



高等职业教育工程造价专业“十一五”规划教材

建筑材料

李伟华 主编

JIANZHU CAILIAO



配电子课件

高等职业教育工程造价专业“十一五”规划教材

建 筑 材 料

主 编 李伟华
副主编 武可娟 宇文利
参 编 叶 敏 郑 华



机械工业出版社

“建筑材料”是工程造价专业必修的专业基础课之一,是该专业学生应具备的重要基本专业知识和专业技能,同时也是后续课程的必需基础知识。本书在编写过程中,紧扣工程造价专业的培养目标,认真贯彻培养应用型人才的高职教育理念,体现新颖与实用的特色。同时采用最新的建筑行业材料标准及验收规范、设计规范、施工规范,强调以理论知识够用为度,注重知识的运用与动手能力的培养。

本书可作为高等职业院校工程造价及相关专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/李伟华主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 4

高等职业教育工程造价专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-30223-0

I. ①建… II. ①李… III. ①建筑材料-高等学校:技术学校-教材
IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 053820 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:覃密道 责任编辑:李 鑫 责任校对:樊钟英

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 15.5 印张 · 381 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30223-0

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国高等职业技术教育的快速发展,工程造价专业对人们的吸引力越来越大,然而教材体系的实用性、适用性、针对性和地域性有待完善,因此我们编写了本书。

建筑材料是土建类各专业一门重要的技术型基础课,本书主要介绍了建筑材料的常用品种、性质和应用、技术标准、检验方法以及保管常识。在编写过程中,一方面,我们采用最新的技术标准和规范;另一方面,考虑到工程造价专业的培养目标,合理调整教学内容和授课的深度,提高教材的针对性。同时考虑学生将来就业的需要,突出理论与实践相结合,强化能力的培养,更加强化工程实际的需要。

本书由石家庄职业技术学院李伟华主编,武可娟、宇文利担任副主编,其中李伟华编写第1章、第3章、第5章、第10章及各章相关的试验部分,石家庄职业技术学院宇文利编写第2章,日照职业技术学院武可娟编写第4章、第8章及各章相关的试验部分,漳州职业技术学院叶敏编写第6章、第7章、第9章、第12章及各章相关的试验部分,周口职业技术学院郑华编写第11章、第13章,石家庄职业技术学院林华参与了部分资料的收集及整理工作。各章内容及建议学时分配见下表。

序 号	内 容	学时分配	
		理论	试验
第1章	绪论	1	—
第2章	建筑材料的基本性质	3	—
第3章	气硬性胶凝材料	2	—
第4章	水泥	4	4
第5章	混凝土	8	4 + 4
第6章	建筑砂浆	3	2
第7章	墙体与屋面材料	4	2
第8章	建筑金属	6	2
第9章	木材	2	—
第10章	防水材料	4	2
第11章	建筑塑料	2	—
第12章	绝热材料和吸声材料	2	—
第13章	建筑装饰材料	4	—
合 计		45	20

在编写过程中,参考了相关的教材和标准规范,对于其编写人员表示感谢。由于时间仓促,编者水平有限,书中错漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 建筑材料的定义和分类	1
1.2 建筑材料在工程建设中的地位	2
1.3 我国建筑材料的发展概况和趋势	2
1.4 建筑材料的技术标准	3
1.5 建筑材料课程的性质、目的、任务和学习方法	4
第2章 建筑材料的基本性质	5
2.1 建筑材料的物理性质	5
2.2 建筑材料的力学性质	13
2.3 建筑材料的耐久性	15
本章小结	16
复习思考题	16
练习题	16
第3章 气硬性胶凝材料	18
3.1 石灰	18
3.2 建筑石膏	21
3.3 水玻璃	25
3.4 菱苦土	26
本章小结	27
复习思考题	27
第4章 水泥	29
4.1 硅酸盐水泥	30
4.2 掺混合材料的水泥	35
4.3 其他品种的水泥	41
4.4 水泥的质量验收与检验	44
本章小结	45
复习思考题	46
第5章 混凝土	47
5.1 混凝土概述	47
5.2 普通混凝土的组成材料及质量要求	48
5.3 普通混凝土的主要技术性质	56
5.4 混凝土外加剂	67
5.5 普通混凝土的配合比设计	71



