



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

建筑材料

第2版

严峻 主编

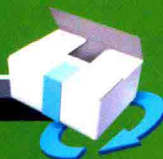


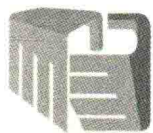
建筑材料 建筑材



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

配电子课件





“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

建筑材料

第2版

主 编 严 峻
副主编 白 燕
参 编 王英林 赵佰存 高宏新 陈 俞
主 审 尤世岐



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是经全国职业教育教材审定委员会审定的“十二五”职业教育国家规划教材,是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》,在第1版的基础上修订而成的。本书共十一章,针对高等职业院校学生的实际需要及接受能力并结合工程实践分别介绍了建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土与砂浆、金属材料、木材、墙体材料、沥青材料、建筑装饰材料、建筑防火材料,并设置了建材调研与实训方案。为便于教学,本书每章均设本章导入、本章回顾、知识应用;每节均有思考与练习;各章节内容中穿插一些不同形式的小问题及时巩固所学知识;有关材料试验均采用演示形式。

本书依据最新标准和规范编写,同时为适应目前学生的阅读与学习特点,书中的语言表述尽量通俗化,并且每节均以案例导入理论知识。为增加学生对所学理论知识与建材市场价格的感性认识以及提高其归纳总结能力,本书在最后加入建材调研与实训方案,使学生将理论与实践充分结合起来。为方便教学,本书配有电子资源,凡选用本书作为授课教材的老师均可登录 www.cmpedu.com,以教师身份免费注册下载。编辑咨询电话:010-88379934。

本书可供高等职业院校建筑经济管理专业、工程造价专业、工业与民用建筑专业、市政工程专业学生使用,也可供从事建筑施工的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/严峻主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2014.6

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-47941-3

I. ①建… II. ①严… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第209454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:刘思海 责任编辑:刘思海

责任校对:肖琳 封面设计:马精明

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014年10月第2版第1次印刷

184mm×260mm·16.25印张·386千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47941-3

定价:38.00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

第2版前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，经过出版社初评、申报，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，在第1版的基础上修订而成的。

根据“十二五”职业教育国家规划教材的编写要求，在前一版广大职业院校反馈意见及建筑行业发展的基础上，本次修订对以下内容进行了新的设计和修改：

1) 依据水泥、混凝土、砂石、砂浆、沥青、木材、墙体材料、建筑装饰材料、金属材料等最新规范及检验评定标准对相关内容进行了重点修订，其修订内容多，修订面广，几乎覆盖了全书的每一个章节。此外，为适应最新规范和标准，本书对很多术语及其符号作了修改，如将“骨料”统一改为“集料”，屈服强度分为上、下屈服强度，并对其符号进行了修改，涉及屈服强度的知识统一使用最新规范。这样的修改遍布全书诸多章节，体现出本书的科学性和严谨性。

2) 参考中华人民共和国住房和城乡建设部新推出的《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJ/T 250—2011)，增加了建筑防火材料一章，以满足教学内容与职业技能进一步对接的要求。根据国家建筑节能及防火标准，对新型节能保温墙体材料以及防火材料典型品种进行介绍，体现出本书的先进性。

3) 考虑到建筑行业执业资格（建造师、造价师等）考试对建筑材料知识掌握范围的界定，对相应内容进行了修订，体现出本书在职业教育中的特色。

4) 通过案例项目的设置，强化本书的教学设计，体现新时期高职教育教材的特色。每章增设知识拓展和延伸阅读供师生选用，努力使本书成为形式新颖、深度适中、教师适用、有趣味的教材，体现出本书为提高学生兴趣和方便老师所作出的巨大努力。

5) 为方便阅读英文资料，书后附有建筑材料词目中英文对照表。

本书由严峻任主编，白燕任副主编。全书编写分工如下：其中绪论、第1章、第4章由严峻编写；第9章、第10章、第11章由白燕编写；第3章、第5章由王英林编写；第2章、第8章由高宏新编写；第6章、第7章由赵佰存和陈俞编写。本书由辽宁省建设科学研究院副院长总工程师尤世岐博士任主审，沈阳航空航天大学材料科学博士滕英元教授阅读了书稿并提出了宝贵意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，教材中存在不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

