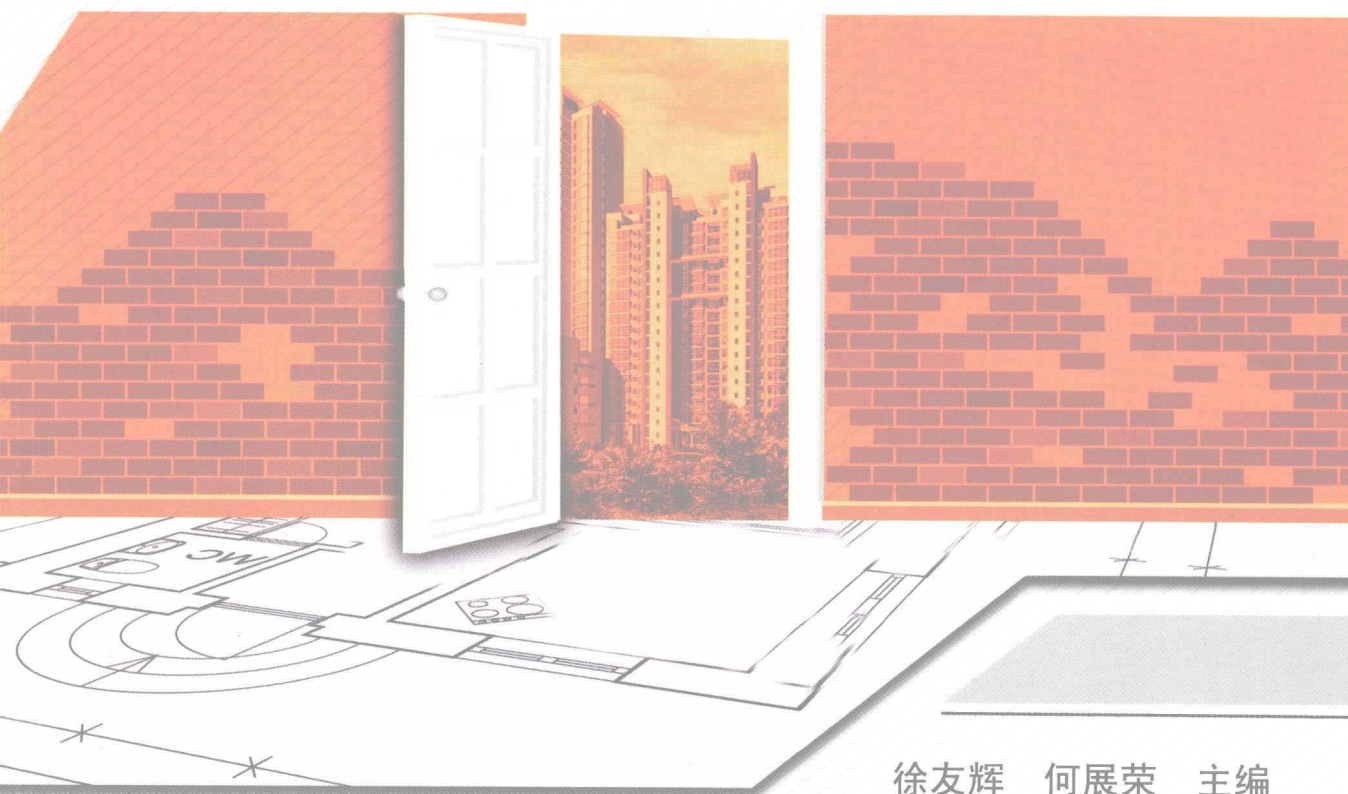




面向“十二五”高等教育课程改革项目成果

建筑材料



徐友辉 何展荣 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书共分13章,内容包括绪论,建筑材料的基本性质,石灰、石膏和水玻璃,水泥,混凝土,建筑砂浆,石材、砖材和砌块,建筑玻璃和陶瓷,建筑钢材,木材,沥青材料,建筑塑料、涂料和胶黏剂等。为了加强对学生动手能力的培养,本书结合教学要求和实际情况,编写了8个建筑材料试验作为第13章,供学生选用。为了方便学生学习,每章后均有思考与练习。

本书既可作为高等教育土建类专业的教学用书,也可作为成人高校及建设(材)行业培训的教学用书和自学考试的参考用书,还可作为相关技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/徐友辉,何展荣主编. —北京:北京理工大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5640-6631-4

I. ①建… II. ①徐… ②何… III. ①建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第192652号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 308千字