5.6 其他品种混凝土	78
本章小结	82
复习思考题	83
练习题	84
第6章 建筑砂浆	86
6.1 砂浆的组成材料	86
6.2 砌筑砂浆的技术性质	87
6.3 其他砂浆	90
本章小结	92
复习思考题	93
练习题	93
第7章 墙体与屋面材料	94
7.1 砌墙砖	94
7.2 墙用砌块	99
7.3 墙用板材及屋面板材	101
本章小结	103
复习思考题	104
练习题	105
第8章 建筑金属	106
8.1 建筑钢材概述	106
8.2 钢材的力学性能	107
8.3 建筑钢材的标准与选用	112
8.4 钢材的防火与防腐	124
8.5 建筑铝材	125
8.6 铜和铜合金	128
本章小结	129
复习思考题	129
第9章 木材	131
9.1 木材的基本知识	131
9.2 木材在建筑工程中的综合利用	134
本章小结	137
复习思考题	138
第10章 防水材料	139
10.1 沥青	139
10.2 防水卷材	144
10.3 防水涂料	152
10.4 防水材料的选用与验收	160
10.5 建筑防水密封材料	161
本章小结	165



复习思考题	165
第 11 章 建筑塑料	167
11.1 塑料的组成及分类	167
11.2 塑料的性质及常用品种	168
11.3 建筑胶粘剂	172
本章小结	173
复习思考题	174
第 12 章 绝热材料和吸声材料	175
12.1 绝热材料	175
12.2 吸声材料	178
本章小结	181
复习思考题	181
第 13 章 建筑装饰材料	182
13.1 建筑装饰材料的基本要求及选用原则	182
13.2 建筑玻璃	184
13.3 建筑陶瓷	187
13.4 建筑涂料	189
13.5 建筑饰面石材	194
本章小结	195
复习思考题	196
第 14 章 建筑材料常规性能检验试验	197
14.1 水泥的基本性质试验	197
14.2 混凝土用砂、石骨料试验	205
14.3 普通混凝土技术性质试验	214
14.4 建筑砂浆试验	220
14.5 砌墙砖试验	223
14.6 建筑钢材试验（钢材的力学性能试验）	228
14.7 石油沥青试验	231
14.8 防水卷材性能检验	235
参考文献	240

第1章 绪 论



学习目标

掌握建筑材料的含义和分类，熟悉常用建筑材料的技术标准，了解建筑材料在建筑工程中的地位及其特点，以及建筑材料的发展概况。

1.1 建筑材料的定义和分类

广义地讲，建筑材料应该包含建筑工程中所使用的所有材料和制品，它是一切建筑工程的物质基础。本书所讨论的建筑材料是指狭义的范畴，即在建筑工程中用到的，并且最终构成建筑物或构筑物的某一部位（如地基、基础、梁、楼板、柱、墙体、地面、屋面等），以及在建筑装饰中使用的各种材料。

建筑材料品种丰富，种类繁多，为了研究、使用、阐述方便，常从不同角度将建筑材料予以分类。

1. 按照化学成分分类

按照材料的化学成分不同可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。具体见表1-1。

表 1-1 建筑材料分类

分 类			举 例
无机材料	金属材料		铁、钢、不锈钢、铝、铜及其合金
	非金属材料	天然石材	砂、石子、砌筑石材、装饰板材
		烧土制品	砖、瓦、陶瓷、琉璃制品
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃纤维、玻璃布、矿棉、岩棉
		胶凝材料	石灰、石膏、水泥、水玻璃、菱苦土
		混凝土及硅酸盐制品	砂浆、混凝土、硅酸盐制品
有机材料	植物材料		木材、竹材、苇材及其制品
	沥青材料		石油沥青、煤沥青、沥青制品
	合成高分子材料		塑料、橡胶、涂料、胶粘剂、合成高分子防水材料
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合		玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土
	金属材料与无机非金属材料复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土
	金属材料与有机材料的复合		彩色夹芯复合钢板、塑钢门窗材料、铝塑管材

