



21世纪土建学科专业“十三五”规划新教材

“互联网+”创新型规划教材

建筑材料与检测

主 编 安德锋



将“互联网+”思维融入教材



纸质教材与数字资源有机整合



扫描二维码链接丰富学习资源



方便学生随时随地移动学习

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

21 世纪土建学科专业“十三五”规划新教材
“互联网+”创新型规划教材

建筑材料与检测

主 编 安德锋



将“互联网+”思维融入教材



纸质教材与数字资源有机整合



扫描二维码链接丰富学习资源



方便学生随时随地移动学习

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

内容提要

本教材严格遵循高校《建筑材料与检测》教学大纲,结合当前建筑工程中应用建筑材料的最新动态,依据我国最新修订的建筑材料技术标准和相关规范编写而成。全书共设十二个教学项目和一个试验项目,其内容包括:建筑材料基本性质、建筑石材、气硬性无机胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑金属材料、木材、防水材料与高分子材料、绝热材料和吸声材料、建筑装饰材料以及建筑材料检验等。

全书逻辑清晰,深入浅出,重在实用,本书可作为普通高等学校、高职高专学院的建筑工程、工程造价、工程监理、工程检测、安全工程、基础工程、市政工程等专业的教材,也可供从事建筑材料专业的人士使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测 / 安德锋主编. —天津: 天津科学技术出版社, 2013. 8(2018. 5 重印)

ISBN 978 - 7 - 5308 - 8230 - 6

I. ①建… II. ①安… III. ①建筑材料—检测
IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 188461 号

责任编辑:李荔薇

责任印制:王 莹

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332390(编辑室)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京增富印务有限公司印刷

开本 889 × 1194 1/16 印张 15 字数 432 000

2018 年 5 月第 1 版第 2 次印刷

定价:42.00 元

本书严格遵循高校《建筑材料与检测》教学大纲，结合当前建筑工程中应用建筑材料的最新动态，依据我国最新修订的建筑材料技术标准和相关规范编写而成。

本教材力求将理论与实际应用有机结合，收录了大量实际应用习题，详细介绍建筑材料与材料检测的知识与实践要点。全书共设十二个教学项目以及一个试验项目，其内容包括：建筑材料基本性质、建筑石材、气硬性无机胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑金属材料、木材、防水材料与高分子材料、绝热材料和吸声材料、建筑装饰材料以及建筑材料检验等。从初识材料、认识感知材料到材料的应用、材料标准介绍及检测材料等几个方面进行阐述，突出建筑材料在工程中的应用。

本书由安德锋担任主编，燕兰、张碧云、夏玮、梁旭阳等担任副主编。参加编写的人员及分工如下：安德锋编写项目四、五，燕兰编写项目一、二，张碧云、夏玮、李碧娟编写项目三、六、七，梁旭阳、刘保军编写项目八，汪亚洲、傅柏权、朱小刚、苏环等老师共同编写项目九至项目十三。全书由安德锋统稿，刘保军教授主审。

全书逻辑清晰，深入浅出，重在实用，适用于高等职业教育教学使用，也可供从事建筑材料专业的人士使用。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大师生与专业人士不吝赐教，提出宝贵的意见与建议，本书互联网教学资源联系方式：QQ2528752535。

土建学科专业教材编写委员会

本书编委会

主 编：安德锋

副主编：(排名不分先后)

燕 兰 张碧云 夏 玮

梁旭阳 彭 艳 汪亚洲

朱小刚 苏 环 马艳华

编 者：(排名不分先后)