版 次 / 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

定 价 / 39.00元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱: bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,请与本社市场部联系,电话: (010) 68944990

前言 Preface

“建筑材料”是高等教育土建类专业的一门重要的技术基础课，主要介绍常用建筑材料的组成、结构、性质、应用、技术标准、检验方法以及储运、保管等方面的基础知识，力求使学生能够通过理论知识的学习和检测方法的训练，正确鉴别、合理选用、科学管理建筑材料。

本书充分体现了对高等教育土建类应用型人才培养的指导思想、原则和特色。本书在编写过程中特别注意以下几个原则：一是内容删繁就简、突出重点，体现出加强基础知识、服务专业教学的宗旨；二是理论联系实际、突出应用，注重与工程实践的结合和应用技能的培养；三是视野新颖独特、突出实效，注重传统材料与新材料知识的衔接，体现新工艺、新技术、新标准和新规范的运用，有利于开阅读者视野，创新人才培养模式。

本书在编写过程中参考了大量文献资料，在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢。由于编者水平有限，时间仓促，书中不足和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录 Contents

第1章 绪论 / 1

- 1.1 建筑材料的概念和分类 / 1
- 1.2 建筑材料在建筑工程中的作用 / 2
- 1.3 建筑材料的检验与标准 / 3
- 1.4 建筑材料课程的学习任务、特点和学习方法 / 5

第2章 建筑材料的基本性质 / 7

- 2.1 建筑材料的组成和结构 / 7
- 2.2 建筑材料的物理性质 / 9
- 2.3 建筑材料的力学性质 / 21
- 2.4 建筑材料的耐久性 / 25

第3章 石灰、石膏和水玻璃 / 28

- 3.1 石灰 / 28
- 3.2 石膏 / 32
- 3.3 水玻璃 / 35

第4章 水泥 / 38

- 4.1 通用水泥 / 38
- 4.2 专用水泥 / 50
- 4.3 特性水泥 / 51
- 4.4 水泥的包装、标志和储运 / 53

第5章 混凝土 / 56

- 5.1 普通混凝土 / 56
- 5.2 混凝土外加剂和掺合料 / 85
- 5.3 其他混凝土 / 91

第6章 建筑砂浆 / 98

- 6.1 砌筑砂浆 / 98
- 6.2 抹灰砂浆 / 106
- 6.3 预拌砂浆 / 108

第7章 石材、砖材和砌块 / 113

7.1 建筑石材 / 113

7.2 烧结砖 / 118

7.3 建筑砌块 / 123

第8章 建筑玻璃和陶瓷 / 128

8.1 建筑玻璃 / 128

8.2 建筑陶瓷 / 131

第9章 建筑钢材 / 134

9.1 钢的分类 / 134

9.2 建筑钢材的性能 / 136

9.3 建筑钢材的技术标准及选用 / 143

第10章 木材 / 152

10.1 木材的分类和构造 / 152

10.2 木材的物理和力学性质 / 153

10.3 木材的等级与应用 / 157

10.4 木材的腐朽及防腐措施 / 160

第11章 沥青材料 / 162

11.1 沥青 / 162

11.2 防水卷材 / 170

11.3 沥青防水涂料 / 173

11.4 沥青混合料 / 175

第12章 建筑塑料、涂料和胶黏剂 / 179

12.1 建筑塑料 / 179

12.2 建筑涂料 / 182

12.3 建筑胶黏剂 / 187

第13章 建筑材料试验 / 192

13.1 建筑材料基本物理性质试验 / 192

13.2 水泥技术性质试验 / 196

13.3 普通混凝土用集料试验 / 203

13.4 普通混凝土试验 / 206

13.5 建筑砂浆试验 / 210

13.6 烧结普通砖抗压强度试验 / 215

13.7 钢筋性能试验 / 217

13.8 石油沥青试验 / 221

参考文献 / 225

第 1 章 绪 论

1.1 建筑材料的概念和分类

1.1.1 建筑材料的概念

建筑材料是指在建筑工程中所使用的各种材料及其制品的总称。它应包括：

(1)构成建筑物本身的材料，如钢材、木材、水泥、石灰、砂石、砖瓦、玻璃、防水材料等。

(2)施工过程中所用的材料，如模板、脚手架、跳板等。

(3)与建筑物配套的建筑器材，如给水排水设备、采暖通风设备、电气电信设备、消防设备等。

本书主要介绍构成建筑物本身所使用的各种材料。

1.1.2 建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多，分类方法不尽相同，通常是按材料的化学成分、使用功能和使用部位分类。