2. 按照使用功能分类

按照材料的使用功能不同，可以分为结构材料、围护材料、功能材料等三类。

(1) 结构材料 结构材料是指构成建筑物或构筑物的受力构件或结构（如梁、板、柱、地基、基础、框架等）部位所使用的材料。这类材料要求必须具有足够的强度和耐久性。



从传统的“秦砖、汉瓦”、木材，到现代的钢筋混凝土、钢材等，代表了这类材料的发展。这类材料在技术要求上主要强调其强度和耐久性。

(2) 围护材料 围护材料是指用于建筑物围护部位的材料，如墙体、门窗、屋面等部位所用的材料。这类材料不仅要求具有一定的强度和耐久性，同时要求具有良好的防水、防风、保温、隔热、隔声、蓄热等多种功能，以适应现代建筑的功能需要。尤其是现在为满足建筑节能目标的实现，保温隔热和防水性能的改善是这类材料发展的主导方向。常见的围护材料有砖、砌块、混凝土，以及各种墙板、屋面板等。

(3) 功能材料 功能材料是指具有某种特殊建筑功能的材料，如防水材料、绝热材料、吸声材料、隔声材料、装饰材料、采光材料等。这类材料是建筑材料发展的亮点，随着现代建筑功能要求的提高，新型材料不断出现，品种丰富。

1.2 建筑材料在工程建设中的地位

建筑材料是一切建筑工程的物质基础，材料的性能、质量以及价格直接影响到建筑的质量和成本，关系到建筑物的功能适用性、结构安全性、经济合理性和美观性。每一种新型材料的出现和应用，都会带来建筑设计、建筑施工技术的变革，改进建筑物的使用功能和质量，当然对建筑成本影响也很大。有些新材料的出现，在代替现用材料的同时，会导致成本提高。比如，节能材料的出现有些是为了降低建筑物的建造和使用成本，但一次投入的费用会有所提高。有些材料在改进生产工艺的同时，也可以节约建造成本，比如外加剂的研发和应用，改进了混凝土和砂浆的技术性能，同时也为泵送工艺的推广提供了有利条件，而且外加剂的大量应用也降低了混凝土的施工成本。

建筑材料和建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工等一样，是建筑工程学科的一部分，而且是极为重要的部分。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用的建筑材料融合在一起。结构工程师只有很好地了解建筑材料的性能后，才能根据力学计算，准确地确定建筑构件的尺寸，并创造出先进的结构形式。建筑经济预算工程师为了降低造价，节省投资，在基本建设中，首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。建筑施工和安装的全过程，实质上是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程，它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等诸方面。总之，从事建筑工程的技术人员都必须了解和掌握建筑材料的有关技术知识，而且应使所用的材料都能最大限度地发挥其效能，并合理、经济地满足建筑工程中的各种要求。

设计、材料、结构、施工四者是密切相关的。从根本上说，材料是基础，材料决定了设计和施工方法。新材料的出现，可以促使建筑形式的变化、结构设计和施工技术的革新。

1.3 我国建筑材料的发展概况和趋势

建筑材料科学的发展，是随着社会生产力的发展而发展的。建筑材料的发展标志着建筑业发展的水平，新材料、新工艺、新技术的开发利用推动着建筑的发展和进步。

古老的原始社会，人们穴居巢处，利用天然材料满足基本的遮风避雨的生存需求；而后简单的伐木搭棚，出现了主动改善生存条件的意识。随着生产力的不断发展，建筑材料日新月异。



