



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程材料

贾生海 张凝 李刚 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程材料

贾生海 张凝 李刚 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要讲述了土木工程中常用的各种主要建设材料的成分、种类、基本性能、生产工艺、技术性能、技术标准、使用范围、质量要求及材料试验等基本理论及应用技术。全书共分为13章,内容包括绪论、工程材料的基本性质、天然石材、无机胶凝材料、混凝土、建筑砂浆、金属材料、木材、温室建筑材料、烧土制品、防水材料、沥青及沥青混合料、建筑装饰材料、土木工程材料试验。

本书采用了最新技术标准,有代表性地阐述了各种土木工程材料的发展趋势,有重点地介绍了一些新型土木工程材料如温室建设材料等。应用性强、适用面宽,可作为普通高等院校土木工程类各专业的教学用书,也可供农业院校设施园艺、高职类院校土木工程类各专业以及土木工程设计、施工、工程管理和监理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料 / 贾生海, 张凝, 李刚编著. — 北京:
中国水利水电出版社, 2015.12
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-3810-8

I. ①土… II. ①贾… ②张… ③李… III. ①土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第297708号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 土木工程材料
作 者	贾生海 张凝 李刚 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 18.75印张 445千字
版 次	2015年12月第1版 2015年12月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



本书以高等学校土木工程专业指导委员会编写的《土木工程材料教学大纲》为依据编写，主要讲述了土木工程中常用的各种主要材料的成分、种类、基本性能、生产工艺、技术性能、技术标准、使用范围、质量要求及材料试验等基本理论及应用技术。

本书内容较全面，采用了最新技术标准，有代表性地阐述了各种土木工程材料的发展趋势，有重点地介绍了一些新型土木工程材料如温室建设材料等，尽可能满足土木工程类、水利类和农业院校设施园艺类相关专业的教学要求，可作为高等学校土木工程、水利水电工程及相关专业的教学用书，也可供从事土木工程及相关专业工程设计、施工和管理等方面技术人员学习参考。

本书由甘肃农业大学贾生海教授、张凝高级工程师，石河子大学李刚副教授编写。甘肃农业大学汪精海、吴彦霖、时晨，石河子大学吕廷波，河西学院程建萍、梁谦等参加编写。

本书编写分工为：贾生海负责编写绪论、第1章、第8章、第13章及全书统稿工作；张凝负责编写第6章及第10章；李刚负责编写第7章及第11章；汪精海负责编写第2章；吕廷波负责编写第9章；程建萍负责编写第5章；梁谦负责编写第4章；吴彦霖负责编写第3章；时晨负责编写第12章。

本书的编写和出版，得到中国水利水电出版社的大力支持与帮助，也得到了甘肃农业大学专业综合改革项目的支持和资助，谨在此致以衷心的感谢。同时，也感谢甘肃农业大学的白有帅、刘星华、谭艳红等几位研究生对本书的图文绘制及修改完善付出的辛勤劳动。

由于土木工程材料发展很快，新材料、新工艺层出不穷，各行业的技术标准不统一，加之我们的水平所限，编写时间仓促，书中难免有不当、甚至错误之处，敬请广大师生和读者批评指正。

编著者

2015年7月



前言

绪论	1
第1章 工程材料的基本性质	4
1.1 材料的物理性质	4
1.2 材料的力学性质	6
1.3 材料与水有关的性质	9
1.4 材料的耐久性	12
1.5 材料与热有关的性质	12
1.6 材料与环境	14
习题	15
第2章 天然石材	16
2.1 天然石材的分类及常用石材	16
2.2 天然石材的技术性质及应用	19
2.3 人造石材	22
习题	24
第3章 无机胶凝材料	25
3.1 气硬性胶凝材料	25
3.2 硅酸盐水泥	31
3.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	40
3.4 水泥的应用、验收与保管	45
3.5 其他品种的水泥	47
习题	53
第4章 混凝土	54
4.1 概述	54
4.2 普通混凝土的组成材料	55
4.3 混凝土拌和物的和易性	73
4.4 混凝土的强度	77
4.5 混凝土的变形性能	83
4.6 混凝土的耐久性	86
4.7 混凝土质量控制与强度评定	91

