



高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材

建筑与装饰材料

JIANZHU YU ZHUANGSHI CAILIAO

黄煜煜 刘宏敏 主编



赠PPT及习题解答



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材

建筑与装饰材料

主 编	黄煜煜	刘宏敏		
副主编	段 炼	沈 涛	涂 玲	王国霞
参 编	王中锋	洪 伟	祝丹蕾	黄怡璠
主 审	曹世晖	杜庆燕		



机械工业出版社

本书系遵照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写的。全书共分 12 个单元,包括绪论、建筑与装饰材料的基本性质、水泥、混凝土和砂浆、建筑金属材料、墙体材料、建筑石材、木材及制品、防水材料、绝热与吸声材料、建筑石膏及制品、其他常用的装饰材料。本书主要介绍建筑工程和装饰工程中常用的建筑材料和目前推广应用的新型建筑材料的基本组成、生产工艺、性质、应用,以及质量标准和检验方法等。

本书内容精炼,文字通俗易懂;侧重建筑装饰材料的性能和应用,注重理论和实际的结合,旨在提高实践操作能力;注重教材的科学性和政策性,与职业标准结合,与现行国家标准、行业标准结合。

本书可作为高职高专院校、成人高校及民办高校工程造价、建筑装饰工程技术和工程质量监督与管理等相关专业的教学用书,并可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书。

为方便教学,本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机工教育服务网 www.cmpedu.com 注册下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑与装饰材料 / 黄煜煜, 刘宏敏主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 10

高等职业教育工程造价专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-44019-2

I. ①建… II. ①黄… ②刘… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材 ②建筑装饰—装饰材料—高等职业教育—教材 IV. ①TU5②TU56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 21628 F 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: 李莉 责任编辑: 李莉 常金锋

版式设计: 常天培 责任校对: 佟瑞鑫

封面设计: 赵颖喆 责任印制: 张楠

北京玥实印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 318 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44019-2

定价: 28.00 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

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点，结合职业标准，同时遵循高等职业院校学生的认知规律，以专业知识和职业技能、自主学习能力及综合素质培养为目标，确定本书的内容。

在实践能力的培养方面，突出针对性和实用性，以满足学生学习的需要。本书按照高等职业技术教育培养生产、服务、管理第一线的技术应用型人才的总目标，根据生产实践所需的基本知识、基本理论和基本技能，精选教学内容，在自编教材基础上修改、补充，编纂而成。各单元内容与工程实际相结合，加强工程应用，以培养工程意识及创新思想。

本书由湖北水利水电职业技术学院黄煜煜、刘宏敏任主编；湖北水利水电职业技术学院段炼，山西大学工程学院沈涛，武汉船舶职业技术学院涂玲，湖北水利水电职业技术学院王国霞任副主编；嘉兴学院王中锋，湖北水利水电职业技术学院洪伟、祝丹蕾，武汉大学电气工程学院黄怡璠任参编。湖南城建职业技术学院曹世晖、武汉志宏水利水电设计院杜庆燕担任本书的主审。编写人员分工如下：黄煜煜、刘宏敏（单元2、12），涂玲（单元1、7、8），沈涛（单元3、5），段炼、王国霞（单元9、10、11），王中锋（单元4），洪伟、祝丹蕾（单元6），黄怡璠（校稿）。

本书在编写过程中，湖北水利水电职业技术学院薛艳、王中发、欧阳钦、余燕君、金芳、李翠华、张少坤、刘海韵等做了一些辅助工作，在此对他们的辛勤工作表示感谢。

本书大量引用了有关专业文献和资料，未在书中一一注明出处，在此对有关文献的作者表示感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，难免存在错误和不足之处，诚请读者与同行批评指正。