月异。从古代的万里长城,到福建泉州的洛阳桥、山西应县的木塔、西安的兵马俑、山西五台山的佛光寺木结构大殿,都充分说明了中国人在材料的生产、使用以及施工方面的伟大智慧。

建国以后,特别是改革开放以来,我国的建筑材料工业得到迅猛发展,形成了从少品种到多品种、从单一功能到多功能的复合材料生产能力,水泥、平板玻璃、建筑和卫生陶瓷的产量位居世界第一。但是不得不承认,我国目前建筑材料品种的产量大,但科技含量和产品质量档次却不高,而且生产行业的高能耗,对生态环境的破坏不容忽视。因此今后应该更多研制开发节能节地、减少污染的高性能、绿色环保的新型建筑材料,走可持续发展之路。

目前新型建筑材料主要的发展方向体现在墙体材料和装饰材料、防水材料、保温材料等功能材料方面。全国范围内取缔粘土砖、装饰材料的环境检测十项规定、防水材料质量保证期三大举措是走可持续发展、开发绿色建材的开端。墙体材料逐渐被节能、利废、隔热、高强的空心化、大块产品所取代。防水材料向耐气候、高弹性、环保性发展,由单一的沥青材料发展为高分子改性沥青防水材料、合成高分子防水材料的多品种共存,以及发展绿色环保的无机—有机复合的防水材料,如防水瓦、防水涂料。装饰材料更是品种丰富、色彩多样、尺寸多,逐渐向装饰性、功能性、适用性、环保性、耐久性方向发展。

1.4 建筑材料的技术标准

建筑材料的质量对工程质量影响很大,因此在生产和使用过程中必须严格控制材料的质量。而在实际应用中,即使是同一品种的材料,产品种类也很多,质量水平相差很大,为了适应现代化生产和科学管理,对每一种产品必须建立统一的技术标准。建筑材料的技术标准是材料生产和使用单位检验,确定材料质量是否合格的技术文件,其主要内容包括产品的规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志,以及运输和储存注意事项等。

在我国,技术标准分为四类:国家标准、行业或部门标准、地方标准、企业标准。

(1) 国家标准 国家标准在全国范围通用,由国家标准化行政主管部门编制,国家质量监督检验检疫总局审批并颁布。国家标准具有指导性和权威性,其代号为 GB 或 GB/T,前者为强制执行的国家标准,后者为推荐性执行的国家标准。

(2) 行业或部门标准 行业或部门标准在全国性的行业范围通用,当没有国家标准而又需要在全国某个行业统一技术要求时制定,由中央部委标准机构指定有关的研究机构、院校或企业等起草,报主管部门审批,国家质量监督检验检疫总局备案后发布。其代号按相应的部委名称而定,如 JC 是指建筑材料行业标准。当国家有相应的标准时,该行业标准废止。

(3) 地方标准 地方标准在某地区范围内执行,凡是没有国家标准和行业标准时,可以由相应地区根据生产厂家或企业的技术力量,以能保证产品质量的水平,制定有关的标准。

(4) 企业标准 企业标准只限于本企业内部使用,在没有国家标准和行业标准时,企业为了控制生产质量而制定的技术标准,必须以保证材料质量,满足使用要求为目的。

各类技术标准都具有时效性,会随技术水平的进步不断地更新,因此作为技术人员必须要及时掌握最新的各类技术标准版本。



1.5 建筑材料课程的性质、目的、任务和学习方法

建筑材料是工程监理、工程造价等土建类各专业的技术基础课，涉及工程中常用的建筑材料，内容多而杂。

通过这门课程的学习，一是为学习建筑构造、建筑施工、建筑结构等课程提供必要的材料知识；二是掌握一定的材料的检验、鉴别方法，为今后走向社会从事技术工作，学得一技之长。因此学生应该掌握材料的性能和应用的理论知识，了解有关材料的技术标准和相应的验收规范，掌握材料的检测技能，能够初步做到正确选材、合理用材、准确鉴别材料。

