

高等学校教材

建筑材料

武汉水利电力学院主编

水利电力出版社

高等学校教材

建筑材料

武汉水利电力学院主编



水利电力出版社

内 容 提 要

本书着重讲述在水利工程建筑中常用的各项主要建筑材料的成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输保管等内容,其中以技术性能、质量检验及合理使用为重点。本书设有基本性质、石料、无机胶凝材料、混凝土、砂浆、沥青及沥青防水材料、合成高分子材料、金属材料及木材等九章,并附有建筑材料试验,包括石料、水泥、混凝土骨料、混凝土、砂浆、沥青材料、沥青混凝土等的基本试验,对试验资料的整理分析方法也作了必要的介绍。

本书可作为高等院校水利水电工程建筑专业、农田水利工程专业、水道及港口的水工建筑专业的教材,也可作为水利类其他各专业的教学用书。

本书也可供中等水利专业学校的教师及水利工程技术人员参考。

高等学校教材

建 筑 材 料

武汉水利电力学院主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.5印张 346千字

1979年6月第一版

1983年11月新二版 1983年11月北京第一次印刷

印数 00001—18040册 定价 1.60元

书号 15143·5244

前 言

本书是根据1978年1月水利电力部召开的教学计划和教材规划座谈会的要求，按照1978年4月建筑材料教材编写大纲讨论会所拟定的教材编写大纲编写的，作为高等学校水利水电工程建筑专业、农田水利工程专业、水道及港口工程建筑专业的教材，也可作为水利类其他各专业的教学用书。

由于建筑材料试验是建筑材料课程的重要组成部分，为学习使用方便起见，建筑材料试验的内容也包括在本书中，一并出版。

在编写中，力求贯彻“少而精”的原则，注意加强基本理论的阐述及基本技能的培养。主要讲述了水利工程中常用的各项主要建筑材料，其中重点突出了水泥、水泥混凝土、沥青及沥青防水材料等有关部分的内容及其试验；对近年来国内外出现的新型材料（如合成高分子材料等），亦作了一定的介绍。对于某些章节，采用小字排印，以供不同专业根据情况选用。

书中引用的有关技术标准及试验规程，均采自现行的技术规范。随着科学技术的不断发展，对原有规范将不断进行修订。因此，国家颁布新的规范时，应以新的技术标准及试验规程为准。

本书由下列院校的教师分工编写：武汉水利电力学院王国欣、李鸿恩、白福来、牛光庭同志负责编写绪论、第一至四章及第九章，并担任全书主编；西北农学院叶淑君、丁朴荣同志负责编写第五、六章及试验第六部分的第（五）、（六）项、试验第七部分；成都工学院李玉德同志负责编写第七、八章；华东水利学院谢年祥、林毓梅同志负责编写试验第一至五部分、试验第六部分的（一）至（四）项、试验第八部分。

本书由大连工学院王庆寿同志担任主审。

全书的绘图工作由武汉水利电力学院杨玉琦同志担任。

对于本书中存在的缺点和不妥之处，希各院校师生及读者提出宝贵意见。

编 者

1978年12月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 建筑材料的基本性质	3
第一节 材料的比重、容重和孔隙率	3
第二节 材料的力学性质	5
第三节 材料与水有关的性质	9
第四节 材料的耐久性	11
第五节 材料与热有关的性质	12
第二章 石料	13
第一节 天然石料的分类及常用石料	13
第二节 天然石料的技术性质及应用	16
第三节 铸石及其应用	17
第三章 无机胶凝材料	18
第一节 气硬性胶凝材料	18
第二节 硅酸盐水泥	21
第三节 混合材料及掺有混合材料的硅酸盐水泥	31
第四节 其它品种水泥	36
第五节 水泥的应用	39
第四章 水泥混凝土	41
第一节 概述	41
第二节 混凝土的主要技术性质	42
第三节 混凝土的组成材料	52
第四节 混凝土的配合比设计	57
第五节 混凝土的施工质量控制	66
第六节 混凝土的外加剂及掺合料	76
第七节 混凝土的变形性质	84
第八节 其他混凝土	92
第九节 混凝土预制品及硅酸盐制品	98
第五章 砂浆	99
第一节 砂浆的技术性质	100
第二节 砌筑砂浆	102
第三节 其他砂浆	104

