



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

市政工程 建筑材料

市政工程施工专业

主 编 楼丽凤



中国建筑工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定
全国建设行业中等职业教育推荐教材

市政工程施工材料

(市政工程施工专业)

主 编 楼丽凤
责任主审 刘伟庆
审 稿 金钦华 岳昌年

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

市政工程建筑材料/楼丽凤主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材. 市政工程施工专业
ISBN 7-112-05288-2

I. 市... II. 楼... III. 市政工程—建筑材料
—专业学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 004654 号

本教材是根据建设部中等职业教育专业教育标准和市政工程施工专业三年制教学大纲编写的。书中重点介绍了市政工程中常用建筑材料的基本性质、工程材料的试验及检测方法。主要内容为砂石材料、石灰、水泥和水泥混凝土、沥青和沥青混合料、钢材和木材等,同时还介绍了一些新型建筑材料,包括新型土工材料、塑料管、乳化沥青、改性沥青等以及这些材料在工程中的应用。

本教材根据国家标准采用了最新标准和规范,内容简洁,重点突出,结合工程实践和施工特点,可操作性强,主要适应于中等职业学校、建设行业专业技术人员职业资格培训等的教学,对从事实际工程的技术人员和管理人员,也是非常有参考价值的专业书。

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定
全国建设行业中等职业教育推荐教材

市政工程建筑材料

(市政工程施工专业)

主 编 楼丽凤

责任王审 刘伟庆

审、稿 金钦华 岳昌年

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印刷有限责任公司印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 367 千字

2003 年 4 月第一版 2003 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 19.00 元

ISBN 7-112-05288-2

TU·4935(10902)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

序 言

改革开放的 20 年,是我国历史上市政建设发展速度最快、规模最大、最具活力的时期。针对国家建设形势的发展和 21 世纪对中专人才的实际需要,特别是建设行业这种劳动型行业,根据中专教育把培养目标放在岗位职业能力的培养上,以建设部专业指导委员会的指导为依据,结合市政行业对建筑材料的实际需要编写此教材。

本教材力求反映当前最先进的技术和最新的技术标准,最大的特点是重在教学,旨在实用。该书着重讲述了材料的组成、特性、选用方法,并介绍了材料性能检验、产品质量控制及新规范的应用等内容,书中既讲理论,又讲应用,系统性好,概念清楚,并附习题和实验,符合教学规律要求,是一本很好的教科书和市政工程建设有关人员的实用参考书。

建筑材料是一门理论性和实践性均较强的课程,同时它又与结构、施工、环保等领域密切相关,在讲述本课程材料特性时,应尽可能与工程实践相结合并适当增加实际动手操作时间。

本教材编写时按基础模块和选用模块两大部分内容编写,打*的为选用模块,各校可根据实际情况选择讲述。

本教材由上海市城市建设工程学校楼丽凤主编,武汉城市建设学校刘欣余主审。参加编写的有湖北省城市建设学校刘水林(第 2 章、第 3 章)、安娜(第 4 章)、上海市城市建设工程学校楼丽凤(第 1 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章)、向秀红(第 5 章、第 7 章),各章均附习题和相应的试验,全书由楼丽凤负责统稿。鉴于时间短促和编者水平有限,书中疏漏与不妥之处在所难免,敬请读者和老师们批评指正。

本书编写过程中得到了上海市城市建设工程学校检测站和兄弟学校有关部门的大力支持,谨在此表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第1章 绪论	1
第1节 建筑材料的定义和分类	1
第2节 建筑材料在市政工程中的应用及发展趋势	1
第3节 本课程主要内容和任务	2
第4节 材料技术标准及其应用	2
第5节 工程材料的基本性质	3
习题	11
第2章 砂石材料	13
第1节 道路与桥梁工程所用石料	13
第2节 普通混凝土所用砂石材料	16
第3节 工业废渣在道路工程中的应用*	23
习题	24
第3章 石灰和水泥	25
第1节 石灰	25
第2节 水泥	28
习题	45
第4章 混凝土与砂浆	47
第1节 混凝土概述	47
第2节 普通混凝土的组成材料	48
第3节 混凝土的技术性能	51
第4节 混凝土外加剂*	64
第5节 混凝土强度检验及质量评定	68
第6节 普通混凝土配合比设计	72
第7节 其他混凝土	79
第8节 建筑砂浆	90
习题	99
第5章 沥青材料	101
第1节 石油沥青	101
第2节 煤沥青	112
第3节 乳化沥青	115
第4节 沥青材料的选用、贮运与防护	119
习题	122
第6章 沥青混合料	123