第1版前言

本书着力于“内容求新、理论求浅、突出特色”，以任务为导向，采用案例导入模式编写，注重趣味性和实用性。

针对土木建筑类职业院校学生的实际需要及接受能力并结合工程实践，本书主要介绍了建筑工程中常用建筑材料的性能、品种、规格及应用。为便于教学，每章均设课题导入、相关知识链接、本章回顾、知识应用；每节均有思考与练习；各章节内容中同步穿插一些不同形式的小问题及时巩固所学知识。本书的另一特色是每节均以案例导入，融入建筑装饰材料，并且在最后加入建材调研与实训方案。书中有关材料检测、试验均采用演示形式。

本书由严峻任主编，白燕、王英林任副主编。参加编写的人员有：辽宁省城市建设职业技术学校严峻（绪论、第1章、第4章）、白燕（第9章）、王英林（第3章、第5章）、王波（第6章、第7章的部分内容），辽宁省交通高等专科学校高宏新（第2章、第8章），机械工业出版社陈俞（第7章的部分内容）。全书由辽宁省交通高等专科学校陈桂萍教授主审，沈阳航空航天大学材料学博士滕英元教授阅读了书稿并提出了宝贵意见。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，在使用过程中恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

目 录

第2版前言

第1版前言

绪论 1

第1章 建筑材料的基本性质 4

1.1 材料的基本物理性质 4

1.2 材料的力学性质 8

1.3 材料与水有关的性质 11

1.4 材料的耐久性与装饰性 15

本章回顾 16

第2章 气硬性胶凝材料 19

2.1 石灰 19

2.2 石膏 23

2.3 水玻璃 28

本章回顾 30

第3章 水泥 32

3.1 通用硅酸盐水泥 32

3.2 特种水泥 45

3.3 水泥演示试验 50

本章回顾 52

第4章 混凝土与砂浆 55

4.1 普通混凝土 55

4.2 普通混凝土力学性能演示试验 92

4.3 建筑砂浆 96

本章回顾 102

第5章 金属材料 105

5.1 建筑钢材 105

5.2 铝合金及塑钢 124

5.3 钢筋演示试验 127

本章回顾 130

第6章 木材 132

6.1 木材的分类及主要性质	132
6.2 木材的工程应用	139
本章回顾	142
第7章 墙体材料	144
7.1 砌墙砖、多孔(空心)砌块	144
7.2 墙体用砌块、板材和保温材料	152
本章回顾	166
第8章 沥青材料	168
8.1 常用沥青材料概述	168
8.2 石油沥青	172
8.3 防水卷材	178
8.4 防水涂料	184
8.5 沥青混合料	189
本章回顾	194
第9章 建筑装饰材料	197
9.1 建筑玻璃	197
9.2 建筑陶瓷	202
9.3 建筑饰面石材	207
9.4 建筑装饰涂料	210
9.5 纤维装饰织物与制品	215
9.6 金属装饰材料	217
本章回顾	220
第10章 建筑防火材料	223
10.1 建筑材料的防火原理及方法	224
10.2 防火涂料	227
10.3 钢材的防火保护	229
10.4 木材的阻燃处理及应用	231
10.5 建筑塑料的阻燃	233
10.6 其他阻燃制品	236
10.7 防火玻璃	239
本章回顾	241
第11章 建材调研与实训方案	244
附 录 建筑材料词目中英文对照表	246
参考文献	254

绪 论

1. 建筑材料概况

建筑材料,是用于建筑工程中各种材料的总称。建筑材料种类繁多,涉及面广,内容庞杂,且各成体系。总的说来,建筑、材料、结构、施工,四者是密不可分的。从根本上讲,材料是基础,材料决定了建筑形式和施工方法。为了满足建筑物适用、坚固、耐久、美观等基本要求,材料在建筑物各个部位发挥着各自的作用,如高层或大跨度建筑中的结构材料,要求轻质、高强;防水材料要求密不透水;冷藏库建筑必须采用优质隔热材料;大型公共建筑及纪念建筑的立面材料对装饰性和耐久性要求较高。此外,在建筑设计中常常从材料造型、线条、色彩、光泽、质感等方面反映建筑的艺术特征。

在历史发展的进程中,人类通过劳动不断地改造自然、创造文明。建筑材料的发展也是如此。天然的土、石、竹、木、草秸、树皮就是古人类的主要建筑材料,我们可以从旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁时代的划分来理解并体会材料的重要意义。

