗渗性和耐水性

在压力水作用下，材料抵抗水分渗透的性能，称为抗渗性。材料被压力水渗透，是在压力的作用下，水分透过材料内部孔隙的现象；而材料吸水是内部毛细管自然吸水的现象。一般地说，地下建筑物所用的防水材料以及屋面所用的材料，都要求具有较高的抗渗性。水下结构物或水工建筑物，经常处于一定的水压力作用下，所用材料的抗渗性往往都不够大，因而有必要采用抗渗性较大的防水材料来作防水层。

材料抗渗性的大小，与其孔隙率和孔隙特征有关。绝对密实的材料或具有封闭孔隙的材料，实际上是不透水的。具有连通孔隙且孔隙率较大的材料，一般抗渗性都较低。

材料在水作用下不发生破坏，同时强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数 K 来表示。

$$K = \frac{\text{材料在吸水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}}$$

K 值愈小，说明材料吸水后强度降低愈多，亦即耐水性愈差； K 值愈大，则表明耐水性愈好。故软化系数的大小，有时成为选用材料的主要数据。一般位于水中或潮湿环境中的重要结构物，其所用主要结构材料的软化系数 K 不得小于0.85~0.95；次要结构物或受潮较轻的结构物，要求材料的软化系数不得小于0.75~0.85。

（四）抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下，能经受多次冻、融循环作用而不破坏，强度也不严重降低的性质。一般以试件所能经受的冻融循环次数表示材料的抗冻标号。

冰冻对材料的破坏作用是由于材料孔隙内的水分结冰时体积膨胀（约增大9%）所引起的。材料冰冻破坏的程度取决于材料吸水饱和的程度和材料抵抗冻胀压力的能力大小。一般，绝对密实或具有封闭孔隙的材料是比较耐冻的。开口孔隙的材料，水分充满的程度小于开口孔隙率的90%者也是耐冻的。

三、与热有关的性质

材料与热有关的性质，包括热传导性、比热和热膨胀系数等等。

（一）热传导性和导热系数

材料或构件两侧表面存在着温度差时，热量可以由材料的一面传导到另一面的性质，叫

做材料的热传导性。其大小一般用导热系数 λ 来表示。

设材料两侧的温度差为 $\Delta t = t_1 - t_2$ ，材料厚度为 D ，面积为 A ，则在稳定热流的传导下， Z 小时内通过材料内部的热量 Q 与温度差 Δt 、面积 A 以及时间 Z 成正比，与壁厚 D 成反比，即

$$Q = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{D} \cdot Z \cdot A \quad \text{或} \quad \lambda = \frac{Q \cdot D}{\Delta t \cdot Z \cdot A} \quad (1-8)$$

由此可见，导热系数的物理意义乃是：厚度为1m，表面积为1m²的材料，当两表面的温度差为1K（或1℃）时在1h内所传导的热量（kJ）。

对于密实材料来说，导热系数随着密度的提高而增大。多孔材料的导热性则主要取决于表观密度。表观密度愈大，导热系数也愈大，但也与孔隙特征有关。分散密闭的孔隙，其中的空气导热系数最小， $\lambda = 0.023 \text{W/m}\cdot\text{K}$ 水的导热系数比空气大25倍（ $\lambda = 0.58 \text{W/m}\cdot\text{K}$ ），故隔热材料应尽量防止吸水受潮。当材料吸水后冻结时，导热性更大，因为冰的导热系数比密闭空气大100倍（ $\lambda = 2.33 \text{W/m}\cdot\text{K}$ ）。

材料的导热性对于建筑物的外墙、楼盖和冷藏室等特殊结构物，均具有重大意义。在房屋建筑或北方冬季施工进行热工计算时，都要考虑材料的导热性。

几种材料的比热与导热系数 表1-2

物 质	比热C (kJ/kg·K)	导热系数 λ (W/m·K)
水(4℃)	4.19	0.58
铁、钢	0.48	58.15
砖	0.80~0.88	0.70~0.87
混凝土	约0.84	1.28~1.51
木材	约2.51	0.17~0.41
密闭空气	1.00	0.023

(二) 比热和热容量

比热 质量为1g的材料在受热或冷却作用下，其温度升高或降低1K所需吸收或放出的热量，称为这种材料的比热（ c ）。水的比热最大，约为4.19kJ/kg·K。

几种常用建筑材料的比热及导热系数值列于表1-2。

热容量 比热 C 与材料质量 m 的乘积是为材料的热容量值，它反映了材料加热时储存热量或冷却时放出热量多少的性质。材料的热容量大小对保持室内温度的稳定性、冬季施工以及工业窑炉的热工计算等均有很大意义。如果建筑物围护结构材料的热容量较大，则在夏季，白天的室外温度高，由于材料升高温度所需吸收的热量较多，故室内温度升高较慢；冬季采暖时，由于材料本身储存的热量较多，一旦停止供暖时，室内温度也不致于骤然下降。

