



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

主 编 李业兰

建筑材料

工业与民用建筑专业

中国建筑工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建 筑 材 料

(工业与民用建筑专业)

主	编	李业兰
参	编	秦永高
责任主审	刘伟庆	
审	稿	岳昌年 金钦华

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料/李业兰主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材. 工业与民用建筑专业
ISBN 978-7-112-05386-5

I. 建… II. 李… III. 建筑材料—专业学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 017523 号

本书介绍建筑材料的基本性质以及水泥、混凝土、木材、钢材、防水材料等常用建筑材料和新型建筑材料的技术性能、品种、规格、质量标准以及材料的选用和保管知识。

本书按最新标准与规范编写, 采用法定计量单位。书中注意贯彻理论联系实际的原则, 对材料的性能的形成机理、混凝土材料的配合比计算等作了由浅入深的介绍。书中还专门介绍了常用建筑材料的试验以配合对学生材料试验基本技能的训练。

本书既可作为中等专业学校 (工业与民用建筑业) 规划教材, 也可供中等层次各类学校建筑类专业教学及有关技术人员培训时参考。

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建筑材料

(工业与民用建筑专业)

主 编 李业兰

参 编 秦永高

责任主审 刘伟庆

审 稿 岳昌年 金钦华

*
中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京建筑工业出版社印刷

*
开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 13 $\frac{3}{4}$ 字数: 330 千字

2003 年 6 月第一版 2007 年 9 月第十三次印刷

印数: 79,501 — 84,500 册 定价: 17.00 元

ISBN 978-7-112-05386-5

(11000)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

前 言

本书是根据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》提出的实施职业教育课程改革思路，《中等职业教育工业与民用建筑专业教育标准》提出的培养目标，毕业生适应业务范围和中等职业学校工业与民用建筑专业《建筑材料》教学大纲要求，编写的中职 3 年制建筑材料课程教材。

本教材为培养能从事工业与民用建筑的施工操作和基层技术管理的高素质劳动者和满足中级专门人才的需要，本着少而精、够用即可的原则，密切结合工程实践，注重实用。本教材着重介绍工程中主要材料的概念、品种、规格、特性、标准及要求、质量检验与评定、保管与应用等方面的知识和试验操作等内容。

建筑材料课程具有很强的实践性。通过课堂学习和试验实践，使学生了解建筑材料，掌握建筑材料，具有合理选用及保管建筑材料的初步能力，培养学生的动手能力，学习掌握材料的试验方法，培养具有对常用建筑材料的检验、评定的能力。

本教材按照教学大纲的要求，分基础模块（绪论、第一章至第八章）、选用模块（第九章至第十三章）和实践模块（建筑材料试验）三部分内容编写，使教材具有更大程度上的灵活性。

建筑材料随着科学技术进步，不断日新月异。教材以介绍常用材料为主，充分反映新材料和新技术，以便开阔学生视野，培养创新意识。

为使教材内容与生产实践同步，充分反映现行国家标准、行业标准，认真贯彻有关技术政策。本教材共涉及约 130 个现行标准和规范，其中 1999~2003 年新颁布的就有 61 个。同时将国家有关环保、节能、节地、节水等重大技术政策渗透到有关章节之中。本书附有现行建筑材料试验报告单（部分），以与工程实践接轨。

本教材力求内容精练、概念清楚、简明实用、文图（示意图、立体图）对照，增强学生的学习兴趣 and 感性认识。各章均附思考题与习题。

本教材除能满足中等职业教育层次的有关专业教学需要外，还可供从事建设工程的技术人员参考。

本教材由黑龙江建筑职业技术学院李业兰高级讲师主编，并编写了前言、绪论、第一、二、三、四、五、七、八章和试验一、二、三、四、五、七、八部分，此部分的插图由李晓嵩工程师绘制。四川建筑职业技术学院秦永高高级讲师编写了第六、九、十、十一、十二、十三章及试验六部分。