我们的祖先在建筑材料上留下许多宝贵经验和遗产,始建于公元前7世纪的万里长城所使用的砖石材料多达1亿 m^3 ,公元605年建于今河北赵县的赵州桥全长64.4m,是世界上现存最早、保存最完整的石拱桥。现存于今江苏苏州的虎丘塔,建于公元601年,塔高47.5m,塔身全为砖砌,重达6000余吨。山西五台山木结构的佛光寺大殿也有千余年历史。

近代建筑材料大部分出现于18世纪欧洲工业革命之后,特别是水泥、钢材与混凝土的发明和应用,标志着建筑材料的发展进入了一个新时期。

自1995年以来,我国的水泥、平板玻璃、卫生陶瓷及石墨、滑石等建材产品产量一直居世界第一位,但必须看到:与发达国家相比,我们建材行业的科技水平和管理水平还比较落后,主要表现在能源消耗大、劳动生产率低、污染环境严重。因此,必须靠科技进步改造传统产业,着力发展新工艺、新产品和绿色建材。

特别值得一提的是:近年来,大量兴建的公共建筑、公寓和住宅楼通过各种装饰装修,开始体现出了不同的建筑风格,不仅满足了不同建筑的使用功能,而且美化了生活环境,提高了生活质量。建筑装饰材料是建筑装饰行业发展的物质基础,近十多年来,门类齐全、规格多样、质量上乘、性能优良的新型装饰材料层出不穷,推动了建筑装饰行业的繁荣和进步。装饰装修材料的发展方向与社会经济发展水平和人民的富裕程度密切相关。我国的建筑装饰装修材料将向三个方向发展:产品化,以工业化生产为标志,像造汽车一样造房子,从以原材料生产为主转向以加工制品业为主;绿色化,在制造、使用及废弃物处理过程中,对环境污染最小并有利于人类健康,如节能型屋面产品、节能型墙体产品等;智能化,应用高科技实现对材料及产品各种功能的可控可调。

2. 建筑材料的分类

建筑材料品种繁多,组分各异,可以从多个角度对其分类,通常是按材料的化学成分和

使用功能来进行分类。

(1) 按化学成分分类 依据材料的化学成分，可将其分为有机材料、无机材料和复合材料三大类，见表 0-1。

(2) 按使用功能分类 依据材料的使用功能可将其分为结构材料、墙体材料和功能材料三大类，见表 0-2。具体分类如下：

1) 结构材料。结构材料主要指用于构成建筑物主体的受力构件材料，如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件。这类材料的主要技术性能要求是强度和耐久性，从而决定了建筑物的安全性和可靠度。

表 0-1 建筑材料的分类（一）

建 筑 材 料	无机材料	非金属材料	天然石材：毛石、料石、石子、砂 烧土制品：黏土砖、瓦、空心砖、建筑陶瓷 玻璃：窗用玻璃、安全玻璃、特种玻璃 胶凝材料：石灰、石膏、水玻璃、各种水泥 混凝土及砂浆：普通混凝土、轻混凝土、特种混凝土、各种砂浆 硅酸盐制品：粉煤灰砖、灰砂砖、硅酸盐砌块 绝热材料：石棉、矿棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩
		金属材料	黑色金属：生铁、碳素钢、合金钢 有色金属：铝、锌、铜及其合金
	有机材料	植物质材料	木材、竹材、软木、毛毡
		沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青防水制品
		高分子材料	塑料、橡胶、涂料、胶粘剂
	复合材料	无机非金属材料与有机材料的复合	聚合物混凝土、沥青混凝土、水泥刨花板、玻璃钢

表 0-2 建筑材料的分类（二）

建 筑 材 料	结构材料	砖混结构：石材、砖、水泥混凝土、钢筋 钢木结构：建筑钢材、木材
	墙体材料	砖及砌块：普通砖、空心砖、硅酸盐砖及砌块 墙板：混凝土墙板、石膏板、复合墙板
	功能材料	防水材料：沥青及其制品 绝热材料：石棉、矿棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩 吸声材料：木丝板、毛毡、泡沫塑料 采光材料：窗用玻璃 装饰材料：涂料、塑料装修材料、铝材