(三) 线膨胀系数

材料由于温度上升1℃（或下降1℃）所引起的线度增长（或线度缩短）与它在0℃时的线度之比值，叫做线膨胀系数。

线膨胀系数是计算材料在温度变化时引起的变形以及计算温度应力等的常用参数。

钢筋、混凝土及骨料岩石的线膨胀系数如下：

钢筋	$(10 \sim 12) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
混凝土	$(5.8 \sim 12.6) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
骨料岩石	$(6.3 \sim 12.4) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

第二节 材料的力学性质

(一) 强度的微观概念

材料的力学性质，指的是材料在外力作用下有关强度和变形的性质。

材料的力学性质，起源于材料质点之间既存在吸引力而又有排斥力。因此，在自然状态下，质点在整个系统中处于平衡状态。图 1—2(a) 以 f 表示两质点间的相互作用力，以 r 表示两质点间的距离。当 $r = r_0$ 时相互作用力为零，这就是所谓的平衡点，也就是材料不受外力作用时的初始平衡状态。如果加一外力，使材料受到拉应力或压应力，此时材料质点间的 f 与 r 的关系也就会发生变化。这反映到宏观上来，也就成为应力和应变的关系。具体地说，当材料受压时，两质点间的距离缩小，使 $r < r_0$ ，这时，质点间的排斥力占优势，这种排斥力使材料具有抵抗压缩的能力；当材料受拉时，两质点间的距离增大，使 $r > r_0$ ，这时，两质点间的吸引力占优势，这使得材料内部产生抵抗拉伸的内力而与外力相抗衡。直到 r 增大到 r_m ，这时抵抗拉伸的内力达到最大值 R_{max} ，对材料的单位断面而言，即为材料的理论抗拉强度。

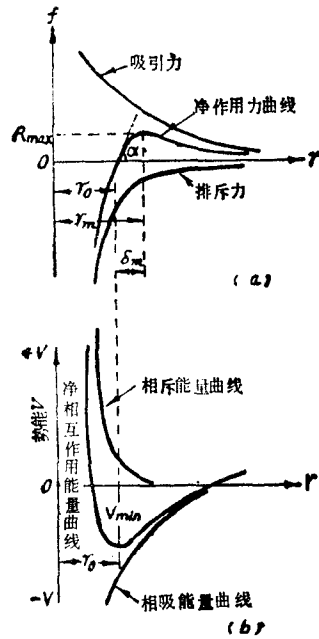


图 1—2 相互作用力和相互作用能量曲线

理论研究还指出，图 1—2(a) 所示的两质点间相互作用力曲线，可以通过能量计算把它变为图 1—2(b) 的能量变化曲线。由图 1—2(b) 可以看出，当 $r = r_0$ 时，两质点间净相互作用能量是一个最低值，这个能量最低值 (V_{min}) 叫做两质点处于平衡状态的自然结合能。由此可知，当加一外力使材料产生拉伸或压缩变形时，两质点间的距离将会被拉开或缩短，这时质点间的吸引力、排斥力与外力之间将建立新的平衡，而当外力卸除后，这种新的平衡又遭到破坏，质点间富余的净相互作用能量将转化为功，迫使质点回到原来的平衡位置，亦即使质点间的距离发生回缩或回伸。这反映到宏观上，也就出现材料外观形状的恢复。

(二) 静力强度和比强度

材料实际上抵抗外力破坏的强度与上节所讲的理论强度之间存在着巨大的差异，这是由于各种材料在物质结构和构造上存在许多缺陷和疵病的缘故。其中特别是内部的微裂纹，受力时，在其尖端上会出现高度应力集中，这使得材料在平均应力远小于理论强度的时候就发生断裂。材料在建筑物中所承受的外力，主要有拉、压、弯、剪四种，因此，材料抵抗外力破坏的强度也分为抗拉、抗压、抗弯和抗剪四种。这些强度一般是通过静力试验来测定的，故而总称为静力强度。表 1—3 列出各种强度的试验装置和计算公式。




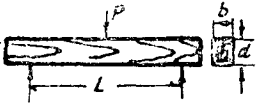
脆性材料如砖、石、混凝土等，它们的抗压强度较高，而抗拉强度则很低，一般只有抗压强度的 $1/5 \sim 1/50$ 。弹塑性材料如金属，其抗压强度与抗拉强度接近相等。

材料的静力强度主要决定于材料的成分、结构和构造。不同种类的材料，其静力强度不一样。就是同一类的材料，由于构造有所不同，其强度也会有所差异，例如疏松和孔隙率较大的材料，因受力的有效面积减小以及孔隙尖端存在着应力集中，它们的强度一般都较低，