在学习中，学生必须注意掌握一定的学习方法，才能达到学习目的。首先要理论联系实际，积极主动地参观材料市场和施工现场，获得感性认识，这是提高学习兴趣和学习效果的必要途径；其次，重视试验课程教学环节，试验教学是加强学生职业道德，培养学生材料性能检测技能的重要环节。

第2章 建筑材料的基本性质



学习目标

掌握建筑材料的各种基本性质的含义、衡量指标，以及影响因素，并在此基础上，判断材料的技术性能和使用环境是否相适应，为今后进一步学习各种材料的应用打下基础，能够正确选择和合理使用。

建筑材料是构成建筑物的物质基础，直接影响建筑物的结构安全和使用功能，同时也关系到建筑物的建造成本。建筑物对处于不同环境和使用部位的材料有不同的性质要求，比如梁、板、柱、基础、承重墙等属于建筑物的承重构件，其性能和质量决定了建筑物的安全和使用寿命，因此要求这些部位的构成材料必须具有较高的力学强度和抗变形能力，以保证建筑物具有足够的安全性和较长的使用年限；而处于建筑物围护部位的墙体、屋面等，则必须具有良好的防风挡雨、保温隔热的功能，因此目前我国大力倡导建筑节能的情况下，对各种墙体和屋面材料提出了更高的保温要求；建筑装饰材料是营造建筑物外观效果和提高基本使用功能的保证，因此要求其必须具有较高的装饰性和环保性。建筑物的耐用年限在很大程度上主要取决于建筑材料的耐久性，选用合适的建筑材料，采用适当的措施，保证材料能够抵抗环境的各种因素和有害介质的腐蚀作用，使建筑物原有性质不发生明显变化，必须了解建筑材料的性质。

建筑材料的性质是多方面的。一般来说，建筑材料的性质分为物理性质、力学性质、化学性质和耐久性四个方面。物理性质是表示材料的物理状态特征与各种物理过程有关的性质，如密度、表观密度、堆积密度、孔隙率、空隙率等，以及亲水性、憎水性、吸水性、抗冻性、抗渗性、吸湿性等与水有关的性质，与热有关的性质如热导率、比热容和热阻等。力学性质表示材料在应力作用下抵抗破坏和变形的性质，如强度、弹性、塑性、韧性及脆性和耐磨性等。化学性质表示材料发生化学变化的能力及抵抗环境腐蚀的能力。耐久性表示材料在使用过程中能够长期保持其原有性质的能力。

本章主要介绍与工程应用直接相关的物理性质、力学性质和耐久性，以便能够判断和分析材料的性能，合理选用。

2.1 建筑材料的物理性质

2.1.1 建筑材料与质量有关的性质

1. 密度

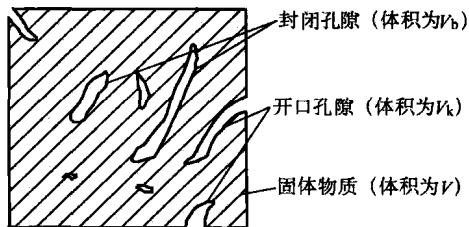
材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，按下式计算

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 ρ ——密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);
 m ——干燥状态下材料的质量 (g 或 kg);
 V ——材料的绝对密实体积 (cm^3 或 m^3)。

材料的密度主要取决于组成物质的原子量和分子结构,原子量越大,分子结构越紧密,密度越大。

建筑材料中除了少数材料(如玻璃、钢材等)接近绝对密实状态以外,大多数材料都含有一定量的孔隙。在测定这些材料的密度时,必须将其磨细至粒径小于 0.2mm ,以排除内部的孔隙,经干燥后用李氏密度瓶测定其体积。测试时,材料磨得越细,孔隙排除越充分,测得的数据越接近于绝对密实体积。对于某些较为致密但形状不规则的材料,可以不经磨细直接排水测得体积,计算得到的密度称为视密度。材料的组成如图 2-1 所示。