2) 墙体材料。墙体材料主要指用于建筑物内外分隔的墙体材料，有承重和非承重两大类。墙体在建筑物中占有很大比重，认真选用墙体材料对降低建筑成本和节能都很有意义。当前，我国已大量选用砌墙砖、混凝土、加气混凝土，特别是轻质多功能的复合墙体发展很快。

3) 功能材料。功能材料是指担负某些建筑功能而又非承重的所有材料的总称，如屋面材料、地面材料、防水材料、绝热材料、吸声隔声材料、装饰材料等。这类材料形式繁多功



能各异，应用越来越多。

3. 建筑材料的技术标准

目前，我国常用的建筑材料都制定出了产品的技术标准，其主要内容包括产品规格、分类、技术要求、检测方法、验收规则、包装与标志、运输和贮存及抽样方法等。建筑材料的技术标准是建材产品质量的技术依据，它可实现生产过程合理化，设计、施工标准化。技术标准又是供需双方对产品质量验收依据，是保证工程质量的先决条件。

(1) 标准的分类 建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准，分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。中国国家质量技术监督局是国家标准化管理的最高机构。其中，国家标准和行业标准都是全国通用的标准，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。

(2) 各级标准的部门代号（见表 0-3） 标准的表示方法由标准名称、部门代号、标准编号和标准年份四部分组成。例如：《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175—1999）。标准部门代号为 GB，标准编号为 175，批准年份为 1999。

表 0-3 各级标准的相应代号

标准级别	标准代号及名称
国家标准	GB——国家标准；GB/T——推荐性国家标准 ZB——国家级专业标准（有关建筑材料的为 ZBQ）
行业标准	JGJ——建设部（现住房和城乡建设部）行业标准；JC——建设部（现住房和城乡建设部）建筑材料标准；JC/T——推荐性建材标准
地方标准	DB——地方标准
企业标准	QB——企业标准

当前，建筑市场已国际化，某些建筑工程常会涉及其他国家的标准，我们也应有所了解。例如“ASTM”代表美国国家标准，“BS”代表英国国家标准，“DZN”代表德国国家标准，另外在世界范围内统一执行的标准为国际标准，其代号为“ISO”。

4. 本课程的内容任务

建筑材料是一门实用性和实践性很强的专业基础课。本书针对中等职业学校学生的实际需要和接受能力并结合工程实践分别介绍了①建筑材料的基本性质②气硬性胶凝材料③通用水泥④混凝土与砂浆⑤金属材料⑥木材⑦墙体材料⑧沥青材料⑨建筑装饰材料⑩建材调研与实训方案。其中①、③、④、⑤、⑨为重点章节。

本课程的主要任务归纳起来就是以下三点。

- 1) 以掌握常用建筑材料的性能为重点，要经常问自己：“材料在使用时呈现哪些性能？”“为什么具有这样的性能？”
- 2) 掌握常用建筑材料的应用技术及试验检测技能，同时对建筑材料的贮运和保护也有所了解。
- 3) 能正确选择与合理使用常用建筑材料，为其他相关专业课打下基础。

第1章 建筑材料的基本性质



本章导入

了解和掌握建筑材料的基本性质，对于合理选用材料十分重要。本章将主要介绍材料的物理和力学性质、与水相关的性质及耐久性和装饰性。

建筑材料在建筑物的各个部位都要承受各种不同的作用，因此要求建筑材料必须具备相应的性质，如路面材料经常受到磨损及冲击的作用；结构材料要受到各种外力的作用；墙体材料应具备良好的保温隔热及隔声吸声性能；屋面材料应具备良好的抗渗防水性能。另外，建筑材料还经常受到风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起温度变化及冻融循环的影响，因此还应具备相应的耐久性。而材料的装饰性主要取决于色彩、质感和线型。

1.1 材料的基本物理性质



导入案例

【案例 1-1】某种建筑材料试样的孔隙率为 20%，此试样在自然状态下的体积为 40cm^3 ，质量为 86g，吸水饱和后的质量为 90g，烘干后的质量为 83g。怎样确定这些材料的物理性质？不用每次亲自试验，怎样计算干燥砂石吸水后的质量呢？回答这个问题，首先要了解材料的质量和体积之间的关系，即材料的基本物理性质。