第六章 沥青及沥青防水材料	106
第一节 沥青材料	106
第二节 沥青防水材料	114
第三节 水工沥青混凝土	121
第七章 合成高分子材料	131
第一节 概述	131
第二节 水工建筑中常用的合成高分子材料	132
第三节 塑料混凝土	135
第四节 化学灌浆材料	143
第八章 金属材料	144
第一节 概述	144
第二节 铁碳合金的结晶构造	145
第三节 钢的热处理	150
第四节 化学元素对钢性能的影响	150
第五节 建筑用钢的分类和用途	152
第六节 钢铁的腐蚀与防止腐蚀的方法	156
第九章 木材	158
第一节 木材的构造	158
第二节 木材的物理和力学性质	159
第三节 木材的腐蚀及防护	162
第四节 木材的主要产品	163
附 建筑材料试验	
试验的目的与要求	165
一、石料试验	166
(一) 石料比重的测定	166
(二) 石料容重的测定	167
(三) 石料吸水率的测定	170
(四) 石料抗压强度的测定	171
二、水泥试验	173
(一) 水泥细度的测定(筛析法)	173
(二) 水泥标准稠度用水量的测定	174
(三) 水泥凝结时间的测定	176
(四) 水泥安定性试验	177
(五) 水泥胶砂强度的测定	178
(六) 水泥水化热试验(直接法)	183
三、混凝土骨料试验	187
(一) 混凝土细骨料粘土、淤泥、细屑含量的测定	187
(二) 混凝土细骨料有机杂质含量的检定	188
(三) 混凝土细骨料比重及吸水率的测定	188

(四) 混凝土细骨料表面含水率的测定	190
(五) 混凝土细骨料容重的测定	191
(六) 混凝土细骨料颗粒级配试验	192
(七) 混凝土粗骨料比重及吸水率的测定	194
(八) 混凝土粗骨料容重的测定	195
(九) 混凝土粗骨料颗粒级配试验	196
四、混凝土试验	197
(一) 混凝土拌和物的和易性试验	198
(二) 混凝土拌和物容重的测定	201
(三) 混凝土拌和物含气量的测定(气压法及计算法)	202
(四) 混凝土拌和物水灰比的测定	204
(五) 混凝土抗压强度的测定	206
(六) 混凝土抗拉强度的测定(劈裂法)	208
(七) 混凝土静力抗压弹性模量的测定	209
(八) 混凝土抗渗性试验	210
(九) 混凝土抗冻性试验	212
(十) 混凝土干缩试验	213
(十一) 混凝土的非破损试验法	214
五、砂浆试验	215
(一) 砂浆沉入度的测定	215
(二) 砂浆分层度的测定	216
(三) 砂浆抗压强度的测定	217
六、沥青材料试验	217
(一) 石油沥青与煤沥青的简易鉴别	218
(二) 沥青针入度的测定	218
(三) 沥青延伸度的测定	220
(四) 沥青软化点的测定(环球法)	221
(五) 沥青比重的测定	222
(六) 沥青脆化点的测定	224
七、水工沥青混凝土试验	225
(一) 沥青混凝土试件的制备	225
(二) 沥青混凝土容重的测定	226
(三) 沥青混凝土比重的测定	226
(四) 沥青混凝土渗透系数的测定	227
(五) 沥青混凝土马歇尔稳定度试验	229
(六) 沥青混凝土三轴压力试验	229
(七) 沥青混凝土斜坡流淌值的测定	232
(八) 沥青混凝土柔性的测定	232
八、试验资料整理分析	234
附录 I 港工混凝土的几项技术指标	238
附录 II 国际制单位及其与公制单位的换算关系	239

绪 论

建筑材料是指各项建筑工程（水利、水港、房屋、道路等）中所应用的材料，通常可分为三大类：第一类为矿物质材料，包括天然石料、烧土制品、无机胶凝材料（石灰、水泥等）、混凝土及砂浆等；第二类为有机质材料，包括木材、竹材、沥青、合成高分子材料等；第三类为金属材料，包括钢铁材料及各种有色金属材料。在水利及水港工程中，应用较多的是水泥、混凝土、钢材、木材、天然石料及沥青材料等。