伍桂花 张春燕 李碧娟

傅柏权 曹 越

主 审：刘保军

会员委员会林业专业委员会

目录

Contents

绪 论	1
项目一 建筑材料基本性质	4
任务一 材料的基本物理性质	4
任务二 材料的力学性能	12
任务三 材料的耐久性	14
项目二 建筑石材	17
任务一 天然岩石的基本知识	17
任务二 天然石材的技术性质	18
任务三 常用建筑石材	21
任务四 人造石材	22
项目三 气硬性无机胶凝材料	25
任务一 建筑石灰	25
任务二 建筑石膏	29
任务三 水玻璃	32
任务四 菱苦土	34
项目四 水 泥	37
任务一 硅酸盐水泥	37
任务二 掺混合材料的硅酸盐水泥	42
任务三 特性水泥和专用水泥	46
任务四 水泥的验收与保管	48
项目五 混凝土	51
任务一 混凝土概述	51
任务二 普通混凝土的组成材料	53
任务三 混凝土拌合物的和易性	66
任务四 混凝土的强度	70
任务五 混凝土的变形性	75
任务六 混凝土的耐久性	78
任务七 混凝土外加剂和掺和料	80
任务八 普通混凝土配合比设计	86
任务九 混凝土的质量控制与强度评定	91
任务十 其他品种混凝土	97
项目六 建筑砂浆	108
任务一 砂浆的组成材料	108
任务二 砂浆的技术性质	109
任务三 砌筑砂浆	109

任务四 抹面砂浆	112
任务五 干拌砂浆	114
任务六 其他特种砂浆	114
项目七 墙体材料	116
任务一 砌墙砖	116
任务二 砌块	124
任务三 墙用板材	126
项目八 建筑金属材料	131
任务一 建筑钢材	131
任务二 铝和铝合金	145
任务三 钢筋的检验与验收	146
项目九 木材	152
任务一 木材的分类与构造	152
任务二 木材的主要性能	153
任务三 木材制品及综合应用	156
任务四 木材的防腐与防火	158
项目十 防水材料 with 高分子材料	160
任务一 防水材料	160
任务二 建筑塑料和合成高分子材料	170
项目十一 绝热材料 and 吸声材料	176
任务一 绝热材料	176
任务二 吸声、隔声材料	178
项目十二 建筑装饰材料	181
任务一 建筑装饰陶瓷	181
任务二 建筑玻璃	182
任务三 建筑装饰涂料	187
项目十三 建筑材料检验	191
试验一 建筑材料基本性质检测	191
试验二 水泥技术性能检测	195
试验三 建筑砂浆性质检测	208
试验四 混凝土用骨料检测	211
试验五 普通混凝土性能检测	220
试验六 砌墙砖与砌块性质检测	223
试验七 钢筋性能检测	226
试验八 防水卷材技术性能检测	229
参考文献	234

绪 论

一、建筑材料的定义与分类

(一) 建筑材料的定义

广义的建筑材料，除用于建筑物本身的各种材料之外，还包括卫生洁具、暖气及空调设备等器材。狭义的建筑材料即构成建筑物及构筑物本身的材料。从地基、承重构件（梁、板、柱等），直到地面、墙体、屋面等所用材料。

建筑材料在基本建设中占有极为重要的地位。各项建设的开始，无一例外地首先都是土木工程建设，而建筑材料则是一切土建工程中必不可缺的物质基础。建筑材料用量大，经济性很强，直接影响工程造价。一般建筑的总造价中，建筑材料费用所占比重较大，约占总造价的 50% ~ 60%。因此，选用的建筑材料是否经济适用，对降低房屋建筑的造价起着重要的作用。

建筑材料的品种、质量及规格还直接影响工程是否坚固、耐久和适用，并在一定程度上影响着结构的形式和施工方法。由此可见，建筑材料的生产及其科学技术的发展，对发展我国建筑业具有重要作用。

(二) 建筑材料的分类

建筑材料的分类方法很多，按材料的化学成分可分为有机材料、无机材料以及复合材料三大类，见表 0-1。

表 0-1 建筑材料按化学成分分类

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	铁、碳素钢、合金钢、不锈钢等
		有色金属	铜、铝及其合金
	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品
		烧土制品	黏土砖、瓦、陶瓷制品等
		胶凝材料及其制品	石灰、石膏及制品、水泥及混凝土制品、硅酸盐制品等
		玻璃	普通平板玻璃、特种玻璃等
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿物棉等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青材料		煤沥青、石油沥青及其制品
	合成高分子材料		塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等
复合材料	有机与无机非金属材料的复合		聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属与无机非金属材料的复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	金属与有机材料的复合		PVC 钢板、有机涂层铝合金板

根据建筑材料在建筑物中的部位或使用功能，大体上可分为三大类，即建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料，见表 0-2。