编 者

目 录

前言	
单元 1 绪论	1
1.1 建筑材料的定义和分类	1
1.2 建筑材料在建设工程中的地位 及其特点	1
1.3 建筑材料的发展概况	2
1.4 建筑材料技术标准简介	2
1.5 课程特点及学习方法	3
单元 2 建筑与装饰材料的基本性质	5
2.1 材料的基本物理性质	5
2.2 材料的力学性能	13
2.3 材料的耐久性	15
单元小结	17
同步测试	17
单元 3 水泥	18
3.1 硅酸盐水泥	18
3.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	25
3.3 其他品种水泥	29
单元小结	33
同步测试	33
单元 4 混凝土和砂浆	35
4.1 混凝土的概述	35
4.2 混凝土的组成材料	37
4.3 混凝土的性能	45
4.4 外加剂和掺合料	53
4.5 混凝土的配合比设计	60
4.6 混凝土的质量控制	66
4.7 建筑砂浆	70
单元小结	79
同步测试	79
单元 5 建筑金属材料	80
5.1 钢材的冶炼及分类	80
5.2 建筑钢材的主要技术性能	81
5.3 化学成分对钢材性能的影响	83
5.4 建筑钢材的标准及应用	84
5.5 铝及铝合金	87
单元小结	92
同步测试	92
单元 6 墙体材料	93
6.1 砌墙砖	93
6.2 砌墙砌块	98
6.3 墙用板材	102
单元小结	105
同步测试	106
单元 7 建筑石材	107
7.1 岩石的形成及分类	107
7.2 石材的主要技术性质	109
7.3 石材的选用	110
单元小结	113
同步测试	113
单元 8 木材及制品	114
8.1 木材的基本知识	114
8.2 木材的技术性质	116
8.3 木材的应用	118
8.4 木材的防腐与防火	120
单元小结	122
同步测试	122
单元 9 防水材料	123
9.1 防水材料概述	123
9.2 防水卷材	129
9.3 防水涂料	137
9.4 建筑密封材料	143
单元小结	146
同步测试	147
单元 10 绝热与吸声材料	149
10.1 绝热材料	149
10.2 吸声、隔声材料	154
单元小结	156
同步测试	157
单元 11 建筑石膏及制品	158
11.1 建筑石膏的生产、水化与 凝结硬化	158
11.2 建筑石膏的技术要求及特性	159
11.3 建筑石膏的应用及贮存	160

单元小结	163	12.4 建筑涂料	179
同步测试	163	12.5 常用的建筑胶粘剂	196
单元 12 其他常用的装饰材料	164	单元小结	200
12.1 建筑玻璃	164	同步测试	200
12.2 建筑陶瓷	172	参考文献	201
12.3 建筑塑料	176		

单元1 绪论

知识目标:

- 掌握建筑材料的分类及建筑材料的技术标准。
- 了解建筑材料在建设工程中的地位及建筑材料的发展概况。
- 了解本课程的特点及学习方法。

能力目标:

- 能够进行建筑材料的分类。
- 能够明确本课程的特点及学习方法。

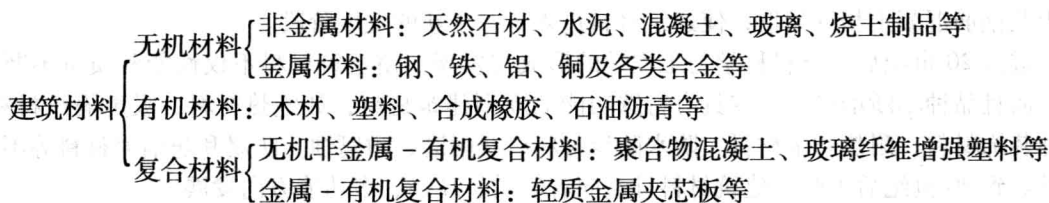
本单元重点介绍建筑材料的分类和建筑材料的技术标准;简要概述建筑材料在建设工程中的地位及其特点;介绍建筑材料的发展概况。

1.1 建筑材料的定义和分类

人类赖以生存的环境中,所有构筑物或建筑物所用材料及制品统称为建筑材料,它是一切建筑工程的物质基础。本课程所讨论的建筑材料,是指用于建筑物地基、基础、地面、墙体、梁、板、柱、屋顶和建筑装饰的所有材料。