建筑材料是各项基本建设的重要物质基础之一。在任何一项建筑工程中，用于建筑材料的费用占有相当大的比重。同时，建筑材料的品种、质量及规格，直接影响着各项建筑工程的坚固、耐久、适用和经济，并在一定程度上影响着结构形式与施工方法。建筑工程中许多技术问题的突破，往往依赖于建筑材料问题的解决；而新的建筑材料的出现，又将促使结构设计及施工技术的革新。因此，建筑材料生产及其科学技术的迅速发展，对于社会主义现代化的建设，具有重要的作用。

为了实现四个现代化的宏伟目标，水利、电力、水港等建设的规模将越来越大，建筑材料的需要量越来越多，而且对其质量及品种、规格的要求也越来越高。这必然促使建筑材料的生产及其科学技术进一步高速度地得到发展，新型建筑材料必将不断出现；对于建筑材料的理论研究以及新的试验技术和测试方法等方面，必将逐步达到现代化的要求，逐步实现按指定性能设计新的建筑材料，使建筑材料的发展达到新的阶段。

本课程着重讲述在水利工程建筑中常用的各项主要建筑材料。在培养水利工程技术人员的专业教学计划中，本课程是一门技术基础课，一方面为学习钢筋混凝土结构、钢结构、水工建筑物、水利工程施工等课程提供必要的基础知识；另一方面，为在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能。

在工程实际中，不论进行勘测、设计、施工或试验研究等工作，都随时接触到有关建筑材料的问题，例如材料的调查与勘探、材料的选择、合理使用、性能改进以及新型材料的研究与试验等，均需具有一定的建筑材料知识才能承担这些任务。

由于建筑材料的质量直接影响着建筑工程的质量，因此，在选择与使用材料的过程中，必须重视保证质量。尤其在水利及水港建筑物中，经常受到水的压力、水流冲刷、冻融与干湿循环等的作用，材料极易遭受破坏。为了使建筑物能经久耐用、安全牢固，切实注意保证材料的质量就更显重要。为此，必须严格执行材料的检验制度，切勿使用不合格的材料；对于代用材料的使用，必须经过严格的试验和论证；对于新材料的推广，必须经过必要的技术论证，以免在建设事业中造成国家物资的浪费和影响人民群众生命财产的安全。

另一方面，由于我国基本建设的规模越来越大，建筑材料的需要量越来越多，尽管我国建筑材料工业已取得了很大的成就，但仍不能满足新时期大规模经济建设的需要。为

此，必须贯彻自力更生、勤俭建国的方针，在保证工程质量的前提下，尽量节约材料，尤其应该大力节约钢材、木材及水泥。这就要求做到因地制宜、就地取材，合理选用材料；大搞技术革新和技术革命，提高材料效能，以尽量减少材料用量；加强管理，尽量减少材料损耗等等。这对于节约国家资金，保证建设事业的顺利进行，具有重大的意义。

为此，作为一个水利工程技术人员，必须具备充分的建筑材料知识，才能更好地担负起党交给的光荣任务，高速度、高质量地建造起坚固、耐久、适用和经济的建筑物，为早日实现四个现代化作出贡献。

在学习本课程的过程中，应以材料的技术性质、质量检验及其在水利工程中的应用为重点，也必须注意材料的成分、构造、生产过程等对其性能的影响，掌握各项性能间的有机联系。对于现场配制的材料，如水泥混凝土、沥青混凝土等，应掌握其配合设计的原理及方法。同时，必须贯彻理论联系实际的原则，重视试验课及习题作业。试验课是本课程的重要教学环节，通过试验操作，一方面可以丰富感性认识，加深理解；另一方面对于培养科学试验技能以及提高分析问题、解决问题的能力，具有重要作用。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中承受各种不同的作用，从而要求具有相应的不同性质。如承重构件的材料应具有一定的强度；防水材料应具有不透水的性质；隔热保温材料应具有不易传热的性质等。此外，材料在建筑物的使用过程中，还经常受到各种外界因素的影响，例如：水的冲刷、温湿度变化、冻融循环及化学侵蚀等，这些因素都不同程度地使材料逐渐遭受破坏。因此，材料还须具有抵抗这些破坏作用的性质，以保证在所使用的环境中经久耐用。