4.8 混凝土的配合比设计	93
4.9 其他品种混凝土	102
4.10 混凝土技术发展方向	112
习题	117
第5章 建筑砂浆	118
5.1 砂浆的分类及组成材料	118
5.2 砌筑砂浆的技术性质	120
5.3 其他种类砂浆	125
5.4 商品砂浆	129
习题	131
第6章 金属材料	132
6.1 概述	132
6.2 钢材的冶炼方法及分类	132
6.3 钢材的组成结构和化学成分	138
6.4 钢材的强化机理与加工	142
6.5 钢的技术分类和选用	145
6.6 钢筋的腐蚀与防止腐蚀的方法	155
习题	157
第7章 木材	158
7.1 木材的分类和构造	158
7.2 木材的物理和力学性质	160
7.3 木材的防腐及保护	162
7.4 木材的应用	163
7.5 木材的环境特性	164
习题	165
第8章 温室建筑材料	166
8.1 覆盖材料	166
8.2 骨架材料	175
8.3 墙体材料	176
习题	177
第9章 烧土制品	178
9.1 烧土制品原料及生产简介	178
9.2 烧结普通砖	180
9.3 烧结空心砖	183
习题	185

第 10 章 防水材料	186
10.1 概述	186
10.2 防水材料的分类	187
10.3 防水卷材	187
10.4 防水涂料	191
10.5 防水密封材料	194
习题	196
第 11 章 沥青及沥青混合料	197
11.1 石油沥青	197
11.2 煤沥青	205
11.3 改性沥青	207
11.4 沥青混合料	209
11.5 沥青混合料配合比设计	213
习题	217
第 12 章 建筑装饰材料	218
12.1 概述	218
12.2 常用装饰材料	221
习题	232
第 13 章 土木工程材料试验	233
13.1 工程材料基本性质试验	233
13.2 水泥试验	237
13.3 砂石试验	248
13.4 普通混凝土拌和物流动性试验	254
13.5 普通混凝土拌和物强度试验	258
13.6 建筑砂浆性能试验	264
13.7 砌墙砖试验	267
13.8 钢筋试验	272
13.9 石油沥青试验	277
13.10 沥青混合料试验	283
参考文献	288

绪 论

1. 土木工程材料的定义及学习本门课程的意义

土木工程材料是指用于建筑物或构筑物所有材料的总称，是各项建筑工程（房屋、道路、水利等）中所应用的材料。例如水泥、钢筋、木材、混凝土、砌墙砖、石灰、沥青、瓷砖等。实际上土木工程材料远不止这些，其品种达数千种之多。在土木建筑工程中，应用较多的是水泥、混凝土、钢材、木材、天然材料及沥青等。

建筑物或构筑物都是用土木工程材料按某种方式组合而成的，没有土木工程材料，就没有土木工程，因此土木工程材料是一切土木工程的物质基础。在任何一项建筑工程中，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，直接影响着工程的坚固性、耐久性、适用性和经济性，并在一定程度上影响着结构型式与施工方法。土木工程中许多技术问题的突破，往往依赖于材料问题的解决，而新材料的出现，又将促使结构设计及施工技术的革新。因此，土木工程材料生产及其科学技术的迅速发展，必然促使土木工程材料的理论研究、试验技术、测试方法的更新以及新型材料不断出现，必将逐步实现按指定性能设计新的材料，使土木与工程材料的发展达到新的阶段。

同时，我国基础设施建设的规模越来越大，土木工程材料的需求量越来越多，而且对其质量及品种、规格的要求也越来越高。为了我国各项建设事业的可持续健康发展，必须在保证工程质量的前提下，尽量节约材料，尤其应该大力节约木材、钢材及水泥。这就要求做到因地制宜，就地取材，合理选用材料；大力进行技术革命和技术革新，提高材料效能，以尽量减少材料用量；加强管理，减少材料损耗等。如何从品种门类繁多的材料中，选择物优价廉的材料，对降低工程造价，节约国家资金，保证建设事业的顺利进行，具有重大的意义。

2. 土木工程材料的分类

为了方便使用和研究，常按一定的原则对土木工程材料进行分类。根据材料来源，可分为天然材料和人工材料；根据材料在土木工程中的功能，可分为结构材料和非结构材料、保温和隔热材料、吸声和隔声材料、装饰材料、防水材料等；根据材料在土木工程中的使用部位，可分为墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料等。