1. 按化学成分分类

根据材料的化学成分，建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，见表 1-1。

表 1-1 建筑材料按化学成分分类

分 类		实 例
无机材料	金属材料	黑色金属材料 铁、锰、铬及其合金，如钢、生铁、铁合金、铸铁等
		有色金属材料 铁、锰、铬及其合金以外的所有金属的统称，如铜、铝及其合金等
	非金属材料	天然石材 砂、石及石材制品
		烧土制品 砖、瓦、陶瓷和玻璃等
		胶凝材料 石灰、石膏、水玻璃和水泥等
有机材料	天然有机材料	植物材料 木材、竹材、植物纤维及其制品等
		沥青材料 石油沥青、煤沥青和沥青制品等
	合成有机材料	塑 料 热固性塑料的硬质 PVC 和热塑性塑料的软质 PVC 等
		涂 料 聚氨酯外墙涂料、合成树脂乳液内墙涂料、聚氨酯地面涂料等
		胶黏剂 环氧树脂、酚醛树脂等

续表

分 类		实 例
复合 材料	无机材料与无机材料复合	砂浆、钢筋混凝土等
	无机材料与有机材料复合	沥青混凝土、玻璃纤维增强塑料、PVC 钢板等
	有机材料与有机材料复合	氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材

2. 按使用功能分类

根据使用功能，建筑材料可分为结构材料、围护材料和功能材料等三大类。

(1)结构材料主要是指构成建筑物受力构件或结构所用的材料，如梁、板、柱、基础、框架结构或构件所用的材料。结构材料要求必须具有足够的强度和耐久性，常用的结构材料有砖、石、水泥混凝土、钢材、钢筋混凝土。

(2)围护材料主要是指用于建筑围护结构的材料，如墙体、门窗和屋面等部位使用的材料。围护材料不仅要求具有一定的强度和耐久性，还要求具有良好的保温隔热性或防水、隔声性等。常用的围护材料有砖、砌块、各种墙板和屋面板等。

(3)功能材料主要是指担负某些建筑功能的非承重用材料，如防水材料、绝热材料、采光材料、密封材料、防腐材料、装饰材料和吸声隔音材料等。

一般来说，建筑物的可靠度与安全度主要取决于由结构材料组成的构件或结构体系，建筑物的使用功能与建筑品质主要取决于建筑功能材料。但是，对某一种具体材料来说，它可能兼具多种功能。

3. 按使用部位分类

根据使用于建筑物中的部位，建筑材料可分为承重材料、屋面材料、地面材料和墙体材料等。

1.2 建筑材料在建筑工程中的作用

人类文明社会的发展，无不以建筑工程为先导。建筑工程的发展从来就离不开建筑材料，它们之间有着相互依存和不可分割的关系。

1.2.1 建筑材料是建筑工程的物质基础

建筑材料是建筑工程的物质基础。没有材料，便没有建筑工程结构物。要建造某种类型的结构物，必须使用相应要求的建筑材料。例如，公路和铁路路基常用天然的土或石材进行砌筑；我国古代的木结构建筑物多以木材为主要材料；现代建筑则要求选用高强、轻质的结构材料和美观大方的各式装饰材料。

1.2.2 建筑材料直接影响建筑工程造价

在各类建筑工程项目中，材料费用在工程总造价中占有很高的比例。据有关资料统计，我国一般的建筑工程项目，材料费用占总造价的 50%~60%；技术标准高的结构物，材料费用所占比例有时可达 70%。因此，正确选用材料，对于节省工程造价具有重要的实际意义。

1.2.3 建筑材料品质决定建筑物的性能

建筑材料的品种和质量在很大程度上决定了建筑物的性能。如采用普通混凝土作为梁跨结构，由于其抗拉强度很低，跨度一般只能有几米；采用钢筋混凝土，可使梁的跨度增大到 10 m 以上；若采用预应力混凝土梁，则其跨度可超过 100 m。材料的质量和规格还直接影响着建筑物的坚固性、美观性、耐久性等其他使用性能。