本教材蒙南京工业大学岳昌年教授和金钦华教授审阅，提出了很多宝贵的意见，谨此表示衷心感谢！

由于编者水平所限，加上时间仓促，书中可能有不妥之处，欢迎使用本书的广大师生和读者指正，谨致谢意！

目 录

绪论	1
思考题与习题	5
第一章 建筑材料的基本性质	6
第一节 材料的物理性质	6
第二节 材料的力学性质	11
第三节 材料的耐久性	12
思考题与习题	13
第二章 水泥	14
第一节 硅酸盐系水泥主要原料	14
第二节 通用水泥	17
第三节 专用水泥与特性水泥	21
第四节 硫铝酸盐水泥和铁铝酸盐水泥	24
第五节 水泥质量评定及验收保管	25
思考题与习题	27
第三章 普通混凝土	29
第一节 混凝土的原材料	29
第二节 混凝土拌合物的性质	43
第三节 混凝土凝结硬化过程中的性质	45
第四节 混凝土硬化后的性质	46
第五节 混凝土配合比设计	49
第六节 混凝土小型空心砌块灌孔混凝土	57
思考题与习题	57
第四章 有特殊要求的混凝土及轻混凝土	59
第一节 有特殊要求的混凝土	59
第二节 轻混凝土	66
思考题与习题	71
第五章 砂浆	72
第一节 砌筑砂浆的原材料	72
第二节 砌筑砂浆的性质	73
第三节 砌筑砂浆的配合比设计	74
第四节 质量检验与质量判定	78
第五节 抹面砂浆与特种砂浆	79
思考题与习题	81

第六章 砌墙砖与砌块	83
第一节 砌墙砖	83
第二节 砌块	87
思考题与习题	89
第七章 建筑钢材	90
第一节 钢材的力学性能与工艺性能	90
第二节 建筑用钢	93
第三节 钢筋	96
第四节 预应力混凝土用钢丝和钢绞线	101
第五节 钢筋、钢丝及钢绞线的质量检验与质量判定	106
思考题与习题	107
第八章 防水材料	108
第一节 沥青	108
第二节 沥青防水卷材	111
第三节 改性沥青防水卷材	114
第四节 合成高分子防水卷材	119
第五节 防水涂料与密封材料	122
第六节 防水材料的检验、判定及选用	124
思考题与习题	126
第九章 石灰、石膏、水玻璃	127
第一节 石灰	127
第二节 石膏	129
第三节 水玻璃	131
第四节 石灰、石膏的运输、保管	132
思考题与习题	132
第十章 建筑塑料及胶粘剂	133
第一节 建筑塑料	133
第二节 胶粘剂	134
思考题与习题	135
第十一章 天然石材	136
第一节 建筑工程中常用的天然石料	136
第二节 天然石材产品	138
思考题与习题	138
第十二章 木材	139
第一节 木材的基本构造	139
第二节 木材的物理力学性质	140
第三节 工程中常用木材	142
第四节 木材的综合利用	142
思考题与习题	145

第十三章 建筑装饰材料	146
第一节 玻璃及其制品	146
第二节 饰面砖	148
第三节 饰面板	149
第四节 壁纸	150
第五节 建筑涂料	151
第六节 建筑装饰材料的管理	152
思考题与习题	153
建筑材料试验	
试验一 水泥试验	154
试验 1-1 水泥细度检验	154
试验 1-2 水泥标准稠度用水量测定（标准法）	155
试验 1-3 水泥净浆凝结时间测定	156
试验 1-4 水泥安定性测定（雷氏夹法）	157
试验 1-5 水泥胶砂强度检验（ISO 法）	159
试验二 普通混凝土的骨料试验	162
试验 2-1 砂的颗粒级配试验	162
试验 2-2 砂表观密度试验	164
试验 2-3 砂松散堆积密度试验	164
试验 2-4 砂含水率的试验	165
试验 2-5 碎石、卵石的颗粒级配试验	166
试验 2-6 碎石、卵石的表观密度试验	166
试验 2-7 碎石、卵石的松散堆积密度试验	168
试验 2-8 碎石、卵石含水率的试验	168
试验三 普通混凝土拌合物性能试验	169
试验 3-1 稠度试验——坍落度与坍落扩展度法	170
试验 3-2 稠度试验——维勃稠度法	171
试验 3-3 稠度试验——增实因数法	172
试验 3-4 凝结时间试验	175
试验 3-5 泌水试验	177
试验 3-6 压力泌水试验	179
试验 3-7 表观密度试验	180
试验四 混凝土抗压强度试验	181
试验 4-1 试件制备及养护	181
试验 4-2 立方体抗压强度试验	182
试验五 砌筑砂浆试验	183
试验 5-1 砂浆稠度试验	184
试验 5-2 砂浆分层度试验	184
试验 5-3 立方体抗压强度试验	185