材料在自然状态下总体积: $V_0 = V + V_p$ V_p —— 孔隙体积
 孔隙体积: $V_p = V_b + V_k$

图 2-1 材料的体积组成示意图

利用材料的密度可以初步确定材料的品质,用以计算材料的孔隙率和材料的用量。

2. 表观密度

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

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);
 m ——材料的质量 (g 或 kg);
 V_0 ——材料的表观体积 (cm^3 或 m^3)。

V_0 是指材料在自然状态下的体积,简称自然体积或表观体积,包括材料的密实体积(V)和孔隙体积(V_p)。规则形状材料的自然体积可以用几何法计算,不规则形状材料的自然体积采用排液法测得。

材料的表观密度除了与材料的密度有关外,还决定于材料的孔隙率和含水状态,材料孔隙越多,孔隙率越大,表观密度越小;当材料中的开口孔隙越多,含有水分时,材料的体积和质量都会变化,影响表观密度。因此测试时,要注明材料的含水状态,不加说明时是指气干状态下的表观密度。但是在进行材料对比试验时,必须采用绝对干燥状态下的表观密度。

工程上采用表观密度可以推算一定体积的材料用量,也可以计算构件的自重,确定材料的堆放空间等。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒状或粉末状材料,在自然堆积状态下(含颗粒间空隙体积)单位体积的质量,按下式计算

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2-3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

V_0' ——材料的堆积体积 (cm^3 或 m^3)。即材料在自然堆积状态下的体积, 包括密实体积 (V) 和孔隙体积 (V_p) 以及颗粒之间的空隙体积 (V_p')。

测定材料的堆积密度时, 材料的质量就是指填入一定容积的容器内的材料质量, 堆积体积就是容器的容积, 因此, 材料的堆积体积包括颗粒之间的空隙。在实际工程中, 利用堆积密度可以计算材料的空隙率和砂石等散粒状材料的堆放空间。散粒材料的堆积及体积示意图如图 2-2 所示。

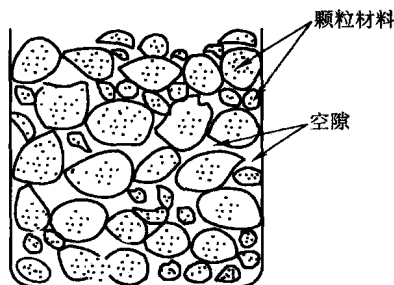


图 2-2 堆积体积示意图

材料的堆积密度大小取决于散粒材料的表观密度、含水率以及堆积的疏密程度。按照装填的疏密程度可以分为自然堆积 (松堆积) 状态和紧密堆积状态两种。在自然堆积状态下称为松堆积密度, 在振实、压实状态下称为紧堆积密度。工程上一般采用规定装填方法测得的松堆积密度来确定材料的堆放空间。松堆积密度小于自然堆积密度。

4. 孔隙率与密实度

孔隙率是指材料内部孔隙体积占材料自然状态下体积的百分数。材料的孔隙率 P 按下式计算

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 V ——材料的绝对密实体积 (cm^3 或 m^3);

V_0 ——材料的表观体积 (cm^3 或 m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

ρ ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

根据材料中孔隙的开口状态可以分为开口孔隙、闭口孔隙, 因此孔隙率又分为开口孔隙率 P_k 、闭口孔隙率 P_b 、总孔隙率 P (简称为孔隙率)。

$$P = P_k + P_b \quad (2-5)$$

材料的孔隙率大小直接反映材料的致密程度, 其大小直接影响材料的组成、结构以及加工工艺, 比如天然石材的加工, 花岗岩孔隙率小, 致密度高, 难以加工成板材, 因此成本较高, 价格就高。材料的许多性能都与材料的孔隙有关, 如孔隙率大, 材料的表观密度、强度就小, 导热性能就差; 同时开口孔隙率高, 材料的吸水性、吸湿性、抗冻性、抗渗性就差。为了提高材料的抗渗性, 有时可有意识地提高闭口孔隙的数量, 减少开口孔隙的数量。因此这些性质不光取决于孔隙率的大小, 还与孔隙的大小、开口状态、连通状态等构造特征有关。