1.2.4 建筑材料与设计施工联系紧密

建筑材料的发展与建筑技术的进步有着不可分割的联系，它们相互制约、相互依赖和相互推动。新型结构材料和功能材料的诞生将推动建筑结构设计方法的改进和施工技术的革新，而新的建筑结构设计方法和施工工艺又对建筑材料品种和质量提出更高和多样化的要求。由建筑材料的发展史可知，人类从不懂得使用材料到简单地使用土、石、树木等天然材料，进而掌握人造材料的制造方法；从烧制石灰、砖、瓦，发展到烧制水泥和大规模炼钢。建筑结构从简单的砖木结构，发展到钢或钢筋混凝土结构，施工方法也从人力施工发展到机械施工。新的设计方法和施工工艺又促使传统材料朝着轻质、高强、多功能方向发展，高分子合成材料和复合材料越来越多地应用于各种建筑工程。

总之，只有在很好地了解建筑材料之后，一个优秀的结构师才能设计出先进的结构形式，一个优秀的建筑师才能建造出优质的建设工程，一个优秀的造价师才能计算出合理的建筑费用。

1.3 建筑材料的检验与标准

1.3.1 建筑材料的检验

建筑材料是否合格、能否用于工程中，取决于其技术性能是否达到相应的技术标准要求。材料的检验是通过必要的检测仪器，依据一定的检测方法进行的。建筑材料的检测包括原材料、半成品及构件的质量检验和现场工程质量的检验两部分，其检验结果是材料验收、建筑工程质量验收的技术依据。

目前，我国材料质量和工程质量的总体水平参差不齐，与发达国家相比有明显差距。材料质量不合格引发工程质量事故占相当大的比例，这与检验不到位、验收不合格、施工

队伍技术力量薄弱及对检测工作缺乏深入了解有直接关系。所以，提高施工企业、检测部门整体技术水平具有重要意义，相关技术人员必须掌握材料质量检测这门应用技术。

1.3.2 建筑材料的标准

建筑材料检验的依据，是各项有关的技术标准、规程、规范及规定。建筑材料技术标准(规范)是针对原材料、产品以及工程质量、规格、检验方法、评定方法、应用技术等作出的技术规定。它是在从事产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通领域中需要共同遵循的技术法规。

建筑材料技术标准包括的内容很多，如原料、材料及产品的质量、规格、等级、性质要求以及检验方法，材料及产品的应用技术规范或规程，材料生产及设计的技术规定，产品质量的评定标准等。

根据发布单位与适用范围，技术标准可分为国家标准、行业标准、企业标准与地方标准三级。

1. 国家标准

国家标准通常是由国家标准主管部门委托有关单位起草，由有关部委报批；经国家质量技术监督总局会同有关部委审批，并由国家质量技术监督总局发布。国家标准在全国范围内适用，是对全国范围的经济、技术及生产发展有重大意义的标准。

2. 行业标准

行业标准是指全国性的某行业范围的技术标准。该级标准是由中央部委标准机构指定有关研究院所、大专院校、工厂、企业等单位提出或联合提出，报请中央部委主管部门审批后发布的，因此又称部颁标准，最后报国家质量技术监督总局备案。

3. 企业标准与地方标准

企业标准与地方标准是指只能在某企业内或某地区内适用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准，可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准，经报请本行业或本地区有关主管部门审批后，在该行业或地区中执行。

各级技术标准，在必要时可分为试行与正式两类，按其权威程度又可分为强制性标准和推荐性标准。建筑材料技术标准按其特性可分为基础标准、方法标准、原材料标准、能源标准、环保标准、包装标准、产品标准等。

标准的一般表示方法是由标准名称、部门代码、标准编号和颁布年份等组成。国家标准的代号为 GB 和 GB/T，行业标准的建材行业标准代号为 JC，原建设部行业标准代号为 JGJ，企业标准代号为 QB。例如，2007 年制定的国家强制性 175 号通用硅酸盐水泥的标准为《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)；2011 年制定的国家推荐性 14685 号建设用卵石、碎石标准为《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)；2011 年住房和城乡建设部制定的 55 号行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)。

世界各国对材料的标准化都很重视，均制定了各自的标准，都有相应的代号。例如国际标准(代号为 ISO)、美国材料试验学会标准(代号为 ASTM)、日本工业标准(代号为 JIS)、德国工业标准(代号为 DIN)、英国标准(代号为 BS)和法国标准(代号为 NF)等。

1.4 建筑材料课程的学习任务、特点和学习方法

1.4.1 建筑材料课程的学习任务

建筑材料是一门专业基础课程，主要介绍建筑材料的组成、结构、性能、技术标准、质量检验、储存运输等方面的知识。

学习建筑材料课程应达到两个目的：一是为学习建筑设计、建筑施工、建筑结构和建筑预决算等专业课程提供材料方面的基础知识；二是为走上社会，从事技术工作时能够正确选择、准确鉴别、合理使用、有效管理和科学开发建筑材料打下基础。