影响建筑物性能的建筑材料，其基本物理性质指标主要指密度、密实度与孔隙率、填充率和空隙率。

1.1.1 材料的密度

不同的建筑材料，因其单位体积内所含孔（空）隙程度不同，其密度（单位体积的质量）也有所差别。

1. 真密度

真密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积所具有的质量。用公式表示如下



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

式中 ρ ——材料的真密度 (g/cm^3);

m ——材料在绝对密实状态下固体物质的质量 (g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (不含开口和闭口孔体积, cm^3)。

材料在绝对密实状态下的体积 (V) 不应包括其内部的孔隙体积 (V_v), 而土建工程中大多采用固体材料, 其绝大多数在自然状态下内部都存在孔隙。

2. 体积密度

体积密度是指 (整体多孔的) 固体材料在自然状态下, 单位体积所具有的质量。用公式表示如下

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

式中 ρ_0 ——材料的体积密度 (kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量 (kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3)。

固体材料在自然状态下的体积应包括固体物质的体积 (V) 与其内部的孔隙体积 (V_v), 而孔隙体积 (V_v) 又分为开口 (与大气连通) 孔隙体积 (V_k) 和闭口 (与大气不连通) 孔隙体积 (V_b), 如图 1-1 所示。土建工程中经常拌制混凝土, 其中砂石材料的体积直接采用排开液体的方法测定, 此时的体积为固体物质的体积 (V) 与闭口孔隙体积 (V_b) 之和, 此时的密度又称表观密度。

>> 相关链接 【案例 1-1 分析】

真密度 = 干质量 / 密实状态下的体积 = $83\text{g} / [40\text{cm}^3 \times (1 - 0.20)] = 2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 。

体积密度 = 干质量 / 自然状态下的体积 = $83\text{g} / 40\text{cm}^3 = 2.08\text{g}/\text{cm}^3$ 。

开口孔隙率 = 开口孔隙的体积 / 自然状态下的体积 = $(90 - 83)\text{g} / (1\text{g}/\text{cm}^3 \times 40\text{cm}^3) = 0.17 = 17\%$ 。

闭口孔隙率 = 孔隙率 - 开口孔隙率 = $0.20 - 0.17 = 0.03 = 3\%$ 。

以砂石为代表的散粒材料还经常处于一种堆积状态, 此时的体积构成又多了一项空隙体积 (V_a)。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒 (粉状、粒状与纤维状) 材料在堆积状态下, 单位体积所具有的质量。用公式表示如下

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1-3)$$

式中 ρ' ——散粒材料的堆积密度 (kg/m^3);

m ——散粒材料的质量 (kg);

V' ——散粒材料在堆积状态下的体积，此时多了一项空隙体积 V_a (m^3)。

散粒材料在堆积状态下的体积等于三项之和，即 $V' = V + V_v + V_a$ ，如图 1-2 所示。

在建筑工程中，配料计算、构件自重计算、材料用量计算甚至材料的堆放运输都涉及材料的密度。常用建筑材料的密度参考数值见表 1-1。

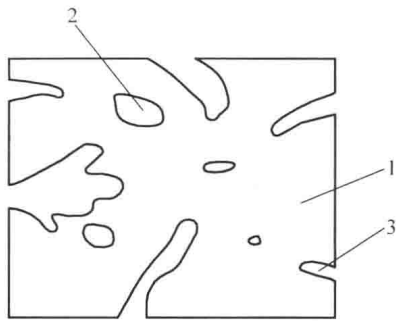


图 1-1 固体材料内的孔隙放大示意图
1—固体物质 2—闭口孔隙 3—开口孔隙

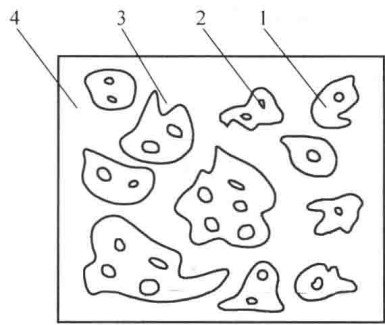


图 1-2 散粒材料的堆积状态放大示意图
1—颗粒中的固体物质 2—颗粒的闭口孔隙
3—颗粒的开口孔隙 4—颗粒间的空隙

表 1-1 常用建筑材料的密度参考数值

材料名称	真密度/ (g/cm^3)	体积密度/ (kg/m^3)	堆积密度/ (kg/m^3)
石灰石 (碎石)	2.4 ~ 2.7	1800 ~ 2600	—
砂	2.5 ~ 2.6	—	1400 ~ 1700
水泥	2.7 ~ 3.1	—	1200 ~ 1300
黏土	2.5 ~ 2.7	—	1600 ~ 1800
钢材	7.85	7850	—
木材	1.55	400 ~ 700	—
普通混凝土	—	2350 ~ 2450	—
普通黏土砖	2.5 ~ 2.8	1600 ~ 1800	—