表 0-2 建筑材料按使用功能分类

分 类	实 例
建筑结构材料	梁、板、柱、基础等材料（水泥混凝土、钢材等）
墙体材料	砌墙砖、砌块、板材等
建筑功能材料	防水材料、绝热材料、吸声和隔声材料、采光材料、装饰材料等

1. 建筑结构材料

主要是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料。如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件和结构等所用的材料。对这类材料主要技术性能的要求是强度和耐久性。目前，所用的主要结构材料有砖、石、水泥混凝土和钢材以及两者复合的钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。在相当长的时期内，钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土仍是我国建筑工程中的主要结构材料。

2. 墙体材料

是指建筑物内、外及分隔墙体所用的材料，有承重和非承重两类。由于墙体在建筑物中占有很大比例，所以选用墙体材料，对降低建筑物的成本、节能和使用安全耐久等都是很重要的。目前，我国大量使用的墙体材料为砌墙砖、加气混凝土砌块和混凝土等。

3. 建筑功能材料

主要是指担负某些建筑功能的非承重材料。如防水材料、绝热材料、吸声和隔声材料、采光材料、装饰材料等。这类材料品种繁多，功能各异，随着节能的要求，将会越来越多地应用于建筑物上。

一般来说，建筑物的可靠度与安全度，主要取决于由建筑结构材料组成的构件和结构体系；建筑物的使用功能与建筑品位，主要取决于建筑功能材料。此外，对某一种具体材料来说，它可能兼有多种功能。

二、建筑材料的发展趋势

建筑材料是随着人类社会生产力的发展和科学技术水平的提高逐步发展起来的。人类由最初的利用山顶洞穴栖身，到在陆地上搭茅草屋、盖砖（或石头）房，经历了漫长的进化与生产力的发展过程。传统的中国建筑技术以木结构为代表，西方则以石材为代表。直到 19 世纪钢筋混凝土的出现，使人类居住的条件及环境发生了翻天覆地的变化，人类对自然界的利用与改造技术也有了巨大的发展。现在广泛应用的建筑材料有混凝土、钢材、木材、玻璃等，其中混凝土的强度可达几十兆帕至上百兆帕；用在楼房建筑、高速公路、机场跑道、桥梁、水库及核电站等。但到如今地球上的资源越来越少，生态环境越来越差，从可持续发展的角度考虑，建筑材料今后的发展趋势应从以下几方面考虑。

- 1. 走可持续发展的道路，建立节约型生产体系。
- 2. 大力发展生产力，提高科技水平，生产轻质、高强、多功能复合型、智能型建材产品。
- 3. 发展利用外加剂和掺和料提高混凝土性能。
- 4. 充分利用工业废料，大力发展对环境无污染的绿色建材产品。

三、建筑材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产和使用单位检验、确定产品质量是否合格的技术文件。为了保证材料质量、现代化生产和科学管理，必须对材料产品的技术要求制定统一的执行标准。其内容主要包括：产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标识、运输和储存注意事项等方面。

根据技术标准发布单位与适用范围，我国可分为国家标准、行业标准和企业及地方标准。

1. 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）。强制性标准是全国必须执行的技术指导文件，产品的技术指标都不得低于标准中规定的要求。推荐性标准在执行时也可采用其他相关标准的规定。

2. 行业标准

各行业（或主管部门）为了规范本行业的产品质量而制定的技术标准，也是全国性的指导文件，高于国家标准。如建筑工程行业标准（代号 JGJ）、建筑材料行业标准（代号 JC）、冶金工业行业标准（代号 YB）、交通行业标准（代号 JT）等。

3. 地方标准

地方标准（代号 DB）为地方主管部门发布的地方性技术指导文件，适用于在该地区使用，高于国家标准。

4. 企业标准

企业标准（代号 QB）由企业制定发布的指导本企业生产的技术文件，仅适用于本企业，高于类似（或相关）产品的国家标准。

标准的一般表示方法：标准名称、部门代号、编号和批准年份。

如：国家标准（强制性）——《通用硅酸盐水泥》（GB175—2007）；

国家标准（推荐性）——《建筑用砂》（GB/T14684—2001）。

国际标准大致可分为以下几类。

- （1）世界范围内统一使用的“ISO”国际标准；
- （2）国际上有影响的团体标准和公司标准，如美国材料与试验协会标准“ASTM”；
- （3）区域性标准是指工业先进国家的标准，如德国工业标准“DIN”、英国的“BS”标准、日本的“JIS”标准等。