通过学习建筑材料课程，学生应获得常用建筑材料的性质与应用的基础知识和基本理论，了解建筑材料的标准并获得主要建筑材料检验方法的基本技能训练。

1.4.2 建筑材料课程的特点

建筑材料课程的主要特点体现在“三多”：一是材料品种多，包括水泥、混凝土、砂浆、砖、钢材、木材等结构材料和玻璃、陶瓷、沥青、塑料、涂料等功能材料；二是材料知识多，每一种材料都要涉及多方面的知识，如生产原料、生产工艺、材料的组成与结构、材料的性质、材料的应用范围、使用方法以及材料的检验、储存和运输等；三是概念术语多，作为一门综合性课程，建筑材料涉及许多学科的内容(如物理化学、结晶学、岩石学、混凝土学等)，但反映在教材中，却仅仅是这些学科的个别概念和术语，并非系统知识，一时难以理解。

建筑材料课程中的每类材料自成系统，缺乏内在逻辑联系，不像高等数学、普通物理等课程那样具有整体性和逻辑性，表现为经验性内容多、理论性内容少，文字叙述多、逻辑推导少、概念术语多、公式计算少。

1.4.3 建筑材料课程的学习方法

学习建筑材料课程时必须根据其特点，从课程的目的和任务出发，把握科学的学习方法。

1. 根据认知规律理清学习思路

根据认知规律，可将学习建筑材料课程的思路归结为“一个中心，两条线索”：以材料性质为中心；掌握材料的组成和结构决定材料性质的内因是第一条线索，了解水、热、声、光、电等外因导致材料性质发生改变的规律是第二条线索。抓住这两条线索，不仅易于掌

握建筑材料课程的基本内容，还可据此扩大材料性质与应用的知识。

2. 运用辩证思想理解课程内容

建筑材料课程中包含的辩证唯物主义思想内容很多，我们应自觉运用辩证唯物主义的观点和方法去分析和理解建筑材料课程的内容。

第一，注重归纳对比。不同种类的材料具有不同的性质，同类材料不同品种之间既存在共性，又存在特性。学习时应采用归纳对比的方法，总结同类材料的相同点，分析各种材料的不同点，分类理解。

第二，注重量度关系。材料的量度和试验都必须在一定的条件下进行，材料的使用也是有条件的，最常遇到的是量变和质变的关系，如生产硅酸盐水泥时，掺入适量石膏起缓凝作用，但石膏掺量过多反而会起促凝作用。

第三，注重实践手段。建筑材料是一门实践性很强的课程，其内容来源于实践又服务于实践，若能密切联系实际，将理论学习与工程实践和材料实验结合起来，通过实践手段不仅能够增强感性认识，加深对材料的特性、使用方法、使用效果以及使用中存在的问题等方面知识的理解，而且能够在实践中验证和补充书本知识。这样，既能大大提高学习兴趣，又能有效培养和提高分析、解决实际问题的能力。

3. 利用信息网络提高学习效果

现在基于互联网平台开发出的建筑材料网络课程版本较多，功能比较齐全，它以因特网为桥梁跨越教师和学生时间和空间上的距离，突破传统面对面课堂教学方式的限制，将授课课堂由教师和实验室延伸到因特网所覆盖的任何一个站点，适合于自主学习。

思考与练习

一、名词解释

1. 建筑材料
2. 结构材料
3. 功能材料

二、简答题

1. 建筑材料的分类方法有哪些？（举例说明）
2. 如何理解建筑材料在建筑业中的作用？
3. 什么是国家标准？如何表示？（举例说明）
4. 开设建筑材料课程的目的是什么？

三、分析题

怎样学习建筑材料课程？

第 2 章 建筑材料的基本性质

建筑材料是构成建筑工程的物质基础。在建筑物或构筑物中，建筑材料要承受各种不同的作用，这就要求建筑材料必须具备相应的性质。例如，结构材料应具有良好的力学性能；屋面材料应能防水、保温；地面材料应具有耐磨性；墙体材料应能抗冻、隔声、节能；基础材料不但要能够承受建筑物的全部荷载，还要能够承受冰冻和地下水的侵蚀等。