建筑材料种类繁多,为了研究、使用和叙述的方便,常从不同的角度对建筑材料进行分类。最常用的是按材料的化学成分和使用功能进行分类。

(1) 按材料的化学成分分类 可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如下所示:



(2) 按材料的使用功能分类 按材料的使用功能可分为结构材料和功能材料两大类:

结构材料——用作承重构件的材料,如梁、板、柱所用材料。

功能材料——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。

1.2 建筑材料在建设工程中的地位及其特点

建筑材料是一切建筑工程的基础。建筑材料工业推动着建筑业的发展,是国民经济的重要基础工业之一。

各种建筑物与构筑物都是在合理设计基础上由各种建筑材料建造而成的。建筑材料的品种、规格及质量都直接关系到建筑物的适用性、艺术性及耐久性,也直接关系到建筑物的工

程造价。随着社会的发展,需要建造大量高质量的工业与民用建筑,同时也需要建造许多大型工程建筑,以适应国民经济的高速发展。这就需要大量的优质的符合工程使用环境特点的建筑材料,因此建筑业被公认为是建设工程的基础性产业。

建筑材料不仅用量大,而且常常费用高,在建筑工程造价中,建筑材料的费用往往占较大比例,有的甚至超过50%。所以,在建筑工程中恰当地选择、合理地使用建筑材料对降低工程造价、提高投资效益有着重要意义。

随着现代技术的发展,大量新型建材的不断涌现,建筑技术也取得了突飞猛进的发展。例如烧结砖的出现,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,又推动了现代建筑和高层建筑的发展;各种功能材料在建筑业中的广泛应用,不断地为人类创造着各种舒适的生活、生产环境,并且利于节省能源。

总而言之,建筑材料在工程中的使用必须具有如下特点:①具有工程要求的使用功能;②具有与使用环境条件相适应的耐久性;③具有丰富的资源,满足建筑工程对材料量的需求;④材料价廉。

另外,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、无毒和高效节能等优点。

1.3 建筑材料的发展概况

各种各样的建筑构成了人类赖以生存的场所,反映出每一个时代的文化科学特征,成为人类物质文明的重要标志之一。

建筑材料是随着人类社会生产力及人民生活水平的提高而发展的。人类最初是“穴居巢处”,铁器时代以后有了简单的工具,开始挖土、凿石为洞,伐木为棚,利用天然材料建造非常简陋的房屋;火的利用使人类学会烧制砖、瓦及石灰,建筑材料由天然材料进入人工生产阶段。18、19世纪,资本主义时期,工业迅猛发展,交通日益发达,钢材、水泥、混凝土及钢筋混凝土相继问世,使建筑材料进入了一个新的发展阶段。

进入20世纪后,材料科学与工程学的形成与发展,使建筑材料不仅性能和质量不断改善,而且品种不断增多,一些具有特殊功能的新型建筑材料,如绝热材料、吸声隔声材料、各种装饰材料、耐热防水材料、防水防渗材料以及耐磨、耐腐蚀、防爆和防辐射材料等不断问世。到20世纪后半叶,建筑材料日益向着轻质、高强、多功能方向发展。

随着人类环保意识的不断加强,无毒、无公害的“绿色建材”将日益推广,绿色建材将成为世界各国21世纪建材工业发展的战略重点,人类也将用更新的建筑材料来营造自己的“绿色家园”。

1.4 建筑材料技术标准简介

为实现建筑材料现代化生产的科学管理,必须对材料产品的各项技术制定统一的执行标准。

产品标准,是为了保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准,一般包括产品规格、分类、技术性能、试验方法、验收规则、包装、储藏、运输等。如

各种水泥、陶瓷、钢材等均有各自的产品标准。

建筑材料标准，是企业生产的产品质量是否合格的技术依据，也是供需双方对产品质量进行验收的依据。建筑工程中按技术标准合理地选用材料，能使结构设计、施工工艺也相应标准化，可加快施工进度，使材料在工程实践中具有最佳的经济效益。