试验六 烧结普通砖试验	186
试验 6-1 外观质量检验	186
试验 6-2 抗压强度试验	189
试验七 钢筋性能试验	190
试验 7-1 钢筋拉伸性能试验	192
试验 7-2 钢筋弯曲试验	194
试验八 石油沥青技术性能试验	195
试验 8-1 针入度试验	195
试验 8-2 沥青延度试验	196
试验 8-3 沥青软化点试验	198
附录 现行建筑材料试验报告单（部分）	199
参考文献	209

绪 论

建筑业是国民经济的支柱产业之一，建筑材料是建筑业的重要物质基础。

建筑材料是用于建造建筑物和构筑物的所有材料和制品的总称。建筑材料包括非金属材料 and 金属材料两大类。在非金属材料中包括无机材料和有机材料；金属材料包括黑色金属和有色金属。随着科学技术的进步，我国在发展传统材料和开发新材料方面，都取得了举世瞩目的成就。

—

在我国历史上，先民在认识、生产和使用建筑材料方面，曾经取得重大成就。早期使用生土、石块、木料等天然材料从事营造活动。始建于公元前 7 世纪春秋时代的万里长城，估计全部材料体积约 3 亿 m^3 。公元 595 ~ 605 年，全部采用石材建成的世界著名的赵州桥，是现存最早、跨度最大的（净跨 37.02m）空腹式单孔圆弧石拱桥。建于公元 857 年的山西五台山木结构佛光寺大殿，保留至今仍然完好无损。建于公元 1056 年的山西应县佛宫寺木塔，高达 67.31m。砖、瓦以及其他烧土制品的出现，使人类第一次冲破了天然材料的束缚。据考证我国在龙山文化时期（公元前 2800 ~ 前 2300 年）的古城下，就埋有陶质排水管。约在公元前 11 世纪（西周初期）制造出瓦，公元前 5 ~ 前 3 世纪出现了砖。砖、瓦等烧土制品，比生土具有更优越的性能，使人们开始大量地、广泛地建造各种工程。这些实例，有力地证明了历史上我国在建筑材料的生产、合理使用及科学处理方面所取得的伟大成就。

人类大约在 17 世纪 70 年代开始使用生铁，19 世纪开始用熟铁建造桥梁。19 世纪中叶开始出现强度高、延性好、质量均匀的建筑钢材，从而使钢结构在桥梁及建筑方面得到了广泛应用。除应用原有的梁、拱结构外，桁架、框架、网架、悬索结构逐渐发展，工程的跨径从砖石结构与木结构的几米、几十米发展到一百米、几百米直到现代的千米以上。工程的高度，由单层的几米，多层的十几米到高层、超高层的几十米、几百米。

大约在 19 世纪 20 年代水泥问世，产生了混凝土。混凝土不仅骨料可以就地取材，还具有其他材料不能比拟的可塑性，但由于它的抗拉强度太小，用途受到限制。19 世纪中叶以后，由于钢铁产量激增，随之出现了钢筋混凝土这种复合材料。在钢筋混凝土中，混凝土承担压力，钢筋承担拉力，发挥各自的优点。20 世纪 30 年代出现了预应力混凝土。由于预应力混凝土的抗裂性能、刚度和承载能力大大高于钢筋混凝土，因而用途更为广泛。我国从 1956 年开始应用预应力混凝土技术，当时建造的乌江江界河大桥全长 461m，主跨 330m，是目前世界上跨度最大的预应力混凝土桁式组合拱桥。在建筑方面，1992 年建成的广东国际大厦，高 199m，是当时最高的钢筋混凝土建筑物。由于混凝土结构的出现，给土木工程带来了新的经济、美观的工程结构形式，使土木工程又一次飞跃发展。现代钢筋混凝土和预应力混凝土结构的一个显著特点是以高效钢材取代低强低性能的钢材，