最常见的分类原则是按照材料的化学成分来分类，分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，各大类中又可细分。无机材料有金属材料（铜、铁、铝、钢、各类合金等）、非金属材料（天然石材、水泥、混凝土、玻璃、烧土制品等）、金属-非金属复合材料（钢筋混凝土等）；有机材料有木材、塑料、合成橡胶、石油沥青等；复合材料有无机非金属-有机复合材料（聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等）、金属-有机复合材料（轻质金属夹芯板等）。

按材料的使用功能分类可分为结构材料和功能材料两大类，结构材料是指用作承重构

件的材料,如梁、板、柱所用材料;功能材料是指所用材料在建筑上具有某些特殊功能,如防水、装饰、隔热等功能。

3. 土木工程材料的特点

新材料推动着建筑设计、结构设计和施工技术的变革。土木工程中许多技术问题的突破,往往依赖于土木工程材料问题的解决,新材料的出现,将促使建筑设计、结构设计和施工技术革命性的变化。例如黏土砖的出现,产生了砖木结构;水泥和钢筋的出现,产生了钢筋混凝土结构;轻质高强材料的出现,推动了现代建筑向高层和大跨度方向发展;轻质材料和保温材料的出现对减轻建筑物的自重、提高建筑物的抗震能力、改善工作与居住环境条件等起到了十分有益的作用,并推动了节能建筑的发展;总之,土木工程归根到底还是围绕着土木工程材料来开展的生产活动,土木工程材料是土木工程的基础和核心。

工程材料的质量直接影响着建筑工程的质量。为了使建筑物能经久耐用、安全牢固,在选择与使用的过程中,必须重视材料的质量。为此,必须严格执行材料的检验制度,杜绝使用不合格的材料;对于代用材料的使用,必须经过严格的检验和论证;对于新材料的推广,必须经过必要的技术论证,以免造成浪费和影响人民群众生命财产的安全。

工程材料在工程中的使用有以下特点:具有工程要求的使用功能;具有与使用环境条件相适应的耐久性;具有丰富的资源,满足建筑工程对材料量的需求;物美价廉。建筑环境中,理想的建筑材料应具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、无毒和高效节能等特点。

随着社会的进步、环境保护和节能降耗的需要,对土木工程材料提出了更高、更多的要求。今后一段时间内,土木工程材料将向轻质高强、节约能源、智能化、多功能化、绿色化方向发展。

4. 土木工程材料的发展

土木工程材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的,原始社会时期,人们为了抵御雨雪风寒和防止野兽的侵袭,居于天然山洞或树巢中。进入石器、铁器时代,人们开始利用简单的工具砍伐树木和苇草,搭建简单的房屋。青铜器时代,出现了木结构建筑,建造出了舒适性较好的建筑物。到了人类能够用黏土烧制砖、瓦,用石灰岩烧制石灰之后,土木工程材料才由天然材料进入了人工生产阶段。18世纪、19世纪,相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土及其他材料,大跨度厂房、高层建筑和桥梁等在土木科学技术的配合下,进入了一个新的发展阶段。近几十年来,随着科学技术的进步和土木工程发展的需要,一大批新型土木工程材料应运而生,出现了塑料、涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、新型复合材料等,为土木工程的发展奠定了坚实的基础。

5. 土木工程材料的标准化

目前我国绝大多数土木工程材料都有相应的技术标准,这些技术标准涉及到产品规格、分类、技术要求、验收规则、代号与标志、运输与贮存及抽样方法等内容。土木工程材料的技术标准是产品质量的技术依据。对于生产企业,必须按照标准生产,控制其质量,同时它可促进企业改善管理,提高生产技术和生产效率。对于使用部门,则按照标准选用、设计、施工,并按标准验收产品。我国常用的标准有三大类,分别是国家标准,国家标准有强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T);行业标准如建筑工程行业



标准(代号 JGJ)、建筑材料行业标准(代号 JC)等;地方标准(代号 DBJ)和企业标准(代号 QB)。标准的表示方法为:标准名称、部门代号、编号和批准年份。

6. 本课程的学习目的、特点和学习方法

本课程是一门技术基础课,着重讲述土木工程中常用的各种主要建筑材料。一方面为学习钢筋混凝土结构、钢结构、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工程材料问题提供一定的基础知识和基本的试验技能。在工程实际中,不论进行勘测、设计、施工还是实验研究等工作,都随时会接触到有关工程材料的问题,例如材料的调查和勘探、材料的选择、合理使用、性能改进以及新型材料的研究与实验等,都需要具有一定的工程材料知识才能担任这些任务。