目前我国常用的技术标准有如下三大类：

(1) 国家标准 国家标准分为强制性标准（代号 GB）、推荐性标准（代号 GB/T）。

(2) 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），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（代号 DB）和企业标准（代号 QB） 地方标准是地方主管部门发布的地方性技术指导文件，适用于该地区使用，其技术标准不低于国家标准的相关要求。企业标准是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，技术标准应不低于类似（或相关）产品的国家标准。

标准的表示方法为标准名称、部门代号、编号和批准年份。举例如下：

国家标准（强制性）《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》（GB 1499.2—2007）。

国家标准（推荐性）《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591—2008）。

建筑工程行业标准《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2011）。

河北省地方标准《改性石膏保温砂浆应用技术规程》【DB13/T（J）25—2000】。

对强制性国家标准，任何技术（或产品）不得低于其中规定的要求；对推荐性国家标准，表示也可执行其他标准的要求，但是推荐性标准一旦被强制标准采纳，就认为是强制性标准；地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

采用国际标准和国外先进标准，是我国一项重要的技术经济政策，可以促进技术进步、提高产品质量、扩大对外贸易及提高我国标准化水平。

国际标准大致可分为以下几类：

1) 世界范围统一使用的“ISO”国际标准。

2) 国际上有影响的团体标准和公司标准，如美国材料与实验协会标准“ASTM”等。

3) 区域性标准。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。

1.5 课程特点及学习方法

建筑材料是一门技术基础课，是实践性和适用性很强的课程。本课程为学习建筑设计、结构设计和建筑施工所涉及的专业课程提供建筑材料的相关知识，使初学者具有建筑材料的基础知识和在实践中选择与合理使用建筑材料的基本能力，并获得主要建筑材料试验的基本技能训练。

在学习本课程时，首先要着重学习好主要内容——材料的建筑性能和合理应用。其他内容都是围绕这个中心来设置的。材料的生产工艺、组成结构是材料性质形成的内因，学习中必须理解。学习一些材料的建筑性能时，应当知道形成这些性质的内在原因和这些性质之间的相互关系。对同一类不同品种的材料，不但要学习它们的共性，更重要的是掌握它们各自

的特性，如六种常用水泥有许多共性，也有许多它们各自的特性，工程中恰恰是根据各自的特性将其应用到适宜的环境中。

本课程教学中设有试验课，这是重要的教学环节，其任务是验证基本理论，学习试验方法，培养科学研究能力和严谨缜密的科学态度。做试验时，要严肃认真，一丝不苟，即使对一些操作简单的试验也不应例外。要了解试验条件对试验结果的影响，要能对试验结果做出正确的分析和判断。另外，每单元的同步测试，概括了每单元材料的理论知识和实践应用，必须掌握并完成作业。

为了进一步熟悉材料性能和应用，还应参观一些建材厂，同时应密切关注工程施工中材料的应用情况，经常了解建筑材料新品种、新标准，以更好地掌握和使用材料。

单元2 建筑与装饰材料的基本性质

知识目标:

- 了解建筑材料的几种性质。
- 理解材料与水有关的性质、与热有关的性质、力学性能、耐久性。
- 掌握建筑材料的实际密度、表观密度、堆积密度、密实度、孔隙率等概念及计算。

能力目标:

- 能够解释建筑材料的性质。
- 能够写出与建筑材料性质有关的计算公式。
- 能够应用公式计算。

各种材料在建筑物中所处的部位不同,要求它们具有不同的功能、性质。建筑材料在使用时要承受一定的荷载及经受周围环境的各种介质的化学和物理的作用,例如酸、碱、盐的腐蚀,所以,建筑材料必须具备使用要求的相应的性质,同时建筑材料还应具备必需的力学性能、水理性质,地面建筑材料具备防水抗渗性能、耐磨损性能。所以,建筑材料的性质可以归结为以下几类:物理性质,包括基本物理性质及各种物理过程(如水、热作用等)性质;力学性能,包括材料在外力作用下的变形性能及强度;耐久性,材料抵抗外界综合因素影响的稳定性。