建筑材料的基本性质主要包括物理性质、力学性质、化学性质和耐久性等。

2.1 建筑材料的组成和结构

要了解材料的性质先得了解材料的组成和结构，因为材料的性质是由材料的组成和结构决定的。

2.1.1 材料的组成

材料的组成包括材料的化学组成、矿物组成和相组成，它不仅影响着材料的化学性质而且是决定材料物理力学性质的重要因素。

1. 化学组成

各种建筑材料都具有一定的化学成分。化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类及数量。材料的化学组成既影响材料的物理力学性质，也影响材料抵抗外界侵蚀作用的化学稳定性。例如，建筑钢材是由生铁冶炼而成，其主要成分是 Fe 元素，生铁和钢含碳量不同，机械性能差异很大；钢材容易生锈，如果炼钢时加入适量的 Cr 和 Ni 等合金元素，就可以提高钢材的防锈能力。

金属材料 and 有机材料的化学成分常以其元素的百分含量表示，无机非金属材料的化学成分常以其氧化物含量百分数的形式表示。

2. 矿物组成

矿物组成是指化学元素组成相同，分子组成形式各异的现象。材料的矿物组成是在其化学组成确定的条件下，决定材料性质的主要因素。例如，硅酸盐水泥的主要化学组成都是 CaO 、 SiO_2 等，但由于形成的矿物熟料有硅酸三钙 ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) 和硅酸二钙 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) 之分，前者强度增长快、放热量大，后者强度增长慢、放热量小。又如，黏土和由其烧结而成的陶瓷，它们的化学组成都是 SiO_2 和 Al_2O_3 ，但黏土在焙烧中由 SiO_2 和 Al_2O_3 结

合生成 $3\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，使陶瓷具有比黏土更高的强度和硬度等特性。

3. 相组成

通常物质是以固态、液态和气态三种形态存在的，固态物质称为固相、液态物质称为液相、气态物质称为气相。自然状态下，多数建筑材料为三相体系，即由固相、液相、气相组成。例如，新拌混凝土中的砂子、石子和水泥颗粒为固相，水为液相，其中的气泡属气相。极少数建筑材料为单相或两相体系，例如，钢材为固相构成的单相体系，胶水为液相构成的单相体系，聚苯板为固相和气相构成的两相体系。

2.1.2 材料的结构

材料的结构是指从宏观可见直至分子、原子水平的各个层次的构造状况。一般可分为三个结构层次：宏观结构、细观结构和微观结构。

1. 宏观结构

材料的宏观结构是指用肉眼或放大镜能够分辨到的结构。建筑材料的宏观结构，可按孔隙尺寸和构成形态来分类。

(1)按孔隙尺寸可分为如下三类：

①致密结构，是指无宏观层次孔隙存在的结构，如钢材、有色金属、天然的花岗岩、玻璃、玻璃钢、塑料等。具有致密结构的材料，结构密实、强度高、硬度大，常被用作结构材料。

②微孔结构，是指具有微细孔隙的结构，如石膏制品、烧黏土制品等，其特征是孔隙多而小。一般来说，这类材料的密度和导热系数较小，具有良好的隔音吸声性能，在建筑中常被用作吸音隔声材料。

③多孔结构，是指具有粗大孔隙的结构，如加气混凝土、泡沫混凝土、泡沫塑料及人造轻质多孔材料等，其特征是孔隙多且孔径较大。一般来说，这类材料的质地轻、保温性能好，多被用作绝热材料。

(2)按构成形态可分为如下四类：

①聚集结构，是指由填充性集料与胶凝材料胶结成的结构，如水泥混凝土、砂浆、沥青混凝土、塑料等。这类材料的性质取决于集料和胶凝材料的性质以及其结合程度。

②纤维结构，是指由纤维状物质构成的材料结构，如木材、玻璃纤维、矿棉等。这类材料的性质与纤维的排列秩序、疏密程度有关。

③层状结构，是指天然形成的或采用人工黏结等方法将材料迭合而成层状的材料结构，如复合木地板、胶合板、纸面石膏板等。这类材料的性质与叠合材料性质及胶合程度有关。往往是各层材料在性质上有互补关系，从而增强了整体材料的性质。

④散粒结构，是指松散颗粒状结构，如混凝土集料、膨胀珍珠岩等。砂是散粒构造的典型代表，其颗粒的形状、粗细程度以及级配情况对其品质有直接影响。

2. 细观结构

材料的细观结构也称亚微观结构,是指用光学显微镜观察到的结构。建筑材料的细观结构只能针对某种具体材料来进行分类研究。例如,混凝土可分为基相、集料相、界面相;阔叶树木材可分为木纤维、导管和髓线。