又如某些具有层状或纤维状构造的材料在受力时将会表现出各向异性，即在不同方向其强度会显出较大的差异。至于结晶质材料，细晶质材料的强度往往高于粗晶质材料的强度。

静力强度分类

表1-3

强度类别	试验装置举例	计算式	
抗压强度(R_y)	混凝土 	$R_y = \frac{P}{A}$	P ——破坏荷载(N) A ——受荷面积(mm^2) L ——跨度(mm)
抗拉强度(R_L)	钢 	$R_L = \frac{P}{A}$	b ——断面宽度(mm) d ——断面高度(mm)
抗剪强度(R_z)	木材 	$R_z = \frac{P}{A}$	
抗弯强度(R_w)	木材 	$R_w = \frac{8}{2} = \frac{PL}{bd^2}$	

除了内因以外，外界的因素对材料强度的试验结果也有很大的影响，例如，试件的尺寸和形状、试验时的加荷速度、试验温度和湿度，以及试验时材料本身的含水量等等，均对试验结果有影响。以混凝土材料为例，同一种混凝土，其棱柱体的抗压强度试验值较同截面立方体试件的抗压强度值低，而同是立方体试件，截面尺寸越小所测得的抗压强度值越高，此外，加荷速度越快，测得的强度值越高。

因此，材料的静力强度，实际上只是在特定条件下测定的强度值，只能提供一定程度的相对强度指标。为了使试验结果比较准确而且具有互相比较的意义，每个国家都规定有统一的标准试验方法。测定材料强度时，必须严格按照规定的标准试验方法进行。

为了对不同材料的强度进行比较，可以采用比强度。比强度就是按单位质量计算的材料强度，其值等于材料的强度对其表观密度之比。它是衡量材料轻质高强性能的一个主要指标。以钢材、木材和混凝土的抗压强度来作比较，我们可求得三者的比强度如表1-4所示。

由表1-4可以看到，从比强度来看，钢材比混凝土强，而松木又比钢材强。这里值得注意的是普通混凝土的比强度很低，这是由于它的表观密度过大，而强度又不高的缘故。因此，混凝土朝着轻质高强的方向发展，是非常必要而且又是可能做到的。

(三) 材料的变形

各种材料在外力作用下，或在作用力改变时，都会出现变形。当外力卸除后，凡是能够

完全恢复到原来状态的变形，称为弹性变形；不能恢复的变形，则称为塑性变形。而就材料的应力与应变的关系来说，大都可以根据它们的内部结构和质点结合的类型来加以预测。

弹性变形 对于某些材料来说，它们的弹性变形属于线型，而另一些材料都是属于非线型的。图 1—3 列举三类典型材料的应力与应变曲线，其中阴影部分表示弹性变形。

钢材、木材和混凝土的强度比较 表1—4

材料	表观密度 (kg/m ³)	抗压强度 (MPa)	比强度
低碳钢	7860	420	0.053
松木	500	35(顺纹)	0.070
普通混凝土	2400	30	0.012

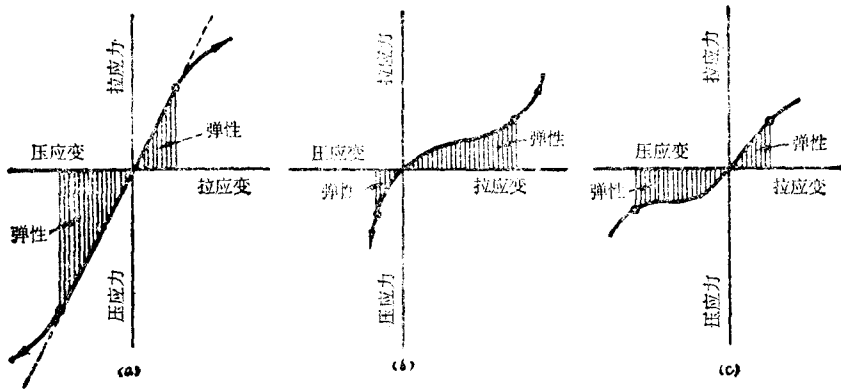


图 1—3 各类材料的弹性变形
(a) 晶体材料；(b) 弹性体材料；(c) 细胞质材料。

晶体材料如金属表现出线型弹性，它的应力与应变之比即弹性模量是很高的，这是由于作用应力受到很强的主价键（离子键、共价键和金属键）的抵抗的缘故。非晶体材料例如玻璃和具有交联链的高分子材料，如果变形从开始起就受到主价键的对抗时，也可能表现出线型弹性。