用高强度、高性能混凝土取代普通混凝土, 进一步提高混凝土结构的性能, 有效地节约钢材。

随着我国综合国力的提高和对外开放、贸易和旅游事业的发展, 许多高层建筑拔地而起。1996年建成的深圳地王大厦, 高325m, 采用了钢筋混凝土核心筒外框钢结构^①。1998年建成的上海金茂大厦, 采用钢筋混凝土核心筒、外框钢骨混凝土柱及钢柱结构, 高421m, 目前居世界第三。将是世界上最高建筑的上海环球金融中心大厦, 预计高492m, 正在动工兴建之中。

二

改革开放以来, 我国建材工业发展迅速, 形成了完整的工业体系。水泥、玻璃、建筑陶瓷等的产量, 多年位居世界第一位。建材产品的质量、档次也有了不同程度的提高, 基本上满足了国民经济和社会发展的需要。随着经济体制改革的不断深入, 宏观经济环境和市场供求关系发生了深刻变化。我国加入世界贸易组织, 环境保护、合理利用资源越来越受到重视, 环境保护、可持续发展对建材工业的发展提出了更高的要求, 建材行业要逐步实现“由大变强、靠新出强”的历史性跨越。

我国2001年主要建材产量为: 水泥为6.3亿t; 平板玻璃为2亿质量箱; 钢为1.5亿t; 成品钢材为1.6亿t; 十种有色金属为856万t; 木材为2000万m³; 塑料树脂共聚物类为1200万t。

“十五”期间, 我国经济将进入新的发展阶段, 基础设施建设、住宅建设、城市建设、市政建设及西部大开发战略的实施, 将为建材行业提供更大的市场和发展空间。到2005年, 其中仅住宅竣工面积, 将达到57亿m², 工业厂房及其他各种房屋34亿m²。到2010年, 市级城市将由2001年的663个增至800个, 城市住宅投资将比2000年翻一番。

今后建筑材料行业将适应建筑业快速发展的需求, 向着更高、更新的方向发展。建筑材料的发展趋势是:

- (1) 高强、轻质、多功能、节地、节水, 提高产品质量, 并能适应机械化施工的发展;
- (2) 大搞综合利用(如粉煤灰、矿渣、窑灰等), 化害为利, 变废为宝, 节约能源, 改善生态环境, 造福于人类。

三

“十五”期间建材工业产值, 预期年均增长7%~8%, 国民经济与社会发展对建材产品的需求将保持稳定增长。随着城市化进程加快, 中小城镇建设投资规模将有大幅增长; 住宅产业化和人民生活水平的提高, 农民住房的改善, 对高品质、多功能的绿色建材产品以及工厂化、集成住宅产品的需求将有较快增长; 长江三峡、黄河小浪底等水利枢纽工程, 一大批水库建设以及南水北调工程, 一大批水电站、铁路、公路等基础设施建设力度继续加大; 军工、汽车、信息、石化等相关产业对建材产品的需求也将进一步增加。

传统建材在提高产品质量的基础上, 需求总量保持相对稳定。随着水泥新标准的实施

① 高层建筑结构实用设计方法(第3版)。上海: 同济大学出版社, 1998。

和混凝土强度等级的提高，水泥需求结构将发生重大变化。由于采用高强度混凝土和高性能混凝土，可减少水泥用量 30% 以上，预计 2005 年水泥总需求量将保持在现有水平，而可配置高强混凝土和高性能混凝土的优良水泥的需求量将大幅度增加。

新型建材、无机非金属新材料和非金属矿深加工产品的应用领域不断扩大，需求量将有较大增长。特别是新型墙体材料、新型保温材料、新型防水材料、玻璃纤维及制品等材料的需求将会有较快增长。随着住宅的商品化，建筑装饰装修在我国逐步普及，装饰装修材料的需求将有更大增长。外墙涂料、高档外墙装饰板、安全环保型的内墙涂料、铝塑门窗、高档五金件以及优质塑钢门窗和塑料管材、管件等化学建材产品的需求将有更快增长。主要建材产品国内需求量的预测，见表 0-1。