可见，为了能够合理地选择与使用材料，必须深入研究与掌握材料的各项有关性质。

材料的性质除决定于本身的组成成分外，还与其结构和构造有关。

建筑材料一般为固体或胶体，或由两者共同组成。组成固体材料的物质有两种形态，即晶体和非晶体。固体材料可按其颗粒的大小、形状与结晶程度，分为等粒结构、斑状结构^①与玻璃质结构^②等。胶体是一种分散度很高的分散体系。如果固体以极微细的颗粒分散在液体中，这种体系叫做溶胶；如果溶胶发生凝聚作用，则叫做凝胶，凝胶呈网状结构。

根据固体材料中颗粒的分布排列情况，而有层状构造、纤维状构造、致密状构造与多孔状构造等。完全致密的材料很少，绝大多数材料都是带有孔隙的。

建筑材料的性质是多种多样的，而各类材料又往往有其特殊的性质。本章仅将一些带有共同性和比较重要的基本性质分为以下几个方面加以说明：（1）材料的比重、容重和孔隙率；（2）材料的力学性质；（3）材料与水有关的性质；（4）材料的耐久性；（5）材料与热有关的性质。至于工艺性质及各类材料的一些特殊性质，将在有关章节中叙述。

第一节 材料的比重、容重和孔隙率

一、比 重

比重是指材料在绝对密实状态下（不包含孔隙）单位体积的重量。材料的比重可按下式计算：

$$\rho = \frac{G}{V} \quad (1-1)$$

①、② 参考第二章第一节喷出岩。

式中 ρ —— 比重 (克/厘米³) ;

G —— 材料在干燥状态下的重量 (克) ;

V —— 材料在绝对密实状态下的体积, 或称绝对体积 (厘米³) 。

二、容 重

容重是指材料在自然状态下 (包含孔隙) 单位体积的重量。材料的容重可按下式计算:

$$\gamma = \frac{G}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 γ —— 容重, 其单位一般有克/厘米³、公斤/升、公斤/米³等;

G —— 材料的重量;

V_0 —— 材料在自然状态下的体积。

当材料含有水分时, 其重量和体积均能发生变化, 影响材料的容重, 故对所测定的材料容重, 必须注明其含水状态。通常所谓材料的容重是指材料在气干状态下的容重。

三、孔 隙 率

孔隙率是指材料中孔隙体积与材料总体积的百分比。引用前面公式的符号, 材料的孔隙率 P 可表示为:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\%$$

如以 $V = \frac{G}{\rho}$ 及 $V_0 = \frac{G}{\gamma}$ 代入上式, 简化后可得到计算孔隙率的公式:

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

材料内部的孔隙, 有与外界相连通的开口孔隙和与外界相隔绝的封闭孔隙。孔隙本身又有粗细之分, 有极细孔隙、毛细管孔隙与粗大孔隙[●]等。孔隙是否封闭及孔隙的粗细和孔隙的大小等, 均为材料构造的重要特征。

比重、容重及孔隙率是材料最基本的物理特性, 可以反映出材料坚实紧密的程度。比重和容重除可用来计算材料的孔隙率外, 还可用来估算材料的体积和重量。孔隙率的大小及孔隙构造上的特征, 和材料的很多重要性质, 如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性等都有密切的关系。

几种常用材料的比重、容重及孔隙率的约值如表1-1所示:

● 极细孔隙的直径: $D = n \cdot 10^{-7} \sim n \cdot 10^{-4}$ 毫米;
毛细管孔隙的直径: $D = n \cdot 10^{-4} \sim n$ 毫米;
粗大孔隙的直径: $D > n$ 毫米。

表 1-1

几种常用材料的比重、容重和孔隙率

材 料	比 重(克/厘米 ³)	容 重(公斤/米 ³)	孔 隙 率(%)
花 岗 岩	2.6~2.9	2500~2800	0.5~1.0
普通粘土砖	2.5~2.8	1500~1800	20~40
普通混凝土	—	2300~2500	5~20
沥青混凝土	—	2300~2400	2~4
松 木	1.55	380~700	55~75
建 筑 钢	7.85	7850	0