目前主要建筑材料都有统一的技术标准。标准的主要内容，包括材质和检验两大方面。有的将这两个方面核定在同一个标准，有的则分开几个标准。现场配制的一些材料，它们的原材料要符合相应的建材标准，制成成品的检验往往包含于施工验收规范和规程之中。由于标准的分工越来越细和相互渗透，一种材料的检验，经常要涉及多个标准、规程和规定。

四、建筑材料课程的性质、任务与学习方法

本课程是土建类专业的一门专业基础课，是一门实践性很强的应用性学科。学好本课程为后续的专业课学习奠定了基础。建筑施工技术、建筑结构、工程预算等专业课都离不开建筑材料。

通过本课程的学习，使初学者具有建筑材料的基础知识和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力；并能根据建筑材料的规范标准对材料进行检验。实验课是本课程的重要教学环节，其任务是为了进一步了解材料的性能和掌握检测方法，培养动手能力以及严谨的科学态度，提高分析问题和解决问题的能力。

建筑材料的内容庞杂，许多内容是定性的描述或经验的总结。根据本课程的特点，明确学习目的是正确应用材料，而材料的性质决定应用，所以材料性质是本门课学习的中心环节，其次了解影响材料性质的因素。抓住这两条线索，不仅易于掌握课程的基本内容，并可按此线索不断扩大材料性质的知识。另外，本课程是实践性很强的课程，注意理论联系实际。利用一切机会注意观察周围已经建成和正在建设的工程，在实践中验证和补充书本知识。

项目一 建筑材料基本性质

能力目标

- 掌握材料的物理性质及特点
- 掌握材料的力学性质
- 了解材料的耐久性

任务驱动

任务一 材料的基本物理性质

任务导航

本任务主要学习材料的基本物理性质，包括与质量有关的性能、与水有关的性能、热工性能、声学性能等内容。

一、材料与质量有关的性能

1. 三种密度

(1) 实际密度

实际密度（简称密度）是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，按下式计算：

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

式中： ρ ——实际密度（ g/cm^3 ）；

m ——材料在干燥状态下的质量（ g ）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（ cm^3 ）。

绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙在内的固体物质的体积。测定材料密度时，可采取不同方法。对钢材、玻璃、铸铁等接近于绝对密实的材料，可用排水（液）法；而绝大多数材料内部都含有一定孔隙时测定其密度时应把材料磨成细粉（至粒径小于 0.2mm ）以排除其内部孔隙，然后用排水（液）法测定其实际体积，再计算其绝对密度；水泥、石膏粉等材料本身是粉末态，就可以直接采用排水（液）法测定。

在测量某些较致密的不规则的散粒材料（如卵石、砂等）的实际密度时，常直接用排水法测其绝对体积的近似值（因颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除），这时所测得的实际密度为近似密度，即视密度（ ρ' ）。

(2) 体积密度

体积密度（亦称表观密度）是指材料在自然状态下单位体积的质量，按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中： ρ_0 ——体积密度（ g/cm^3 或 kg/m^3 ）；

m ——材料的质量（ g 或 kg ）；

V_0 ——材料在自然状态下的体积，或称表观体积（ cm^3 或 m^3 ）。

自然状态下的体积即表观体积，包含材料内部孔隙（开口孔隙和封闭空隙）在内。对外形规则的材料，其几何体积即为表观体积；对外形不规则的材料，可用排水（液）法测定，但在测定前，待测材料表面应用薄蜡层密封，以免测液进入材料内部孔隙而影响测定值。

材料孔隙内含有水分时，其质量和体积会发生变化，相同材料在不同含水状态下其表观密度也不相同，因此，表观密度应注明材料含水状态，若无特别说明，常指气干状态（材料含水率与大气湿度相平衡，但未达到饱和状态）下的表观密度。