试一試

根据上面所学的知识，到就近的建筑工地调查比较某种岩石的真密度、体积密度、表观密度、堆积密度之间的大小关系。

1.1.2 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填充的程度，即固体物质体积 V 占总体积 V_0 的百分



率,通常用 D 来表示。

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

密实度反映了材料结构的致密程度,含有孔隙的固体材料密实度均小于 1。材料的很多性能如强度、耐久性、吸水性、导热性均与其有关。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积 (V_v) 占自然状态下材料总体积 V_0 的百分率,通常用 P 来表示。

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

由于材料的总体积 (V_0) = 固体体积 (V) + 孔隙体积 (V_v), 所以 $P + D = 1$ 。孔隙率的大小更加直接地反映了材料的致密程度, 孔隙率的大小及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质密切相关, 如抗渗性、抗冻性、吸水性、导热性均与其有关。

试一试

[填空题] 某一材料孔隙率为 28.5%, 其密实度为 _____ %。

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容器的堆积体积中, 颗粒填充的紧密程度 (用百分数), 通常用 D' 来表示。

$$D' = \frac{V_0}{V'} \times 100\% = \frac{\rho'}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

填充率反映了散粒材料的颗粒体积占其堆积体积的百分率。

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料在容器的堆积体积中, 颗粒间空隙体积 (V_a) 占堆积体积的百分率, 通常用 P' 来表示。

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

散粒材料的填充率与空隙率的关系是: $D' + P' = 1$ 。

试一试

[填空题] 某散粒材料空隙率为 20%, 其填充率为 _____ %。

思考与练习 1.1

1.1-1 名词解释

1. 表观密度 2. 堆积密度 3. 空隙率 4. 填充率

1.1-2 何谓材料的密实度和孔隙率？两者有什么关系？（问答题）

1.1-3 某块状固体材料自然干燥状态下的质量为 90g，体积为 36cm^3 ，绝对密实状态下的体积为 30cm^3 ，计算其真密度和体积密度。（计算题）

1.1-4 已知卵石的体积密度为 2.8g/cm^3 ，把它装入一个 2m^3 的车厢内，装平时共用 3450kg，求该卵石的空隙率。若用堆积密度为 1600kg/m^3 的砂子，填充上述车内卵石的全部空隙，共需砂子多少 kg？（计算题）

1.1-5 单项选择题

某岩石的真密度为 2.50g/cm^3 ，其体积密度为 500kg/m^3 时，其孔隙率应为_____。

A. 70% B. 90% C. 60% D. 80%

1.2 材料的力学性质



导入案例

【案例 1-2】史上空前的海难——铁达尼号的沉没

1912 年，世界上最大的客船铁达尼号初航，由于众所周知的原因撞上冰山，35cm 厚船钢板在水位线处像拉链拉开一样被撕裂，海水排山倒海般涌向船内，约三小时后沉没。排除其他人为因素，这里涉及材料的脆性和韧性，而脆性和韧性则属于材料力学性质的范畴。除此之外，材料的力学性质还包括强度、弹性和塑性等。

1.2.1 强度与比强度

1. 强度

强度是指材料抵抗外力（荷载）破坏作用的（最大）能力。强度值用材料受力破坏时，单位受力面积上所承受的力（应力）来表示，公式可表示为

$$f = \frac{F}{A} \quad (1-8)$$

式中 f ——材料受力破坏时的强度（MPa）；

F ——破坏荷载（N）；

A ——破坏时受力面面积（ mm^2 ）。

通常将材料破坏时的情形分为四种，即压坏、拉坏、剪坏和弯（折）坏，相对应的材料强度表述为抗压强度（ f_c ）、抗拉强度（ f_t ）、抗剪强度（ f_v ）和抗弯强度（ f_m ），其示意图及计算公式见表 1-2。