密实度是指构成材料的固体物质体积占自然状态下体积的百分数, 也是反映材料中被固体物质所充实的程度。密实度越大, 材料越致密。密实度按下式计算

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = 1 - P \quad (2-6)$$

式中 V ——材料的绝对密实体积 (cm^3 或 m^3);



V_0 ——材料的表观体积 (cm^3 或 m^3);

D ——材料的密实度;

P ——材料的孔隙率 (%)。

5. 空隙率与填充率

空隙率是指散粒状或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率。空隙率 P' 按下式计算

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-7)$$

式中 V_0' ——材料的自然堆积体积 (cm^3 或 m^3);

V_0 ——材料的表观体积 (cm^3 或 m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

ρ_0' ——材料的自然堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

P' ——材料的空隙率 (%)。

空隙率的大小反映了材料的颗粒之间相互填充的紧密程度,空隙率越大,颗粒之间的空隙越大。空隙率在配置混凝土时可作为控制混凝土粗、细骨料配料和计算混凝土含砂率的依据。

填充率是指装在某一容器的散粒材料,其颗粒填充该容器的程度。用公式表示如下

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-8)$$

$$D' + P' = 1 \quad (2-9)$$

以上所讲的建筑材料的密度、表观密度、堆积密度、空隙率、孔隙率等指标是认识材料、了解材料的性能和应用的重要参数,称之为材料的基本物理性质。常见建筑材料的一些基本物理性质参数见表 2-1。

表 2-1 常见建筑材料的基本物理性质参数

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 P (%)
石灰岩	2.60	1800 ~ 2600	—	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2500 ~ 2800	—	0.5 ~ 3.0
碎石 (石灰岩)	2.60	—	1400 ~ 1700	—
砂	2.60	—	1450 ~ 1650	—
粘土	2.60	—	1600 ~ 1800	—
普通粘土砖	2.50 ~ 2.80	1600 ~ 1800	—	20 ~ 40
粘土空心砖	2.50	1000 ~ 1400	—	—
水泥	3.10	—	1200 ~ 1300	—
普通混凝土	—	2000 ~ 2800	—	5 ~ 20
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1900	—	—
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.85	7850	—	0
玻璃	2.55	—	—	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—



2.1.2 建筑材料与水有关的性质

1. 亲水性和憎水性

材料与水接触时, 根据材料是否能被水润湿的性质, 可分为亲水性和憎水性两类。亲水性是指材料表面能被水润湿的性质; 憎水性是指材料表面不能被水润湿的性质。

当材料与水在空气中接触时, 将出现如图 2-3 所示的两种情况。在材料、水、空气三者相交点处, 沿水滴的表面作切线, 切线与水和材料接触面所成的夹角称为润湿角 (用 θ 表示)。 θ 值越小, 表明材料越易被水润湿。一般认为, 当 $\theta \leq 90^\circ$ 时, 如图 2-3a 所示, 材料表面吸附水分, 能被水润湿, 材料表现出亲水性; 当 $\theta > 90^\circ$ 时, 如图 2-3b 所示, 则材料表面不易吸附水分, 不能被水润湿, 材料表现出憎水性。