本课程包括理论课和实验课两个部分。学习目的在于使学生掌握主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法,并了解工程材料性质与材料结构的关系,以及性能改善的途径。通过本课程的学习,应能针对不同工程合理选用材料,并能与后续课程密切配合,了解材料与设计参数及施工措施选择的相互关系。

本课程以叙述为主,与工程实际联系紧密。材料的组成、结构、性质和应用之间有内在的联系,在课程的学习过程中,要及时总结,通过分析对比,找出规律,掌握它们的共性。应以材料的技术性质、质量检验及其在土木工程中的应用为重点,注意理论联系实际,及时理解课堂讲授的知识。土木工程材料是一门实践性很强的课程,试验课是本课程的重要教学环节,通过试验操作可验证所学的基本理论,学会检验常用建筑材料的实验方法,掌握一定的试验技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断,一方面可以丰富感性知识,另一方面对于培养科学试验的技能以及提高分析问题的能力,具有重要作用,这对培养学习与工作能力及严谨的科学态度十分有利。

第 1 章 工程材料的基本性质

工程材料在建筑物中承受各种不同的受力。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，工程材料还受到各种外界因素的影响。例如，水流和泥沙的冲刷，温度湿度的变化，冻融循环及化学侵蚀等。因此，材料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。

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、斑状结构与玻璃质结构等。胶体是一种分散度很高的分散体系。如果固体以极细微的颗粒分散在液体中，这种体系叫溶胶；如果溶胶发生凝聚作用，则称为凝胶，凝胶成网状结构。

固体材料中颗粒的分布排列情况分为多种，有层状构造、纤维状构造、致密状构造与多孔状构造。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，而各种材料又往往有特殊的性质。本章主要介绍一些共同性质和比较重要的基本性质，分为以下几种：①材料的物理性质；②材料的力学性质；③材料与水有关的力学性质；④材料的耐久性；⑤材料与热有关的性质。至于有关的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。

1.1 材料的物理性质

1.1.1 材料的真实密度、表观密度和堆积密度

密度是指物质单位体积的质量，单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。由于材料所处的体积状况不同，故有真实密度、表观密度和堆积密度之分。

1. 真实密度

真实密度是指材料在规定条件（ $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重，温度 20°C ）绝对密实状态下（绝对密实状态是指不包括任何孔隙在内的体积）单位体积所具有的质量，按下式计算：

$$\rho = \frac{m_s}{V_s} \quad (1.1)$$

式中 ρ ——真实密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m_s ——材料矿质实体的质量，g 或 kg；

V_s ——材料矿质实体的体积， cm^3 或 m^3 。

除了钢材、玻璃等少数近于真实密度的材料外，绝大多数材料都有孔隙。在测定有孔隙材料的密度时，应把材料磨成细粉（粒径小于 0.20mm ），经干燥后用李氏密度瓶测定



其实体体积。材料磨得愈细，测定的密度值愈精确。

2. 表观密度

表观密度是单位体积（含材料的实体矿物及不吸水的闭口孔隙，但不包括能吸水的开口空隙在内的体积）所具有的质量，按下式计算：

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_s + V_n} \quad (1.2)$$

式中 ρ_a ——表观密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m_s 、 V_s ——意义同式（1.1）；

V_n ——材料不吸水的闭口孔隙的体积， cm^3 或 m^3 。

3. 堆积密度

堆积密度（旧称松散容重）是指粉状、粒状或纤维状态下，单位体积（包含了颗粒的孔隙及颗粒之间的空隙）所具有的质量，按下式计算：

$$\rho_o' = \frac{m}{V_o} \quad (1.3)$$

式中 ρ_o' ——堆积密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m ——材料的质量， g 或 kg ；