2.1 材料的基本物理性质

2.1.1 材料与水有关的性能

建筑与装饰材料在使用中不可避免地会受到自然界的雨、雪、地下水和冻融作用的影响,因此,应特别注意建筑与装饰材料与水有关的性质,它包括材料的亲水性与憎水性、吸水性与吸湿性、耐水性、抗渗性、抗冻性、霉变性与腐朽性等。

1. 亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触,首先遇到的问题是材料是否被水湿润。根据其能否被水润湿,将材料分为亲水性材料和憎水性(疏水性)材料。

材料在空气中与水接触时能被水湿润的性质称为亲水性。具有这种性质的材料称为亲水性材料,如木材、混凝土、砖等。

材料在空气中与水接触时不能被水湿润的性质称为憎水性。具有这种性质的材料称为憎水性材料,如沥青、石蜡等。

在材料、空气、水三相交界处,沿水滴表面作切线,切线与材料和水接触面所得夹角 θ ,称为“润湿角”。 θ 越小,浸润性越强,当 θ 为零时,表示材料完全被水润湿。一般认为当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的吸引力,此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力,材料

表面不易被水润湿，此种材料称为憎水性材料，如图 2-1 所示。

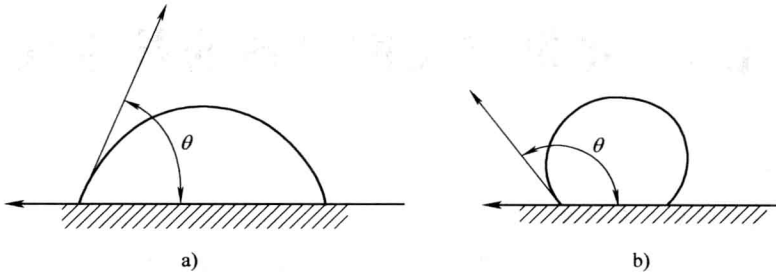


图 2-1 材料的湿润示意图
a) 亲水性材料 b) 憎水性材料

大多数建筑材料（如混凝土、砖石、木材等）属于亲水性材料，其表面均能被水湿润，且能通过毛细管作用将水吸入材料的毛细管内部。而沥青、石蜡等少数材料属于憎水性材料，其表面不能被水湿润，一般能阻止水分渗入毛细管内，从而能降低材料的吸水性。憎水性材料可用于亲水性材料的表面处理以便降低其亲水性，但主要用作防水材料。

2. 吸水性与吸湿性

材料在浸水状态下吸收水分的能力称为吸水性。当材料吸水达到饱和状态时，其内部所含水分的多少，用吸水率表示。材料的吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表达方式。

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

$$W_{质} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{m_{干}} \times 100\% \tag{2-1}$$

- 式中 $W_{质}$ ——材料的质量吸水率（%）；
- $m_{湿}$ ——材料在吸水饱和后的质量（g）；
- $m_{干}$ ——材料烘干到恒重的质量（g）。

对于多孔材料常用体积吸水率表示。体积吸水率是指材料吸水饱和时，所吸收水分的体积与干燥材料自然体积的百分比，用下式表示：

$$W_{体} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{V_0} \times \frac{1}{\rho_H} \times 100\% \tag{2-2}$$

- 式中 $W_{体}$ ——材料的体积吸水率（%）；
- ρ_H ——水的密度（g/cm³），常温下 $\rho_H = 1 \text{ g/cm}^3$ ；
- $m_{湿}$ ——材料在吸水饱和后的质量（g）；
- $m_{干}$ ——材料烘干到恒重的质量（g）；
- V_0 ——材料自然状态下的体积（cm³）。

材料吸水率的大小取决于材料的亲水属性及材料的构造（孔隙率的大小、孔隙特征）。封闭的空隙实际上是不吸水的。材料开口孔隙率越大，吸水性越强，特别是材料具有很多微小开口孔隙或者毛细管连通的孔时，吸水率非常大。因此，影响材料吸水性的主要因素有材料本身的化学组成、结构和构造状况，尤其是孔隙状况。不同材料的吸水率变化范围很大，花岗岩为 0.5% ~ 0.7%，普通混凝土为 2% ~ 4%，烧结普通砖为 8% ~ 15%。