材料细观结构层次上的各种组织结构、性质和特点各异,它们的特征、数量和分布对建筑材料的性能有重要影响。

3. 微观结构

材料的微观结构是指材料内部在分子、原子、离子层次的结构,常用电子显微镜及 X 射线衍射分析手段来研究。根据微粒在空间的分布状态不同,建筑材料的微观结构基本上可分为晶体、玻璃体、胶体三类。

(1)晶体。晶体的微观结构特点是组成物质的微粒在空间的排列有确定的几何位置关系。一般来说,晶体结构的物质具有强度高、硬度较大、固定熔点、化学稳定性高和力学各向异性等共同特性。根据组成晶体的微粒种类和结合方式不同,晶体可分为原子晶体、离子晶体、分子晶体和金属晶体。

建筑材料中的金属材料和非金属材料中的石膏等都是典型的晶体结构。值得注意的是,尽管材料的化学组成相同,如果晶体结构形式不同,其性质差异会很大。例如,金刚石和石墨的化学组成都是碳(C),前者的强度极高,后者的强度极低。

(2)玻璃体。玻璃体的微观结构特点是组成物质的微粒在空间的排列呈无序混沌状态。玻璃体结构的材料具有化学活性高、无固定熔点、力学各向同性等共同特性。粉煤灰、火山灰、粒化高炉矿渣和建筑用普通玻璃都是典型的玻璃体结构。

(3)胶体。胶体是极细的固体颗粒(直径 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ m)均匀分散在液体中所形成的结构。胶体与晶体和玻璃体最大不同点是可呈分散相和网状两种结构形式,分别称为溶胶和凝胶。溶胶具有很强的吸附能力,失水后成为具有一定强度的凝胶结构,可以把材料中的固体颗粒黏结为整体。例如,气硬性无机胶凝材料中的水玻璃和硅酸盐水泥石中的水化硅酸钙都呈胶体结构。

2.2 建筑材料的物理性质

2.2.1 材料与质量有关的性质

1. 材料的密度

密度是指物质单位体积的质量,单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。在不同的结构状态下,材料的密度又可分为实际密度、表观密度、体积密度和堆积密度。

(1)实际密度(简称密度)是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量。其计算式为

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——实际密度(g/cm³ 或 kg/m³);

m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);

V ——材料在绝对密实状态时的体积(cm³ 或 m³)。

材料的实际密度是材料基本物理常数。计算时,体积只为固体物质所占的体积,不包括孔隙,所以孔隙多少对其数值无影响。

在测定含孔材料的实际密度时,应把材料磨成细粉以排除其内部孔隙,一般要求磨细至粒径小于 0.2 mm,然后用排液法测定其实际体积。材料磨得越细,测定的密度值越精确。

在测量某些较密实的不规则的散粒材料(如卵石、砂等)的实际密度时,常直接用排液法测其绝对体积的近似值,所得的实际密度为近似密度。

(2)表观密度是指多孔材料在自然状态下,单位体积(包括闭口孔和固体)的质量。其计算式为

$$\rho' = \frac{m}{V'}$$

式中 ρ' ——材料的表观密度(g/cm³ 或 kg/m³);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V' ——材料在自然状态时(包括闭口孔)的体积(cm³ 或 m³)。

材料的表观密度对于混凝土拌合物中的砂和石来讲有实际意义,可用于估算砂和石所占有的实际体积,因为水泥浆只能浸入开口孔隙中。

(3)体积密度是指材料在自然状态下,单位体积(包括闭口孔、开口孔和固体)的质量。其计算式为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

式中 ρ_0 ——体积密度(g/cm³ 或 kg/m³);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下(包括闭口孔、开口孔和固体)的体积(cm³ 或 m³)。

体积密度的体积包含了所有的开口孔隙和闭口孔隙,如图 2-1 所示,所以体积密度可以用于估算砌体或结构物的自重。

体积密度的测定方法与表观密度相似。

对外形规则的材料,其几何体积即为表观体积(V_0)。

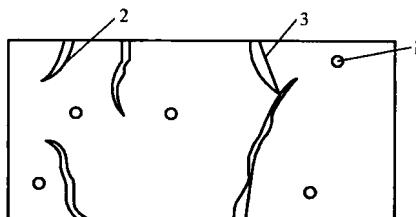


图 2-1 砖的孔隙示意图

1—闭口孔隙; 2, 3—开口孔隙

或 V')；对外形不规则的材料，可用排液法测定其体积，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。