四、散粒材料的比重、容重及空隙率

对于砂子或石子等散粒材料，在测定它们的比重时，公式(1-1)中的绝对体积 V ，是砂子或石子的颗粒(颗粒内部包含着孔隙)体积，并非绝对密实的体积。因此，所算得的砂子或石子的比重也不是绝对密实状态下单位体积的重量，而是颗粒容重(或视比重)。

测定散粒材料的容重时，公式(1-2)中的体积 V_0 ，是包含颗粒之间的空隙在内的。因散粒材料呈疏松状态，故算得的容重称为疏松容重。

利用公式(1-3)计算散粒材料的空隙率时，公式中的容重以材料的疏松容重代入，比重以材料的颗粒容重代入，则所算得的空隙率是指材料颗粒之间的空隙百分率，而不是材料颗粒内部的孔隙率。

第二节 材料的力学性质

材料的力学性质，是指材料在外力作用下的有关变形性质和抵抗破坏的能力。

一、变 形 性 质

变形性质是指材料在荷重作用下发生形状、体积变化的有关性质。变形的过程，实质上是由于外力的作用而改变或破坏了材料质点间的平衡位置，使其产生相对位移的结果。

材料在外力作用下产生的变形，当外力除去后可以完全消失者，称为**弹性变形**。材料在外力除去后，能恢复其原有形状的性能，称为**弹性**。产生弹性变形的原因，是因为作用于材料的外力改变了材料质点间的平衡位置，但此时外力并未超过质点间的相互作用力，外力所做的功，转变为材料的内能(弹性能)，当外力除去时，内能做功，质点恢复到原有的平衡位置，变形消失。

材料的变形在外力除去后，不能恢复到原有形状者，称为**塑性变形**。材料的这种性质，称为**塑性**。产生塑性变形的原因，是作用于材料的外力，超过了材料质点间的相互作用力，造成材料部分结构或构造的破坏，亦即外力所作的功，未转变为内能而消耗于部分结构或构造的破坏，因而变形不再消失。

通常把材料在规定的加荷速度和一定温度下进行试验，并根据材料在破坏前塑性变形的显著与否，将材料分为**塑性材料**与**脆性材料**两类。塑性材料是指材料在破坏前有显著的

塑性变形的材料，如低碳钢、有色金属及沥青等。反之，在破坏前无显著塑性变形的材料，称为脆性材料，如石料、混凝土及生铁等。

材料之为塑性或脆性，并不是固定不变的，可随着温度、含水率、加荷速度及受力状态等因素而改变，如沥青材料在迅速加荷或低温条件下是脆性的，而在缓慢加荷或温度稍高的条件下则是塑性的。又如低碳钢在常温下是塑性的，而在低温下则可表现为脆性的。

材料抵抗冲击荷重作用的性能，称为韧性或冲击韧性。韧性的大小，以消耗于材料破坏时的功量表示。对于用作桥梁、路面及桩等的材料，要求具有较高的冲击韧性。

脆性材料的韧性较小，容易因冲击作用而破坏。

固体材料在恒定外力的长期作用下，变形随着时间的延长而逐渐增长的现象，称为徐变（或蠕变）。产生徐变的原因，是由于固体材料中某些非晶体物质产生类似于液体的粘性流动和晶体结构中有局部缺陷存在，它们在外力的长期作用下，使变形逐渐增长。材料的徐变现象除与材料本身性质有关外，还与温度有关，特别是金属材料在高温作用下，将发生较显著的徐变。

当材料在外力作用下的变形不变时，弹性应力随着时间的延长而逐渐减小的现象，称为松弛。产生松弛的原因，是由于材料的部分弹性变形逐渐转变为塑性变形，材料在变形中贮存的弹性能转变为热而逐渐消失，故弹性应力逐渐降低。

某些具有凝胶结构的材料，在机械搅拌和振捣作用下，可以由凝胶结构转变为溶胶结构，粘度降低，流动性增大，这种现象称为振动稀释。但当机械作用停止后，溶胶结构又可恢复到凝胶结构，同时粘度和流动性也恢复到原来的大小，上述转变过程可以反复多次，材料的这种特性称为触变性。