(3) 堆积密度

堆积密度是指散粒（粉状、粒状或纤维状）材料在自然堆积状态下单位体积的质量，按下式计算：

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0'} \tag{1-3}$$

式中： ρ_0' ——堆积密度（ kg/m^3 ）；

m ——材料的质量（ kg ）；

V' ——材料的堆积体积（ m^3 ）。

自然堆积状态下的体积即堆积体积，包含颗粒内部的孔隙及颗粒之间的空隙，如图 1-1 所示。测定散粒状材料的堆积密度时，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。

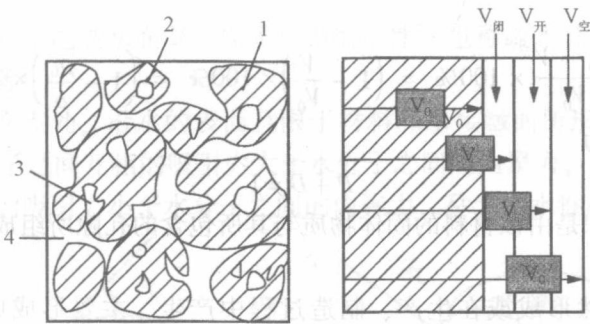


图 1-1 材料孔（空）隙及体积示意图

1 - 固体物质；2 - 闭口孔隙；3 - 开口孔隙；4 - 颗粒间隙

在建筑工程中，计算材料用量、构件自重、配料以及确定堆放空间时，经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等参数。常用建筑材料的有关参数见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密度 ρ / (g/cm^3)	表观密度 ρ_0 / (kg/m^3)	堆积密度 ρ_0' / (kg/m^3)	孔隙率/%
石灰岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—	—
花岗石	2.6 ~ 2.9	2 500 ~ 2 800	—	0.5 ~ 3.0
碎石（石灰岩）	2.60	—	1 400 ~ 1 700	—
砂	2.60	—	1 450 ~ 1 650	—
黏 土	2.60	—	1 600 ~ 1 800	—
普通黏土砖	2.5 ~ 2.8	1 600 ~ 1 800	—	20 ~ 40
黏土空心砖	2.50	1 000 ~ 1 400	—	—
水 泥	3.10	—	1 200 ~ 1 300	—

续表

材 料	密度 ρ / (g/cm^3)	表观密度 ρ_0 / (kg/m^3)	堆积密度 ρ_0' / (kg/m^3)	孔隙率 / %
普通混凝土	—	2 100 ~ 2 600	—	5 ~ 20
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1 900	—	—
木 材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢 材	7.85	7 850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—
玻 璃	2.55	—	—	—

2. 材料的密实度与孔隙率

(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：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \tag{1-4}$$

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

孔隙率是指在材料体积内孔隙总体积（ V_p ）占材料总体积（ V_0 ）的百分率，以 P 表示。因 $V_p = V_0 - V$ ，则 P 值可用下式计算：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \tag{1-5}$$

孔隙率与密实度的关系为

$$P + D = 1 \tag{1-6}$$

上式表明，材料的总体积是由该材料的固体物质与其所包含的孔隙所组成的。

(3) 材料的孔隙

材料内部孔隙一般是自然形成或在生产、制造过程中产生。主要形成原因包括：材料内部混入水（如混凝土、砂浆、石膏制品）；自然冷却作用（如浮石、火山渣）；外加剂作用（如加气混凝土、泡沫塑料）；焙烧作用（如膨胀珍珠岩颗粒、烧结砖）等。

材料的孔隙构造特征对建筑材料的各种基本性质具有重要的影响，一般可由孔隙率、孔隙连通性和孔隙直径 3 个指标来描述。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、绝热效果好。孔隙率是指孔隙在材料体积中所占的比例。孔隙按其连通性可分为连通孔、封闭孔和半连通孔（或半封闭孔）。连通孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都连通的孔隙（如木材、矿渣）；封闭孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都不连通的孔隙（如发泡聚苯乙烯、陶粒）；介于两者之间的称为半连通孔或半封闭孔。一般情况下，连通孔对材料的吸水性、吸声性影响较大，而封闭孔对材料的保温隔热性能影响较大。孔隙按其直径的大小可分为粗大孔、毛细孔、微孔。粗大孔是指直径大于毫米级的孔隙，这类孔隙对材料的密度、强度等性能影响较大，如矿渣。毛细孔是指直径在微米至毫米级的孔隙，对水具有强烈的毛细作用，主要影响材料的吸水性、抗冻性等性能，这类孔在多数材料内都存在，如混凝土、石膏等。微孔的直径在微米级以下，其直径微小，对材料的性能反而影响不大，如瓷质及炻质陶瓷。几种常用建筑材料的孔隙率见表 1-1。