材料在潮湿空气中吸收水分的能力称为吸湿性，用含水率表示：

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率（%）；

$m_{\text{含}}$ ——材料在吸水饱和后的质量（g）；

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重的质量（g）。

影响材料吸湿性的因素，除材料本身的化学组成、结构、构造及孔隙外，还与环境的温度、湿度有关。受潮后的材料表观密度、导热性增大，强度、抗冻性降低。

材料的吸水率是一个定值，含水率是随环境而变化的。材料堆放在施工现场，不断从空气中吸收水分，同时又不断向空气中挥发水分，当吸收和挥发达到动态平衡时，就出现稳定的吸水率。材料中所含水分与空气的湿度相平衡时的含水率，称为平衡含水率。

3. 耐水性

材料长期在饱和水作用下而不破坏，保持其原有性质的能力，称为耐水性。一般情况下，潮湿的材料较干燥时强度低，主要是浸入的水分削弱了材料微粒间的结合力，同时材料内部往往含有一些易被水软化或溶解的物质（如粘土、石膏等）。衡量材料的耐水性的指标是软化系数，用 $K_{\text{软}}$ 表示：

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (2-4)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$f_{\text{饱}}$ ——材料在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）。

软化系数的大小反映材料浸水后强度降低的程度，其值在 0 ~ 1 之间。软化系数越小，其耐水性越差。其实，许多材料吸水（或吸湿），即使未达到饱和状态，其强度及其他性质也会有明显的变化。因此，在选择受水作用的结构材料时， $K_{\text{软}}$ 值是一项重要指标。受水浸泡或长期受潮的重要结构材料，其软化系数不宜小于 0.85 ~ 0.9；受潮较轻或次要的结构材料，其软化系数不宜小于 0.75 ~ 0.85；对于经常处于干燥环境中的结构物，可不必考虑 $K_{\text{软}}$ 。通常认为 $K_{\text{软}}$ 大于 0.80 的材料是耐水材料。

4. 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）。抗渗性常用渗透系数和抗渗等级表示。

根据达西定律，在一定时间 t 内，透过材料的水量 Q 与材料垂直于试件的渗水断面积 A 及作用于试件两侧的水头差 H 成正比，与试件渗透距离（材料的厚度） d 成反比，比例系数 K ，称为渗透系数。表达式为：

$$Q = K \frac{H}{d} At \quad (2-5)$$

或

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (2-6)$$

式中 K ——材料的渗透系数（cm/h）；

Q ——透水量（cm³）；

d ——试件厚度 (cm);

A ——透水面积 (cm^2);

t ——透水时间 (h);

H ——静水压力水头 (cm)。

渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的性质。 K 值越小, 表明材料的抗渗能力越强。

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来表示。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, 以符号 P 及可承受的水压力值 (以 MPa 为单位) 表示。如 P_6 、 P_8 、 P_{10} 、 P_{12} 表示材料可抵抗 0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa、1.2MPa 的水压力而不渗水。抗渗等级常用来表示砂浆和混凝土的抗渗能力, 其值越大, 材料的抗渗能力越强。

材料抗渗性的好坏与材料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往往抗渗能力较强。对于地下建筑及水工建筑物, 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。

抗渗性是决定材料耐久性的重要因素, 也是检验防水材料质量等级的指标之一。

5. 抗冻性

材料在水饱和状态下, 能经受多次冻结和融化作用 (冻融循环) 而不破坏, 其强度也不显著降低的性质, 称为抗冻性。

抗冻性试验通常是将规定的标准试件浸水饱和后, 在规定的试验条件下, 进行反复冻融, 试件强度降低不大于 25%, 重量损失不大于 5%, 材料表面无明显损伤, 所能经受的最大、最多循环次数, 定为该材料的抗冻等级。材料的抗冻性用抗冻等级 “ F_i ” 表示, “ i ” 表示冻融循环次数, 如抗冻等级为 F_{10} 的材料, 表示材料所能经受的冻融循环次数最多为 10 次。抗冻等级越高, 材料的抗冻能力越强。