表 1-2 材料静力强度示意图及计算公式

强度/MPa	受力示意图	计算公式	附 注
抗压强度 f_c		$f_c = \frac{F}{A}$	F ——破坏荷载 (N) A ——受荷面积 (mm^2) l ——跨度 (mm) b ——断面宽度 (mm) h ——断面高度 (mm)
抗拉强度 f_t		$f_t = \frac{F}{A}$	
抗剪强度 f_v		$f_v = \frac{F}{A}$	
抗弯强度 f_m		$f_m = \frac{3Fl}{2bh^2}$	

材料的强度值大多在特定条件下采用静力破坏法测定，为了使试验结果准确而有意义，必须严格按照国家规定的标准统一的方法进行。

在建筑材料中，如混凝土按抗压强度（7.5 ~ 80MPa）分为 16 个强度等级；普通水泥以抗压强度（32.5 ~ 62.5MPa）为主常划分为 6 个强度等级。材料的强度，对于设计师合理选用、正确设计十分重要，直接关系到建筑物的质量。

2. 比强度

比强度是按单位质量计算的强度，其值等于材料的强度与其体积密度之比。

它是衡量材料轻质高强的一个指标，为了对不同的材料强度加以比较，经常采用比强度。

试一试

[单项选择题] 材料的孔隙率增大时，其性质保持不变的是_____。

- A. 体积密度 B. 堆积密度 C. 真密度 D. 强度

1.2.2 弹性与塑性

1. 弹性

弹性是指材料在外力作用下产生变形，而外力取消后变形即可消失且能完全恢复到原来状态的性质。这种即可消失的变形称为弹性变形，其数值的大小与外力正相关，比例系数用 E 表示，称为弹性模量。

在弹性变形范围内，弹性模量 E 为常数，其值等于外应力与变形的比值，即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1-9)$$

式中 σ ——材料所受外应力（应力：用外力除以受力面积），单位为 MPa；

ε ——材料的变形（应变：相对变形），无单位；

E ——材料的弹性模量（MPa）。

弹性模量反映了材料抵抗变形的能力， E 值越大，材料越不容易变形。应当指出，多数材料受力不大时，仅产生弹性变形，而受力超过一定限度后又产生了塑性变形（如建筑钢材），这类材料可视为有限弹性材料。

2. 塑性

塑性是指材料受力超过一定限度（弹性范围）后，外力取消而变形却不可恢复的性质。

有些建筑材料（如混凝土），受力后其弹性变形与塑性变形同时产生，若取消外力则弹性变形可以消失，而塑性变形却不能消失，这一点必须引起注意。

1.2.3 脆性与韧性

1. 脆性

脆性是指外力达到一定限度后，材料突然破坏却无明显的塑性变形的性质。

脆性材料抵抗冲击或震动荷载的能力极差，其抗压强度要比抗拉强度高很多，如混凝土、玻璃、砖、石、陶瓷均属脆性材料。

2. 韧性

韧性是指在冲击或震动荷载作用下，材料能吸收较大能量，虽产生一定变形却不致破坏的性能。

建筑工程中，如道路路面厂房吊车梁铁轨经常受冲击荷载作用；绝大多数建筑结构都有抗震要求，因此所用材料均需考虑冲击韧度。冲击韧度值用材料受荷载作用达到破坏时所吸收的能量来表示，即

$$a_k = \frac{A_k}{A} \quad (1-10)$$

式中 a_k ——材料的冲击韧度（J/mm²）；

A_k ——材料试件破坏时所消耗的功（J）；

A ——试件受力面积（mm²）。

>> 相关链接 | 【案例 1-2 分析】

1991 年，深水机器人从 4000m 海底捞起一块铁达尼号上的钢板，其上有铁达尼号的标志。钢板出水后用高压水枪冲洗掉沉积物，居然还有油漆在上面。取了一块做抗压强度试验，强度竟然比现代钢材还要高。它为什么会沉呢？又做钢材冲击韧度试验，发现钢材断裂时吸收的冲击功很低，是韧性差的脆性材料。化学分析表明，该钢材的含硫量高，硫致使钢材的脆性增加。