V_o ——材料的堆积体积， cm^3 或 m^3 。

1.1.2 材料的密实度和孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度，也就是固体物质的体积占总体积的比例。密实度反映了材料的致密程度，以 D 表示：

$$D = \frac{V_s}{V} \times 100\% \quad (1.4)$$

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1。材料的很多性能，如强度、吸水性、耐久性、导热性等均与其密实度有关。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料孔隙体积（包括不吸水的闭口孔隙，能吸水的开口空隙）与总体积之比，以 P 表示，可用下式计算：

$$P = \frac{V - V_s}{V} \times 100\% \quad (1.5)$$

孔隙率与密实度的关系为

$$P + D = 1 \quad (1.6)$$

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部的孔隙又可分为连通的孔隙和封闭的孔隙，连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通，而封闭孔隙彼此不连通且与外界隔绝。孔隙率的大小及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质，如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性和导热性等都有密切关系。一般而言，孔隙率小，且连通孔较少的材料，其吸水性较小，强度较高，抗渗性和抗冻性较好。

在土木工程中，计算材料用量、构件自重、配料计算及确定堆放空间时经常用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用土木工程材料的有关数据见表 1.1。



表 1.1 常用土木工程材料的密度、表观密度和孔隙率

材 料	密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	孔隙率 $P/\%$
石灰岩	2.60	1.8~2.6	—
花岗岩	2.80	2.5~2.7	0.5~3.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	—
砂	2.60	—	—
黏土	2.60	—	—
普通黏土砖	2.50	1.6~1.8	20~40
黏土空心砖	2.50	1~1.4	—
水泥	2.50	—	—
普通混凝土	3.10	2.1~2.6	5~20
轻骨料混凝土	—	0.8~1.9	—
木材	1.55	0.4~0.8	55~75
钢材	7.85	7.85	0
泡沫塑料	—	0.02~0.05	—
玻璃	2.55	—	—

1.2 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。

1.2.1 变形性质

变形性质是指材料在荷载作用下发生形态、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。

1. 材料的弹性与塑性

材料在外力作用下产生的变形,当外力除去后可以完全恢复的变形,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的,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,即外力所做的功,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。

2. 材料的脆性和韧性

材料在外力作用下,无明显塑性变形而突然破坏的性质,称为脆性。具有这种性质的材料称为脆性材料。脆性材料的抗压强度远大于其抗拉强度,可高达数倍甚至数十倍,但脆性材料承受冲击或震动荷载的能力很差。如花岗岩、陶瓷、黏土砖、大理石、玻璃、普



通混凝土、铸铁等。可见，仅用强度指标不能反映材料承受动荷载作用的能力，还必须对材料提出韧性的要求。

材料在冲击或震动荷载作用下，能吸收较大的能量，产生一定的变形而不破坏的性质，称为韧性或冲击韧性。它可以用材料受荷载达到破坏时所吸收的能量来表示。韧性材料的特点是变形大，特别是塑性变形大，抗拉强度接近或高于抗压强度。橡胶、木材、建筑钢材等属于韧性材料。在土木工程中，对于要求承受冲击荷载和有抗震要求的结构，如桥梁、路面、吊车梁等所用材料，均具有较高韧性。

材料的塑性或脆性，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。

3. 材料的徐变与松弛

固体材料在恒定外力长期作用下，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黏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。材料的徐变现象与材料本身性质有关外，还于温度有关，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缩小的现象，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部分塑性变形，材料在变形中储存的弹性能转变为热而逐渐消失，故弹性应力逐渐降低。

1.2.2 强度

材料的强度，是材料在荷载或其他因素（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来表示。随着受力情况的不同，材料的强度分为抗压强度、抗拉强度、抗弯（抗折）强度、抗剪强度四种。

材料的强度常用破坏性实验来测定。将试件放在试验机上，加荷使其破坏，根据破坏时的荷载便可求出材料的强度。

对于抗压强度、抗拉强度、抗剪强度（均以 f 表示），均可按式（1.7）计算：

$$f = \frac{P}{A} \quad (1.7)$$

式中 f ——材料的强度，包括抗压强度 f_c 、抗拉强度 f_t 和抗剪强度 f_v ， N/mm^2 ，即 MPa；

P ——材料受压、受拉、受剪破坏时的荷载，N；

A ——材料的受力面积， mm^2 。

测定抗弯强度时，可将试件做成矩形截面的小梁，搁置在两支点上，中间加一个或两个集中荷载直到破坏为止，即可利用材料力学公式计算抗弯强度（或抗折强度）。

当中间加一集中荷载时，为

$$f_f = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1.8)$$



当加两个与梁中心线对称的相等荷载时，为

$$f_f = \frac{3P(1-a)}{bh^2} \quad (1.9)$$

式中 f_f ——材料的抗折强度，N/mm² 或 MPa；

P ——受弯破坏时的荷载，N；

L ——梁的跨度，即两支点间的距离，mm；

b ——矩形梁截面的宽度，mm；

h ——矩形梁截面的高度，mm；

a ——两个荷载间的距离，mm。

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 1/50~1/5，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等级。在划分等级时，对于砖、石、水泥、混凝土等矿物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见表 1.2。