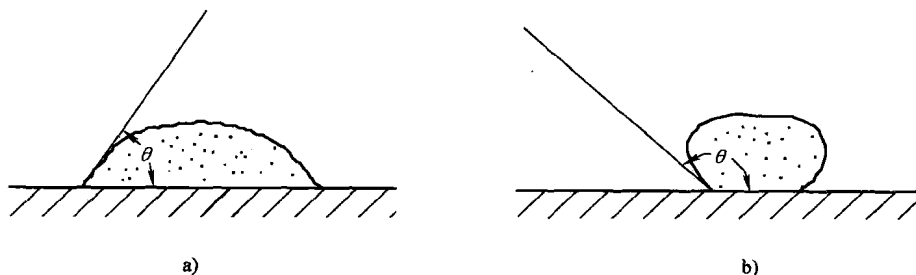


图 2-3 材料被水润湿示意图

a) 亲水性材料 b) 憎水性材料

亲水性材料易被水润湿, 且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中, 从而降低材料的吸水性。建筑材料大多数为亲水性材料, 如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等, 只有少数材料为憎水性材料, 如沥青、石蜡、某些塑料等。建筑工程中憎水性材料常被用作防水材料, 或作为亲水性材料的覆面层, 改变材料的亲水状态, 以提高其防水、防潮性能。

2. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的用吸水率表示, 吸水率有两种表示方法: 质量吸水率和体积吸水率。

(1) 质量吸水率 材料在吸水饱和时, 所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分数。按下式计算

$$W_m = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-10)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率 (%);

$m_{\text{湿}}$ ——材料在饱和水状态下的质量 (g);

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量 (g)。

(2) 体积吸水率 材料在吸水饱和时, 所吸收水分的体积占干燥材料总体积的百分率。用公式表示如下

$$W_v = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{水}}} \times 100\% \quad (2-11)$$

式中 W_V ——材料的体积吸水率 (%)；

V_0 ——干燥材料的总体积 (cm^3)；

$\rho_{\text{水}}$ ——水的密度 (g/cm^3)。常温下水的密度为 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率的关系为

$$W_V = W_m \times \rho_0 \quad (2-12)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度 (g/cm^3)。

材料的吸水率反映了材料在标准测试方法下吸收水分的能力，是一个固定值。常用的建筑材料，其吸水率一般采用质量吸水率表示。对于某些轻质材料，如加气混凝土、木材等，由于其质量吸水率往往超过 100%，一般采用体积吸水率表示。

材料吸水率的大小，不仅与材料的亲水性或憎水性有关，而且与材料的孔隙率和孔隙特征有关。材料所吸收的水分是通过开口孔隙吸入的。一般而言，孔隙率越大，开口孔隙越多，则材料的吸水率越大；但如果开口孔隙粗大，则不易存留水分，即使孔隙率较大，材料的吸水率也较小；另外，封闭孔隙水分不能进入，吸水率也较小。

材料吸水后给材料带来一系列不良的影响，比如，保温隔热性下降、体积膨胀、强度降低、抗冻性变差、耐腐蚀性降低等。

3. 吸湿性

材料在潮湿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，按下式计算

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-13)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率；

$m_{\text{含}}$ ——材料在吸湿状态下的质量 (g)；

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量 (g)。

材料的含水率随空气的温度、湿度变化而改变。材料既能在空气中吸收水分，又能向外界释放水分，当材料中的水分与空气的湿度达到平衡，此时的含水率就称为平衡含水率。一般情况下，材料的含水率多指平衡含水率。当材料内部孔隙吸水达到饱和时，此时材料的含水率等于吸水率。材料吸水后，会导致自重增加、保温隔热性能降低、强度和耐久性产生不同程度的下降。材料含水率的变化会引起体积的变化，影响使用。

4. 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏，强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料耐水性用软化系数 $K_{\text{软}}$ 表示，按下式计算

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (2-14)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$f_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水状态下的抗压强度 (MPa)；

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数的大小反映材料在浸水饱和后强度降低的程度。软化系数越小，说明材料吸水饱和后的强度降低越多，其耐水性越差。材料被水浸湿后，强度一般会有所下降，因此软化系数在 0~1 之间。工程中将 $K_{\text{软}} > 0.85$ 的材料称为耐水性材料。对于经常位于水中或潮湿