第1节	沥青混合料定义及其分类	124
第2节	沥青混合料的组成结构和强度理论*	125
第3节	沥青混合料的技术性质	127
第4节	沥青混合料组成材料的技术性质	132
第5节	矿质混合料的组成设计方法	135
第6节	沥青混合料配合比设计方法*	141
第7节	沥青混合料的质量要求和技术标准	145
第8节	其他品种沥青混合料	146
习题		148
第7章	建筑钢材	149
第1节	钢材的主要性能	149
第2节	影响钢材技术性质的主要因素	154
第3节	钢的技术标准与选用	156
习题		162
第8章	木材	163
第1节	木材的构造	163
第2节	木材的主要性质	164
第3节	木材的疵病	167
第4节	木材的干燥与防腐	168
习题		169
第9章	新型建筑材料	170
第1节	烧结砖与砌块	170
第2节	新型土工材料	172
第3节	塑料管	175
第4节	改性沥青	177
第5节	高分子防水材料	181
习题		182
第10章	常用建筑材料试验	183
试验一	石灰中有效氧化钙及氧化镁含量测试	183
试验二	混凝土的集料试验	185
试验三	水泥试验	191
试验四	混凝土拌和物试验	200
试验五	水泥混凝土强度与耐久性试验	203
试验六	砌筑砂浆试验	209
试验七	石油沥青的针入度、延度和软化点试验	212
试验八	沥青的黏滞度和其他演示试验*	218
试验九	沥青混合料试验*	224
试验十	建筑钢材的强度和冷弯试验	230

第 1 章 绪 论

第 1 节 建筑材料的定义和分类

材料是人类用来制造各种产品的物质，是人类生活和生产的物质基础，人类社会的发展史伴随着材料的发明和发展。市政工程建设是土木工程的一个重要组成部分，市政工程建设材料是用于地基、基础、地面、墙体等各个部位的各种构件和结构体并最终构成建筑物的材料。

由于建筑材料种类繁多，为便于区分和应用，工程中常从不同的角度对其分类。最常用的分类方法是按材料的化学成分及其使用功能和用途来分。见表 1.1。

建筑材料的分类

表 1.1

按化学成分分类	无机材料	金属材料	钢、铁、铝、铜、各类合金等
		非金属材料	石灰、水泥、天然石材、混凝土等
	有机材料	沥青材料	石油沥青、煤沥青
		植物材料	木材、竹材
		合成高分子材料	塑料、橡胶等
按功能分类	结构材料	承受荷载作用	如构筑物的基础、柱、梁所用的材料
	功能材料	特殊作用	起围护、防水、装饰、保温等材料
按用途分类	建筑结构、桥梁结构、水工结构、路面结构、墙体、装饰等材料		

第 2 节 建筑材料在市政工程中的应用及发展趋势

建筑材料是构成建筑物和构筑物的物质基础，是随着社会生产和材料科学的发展而发展的，随着我国新一轮城市建设和公路建设的大规模展开，市政工程建设材料的使用和发展速度也越来越快，传统的土、砖、石块和木材等建筑材料虽在基础工程中广泛应用，但已越来越不能满足快速发展的市政建设对高标准工程的要求。在当代市政工程建设中，水泥混凝土、钢材、钢筋混凝土虽是不可替代的结构材料，而新型合金材料、有机材料、新型土工材料、化学建筑材料及各种复合材料等也占有相当重要的地位。在市政建设的总造价中，建筑材料占有相当大的比例，根据一般统计资料，在市政工程的总造价中建筑材料的费用占 50% 以上，某些重要工程甚至可达 70% ~ 80%，在实际工程中材料的选择、使用及管理对工程成本影响很大，建筑材料质量的优劣直接关系到构筑物的使用效果，在土木工程中，材料的选择、生产、使用是否合理，检验标准是否合适，任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷，甚至重大的质量事故。作为一名市政工程专业技术人员，必须了解、熟悉和掌握建筑材料的品种和性能，并能在不同的工程中合理使用，发挥材料的各种

功能，降低工程成本。

建筑材料是一门重要的专业基础课，是市政工程专业学生所必须掌握的一门理论与实践相结合的课程，它将为以后的专业课程打下必要的基础。

为了适应和满足各类工程发展的需要，建筑材料将向轻质、高强、多功能及复合材料方向发展，要求有良好的耐久性又力求具有良好的工艺性；为了创造良好的有益健康的生活环境，建筑材料应向再生化、利废化、节能化方向发展；为了适应今后经济不断增长和可持续发展的战略需要，应大力发展绿色建材，利用工业循环再生，持续自然的发展原则，采用清洁的生产技术，少用天然资源、大量使用工业或城市固体废弃物和农植物秸秆，生产无毒、无污染、无放射性，有利于环保与人体健康的新型建筑材料。