在自然状态下，当材料孔隙内含有水分时，其质量和体积均会发生变化，将会影响材料的体积密度，故对所测材料的体积密度必须注明它的含水状态。一般情况下，材料的体积密度是指在气干状态下的体积密度。在吸水状态下的体积密度称为湿体积密度。在烘干状态下的体积密度称为干体积密度。

(4)堆积密度是指散粒材料在自然堆积状态下，单位体积的质量。其计算式为

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3)；

m ——材料的质量(kg)；

V'_0 ——材料在自然堆积状态下的体积(m^3)，即 $V'_0 = V_0 + V_{\text{空}}$ 。

散粒材料在自然状态下的体积，是指既含颗粒内部的孔隙，又含颗粒之间空隙在内的总体积。测定散粒材料的堆积密度时，材料的质量是指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。若以捣实体积计算，则称紧密堆积密度。

建筑工程中，计算材料用量、构件自重、配料、堆放空间以及运输量时，均需要用到材料的实际密度、表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的密度见表 2-1。

表 2-1 常用建筑材料的实际密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

材料名称	实际密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	堆积密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	孔隙率(%)
花岗岩	2.6~2.9	2 500~2 800	—	0.5~3.0
石灰岩	2.6	1 800~2 600	1 400~1 700(碎石)	—
砂	2.6	—	1 450~1 650	—
黏土	2.6	—	1 600~1 800	—
水泥	3.1	—	1 200~1 300	—
烧结黏土砖	2.5~2.8	1 600~1 800	—	20~40
烧结空心砖	2.5	1 000~1 400	—	—
木材	1.55	400~800	—	55~75
钢材	7.85	7 850	—	0
玻璃	2.55	—	—	—

2. 材料的孔隙与密实度

(1)材料的孔隙。建筑材料都或多或少含有孔隙，它是影响建筑材料性质的内在因素之一。一般把材料内部被空气所占据的空间叫孔隙，把材料实体之间被空气所占据的空间叫空隙。

材料的孔隙状况由孔隙率、孔隙的连通性和孔隙直径三个指标来描述。

孔隙率是指孔隙在材料体积中所占的比例。一般孔隙率越大，材料的体积密度越小，

强度越低、保温隔热性好。

孔隙按其连通性可分为开口孔和闭口孔。开口孔是指孔隙之间、孔隙与外界之间都连通的孔隙；闭口孔是指孔隙之间、孔隙与外界之间都不连通的孔隙。一般情况下，开口孔对材料的吸水性、吸声性影响较大，闭口孔则对材料的保温隔热性影响较大。

孔隙按其直径大小可分为粗大孔、毛细孔和微孔三类。粗大孔指直径大于 mm 级的孔隙，毛细孔是指直径在 μm 至 mm 级的孔隙，微孔是指直径在 μm 级以下的孔隙。孔的直径大小直接影响材料的性能，例如粗大孔会使材料的强度降低，毛细孔则会使材料的吸水性增大，抗渗性下降，微孔对材料的性质影响不大。

(2) 材料的密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。以 D 表示，按下式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$

式中 D ——材料的密实度；

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3)；

V_0 ——材料在自然状态下(包括闭口孔、开口孔和固体)的体积(cm^3 或 m^3)；

ρ_0 ——体积密度(g/cm^3 或 kg/m^3)；

ρ ——实际密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

(3) 材料的孔隙率是指材料体积内，孔隙体积(V_P)占材料总体积(V_0)的百分率。以 P 表示，用下式计算：

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

式中 P ——材料的孔隙率；

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3)；

V_0 ——材料在自然状态下(包括闭口孔、开口孔和固体)的体积(cm^3 或 m^3)；

ρ_0 ——体积密度(g/cm^3 或 kg/m^3)；

ρ ——实际密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

孔隙率与密实度的关系为

$$P + D = 1$$

孔隙率的大小直接反映了材料的密实程度。建筑材料的许多性质都与材料的致密程度有关，如材料的强度、吸水性、抗渗性、导热性、吸声性等。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，抗冻性和抗渗性较好。工程中对需要保温隔热的建筑物或部位，要求其所用材料的孔隙率较大且为封闭孔。

3. 材料的填充率与空腔率

(1) 填充率是指粉状或颗粒状材料在其堆积体积内，被其颗粒填充的程度。以 D' 表示，按下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D' = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\%$$