主要建材产品国内需求量的预测 表 0-1

产 品	单 位	2005 年需求量	产 品	单 位	2005 年需求量
水泥	亿 t	6	墙体材料 其中：新型墙体材料	亿块标准砖	7500 3000
其中：优质水泥		2			
卫生陶瓷	万件	5500	平板玻璃 其中：优质浮法玻璃	亿质量箱	1.8 ~ 1.9 0.6 ~ 0.65
建筑陶瓷	亿 m ²	15			
玻璃纤维	万 t	38			
其中：池窑拉丝玻璃纤维		23			

四

“十五”期间建筑材料的重点发展方向：

1. 推进新型墙体材料的快速发展

重点发展黏土类空心制品、混凝土砌块、各种轻质板材和复合板材。

2. 因地制宜发展主导产品

重点抓好纸面石膏板的推广应用，发展农作物秸秆为原料的轻质板材，推广废渣高掺量、全煤矸石烧结新工艺。

3. 增加花色品种、提高产品质量

发展内外墙装饰材料、塑钢门窗、现代建筑门窗以及塑料管材等新型建材产品。重点解决外墙涂料的研制开发、生产和供应以及保温材料在建筑节能中的应用问题。

4. 重视玻璃应用技术研究

开发超薄、超厚及大规格产品，多品种着色玻璃、热反射玻璃、低辐射玻璃、在线镀膜玻璃制品等，提高深加工玻璃在玻璃产品中的比重，推动玻璃深加工产品向配套化、系列化方向发展。

5. 优化建筑卫生陶瓷产品结构

发展新型工业技术，增加建筑陶瓷花色品种，大力推进二次布料、梦幻布料、渗花、彩色大颗粒、干法施釉、抛光、水刀切割拼花、多次装饰、多次烧成等新型工艺品装饰技术。增加产品花色品种，发展环保、抗污、抗菌等多功能产品，综合利用尾矿和工业废渣。

6. 发展新型防水材料

发展 SBS、APP 改性沥青卷材、高分子卷材、高分子防水涂料和高分子密封材料及研

制开发新型防水材料，以满足建筑工程防水需要。

7. 大力发展新型干法水泥

增加新型干法水泥生产能力 6000 万 t，实现新型干法水泥生产能力翻番的目标。

五

为了确保建筑材料的产品质量，适应建筑业飞速发展的需要，我国对各种材料产品制定了专门的技术标准。

技术标准是材料生产、质量检验、验收及应用等方面的技术准则和技术依据，是技术条令和必须遵守的技术法规。目前我国建筑材料的技术标准分为四类，包括国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。各类标准规定的代号和表示方法举例见表 0-2。

各类标准规定的代号和表示方法举例 表 0-2

标准种类		代 号		表 示 方 法
国家标准		GB	GB 强制性国家标准 GB/T 推荐性国家标准	标准代号、发布顺序号、发布年号 例如：GB 18242—2000 GB/T 9755—2001
行业标准	建 材	JC	JC 建材行业强制性标准 JC/T 建材行业推荐性标准	标准代号、行业标准序号、发布年号 例如：JC 473—2001 JC/T 870—2000
	建筑工业	JG	JG 建筑工业行业强制性标准 JG/T 建筑工业行业推荐性标准	例如：JG 3046—1998
	黑色冶金	YB	YB 冶金行业强制性标准 YB/T 冶金行业推荐性标准	例如：YB 2005—1978 YB/T 156—1999
地方标准		DB	DB 地方强制性标准 DB/T 地方推荐性标准	地方标准代号、地方名称代号、地方标准 序号、发布年号 例如：DB31/T35—1999，地方（上海）1999 年第 35 号推荐性标准 DB11/T21—1995，地方（北京）1995 年第 21 号推荐性标准
企业标准		Q	Q 企业标准	企业标准代号、企业名称、企业标准序 号、发布年号 例如：Q/HTS 008—2001，为企业（哈尔 滨天硕建筑材料工业公司）2001 年第 8 号标 准

- 注：1. 工程建设标准封面左上角，要加有识别符号“P”。
2. 各行业标准用汉语拼音字母表示：如化工行业—HG；石油化工行业—SH；交通行业—JT；林业—LY 等。
3. 地方标准中，地方名称的代号，随发布标准的省、自治区、直辖市而不同。如：北京市—DB11/；黑龙江省—DB23/；上海市—DB31/；广东省—DB44/；四川省—DB51/；云南省—DB53/；台湾省—DB71/等。
4. 企业标准中，企业名称用汉语拼音字母表示。