第 3 节 本课程主要内容和任务

建筑材料是一门实用性很强的专业基础课。本教材除了介绍材料的一些基本性质外，主要介绍了土木工程中常用的材料，主要内容包括水泥、水泥混凝土、沥青、沥青混凝土、钢材等，同时还介绍了一些新型材料，如改性沥青、塑料管、土工布等。针对常用材料的主要性质，教材中还介绍了检测其技术性能的试验及评定方法。

本课程在理论学习方面主要掌握工程材料的技术性质，掌握材料的标准及应用范围。了解各材料的组成、结构等与性能之间的关系，了解材料的用途及使用方法与性能之间的关系。本课程实验课的主要任务是根据理论学习的内容，掌握主要工程材料技术性能测试的方法和质量评定方法，为从事土木工程行业打下扎实的基础。

第 4 节 材料技术标准及其应用

建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准和企业标准，各级标准分别由相应的标准管理部门批准并颁布，我国国家技术监督局是国家标准化管理的最高机构。国家标准和部门行业标准是全国通用标准，是国家指令性技术文件，各级生产、设计、施工等部门，均必须严格遵照执行。

各级标准都有各自的部门代号，例如：GB——国家标准；GBJ——建筑工程国家标准；JGJ——建设部行业标准；JC——国家建材局标准；JTJ——交通部部颁标准等等。

标准的表示方法，由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成，如：国家标准《硅酸盐水泥》GB175—1999，标准的部门代号为 GB，编号为 175，批准年份为 1999 年。上述标准为强制性国家标准，任何技术（产品）不得低于此标准，此外，还有推荐性国家标准，以 GB/T 为标准代号，它表示也可以执行其他标准，为非强制性。行业标准和企业标准以此类推。

工程中可能采用的其他技术标准还有，国际标准（代号 ISO）、美国国家标准（ANSI）、英国标准（BS）、德国工业标准（DIN）、法国标准（NF）等等。

第5节 工程材料的基本性质

在建筑物和构筑物中,建筑材料要承受各种不同的作用,因而要求建筑材料具有相应的不同的性质。如用于建筑结构的各种材料要承受各种外力的作用;水下构筑物受到水流的冲刷;路面材料经常受到磨损及冲击的作用;道路、桥梁构筑物长期暴露在大气中受到风吹、雨淋、日晒、冰冻而引起温度变化及冻融循环等作用,这些都构成了材料破坏的因素。在选择和使用材料时,必须根据材料在所在部位所起的作用及所处的环境,在性能上满足使用要求,保证建筑物和构筑物的耐久性,为此必须熟悉和掌握材料的基本性质。

1.5.1 材料的物理性质

1. 材料的密度、表观密度和堆积密度

(1) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量,通常以 ρ 表示,其计算公式为:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.1)$$

式中 ρ ——材料的密度 (g/cm^3);

M ——材料的质量 (g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积,即材料内部没有孔隙时的体积,或不包括内部孔隙的材料体积 (cm^3)。

市政工程中使用的材料中多含有内部孔隙,测密度时,可将材料磨成细粉测定其体积,材料磨得越细,所测得的密度值就越准确。一般情况下市政工程常用建筑材料的密度可直接查表 1.2。

市政工程常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度

表 1.2

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	堆积密度 (kg/m^3)
砂	2.5~2.6	—	1500~1700
石灰石 (碎石)	2.48~2.76	2300~2700	1400~1700
水泥	2.8~3.1	—	1600~1800
粉煤灰 (气干)	1.95~2.40	—	550~800
普通水泥混凝土	—	2000~2800 (常取 2500)	—
钢材	7.85	7800~7850	—
烧结普通砖	2.6~2.7	1600~1900	—

(2) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积所具有的质量,通常以 ρ_0 表示,其计算公式为:

$$\rho_0 = \frac{M}{V_0} \quad (1.2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3);

M ——材料的质量 (g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积, 亦称表观体积, 即整体材料包括孔隙在内的外观体积 (cm^3)。

自然界中, 一般材料均含有孔隙, 其表观密度数值小于密度, 有些密实材料如钢等在自然状态下的体积几乎接近于绝对密实状态下的体积, 故其表观密度亦接近于密度; 当材料孔隙内含有水分时, 其质量和体积就有所变化, 所以, 测定材料表观密度时, 须注明其含水情况。含水情况大致可分为饱和状态、烘干状态、表干状态、气干状态等。市政工程常用建筑材料的表观密度可直接查表 1.2。