3. 材料的填充率与空隙率

(1) 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中被其颗粒填充的程度，以 D' 表示。可用下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

(2) 空隙率

空隙率,是指散粒材料在某容器的堆积体积中,颗粒之间的空隙体积(V_a)占堆积体积的百分率,以 P' 表示。因,则 P' 值可用下式计算:

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V_0'}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \quad (1-8)$$

即

$$D' + P' = 1 \quad (1-9)$$

空隙率反映了散粒材料颗粒之间的相互填充的致密程度,对于混凝土的粗、细骨料,空隙率越小,说明其颗粒大小搭配得越合理,用其配制的混凝土越密实,水泥也越节约。配制混凝土时,砂、石空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

二、材料与水有关的性能

1. 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,可将材料分为亲水性和憎水性(或称疏水性)两大类。

材料在空气中与水接触时能被水润湿的性质称为亲水性。具有这种性质的材料称为亲水性材料,如砖、混凝土、木材等。

材料在空气中与水接触时不能被水润湿的性质称为憎水性(也称疏水性)。具有这种性质的材料称为疏水性材料,如沥青、石蜡等。

在材料、水和空气三者交点处,沿水的表面且限于材料和水接触面所形成的夹角称为“润湿角”。当 $\theta \leq 90^\circ$ 时材料分子与水分子之间互相的吸引力大于水分子之间的内聚力,称为亲水性材料;当 $\theta > 90^\circ$,材料分子与水分子之间互相的吸引力小于水分子之间的内聚力,称为憎水性材料,如图1-2所示。

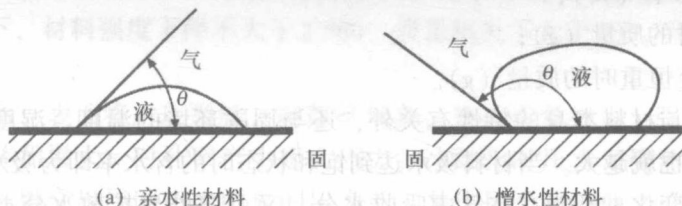


图1-2 材料的润湿示意图

大多数建筑材料(如石料、砖及砌块、混凝土、木材等)都属于亲水性材料,其表面均能被水润湿,且能通过毛细管作用将水吸入材料的毛细管内部。沥青、石蜡等属于憎水性材料,其表面不能被水润湿,该类材料一般能阻止水分渗入毛细管中,因而能降低材料的吸水性。憎水性材料不仅可用作防水材料,而且还可用于亲水性材料的表面处理以降低其吸水性。

2. 吸水性

材料在浸水状态下吸入水分的能力称为吸水性。吸水性的多少,以吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率是指材料吸水饱和时其所吸收水分的质量占材料干燥时质量的百分率,可按下式计算:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中: $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率(%);

$m_{\text{湿}}$ ——材料吸水饱和后的质量(g);

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重的质量(g)。

体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度,即材料吸水饱和时所吸收水分的体积占干燥材料自然

体积的百分率,可按下式计算:

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_0} \times 100\% = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (1-11)$$

式中: $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%);

$m_{\text{水}}$ ——材料在吸水饱和时水的体积(cm^3);

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3);

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水的密度(g/cm^3),在常温下 $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系:

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \cdot \rho_0 \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = W_{\text{质}} \cdot \rho_0 \quad (1-12)$$

式中: ρ_0 ——材料干燥状态的表观密度(g/cm^3)。

材料吸水性不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的,还与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。封闭的孔隙实际上是不吸水的,只有那些开口而尤以毛细管连通的孔才是吸水最强的。粗大开口的孔隙,水分又不易存留,难以吸足水分,故材料的体积吸水率常小于孔隙率,这类材料常用质量吸水率表示它的吸水性。而对于某些轻质材料,如加气混凝土、软木等,由于具有很多开口而微小的孔隙,所以它的质量吸水率往往超过100%,即湿质量为干质量的几倍,在这种情况下,最好用体积吸水率表示其吸水性。