表 1.2 几种常用材料的极限强度

材 料	极 限 强 度/MPa		
	抗 压	抗 拉	抗 弯
花岗岩	100~250	5~8	10~14
普通黏土砖	7.5~30	—	2~5
普通混凝土	7.5~60	0.7~4	0.7~4
松木（顺纹）	30~60	80~120	60~110
建筑钢	230~600	300~1500	—

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高。

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。结构物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%。

1.2.3 硬度、耐磨性及磨耗

材料抵抗外物压入或刻画的性质称为硬度。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。

材料抵抗外物磨损的性质称为耐磨性。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,例如滚水坝的溢流面、闸墩和闸底板等部位经常受到挟砂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。

1.3 材料与水有关的性质

1.3.1 亲水性与憎水性

材料与水接触时,根据材料表面对水的吸附程度,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 1.1 (a) 所示,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 1.1 (b) 所示。这种材料称为憎水性材料。

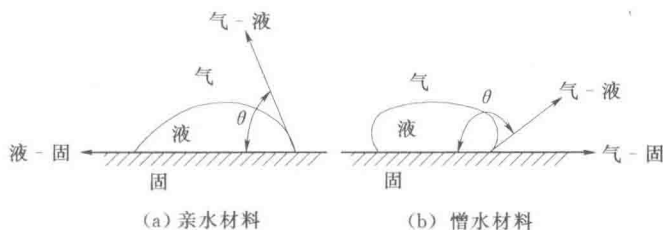


图 1.1 材料润湿示意图

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

大多数建筑物材料,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。当材料的毛细管管壁有憎水性材料存在时,将阻止水分进入毛细管中,降低材料的吸水作用。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。

1.3.2 吸水性

材料在水中吸水的性质称为吸水性。

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重的百分比。

当材料吸水达到饱和状态时的含水率,称为材料的吸水率,吸水率有质量吸水率和体



积吸水率两种表示方法。

材料的质量吸水率是材料吸收水分的质量与材料在干燥状态下的质量之比，按下式计算：

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1.10)$$

式中 W ——材料的质量吸水率，%；

m_2 ——材料在干燥状态下的质量，g；

m_1 ——材料在浸水饱和状态下的质量，g。

材料的体积吸水率是材料吸收的水分的体积与材料在自然状态下的体积之比，按下式计算：

$$W_0 = \frac{m_1 - m_2}{V_0 \rho_w} \times 100\% \quad (1.11)$$

式中 W_0 ——材料的体积吸水率，%；

V_0 ——材料在自然状态下的体积， cm^3 ；

ρ_w ——水在常温下的密度， $\rho_w = 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

因此，材料的质量吸水率与体积吸水率存在如下关系：

$$W_0 = W \rho_0 \quad (1.12)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度， g/cm^3 。

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%；普通黏土砖为 8%~20%；而木材及其他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。

1.3.3 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收水分的性质称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示。

材料所含水的质量与材料质量的比值的百分率，称为材料的含水率，可按下式计算：

$$W_h = \frac{m_0 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1.13)$$

式中 W_h ——材料的含水率，%；

m_2 ——材料在干燥状态下的质量，g；

m_0 ——材料在吸湿状态下的质量，g。

材料的含水率大小，除与材料本身的特性有关外，还与周围环境的温度、湿度有关。气温越低、相对湿度越大，材料的含水率也就越大。

材料随着空气湿度的变化，既能在空气中吸收水分，又可向外界扩散水分，最终将使材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡，这时材料的含水率，称为平衡含水率。平衡含水率并不是固定不变的，它随环境中的温度和湿度的变化而改变。当材料吸水达到饱和状态时的含水率即为吸水率。

1.3.4 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