(3) 堆积密度

堆积密度是指粉状、粒状或纤维状材料在堆积状态下 (包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙), 单位体积所具有的质量, 通常以 ρ' 表示, 其计算公式为:

$$\rho' = \frac{M}{V'} \quad (1.3)$$

式中 ρ' ——材料的堆积密度 (g/cm^3);

M ——材料的质量 (kg);

V' ——材料的堆积体积 (m^3)。

测定散粒状等材料的堆积密度时, 材料的质量是指填充在一定容积的容器内的材料质量, 其堆积体积是指所用容器的容积。市政工程常用建筑材料的堆积密度可直接查表 1.2。

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, 它反映了材料的致密程度, 通常以 d 表示, 其计算公式为:

$$d = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.4)$$

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1。

(2) 孔隙率与空隙率

孔隙率是指材料体积内孔隙体积占总体积的比例, 通常以 P 表示, 其计算公式为:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.5)$$

孔隙率的大小也直接反映了材料的致密程度。材料的孔隙又可分为开口孔隙和闭口孔隙。开口孔隙不仅彼此贯通且与外界相通, 而闭口孔隙彼此不连通且与外界隔绝。孔隙按其尺寸大小又可分为粗孔和细孔。孔隙率的大小及孔隙本身的特征对材料的许多性质影响很大, 同一种材料的表观密度、吸水性、抗冻性、抗渗性、强度等均与此有关。一般而言, 孔隙率较小, 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。

材料空隙率是指散粒状材料堆积体积 (V') 中, 颗粒间空隙体积所占的百分率, 它以 P' 表示, 其计算公式为:

$$P' = \frac{V' - V_0}{V'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.6)$$

空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙，在配制混凝土时，砂、石子的空隙率是作为控制混凝土中骨料级配与计算混凝土含砂率时的重要依据。

3. 材料的压实度

材料的压实度是指散粒状材料被压实的程度。已经知道同一种材料的堆积密度是可变的， ρ' 的大小与材料被压实的程度有很大关系，当散粒状材料经充分压实后，其堆积密度值为最大，此时的干堆积密度叫最大干密度 ρ'_m ；对于未被充分压实的同一种材料来说，其 $\rho' < \rho'_m$ 。压实度通常以 K_y 表示，其计算公式如下：

$$K_y = \frac{\rho'}{\rho'_m} \times 100\% \quad (1.7)$$

式中 K_y ——材料的压实度（%）；

ρ' ——施工现场的材料，经压实后的实测干堆积密度（ kg/m^3 ）；

ρ'_m ——在试验室内，将相同材料试样经充分压实后的最大干堆积密度（ kg/m^3 ）。

散粒状材料经充分压实，其堆积密度达到 ρ'_m 后，相应的空隙率 P' 值已达到最小值，此时的堆积体最为稳定，因此，散粒状材料压实后的压实度 K_y 值越大，其构成的构筑物就越稳定。

4. 材料的亲水性与憎水性

与水接触时，有些材料能被水润湿，而有些材料则不能被水润湿，我们将前者称为亲水性，后者称为憎水性。

工程实际中，材料的亲水性与憎水性通常以润湿角的大小来划分，如图1.1所示。润湿角 θ 值愈小，表明材料愈易被水润湿。当 $\theta \leq 90^\circ$ 时为亲水性材料，材料易被水润湿，且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部，当 $\theta = 0$ 时，表明材料完全被水润湿；当 $\theta > 90^\circ$ 时为憎水性材料，此种材料能阻止水分渗入毛细管中，从而降低材料的吸水性。憎水性材料常被用作防水性材料，或用作亲水性材料的覆面层，以提高其防水、防潮性能。建筑材料大多为亲水性材料，如水泥、混凝土、石、砖、木材等，只有少数材料如沥青、某些塑料、几种树脂等为憎水性材料。

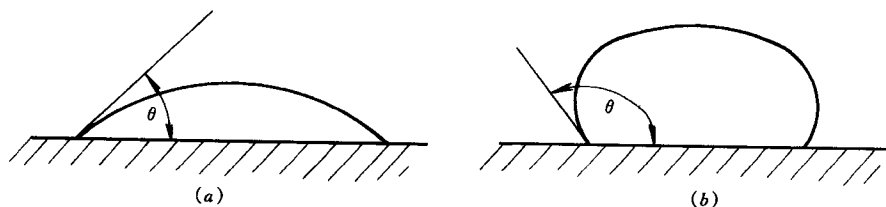


图 1.1 材料润湿示意图
(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

5. 材料的吸水性和吸湿性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性，用吸水率表示，一般有两种表达方式：