二、强 度

材料的强度，是材料在荷重或其它因素（如温度变化、变形等）所产生的内应力作用下，抵抗破坏的性能。

材料的强度以材料试件在破坏时的极限应力值表示。随着受力情况不同，材料有抗压、抗拉、抗剪、抗弯等几种强度。

材料的强度常用破坏性试验来测定。将试件放在试验机上，加荷重使其破坏，根据破坏时的荷重即可求出材料的强度。

对于抗压、抗拉及抗剪强度（均以 R 表示），只要将试件破坏时的荷重 P ，除以试件的受力面积 A 即可求得，计算式如下：

$$R = \frac{P}{A} (\text{公斤/厘米}^2)$$

测定抗弯强度时，可将试件作成矩形断面的小梁，搁置在两支点上，中间加一个或两个集中荷重直到破坏为止，即可利用材料力学公式①计算抗弯强度（或抗折强度）：

当中间加一个集中荷重时，为：

$$R_{\text{中}} = \frac{3Pl}{2bh^2} (\text{公斤/厘米}^2)$$

① 严格言之，此公式仅对材料在弹性限度以内时，计算应力方为正确。当材料接近破坏时，应力条件已不相同，按此式计算的结果，并非破坏时的真正极限应力值。

当加两个与梁中心线对称的相等荷重时，为：

$$R_{\text{弯}} = \frac{3P(l-a)}{bh^2} \text{ (公斤/厘米}^2\text{)}$$

式中 P ——破坏时的荷重（公斤）；

l ——梁的跨度，即两支点间的距离（厘米）；

b 及 h ——矩形梁横截面的宽度及高度（厘米）；

a ——两个荷重间的距离（厘米）。

一般脆性材料，具有较高的抗压强度，抗弯强度很低，而抗拉强度更低，仅为抗压强度的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{50}$ ，所以脆性材料主要用于承受压力。塑性材料的抗压、抗拉及抗弯强度彼此接近，它们既可用于承受压力，也可用于承受拉力及弯曲。

根据材料强度的高低，可将材料划分为若干标号。在划分标号时，对于砖、石、水泥、混凝土等矿物质材料主要根据抗压强度来划分；建筑钢则按抗拉强度来划分。

几种常用材料的强度约值列于表1-2。

表 1-2 几种常用材料的极限强度

材 料	极 限 强 度 (公斤/厘米 ²)		
	抗 压	抗 拉	抗 弯
花 岗 岩	1200~2500	50~80	100~140
普通粘土砖	75~150	—	18~28
普通混凝土	75~600	10~40	—
松木(顺纹)	300~500	800~1200	600~1000
建 筑 钢	2300~6000	2300~6000	—

材料的强度主要决定于材料的成分、结构及构造。不同种类的材料，其强度不同；即使是同类材料，由于结构或构造不同，其强度也会有很大的差异。疏松及孔隙率较大的材料，因其质点间的联结较弱、受力的有效面积减小及孔隙附近的应力集中，故强度较低。某些具有层状或纤维状构造的材料，其组成成分按一定方向排列，这种材料在不同方向受力时所表现的强度也不同，即所谓各向异性。对于结晶材料，一般说来，细晶结构较粗晶结构的强度要高。

材料强度的试验结果与试验时的条件有关。

试验时所用试件的表面状态、形状、尺寸及装置情况等都对试验结果有一定的影响。如以矿物质材料受压试验为例，当试件受压时，试验机的压板和试件承压面紧紧相压，产生了摩擦阻力，阻止试件承压面及其毗连部分的横向扩展，从而抑制试件的破坏，故所得强度值较高，并使试件破坏成如两个顶角相接的截头角锥体，如图1-1-(1)。如在试件承压面上涂以石蜡，则由于表面光滑，摩擦阻力消失，试件受压时得以自由地横向扩展，最后将产生与加力方向平行的裂缝而破坏，如图1-1-(2)。其强度值也将大为降低。