材料在吸水后,原有的许多性能会发生改变,如强度降低、表观密度加大、保湿性变差,甚至有的材料会因吸水发生化学反应而变质。因此,吸水率大对材料性能是不利的。

3. 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收空气中水分的性质,称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示。材料所含水的质量占材料干燥质量的百分数,称为材料的含水率,可按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-13)$$

式中: $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%);

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量(g);

$m_{\text{干}}$ ——材料干燥至恒重时的质量(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。当材料吸水达到饱和状态时的含水率即为吸水率。

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,它随环境温度和湿度的变化而改变。

4. 耐水性

材料长期在饱和水作用下而不破坏,其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表示,可按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (1-14)$$

式中: $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在水饱和状态下的抗压强度(MPa);

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

材料的软化系数反映了材料吸水后强度降低的程度,其值在0~1之间。 $K_{\text{软}}$ 越小,耐水性越差,故 $K_{\text{软}}$ 值可作为处于严重受水侵蚀或潮湿环境下的重要结构物选择材料时的主要依据。处于水中的重要结构物,其材料的 $K_{\text{软}}$ 值应不小于0.85~0.90;次要的或受潮较轻的结构物,其 $K_{\text{软}}$ 值应不小于0.75~0.85;对于经常处于干燥环境的结构物,可不考虑 $K_{\text{软}}$ 。通常认为 $K_{\text{软}}$ 大于0.80的材料是耐水材料。

5. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性（或不透水性），可用渗透系数 K 表示。

达西定律表明，在一定时间内，透过材料试件的水量与试件的断面积及水头差（液压）成正比，与试件的厚度成反比，即：

$$W = K \frac{h}{d} At \text{ 或 } K = \frac{Wd}{Ath} \quad (1-15)$$

式中： K ——渗透系数（cm/h）；

W ——透过材料试件的水量（cm³）；

t ——透水时间（h）；

A ——透水面积（cm²）；

h ——静水压力水头（cm）；

d ——试件厚度（cm）。

渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的性质，渗透系数越大，材料的抗渗性越差。

建筑中大量使用的砂浆、混凝土等材料，其抗渗性用抗渗等级表示。抗渗等级用材料抵抗的最大水压力来表示，如 P6、P8、P10、P12 等，分别表示材料可抵抗 0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa、1.2MPa 的水压力而不渗水。抗渗等级越大，材料的抗渗性越好。

材料抗渗性的好坏与材料的孔隙率和孔隙特征有密切关系。孔隙率很小而且是封闭孔隙的材料具有较高的抗渗性。对于地下建筑及水上构筑物，因常受到压力水的作用，故要求其材料具有一定的抗渗性；对于防水材料，则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质，也属于抗渗性。

6. 抗冻性

材料在吸水饱和状态下，能经受多次冻结和融化作用（冻融循环）而不破坏，同时也不严重降低强度，质量也不显著减少的性质，称为抗冻性。一般建筑材料如混凝土抗冻性常用抗冻等级 F 表示。抗冻等级是以规定的试件在规定试验条件下，测得其强度降低不超过规定值，并无明显损坏和剥落时所能经受的冻融循环次数来确定的，用符号“ F ”加数字表示，其中数字为最大冻融循环次数。例如，抗冻等级 F_{10} 表示在标准试验条件下，材料强度下降不大于 2500，质量损失不大于 500，所能经受的冻融循环的次数最多为 10 次。

材料经多次冻融循环后，表面将出现裂纹、剥落等现象，造成质量损失、强度降低。这是由于材料内部孔隙中的水分结冰时体积增大，对孔壁产生很大压力，冰融化时压力又骤然消失所致。无论是冻结还是融化过程都会使材料冻融交界层间产生明显的压力差，并作用于孔壁使之遭损。对于冬季室外计算温度低于 -10℃ 的地区，工程中使用的材料必须进行抗冻试验。