(1) 质量吸水率

质量吸水率是指材料在吸水饱和时，所吸水量占材料干质量的百分比，用 W_m 表示。其计算公式为：

$$W_m = \frac{M_b - M}{M} \times 100\% \quad (1.8)$$

式中 M_b ——材料吸水饱和状态下的质量 (g 或 kg);

M ——材料在干燥状态下的质量 (g 或 kg)。

(2) 体积吸水率

体积吸水率是指材料在吸水饱和时, 所吸水的体积占材料自然体积的百分率, 用 W_v 表示。其计算公式为:

$$W_v = \frac{M_b - M}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中 M_b ——材料吸水饱和状态下的质量 (g 或 kg);

M ——材料在干燥状态下的质量 (g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (cm^3);

ρ_w ——水的密度 (g/cm^3), 常温下取 $\rho = 1.0 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

材料的质量吸水率与体积吸水率之间的关系为:

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1.10)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度 (g/cm^3)。

材料的吸水率与其孔隙率有关, 更与其孔隙特征有关, 对于细微连通孔隙, 孔隙率越大, 则吸水率越大; 闭口孔隙水分不能进去, 而开口大孔隙虽然水分容易进入, 但不能存留, 只能润湿孔壁, 所以吸水率仍然较小。

材料的吸湿性是指材料在空气中吸收水分的能力, 潮湿材料在干燥的空气中放出水分的特性称为还湿性。材料的吸湿性用含水率表示, 含水率是指材料内部所含水的重量占材料干重的百分率, 用公式表示为:

$$W_h = \frac{M_s - M_g}{M_g} \times 100\% \quad (1.11)$$

式中 W_h ——材料的含水率 (%);

M_s ——材料在吸湿状态下的质量 (g 或 kg);

M_g ——材料在干燥状态下的质量 (g 或 kg)。

材料的吸湿性与所处环境中的空气湿度有关, 当空气中湿度在较长时间内稳定时, 材料的吸湿和干燥过程处于平衡状态, 此时材料的含水率则保持不变, 其含水率叫做材料的平衡含水率。

材料吸水或吸湿后, 除了本身的质量增加外, 还会降低其绝热性、强度及耐久性, 造成体积的增减和变形, 多为对工程不利的影响。

6. 材料的耐水性和抗渗性

材料的耐水性是指材料长期在水的作用下不破坏, 强度也不显著降低的性质。材料的耐水性用软化系数 (K_R) 表示, 其计算公式为:

$$K_R = \frac{f_h}{f_g} \quad (1.12)$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_h ——材料在饱水状态下的抗压强度 (MPa);

f_g ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数反映了材料饱水后强度降低的程度。一般来说,材料被水浸湿后强度均有所降低, K_R 值愈小,表示材料吸水饱和后强度下降愈大,即耐水性愈差。

材料耐水性这一性质限制了材料的使用环境,软化系数小的材料其使用环境尤其受到限制。工程中通常将 $K_R > 0.85$ 的材料称为耐水材料,可以用于水中或潮湿环境中的重要结构,对用于受潮较轻或次要结构的材料,其 K_R 值也不得小于 0.75。

材料的抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的能力,与材料的孔隙率和孔隙特征有关。市政工程中当材料两侧水压差较大时,水可能从高压侧通过内部的孔隙、孔洞或其他缺陷渗透到低压侧。这种压力水的渗透,不仅会影响工程的使用,造成材料的破坏,也是决定工程使用寿命的重要因素之一。

市政工程中,为直接反映材料的抗渗能力,对一些常用材料(如混凝土、砂浆等)用抗渗等级表示其抗渗能力。

材料的抗渗等级是指材料用标准方法进行透水试验时,规定的试件在透水前所能承受的最大水压力,并以符号“P”及可承受的水压力值(以 0.1MPa 为单位)表示抗渗等级。如防水混凝土的抗渗等级为 P6、P8、P12、P16、P20,表示其分别能够承受 0.6MPa、0.8MPa、1.2MPa、1.6MPa、2.0MPa 的水压而不渗水。所以,材料的抗渗等级愈高,其抗渗性愈强。