六

建筑材料课程的主要内容是研究材料的组成、构造、物理力学性能、技术标准、质量检验与评定以及验收与保管等方面的知识，为今后学生在从事专业技术工作中，合理地选择和应用材料打下基础。课程的任务是通过学习使学生获得有关建筑材料的性能与应用方

面的基本知识和必要的基础理论，并通过学习材料试验，获得有关材料性能测试与评定的基本技能的训练。

建筑材料品种繁多、性质各异，在学习过程中应注意学习方法。学习过程中要在领会材料个性的同时，注意总结其共性，提高对材料技术性质的认识，以便有所比较、有所鉴别地合理选择和应用材料。建筑材料课程本身属于应用技术，实践性很强，学习中应注意理论联系实际，充分利用参观和参加工程实践的各种机会，获取感性知识。试验课是建筑材料课程的重要组成部分。课前应做到复习有关课程的内容、预习试验方法；课堂上应一丝不苟地严格按标准规定的试验方法进行操作，并做好纪录；课后认真及时填写试验报告。还要养成经常阅读有关报刊杂志的好习惯，及时了解新材料和制品的发展动向，学习掌握有关新技术、新规范和新材料技术标准，不断丰富建筑材料知识，与时俱进，以适应不断发展的形势需要。

思考题与习题

- 0-1 建筑材料如何分类？每类各包括哪些建筑材料？
- 0-2 试述我国改革开放以来建筑材料工业所取得的成就和今后建筑材料发展的方向。
- 0-3 我国“十五”期间重点推广应用的主要材料及新技术有哪些？
- 0-4 为什么要制定建筑材料产品标准？标准分哪几类？标准如何编号？试各举一例。
- 0-5 “建筑材料”课程研究的主要内容是什么？

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑中要承受各种作用，如外力、自然界和人为因素的影响。所以在工程设计与施工中，必须充分地了解和掌握各种材料的性质和特点，以便正确、合理地选择和使用建筑材料。建筑材料的基本性质，主要包括物理性质、力学性质和化学性质。

第一节 材料的物理性质

一、表观密度

表观密度是指多孔固体（粉末或颗粒状）材料质量与其表观体积（包括孔隙的体积）之比。孔隙包括材料间的空隙和本身的开口孔、裂口或裂纹（浸渍时能被液体填充）以及封闭孔或空洞（浸渍时不能被液体填充）。可按下式计算：

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

式中 ρ_0 ——表观密度， kg/m^3 ；

m ——材料干燥状态下的质量， kg ；

V_0 ——材料表观体积， m^3 。

二、实际密度

指多孔固体材料质量与其体积（不包括孔隙的体积）之比。可按下式计算：

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

式中 ρ ——实际密度， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， kg ；

V ——材料体积（不包括孔隙体积）， m^3 。

三、堆积密度（容积密度）

在特定条件下，既定容积的容器内，疏松状（小块、颗粒、纤维）材料质量与其体积之比称为堆积密度。可按下式计算：

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

式中 ρ'_0 ——堆积密度， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， kg ；

V'_0 ——材料的堆积体积， m^3 。堆积体积示意图见图 1-1。

四、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，即材料的密实体积与表观体积之

比。可按下式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \cdot 100\%$$

式中 D ——材料的密实度，%。

材料的密实度也可按材料的实际密度与表观密度计算：

因为

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

故

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V_0 = \frac{m}{\rho_0}$$

所以

$$D = \frac{V}{V_0} \cdot 100\% = \frac{m/\rho}{m/\rho_0} \cdot 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\%$$

例如：烧结多孔砖 $\rho_0 = 1640 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ，其密实度：

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\% = \frac{1640}{2500} \cdot 100\% = 66\%$$



图 1-1 堆积体积示意图

(堆积体积 = 颗粒体
积 + 空隙体积)

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内，孔隙体积（开口的和封闭的）所占总体积的比例。按下式计算：