试验时，如采用棱柱体（高度为边长的2~3倍）或高度大于直径的圆柱体试件，其

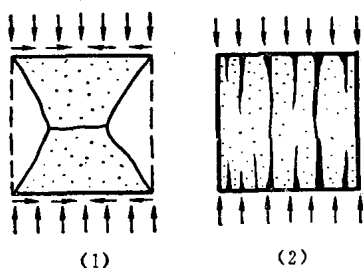


图 1-1 矿物质材料立方体
试件受压破坏的特征
(1)有摩擦阻力影响；(2)无摩擦
阻力影响

抗压强度值要比立方体试件小。就立方体试件来说，小试件的抗压强度又高于大试件的抗压强度。

出现这种现象的原因，也是由于试件承压面摩擦阻力的影响，因试件高度的中间部分[●]，距离承压面较远，受摩擦阻力的影响较小而易于破坏。所以棱柱体试件比立方体试件受摩擦阻力对抑制试件破坏的影响较小，故强度较低。同样道理，大试件的强度比小试件的小。

此外，材料内部总不免含有有可能降低材料强度的各种构造缺陷，试件较大时，缺陷出现的机率也较大，这也是大试件强度值偏小的一个原因。

试验时的加荷速度也影响到所测强度值的大小。材料的破坏是在变形达到一定程度时发生的。当加荷速度较快时，材料变形的增长落后于荷载的增长，故破坏时的强度值较高，反之，则强度值较低。

材料的强度与试验时的温度也有关，一般说，温度升高强度将降低。例如：沥青混凝土受温度的影响特别显著，在20℃时，抗压强度为20~50公斤/厘米²，但当温度升至50℃时，抗压强度只有8~15公斤/厘米²。

材料的强度，还与材料的含水状态有关。一般含有水分的材料，其强度较干燥时的强度为低。

由于上述种种因素都在一定程度上影响试验结果。所以，材料的强度试验，只能提供带有一定条件性的强度指标。还应指出，不仅强度的试验结果带有条件性，材料其它性质的试验结果也都是带有条件性的。因此，为了得到可以进行比较的试验结果，就必须严格遵照规定的标准方法进行试验。

通常所研究材料的强度，是材料在短期荷载作用下抵抗破坏的能力，或称暂时强度。材料在持久荷载作用下的强度，称为持久强度。持久强度以材料在长期荷载作用下，而不致发生破坏的最大应力值表示。结构中材料所承受的荷载，一般都是持久荷载。因为材料在持久荷载下发生徐变，致使塑性变形增大，所以持久强度都低于暂时强度，如木材的持久强度仅为其暂时强度的50~60%。

三、硬度、磨损及磨耗

材料抵抗其它较硬物体压入的能力称为硬度。一般说来，硬度大的材料耐磨性较强，但不易加工。所以，材料的硬度在一定程度上可以表明材料的耐磨性和加工难易程度。

材料受摩擦作用，而减小重量和体积的现象称为磨损。材料同时受到摩擦和冲击两种作用时称为磨耗。在水利工程中，如滚水坝的溢流面、闸墩和闸底板等部位经常受到挟砂

● 一般认为，离试件承压面约为 $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ （ a 为试件直径或边长）以外的部位，即不再受摩擦阻力的影响。

的高速水流的冲刷作用，或者水底挟带的石子的冲击作用，使建筑物遭受破坏。这些部位都需要考虑材料抵抗磨损及磨耗的性能。

当材料的硬度较大、韧性较高、构造较密实时，其抗磨损及磨耗的性能较强。

第三节 材料与水有关的性质

一、亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触时，根据其是否能被水润湿，可分为亲水性材料和憎水性材料两类。

润湿就是水被材料表面吸附的过程，它和材料本身的性质有关。当材料在空气中与水相接触时，如材料分子与水分子间的相互作用力大于水本身分子间的作用力，则材料表面能被水所润湿。此时，在材料、水和空气三相的交点处，沿水滴表面所引切线与材料表面所成的夹角（称为润湿角） $\theta \leq 90^\circ$ ，如图1-2-(1)，这种材料称为亲水性材料。反之，如材料分子与水分子间的相互作用力小于水本身分子间的作用力，则表示材料不能被水润湿。此时，润湿角 $\theta > 90^\circ$ ，如图1-2-(2)。这种材料称为憎水性材料。