7. 材料的抗冻性

材料的抗冻性是指材料在饱水状态下,能经受多次冻融循环作用而不被破坏,强度也不严重降低的性质。

有些工程常接触水,经常处于饱和水状态,在冬天寒冷季节,温度降为负温时,材料孔隙中的水逐渐结冰,水结冰时其体积膨胀约 9%,对材料内孔壁造成很大压力,当此压力超过材料的抗拉强度时,孔壁将产生局部开裂。当温度回升,冰被融化时,不仅孔隙还会充满水,而且某些被冻胀的裂缝中也可能渗入水分,再次受冻结冰时,材料会受到更大的冻胀和裂缝扩大,如此反复冻融循环,最终导致材料破坏。

工程中通常用抗冻等级表示材料的抗冻性。抗冻等级是按规定的方法对规定的试件进行冻融循环试验,测得试件强度不超过规定值,并无明显损坏和剥落时所能经受的冻融循环次数。如以试件质量损失不超过 5%,强度降低不超过 25%所能承受的最多冻融循环次数来确定混凝土的抗冻等级,用符号“F_n”表示,其中 n 为最大冻融循环次数,如 F25、F50 等。

材料抗冻等级的选择,是根据结构物的种类、使用条件、气候条件等来决定的。用于桥梁、道路的混凝土抗冻等级不应低于 F50,水工混凝土的抗冻等级要求高达 F500。一般认为,抗冻性良好的材料,对于抵抗大气温度变化、干湿交替等的能力较强,所以抗冻性常作为考查材料耐久性的一项指标。

1.5.2 材料的力学性质

材料的力学性质指材料在外力作用下的变形和抵抗破坏的性质。

1. 材料的强度与等级

(1) 材料的强度

材料在外力作用下抵抗破坏的能力,称为材料的强度。当材料受外力作用时,其内部

就产生应力，外力增加，应力相应增大，直至材料内部质点间结合力不足以抵抗所作用的外力时，材料即发生破坏。材料破坏时，应力达极限值，这个极限应力值就是材料的强度，也称极限强度。

根据外力作用形式的不同，材料的强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度等，如图 1.2 所示。

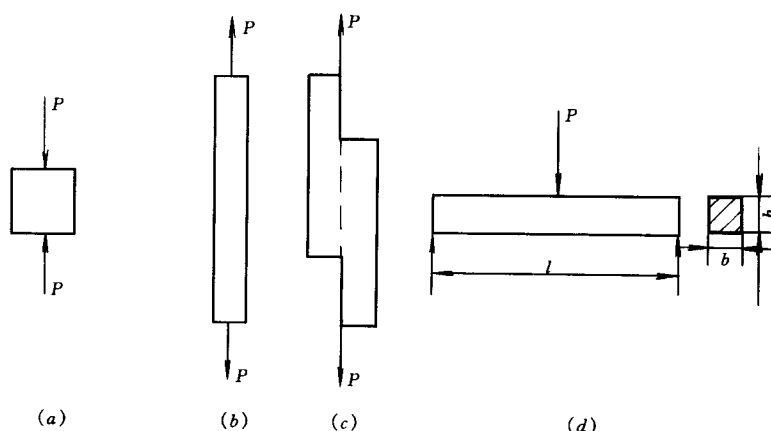


图 1.2 材料受外力作用示意图

(a) 抗压；(b) 抗拉；(c) 抗剪；(d) 抗弯

材料的这些强度是通过静力试验来测定的，故总称为静力强度。材料的静力强度是通过标准试件的破坏试验而测得。材料的抗压、抗拉和抗剪强度的计算公式为：

$$f = \frac{P}{A} \quad (1.13)$$

式中 f ——材料的极限强度（抗压、抗拉、抗剪）(MPa)；

P ——材料破坏时的最大荷载 (N)；

A ——材料的受力面积 (mm^2)。

材料的抗弯（抗折）强度与试件的几何外形及荷载施加的情况有关，对于矩形截面的条形试件，当其二支点的中间作用一集中荷载时，其抗弯极限强度按下式计算：

$$f = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1.14)$$

式中 f ——材料的抗弯（抗折）强度 (MPa)；

P ——材料破坏时最大荷载 (N)；

L ——两支点间距 (mm)；

b 、 h ——材料截面的宽度和高度 (mm)。

材料的强度与其组成及结构有关，即使材料的组分相同，若构造不同，其强度可能差别也很大。材料的孔隙率越大，则强度越小。材料的强度与其测试所用的试件形状、尺寸有关，也与试验时加荷速度及试件表面形状有关。相同材料采用小试件测得的强度较大试件高；加荷速度快者强度值偏高；试件表面不平或表面涂润滑剂时，所测强度值偏低。另外，材料的强度还与其含水率和温度有关，比较典型的例子是木材和沥青。