冻结的破坏作用主要是材料孔隙中的水结冰膨胀所致。当材料孔隙中充满水时, 水结冰约产生 9% 的体积膨胀, 使材料孔壁产生拉应力, 当拉应力超过材料的抗拉强度时, 孔壁形成局部开裂。随着冻融次数的增加, 材料的破坏更加严重。

材料的抗冻能力取决于材料的吸水饱和程度、孔隙特征及抵抗冻胀应力的能力。闭口孔隙不易进水, 粗大的开口孔隙水分不易充满孔隙, 都会使材料抗冻能力提高; 材料自身的强度高, 变形能力强, 也会提高材料的抗冻能力。

抗冻性是考查材料耐久性的一个重要指标。水工建筑物经常处于干湿交替作用的环境中, 其抗冻性的要求可高达 $F_{500} \sim F_{1000}$ 。

6. 材料的霉变性和腐朽性

建筑材料在潮湿或温暖的气候条件下受到真菌侵蚀, 在材料的表面产生绒毛状的或棉花状的, 颜色从白色到暗灰色至黑色, 有时也会显出蓝绿色、黄绿色或微红色的物质称为材料的霉变。霉变对材料的力学性能影响较小, 但影响外观, 甚至会引起材料表面变形。材料发生霉变的原因主要有三个, 即水分、温度、空气。所以, 只要保持材料干燥、通风, 就可避免材料发生霉变。

材料在使用过程中受到酸、碱、盐及真菌等各种腐蚀介质的作用, 在材料内部发生一系列的物理、化学变化, 使材料逐渐受到损害, 性能改变、力学性能降低, 严重时会引起整个材料彻底破坏的现象称为材料腐朽。如水泥石在淡水、酸类、盐类和强碱的各种介质作用下

水化产物发生分解反应，引起水泥石疏松、开裂；装饰材料中的木材受到腐朽菌侵蚀，将木材细胞壁的纤维素等物质分解，使木材腐朽破坏。

2.1.2 与质量有关的性能

1. 三种密度

(1) 实际密度 实际密度是指材料在绝对密实状态下的单位体积的质量。用下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-7)$$

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)。

材料在绝对密实状态下的体积，即材料的实体积。实际上，只有少数材料（钢材、沥青等）可视为密实材料，直接测定其密度。其他大多数材料内部都含有一定的孔隙，对于多孔材料，可将材料磨制成规定细度的粉末（粒径小于0.2mm），用排水（液）法测得其体积，再计算出其密度。

在测量某些较致密的而又不规则的散粒材料（如砂、石等）的实际密度时，因内部孔隙少，常常直接用排水（液）法测其体积作为绝对密实状态体积的近似值。用该方法求出的密度为近似密度，称为视密度。

(2) 表观密度 表观密度也称体积密度，是指材料在自然状态下单位体积的质量。用下式表示：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2-8)$$

式中 ρ_0 ——表观密度 (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 (cm^3 或 m^3)。

材料在自然状态下的体积，是指构成材料的固体物质的体积与全部孔隙体积之和，如图1-2所示。规则外形形状的体积可直接测其外形体积，不规则形状的材料可在表面涂蜡，再用排液法求其体积。表面涂蜡的作用是防止测液进入材料内部孔隙而影响测定值。

材料的表观密度随含水状态的变化而变化。因此，在测定表观密度时，应同时测定含水量，并予以注明材料的含水状态。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 堆积密度是指材料在规定的装填条件下，单位松散体积的质量。用下式表示：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2-9)$$

式中 ρ'_0 ——散粒材料的堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

m ——材料的质量 (g 或 kg)；

V'_0 ——散粒材料的松散体积 (cm^3 或 m^3)。

散粒材料的松散体积包括固体颗粒体积、颗粒内部孔隙体积和颗粒之间的空隙体积(图 2-2)。松散体积用容量筒测定。堆积密度与材料的装填条件及含水状态有关。在自然堆积状态下称松堆密度,如经过振实后测得的堆积密度称为紧堆密度。

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,如图 2-3 所示。密实度反映材料的密实程度,以 D 表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \tag{2-10}$$