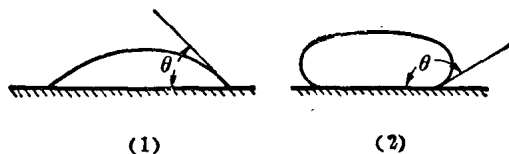


图 1-2 材料润湿示意图

(1)亲水性材料；(2)憎水性材料

水在亲水性材料的毛细管中形成凹形弯液面，水面上升，管径越细，水面上升越高。在憎水性材料的毛细管中，一般水不易渗入毛细管中去，当有水渗入时，则成凸形弯液面，并将保持在周围水面以下。

大多数建筑材料，如石料、砖、混凝土、木材等都属于亲水性材料，表面能被水润湿，并且能通过毛细管作用，将水分吸入材料内部。憎水性材料有沥青、石蜡等，其表面不能被水润湿。当材料的毛细管壁有憎水性材料存在时，将阻止水分进入毛细管中，减低材料的吸水作用。憎水性材料不仅可用作防水材料，而且还可用于处理亲水性材料的表面以降低其吸水性。

二、吸水性

材料吸收水分的性质称为吸水性。

由于材料的亲水性及开口孔隙的存在，大多数材料具有吸水性，故材料中常含有水分。材料中所含水分的多少常以含水率表示。含水率为材料中所含水重与材料干燥重的百分比。

干的材料在空气中能吸收空气中的水分，而逐渐变湿；湿的材料在空气中能失去水分，而逐渐变干，最终将使材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡，这时的材料处于气

干状态。材料在气干状态时的含水率，称为**平衡含水率**。平衡含水率并不是固定不变的，当温度与湿度改变时，也将随着改变。

当材料吸水达到饱和状态时的含水率，称为材料的**吸水率**。吸水率是衡量材料吸水性大小的指标。

设材料在干燥状态下的重量为 G ，在吸水饱和状态下的重量为 G_1 ，则材料的吸水率 W 可计算如下：

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \times 100\%$$

材料的吸水性，不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的，也与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。一般孔隙率愈大，则吸水性也愈强。对于封闭的孔隙，水分子不能进入，而粗大开口的孔隙，不易吸满水分。对于具有很多微小开口孔隙的材料，则其吸水能力特别强。

各种材料的吸水率相差很大。例如：密实新鲜花岗岩的吸水率为0.2~0.7%；普通混凝土为2~3%；普通粘土砖为8~20%；而木材及其它轻质材料的吸水率则常大于100%。

水在材料中对材料性质将产生不良的影响。它使材料的容重和导热性增大，强度降低，体积膨胀。因此，吸水率大对材料性质是不利的。

三、耐 水 性

材料在水的作用下不会损坏，其强度也不显著降低的性质称为**耐水性**。一般材料在含有水分时，其强度均有所降低，这是因为材料微粒间的结合力被渗入的水膜所削弱的缘故。如果材料中含有某些易于被水软化的物质（如粘土、石膏等），则强度降低更为严重。材料的耐水性以**软化系数** $K_{\text{软}}$ 表示：

$$K_{\text{软}} = \frac{\text{材料在水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}}$$

由上式可知， $K_{\text{软}}$ 值的大小表明材料浸水后强度降低的程度。

软化系数的大小，有时成为选择材料的重要依据。经常位于水中或受潮严重的重要结构物的材料，其软化系数不宜低于0.85~0.90；受潮较轻的或次要的结构物的材料，其软化系数不宜小于0.70~0.85。

四、抗 渗 性

在压力水作用下，材料抵抗水渗透的性能，称为**抗渗性**。

材料抗渗性的高低，与其孔隙率及孔隙特征有关。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。另外，材料毛细管壁的亲水性或憎水性也对抗渗性有一定影响。

材料的抗渗性常用**渗透系数**来表示。根据达西定律，在一定时间 t 内，透过材料试件的水量 Q ，与试件的断面积 A 及水头差 H 成正比，与试件的高度 d 成反比，即：

$$Q = K \frac{H}{d} A t,$$