由此可知，材料的强度是在特定条件下测定的数值。在测定材料强度时，必须严格按

照规定的试验方法进行。

各种材料的强度差别甚大，建筑材料按其强度的大小划分为若干个标号或等级。建筑材料的标号或等级对生产和使用者均有重要的意义，它可使生产者在生产中控制质量时有据可依，从而达到保证产品质量的要求；对使用者则有利于掌握材料的性能指标，以便于合理选用材料、正确进行设计和控制工程施工质量。市政工程常用结构材料的强度值范围见表 1.3。

市政工程常用结构材料的强度值范围 表 1.3

材料	抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	抗弯 (折) 强度 (MPa)	抗剪强度 (MPa)
钢材	235~1600	235~1600	235~1600	200~355
普通混凝土	7.5~60	1~4	0.7~9	2.5~3.5
烧结普通砖	7.5~30	—	1.8~4.0	1.8~4.0
花岗岩	100~250	7~25	10~14	13~19
石灰岩	30~250	5~25	2~20	7~14
玄武岩	150~300	10~30	—	20~60
松木 (顺纹)	30~50	80~120	60~100	6.3~6.9

(2) 材料的比强度

结构材料在土木工程中主要作用就是承受结构荷载，对大部分建筑物和构筑物来说，相当部分的承载能力是用于承受材料本身的自重。因此，欲提高结构材料承受外荷载的能力，一方面应提高材料的强度，另一方面应减轻材料本身的自重，这就要求材料应具有轻质高强的特点。反映材料轻质高强的力学强度是比强度，比强度是指按单位体积质量计算的材料强度，即材料的强度与其表观密度之比 (f/ρ_0)。在高层建筑及大跨度结构工程中应采用比强度较高的材料。几种常用材料的比强度值见表 1.4。

几种常用材料的比强度值 表 1.4

材料	强度 (MPa)	表观密度 (kg/m ³)	比强度	材料	强度 (MPa)	表观密度 (kg/m ³)	比强度
低碳钢	420	7850	0.054	松木 (顺纹抗压)	100	500	0.200
花岗岩 (抗压)	175	2550	0.069	普通混凝土 (抗压)	40	2400	0.017
石灰岩 (抗压)	140	2500	0.056	烧结普通砖 (抗压)	10	1700	0.006

2. 材料的弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形，当外力去除后能完全恢复到原来形状和大小的性质称为材料的弹性，这种可恢复的变形称为弹性变形。

弹性变形的大小与其所受外力的大小成正比，这时的比例系数 E 称为材料的弹性模量。材料在弹性变形范围内， E 为常数，其计算公式为：

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \text{常数} \tag{1.15}$$

式中 σ ——材料所受的应力 (MPa)；

ϵ ——在应力作用下的应变。

弹性模量 E 是反映材料抵抗变形能力的指标, E 值愈大, 表明材料的刚度愈强, 外力作用下的变形较小。几种常用市政工程材料的弹性模量值见表 1.5。

几种常用建筑工程材料的弹性模量值 表 1.5

材料	低碳钢	普通混凝土	烧结普通砖	木材	花岗岩	石灰岩	玄武岩
弹性模量 E ($\times 10^4 \text{MPa}$)	21	1.45~3.60	0.5~3.0	0.6~1.2	200~600	600~1000	100~800

材料在外力作用下产生变形, 外力去除后不能完全恢复到原来形状和大小的性质称为塑性, 这种不可恢复的变形称为塑性变形。

实际上纯弹性变形的材料是没有的, 通常一些材料在受力不大时表现为弹性变形, 而当外力达一定值时则呈现塑性变形, 不同的材料或同一种材料的不同受力阶段以弹性变形或塑性变形为主, 它们的主要区别就是变形能否恢复。

3. 材料的脆性与韧性

材料受外力作用时, 未产生明显的塑性变形而发生突然破坏的性质就是脆性, 具有这种性质的材料为脆性材料。一般脆性材料的抗静压强度很高, 但抗冲击能力、抗振动作用、抗拉及抗折(弯)强度很低, 使用范围受到限制。市政工程中常用的脆性材料有天然石材、普通混凝土、砂浆、普通砖等。

材料在振动或冲击等荷载作用下能吸收较大的能量, 并产生较大的变形而不突然破坏的性质称为材料的韧性。在市政工程中, 对于要求承受冲击荷载和抗震要求的结构, 如桥梁、路面、输水管等所用的材料, 均应具有较高的韧性。