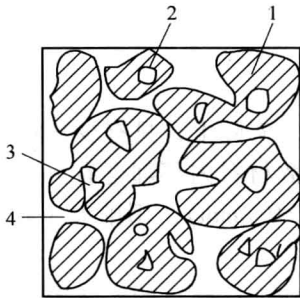


图 2-2 材料孔(空)隙及体积示意图

1—固体物质 2—闭口孔隙 3—开口孔隙 4—颗粒空隙

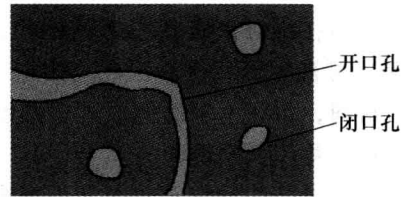


图 2-3 材料的密实度

(2) 孔隙率 孔隙率指块状材料中孔隙体积与材料在自然状态下总体积的百分比。用下式表示:

$$P = \frac{V_{孔}}{V_0} \times 100\% \tag{2-11}$$

或
$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \tag{2-12}$$

式中 P ——材料的孔隙率(%)；

$V_{孔}$ ——材料中孔隙的体积(cm^3)；

ρ_0 ——材料的体积密度(干燥状态)；

孔隙率与密实度的关系为： $P + D = 1$ 。

常用材料的密度、表观密度及孔隙率见表 2-1。

表 2-1 常用建筑与装饰材料的密度、表观密度及孔隙率

材料	密度/(g/cm^3)	表观密度/(g/cm^3)	孔隙率(%)
普通粘土砖	2.5~2.8	1500~1800	20~40
花岗岩	2.6~2.9	2500~2800	0.5~1.0
普通混凝土	—	2300~2500	5~20
沥青混凝土	—	2300~2400	2~4
松木	1.55~1.60	380~700	55~75
砂	2.6~2.7	1400~1600	40~45
建筑钢材	7.85	7850	0

3. 材料的填充率和空隙率

(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, 如图 2-4 所示, 以 D' 表示。可用下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-13)$$

(2) 空隙率 散粒材料在松散状态下, 颗粒之间的空隙体积与松散体积的百分比称为空隙率。用下式表示:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-14)$$

填充率和空隙率的关系是: $D' + P' = 1$ 。

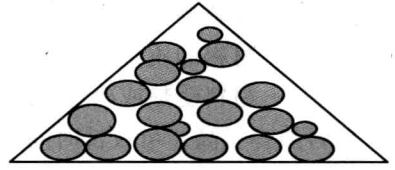


图 2-4 材料填充率

2.1.3 材料与热有关的性质

在实际工程中, 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, 通常要求建筑材料具有一定的热性质用以维持室内的温度, 所以常常要考虑材料的导热性、热容性、热变形性及材料的保温隔热性能。

1. 导热性

材料传导热量的性质称为导热性。材料的导热能力用导热系数 λ 表示, 其物理意义是: 面积为 1m^2 、厚度为 1m 的单层材料, 当两侧温差为 1K 时, 经单位面积 (1m^2)、单位时间 (1s) 所通过的热量。计算公式如下:

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{At(T_2 - T_1)} \quad (2-15)$$

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

Q ——传导的热量 (J);

A ——热传导面积 (m^2);

d ——材料厚度 (m);

t ——导热时间 (s);

T_1 、 T_2 ——材料两侧的温度 (K)。

材料的导热系数越小, 隔热保温效果越好。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。有隔热保温要求的建筑物宜选用导热系数小的材料做围护结构。工程中通常将 $\lambda < 0.23\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

导热系数与材料的化学组成、显微结构、孔隙率、孔隙形态特征、含水率及导热时的温度等因素有关。

2. 热容性

材料的热容性是指材料受热时吸收热量或冷却时放出热量的能力。它以材料升温或降温时热量的变化来表示, 即热容量。材料受热时吸收或冷却时放出的热量与其质量、温度变化值成正比关系, 即:

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (2-16)$$

或

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (2-17)$$