材料抗冻等级的选择是根据建筑物的种类、材料的使用条件和部位、当地的气候条件等因素决定的。例如烧结普通砖、陶瓷面砖、轻混凝土等墙体材料，一般要求抗冻等级材料经多次冻融交替作用后，表面将出现剥落、裂纹，产生质量损失，强度也将会降低。冰冻对材料的破坏作用，是由于材料孔隙内的水结冰时体积膨胀（约增大 9%）而引起孔壁受力破裂所致。所以，材料抗冻性的高低，决定于材料的吸水饱和程度和材料对结冰时体积膨胀所产生的压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料，对于抵抗温度变化、干湿交替等破坏作用的性能也较强。所以，抗冻性常作为考查材料耐久性的一个指标。处于温暖地区的建筑物，虽无冰冻作用，但为抵抗大气的作用，确保建筑物的耐久性，有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

三、材料的热工性能

在建筑中，建筑材料除了须满足必要的强度及其他性能要求外，为了节约建筑物的使用能耗以及为生产和生活创造适宜的条件，常要求材料具有一定的热性质以维持室内温度。常考虑的热性质有材料的导热性、热容量、保湿隔热性能和热变形性等。

1. 导热性

材料传导热量的能力称为导热性。材料导热能力的大小可用导热系数(λ)表示。导热系数在数值上等于厚度为1m的材料,当其相对两侧表面的温度差为1K时,经单位面积(1m^2)单位时间(1s)所通过的热量,可用下式表示:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)} \quad (1-16)$$

式中: λ ——导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

Q ——传导的热量 (J);

A ——热传导面积 (m^2);

δ ——材料厚度 (m);

t ——热传导时间 (s);

$T_2 - T_1$ ——材料两侧温差 (K)。

材料的导热系数越小,绝热性能越好。各种建筑材料的导热系数差别很大,大致在 $0.035 \sim 3.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 之间。典型材料导热系数见表1-2。材料的导热系数与其内部孔隙构造有密切关系。由于密闭空气的导热系数很小,仅 $0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,所以,材料的孔隙率较大者其导热系数较小,但如孔隙粗大而贯通,由于对流作用的影响,材料的导热系数反而增高。材料受潮或受冻后,其导热系数会大大提高,这是由于水和冰的导热系数比空气的导热系数高很多,分别为 $0.58 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 和 $2.20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。因此,绝热材料应经常处于干燥状态,以利于发挥材料的绝热性能。

2. 热容量

材料加热时吸收热量、冷却时放出热量的性质称为热容量。热容量大小用比热容(也称热容量系数,简称比热)表示。比热容表示1g材料温度升高1K时所吸收的热量,或降低1K时放出的热量。材料吸收或放出的热量和比热可由下式计算:

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (1-17)$$

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-18)$$

式中: Q ——材料吸收或放出的热量 (J);

c ——材料的比热 [$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$];

m ——材料的质量 (g);

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温差 (K)。

比热是反映材料的吸热或放热能力大小的物理量。不同材料的比热不同,即使是同一种材料,由于所处物态不同,其比热也不同。例如,水的比热为 $4.186 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$,而结冰后比热则是 $2.093 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 。 c 与 m 的乘积,即 $c \cdot m$ 为材料的热容量值。采用热容量大的材料,对于保持室内温度具有很大意义。如果采用热容量大的材料做维护结构材料,能在热流变动或采暖设备供热不均匀时缓和室内的温度波动,不会使人有忽冷忽热的感觉。常用建筑材料的比热见表1-2。

表1-2 常用建筑材料及物质的热工性质

材料名称	钢材	混凝土	松木	烧结普通砖	花岗石	密闭空气	水
比热/ $[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$	0.48	0.84	2.72	0.88	0.92	1.00	4.18
导热系数/ $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	58	1.51	1.17~0.35	0.80	3.49	0.023	0.58

3. 材料的保温隔热性能

在建筑工程中常把 $1/\lambda$ 称为材料的热阻,用 R 表示,单位为 $(\text{m} \cdot \text{K})/\text{W}$ 。导热系数 λ 和热阻 R 都是评定建筑材料保温隔热性能的重要指标。人们常习惯把防止室内热量的散失称为保温,把防止外部热量的进入称为隔热,将保温隔热统称为绝热。

材料的导热系数越小,其热阻值越大,则材料的导热性能越差,其保温隔热性能越好,所以常将 $\lambda \leq$