4. 材料的硬度与耐磨性

材料的硬度是指材料表面抵抗硬物压入或刻划的能力。市政工程中除了保持构筑物的使用性能和外观, 常对材料要求有一定的硬度。

工程中表示材料硬度的方法有多种, 对金属、木材等材料以压入法检测其硬度, 其指标为洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)、布氏硬度(HB)。天然矿物材料的硬度常用莫氏硬度表示, 它是以抵抗刻划能力来确定矿物的相对硬度, 由十种具有不同硬度的矿石作为标准, 见表 1.6。

矿物硬度表 表 1.6

硬度值	矿物	说明	硬度值	矿物	说明
1	滑石或白垩石	易为指甲所刻划	6	正长石	不为钢刀所刻划, 稍微能擦伤玻璃
2	石膏	能为指甲所刻划		7	石英
3	方解石	容易为钢刀所刻划		8	黄玉
4	氟石	在不大的压力下, 能为钢刀所刻划	9	刚玉	容易刻划玻璃, 不为钢刀所刻划, 大一级能刻划小一级
5	磷石灰	在大的压力下, 能为钢刀所刻划, 不能刻划玻璃	10	金刚石	

材料的耐磨性是指材料抵抗磨损的能力。市政工程中有些部位经常受到磨损的作用, 如路面、地面等, 选择这些部位的材料时, 其耐磨性应满足工程的使用寿命要求。材料的耐磨性可用磨损率表示, 其计算公式为:

$$G = \frac{M_1 - M_2}{A} \quad (1.16)$$

式中 G ——材料的磨损率 (g/cm^2);

M_1 、 M_2 ——材料磨损前后的质量损失 (g);

A ——材料实际受磨面积 (cm^2)。

材料的磨损率 G 值越低, 该材料的耐磨性越好; 一般硬度越高, 材料的耐磨性也越好, 其强度值也越大, 在工程中, 有些材料因条件有限, 不能直接测定强度时, 可用硬度间接推算材料的强度近似值。

1.5.3 材料的耐久性

材料的耐久性是指材料在各种自然因素及有害介质作用下, 能长久保持其使用性能的性质。

材料在工程使用环境中, 除材料内在原因使其组成、构造、性能发生变化外, 还会遭受干湿变化、冷热变化、冻融变化或压力、水等物理作用, 大气环境中酸、碱、盐及日光、紫外线等的化学作用, 磨损、疲劳、冲击等机械作用, 昆虫、菌类侵害等的生物作用。长期在这些因素的作用下, 材料的使用功能会产生不同程度的降低, 当材料抵抗这些作用的能力较强时, 使用功能下降的速度较慢, 工程的使用寿命较长。因此, 材料的耐久性决定了工程的使用寿命, 只有采用耐久性良好的建筑材料, 才能保证工程质量的完好。

材料的耐久性指标是根据工程所处的环境条件来决定的。影响材料耐久性的内在因素主要有材料的组成与结构、材料的强度、材料的孔隙率及孔隙特征等。工程中改善材料耐久性的主要措施有根据使用环境合理选择耐久性较好的材料、增加材料的密实度、对材料表面采取合理的保护措施以增加抵抗环境作用的能力。

【本章重点】

本章介绍了建筑材料的分类及其在市政工程中的应用, 并介绍了材料的技术标准; 着重介绍了材料的基本物理、力学性质。

市政工程建筑材料在工程中的作用, 从根本上讲就是其性质的表现。选择、应用、分析和评价材料, 也都以其性质为依据。使用材料, 就必须掌握其性质。

本课程所指材料的基本性质, 是指材料处于不同的使用条件和使用环境时, 通常必须考虑的最基本和共有的性质。通过学习, 掌握各性质的涵义及影响这些性质的因素, 了解彼此间的关系, 材料的适用范围, 以便联系工程实际合理使用材料。

习 题

1.1 市政工程建筑材料是如何进行分类的?

1.2 试述建筑材料的发展方向如何?

1.3 解释下列词语:

材料的密度、表观密度、孔隙率、压实度、亲水性与憎水性、吸水性、耐水性、抗渗性、抗冻性、强度与比强度、弹性与塑性、脆性与韧性、硬度与耐磨性。

1.4 正确使用建筑材料对市政工程建设有何重大意义?

1.5 试述材料的密度与表观密度有何区别?

1.6 石灰石碎石干质量 0.4kg , 在密实状态下所占体积 153.8cm^3 , 在松散状态下所占体积