弹性体材料大都是带着少量交联链或不带交联链的长分子链聚合物，它们都表现出很高的非线型弹性，对它们施加很小的拉应力，就能够使它们产生很大的弹性变形，其原因是由于其中弯曲的分子链容易被拉直。但是当分子链被拉直之后，再要拉伸，就会受到分子链之间的次价键结合力以及分子链内部的主价键结合力的抵抗。同样，很小的压应力，就能产生很大的弹性变形，其原因是弯曲的分子链很容易被卷曲而填充在内部间隙中。当内部空间减小之后，进一步压缩，就会受到分子链中主价键结合力的抵抗。这样一来，不论是受拉还是受压，它们的应力应变曲线的斜率，都会随着应力的增长而增大。

细胞质材料如木材，主要由管状细胞顺着纵向排列组合而成的。当顺着纵向施加压力时，开始它在一定应力下产生较小的弹性变形，但当细胞壁开始向内发生横向的弹性弯曲后，它就很容易增大变形，而当细胞壁被压皱之后，它就开始表现塑性变形。在纵向拉力作用下，由于细胞壁不会发生横向弯曲，因而它的弹性变形是接近于线型的。

塑性变形 对某些固体材料来说，它的弹性变形由于发生断裂而终结，而另一些材料，则在弹性变形之后，接着出现塑性变形。材料承受塑性变形的能力，使得结构物的构件在荷载超过弹性界限时以屈服来代替断裂。碳素钢经过拉力或压力加工而变为钢丝、钢筋、型钢或钢板，就是因为碳素钢具有很大的塑性变形能力的缘故。正如图 1—4 所示，在 P 点以下

为弹性范围，超过P点开始出现塑性变形，卸荷后所残留的一段变形 σ_a ，即为塑性变形。

塑性变形产生的原因与材料的组成、结构和构造有关。晶体材料多数是由于晶体内部的滑移，而细胞质材料多数是由于细胞壁压皱等所引起。

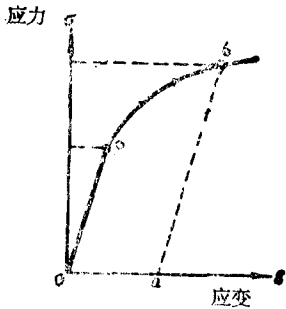


图 1-4 弹塑性变形

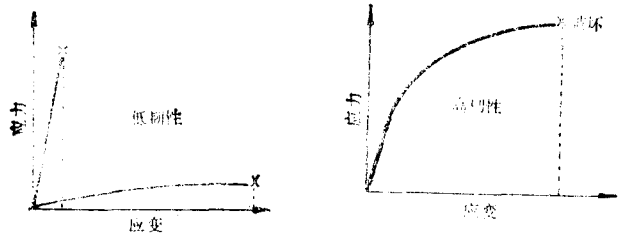


图 1-5 从应力—应变曲线确定韧性

(四) 脆性或韧性

脆性是材料在外力作用下不产生明显变形而突然发生破坏的一种性能。一般说，脆性材料的抗压强度比抗拉强度往往高很多倍（4 倍以上）。脆性材料的抵抗冲击性能很差，受震动很容易损坏。砖、石、陶瓷、玻璃、混凝土、铸铁等都属于脆性材料。

韧性是材料在外力（冲击、震动荷载）作用下，能吸收大量能量，并能承受较大变形而不致破坏的性能。它又可以理解为材料在达到断裂前单位体积内所需消耗功的总量，是材料强度特性和材料变形能力的一种综合表述。一般用单位体积的材料在受力破坏时所需的作功量来表示：

$$\text{每单位体积的作功量} = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon \quad (1-9)$$

式中 ϵ_f ——材料破坏时的应变变量。

由此可见，材料的韧性实质上就是真应力——应变图中 $\sigma-\epsilon$ 曲线下的面积，如图 1-5。但是，实用上很少用 $\sigma-\epsilon$ 图去求韧性，因为，对于有裂缝的材料来说，裂缝尖端附近的应力和应变是很难准确测定或精确计算的，通常，材料韧性采用冲击试验来进行检验。

建筑中所用的低碳钢、木材等材料韧性较大，受冲击或震动荷载作用的结构物，如桥梁、吊车梁、路面等应采用韧性较高的材料。

第三节 材料的耐久性

材料在使用过程中，除受到各种外力作用外，还要长期受到各种自然因素的破坏作用。这些破坏作用可概括为物理、化学和生物作用。

物理作用 包括材料所受的干湿变化，温度变化和冻融循环作用。这些变化会使材料发生体积的收缩和膨胀，或者使材料内部裂缝逐渐开展，久而久之，就会使材料发生破坏。

化学作用 包括酸、碱、盐等物质的水溶液和有害气体的侵蚀作用。这些侵蚀作用使材料逐渐发生质变而引起破坏。

生物作用 主要是指由于昆虫或菌类的危害所引起的破坏作用。

就使用中的建筑材料来说，它们所受到的破坏作用，常常不是一种，而是上述几种因素的联合作用。