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

式中 P ——材料的孔隙率，%。

例如：按上例计算烧结多孔砖的孔隙率： $P = 1 - D = 1 - 0.66 = 0.34$ ，即 34%。

材料的孔隙率与密实度是从两个不同方面反映材料的同一性质。通常采用孔隙率表示。孔隙率又分为开口孔隙率和闭口孔隙率两类。

(1) 开口孔隙率 (P_K)：是指常温下能被水所饱和的孔隙体积与材料表观体积之比的百分数。按下式计算：

$$P_K = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_{H_2O}} \cdot 100\%$$

式中 P_K ——材料的开口孔隙率，%；

m_1 ——干燥状态下材料的质量，g；

m_2 ——水饱和状态下材料的质量，g；

ρ_{H_2O} ——水的密度， g/cm^3 。

(2) 闭口孔隙率 (P_B)：是指总孔隙率 (P) 与开口孔隙率 (P_K) 之差。即： $P_B = P - P_K$

开口孔隙能提高材料的吸水性、透水性，但降低抗冻性。减少开口孔隙，增加闭口孔隙，可提高材料的耐久性。

材料的许多性质，如表观密度、强度、导热性、透水性、抗冻性、抗渗性、耐蚀性等，除与孔隙率大小有关外，还与孔隙构造特征有关。孔隙构造特征，主要指孔隙的形状和大小（图 1-2）。孔隙的形状，有开口孔隙与闭口孔隙之分。孔隙的大小，分为粗孔与微孔。由于材料性能不同，对孔结构的要求也不同。

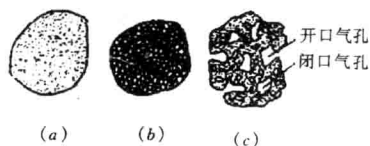


图 1-2 颗粒的孔隙类型
(a) 密实的颗粒；(b) 具有封闭孔隙的颗粒；(c) 具有封闭和开口孔隙的颗粒

3. 填充率与空隙率

(1) 填充率 (D')

填充率是指颗粒或粉状材料在堆积体积内，被颗粒材料所填充的程度，按下式计算：

$$D' = \frac{V'}{V'_0} \cdot 100\% \text{ 或 } D' = \frac{\rho'_0}{\rho'} \cdot 100\%$$

(2) 空隙率 (P')

空隙率是指颗粒或粉状材料在堆积体积内、颗粒之间的空隙体积所占总体积的百分率。按下式计算：

$$P' = \frac{V'_0 - V'}{V'_0} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{V'}{V'_0}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho'}\right) \cdot 100\%$$

即： $P' = 1 - D'$ 或 $D' + P' = 1$

五、吸水性

材料与水接触时，根据其能否被水润湿，可分为亲水性材料与憎水性材料两大类。

大多数建筑材料，如石料、砖、混凝土、木材等都属于亲水性材料。沥青、石蜡等属于憎水性材料。因此，憎水性材料经常作为防水材料或作为亲水材料表面的防水处理使用。

吸水性是指材料在水中能吸收水分的性质。吸水性大小可用吸水率表示。吸水率分为质量吸水率和体积吸水率。

1. 质量吸水率 ($W_{质}$)

质量吸水率是指材料所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分数，可按下式计算：

$$W_{质} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{m_{干}} \cdot 100\%$$

式中 $W_{质}$ ——材料的质量吸水率，%；

$m_{湿}$ ——材料吸水饱和后的质量，g；

$m_{干}$ ——材料烘干到恒重时的质量，g。

2. 体积吸水率 ($W_{体}$)

体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度，即材料吸收水分的体积占干燥体积的百分数。可按下式计算：

$$W_{体} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho_{H_2O}} \cdot 100\%$$

式中 $W_{体}$ ——材料的体积吸水率，%；

V_1 ——材料干燥状态下的体积， cm^3 。

体积吸水率与质量吸水率关系如下： $W_{体} = W_{质} \cdot \rho_0$

材料吸水率的大小，与材料的孔隙率和孔隙特征有关。一般情况下，孔隙率越大，吸水率也越大。但在材料的孔隙中，不是全部孔隙都能够被水所填充，如封闭的孔中水分不易渗入；而粗大的孔隙，水分又不易存留，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。