

中等专业学校试用教材

建筑材料

黑龙江省建筑工程学校 李业兰 主编



中国建筑工业出版社



325101

中等专业学校试用教材

建筑材料

黑龙江省建筑工程学校 李业兰 主编
李业兰 李晓枫 李远法 编



中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书是根据建设部人事教育劳动司(原人才开发司)颁布的建筑企业经济管理专业教学计划和修订后的“建筑材料”教学大纲,以及现行最新有关标准、规范编写的。

全书共分十五章,分别为:绪论,建筑材料的基本性质,石灰、石膏、水玻璃,水泥,普通混凝土,轻混凝土及其他混凝土,砂浆,墙体材料与屋面瓦,建筑钢材,防水材料,木材,建筑塑料与胶粘剂,绝热材料与吸声材料,装饰材料,水暖电气器材及建筑五金,建筑材料试验。每章后均附有复习思考题。

本书除可供中等专业学校建筑企业经济管理专业及其他相关专业师生使用外,还可供施工企业技术人员阅读参考。

中等专业学校试用教材

建 筑 材 料

黑龙江省建筑工程学校 李业兰 主编

李业兰 李晓枫 李远法 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:20 $\frac{3}{4}$ 字数:505千字

1996年6月第一版 1996年6月第一次印刷

印数:1—10,600册 定价:16.00元

ISBN 7-112-02690-3

G·246 (7787)

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)

前 言

本书是根据建设部人事教育劳动司（原人才开发司）颁布的建筑企业经济管理专业的教学计划和修订后的“建筑材料”教学大纲以及现行最新有关标准、规范编写的。突出了经济管理专业的适用性。

本书从中专特点出发，在注意理论的同时力求紧密联系生产实际。以常用材料为重点（水泥、混凝土、砂浆、钢材、防水材料、墙体材料等），还特别注意知识更新，新型材料及其制品的内容在有关章节中均占有一定比重。

根据经济管理专业的特点，各章中均介绍有关材料运输、验收、保管等方面的内容。

全书力求通俗易懂，概念清楚，简明实用，为便于学习设计了部分形象插图和简明的表格。各章均有复习思考题。本书除满足建设类中专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。

本书由黑龙江省建筑工程学校李业兰高级讲师主编，并编写了第一章至第六章、第八、十、十三、十四章和建筑材料试验部分；李晓枫编写了第七、九、十一、十二章；李远法工程师编写了第十五章。全书插图由李晓嵩绘制。本书由四川省建筑工程学校吴泽高级讲师主审，秦永高级讲师参审。评审人员还有四川省建筑科学研究院沈维娟高级工程师、成都水力发电学校张健高级讲师。谨此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，本书难免存在不妥之处，希望广大师生和读者批评指正。

主要字符表

字 符	字 符 意 义	常用单位
ρ	实际密度	$\text{g/cm}^3, \text{kg/m}^3$
ρ'	视密度	$\text{g/cm}^3, \text{kg/m}^3$
ρ_0	表观密度	$\text{g/cm}^3, \text{kg/m}^3$
ρ_0'	堆积密度	$\text{g/cm}^3, \text{kg/m}^3$
m	干燥状态材料质量	g, kg
V	密实体积	cm^3, m^3
V'	含封闭孔隙的体积	cm^3, m^3
V_0	表观体积	cm^3, m^3
V_0'	堆积体积	cm^3, m^3
P	孔隙率	%
P'	空隙率	%
D	密实度	%
D'	填充率	%
$W_{\text{质}}$	质量吸水率	%
$W_{\text{含}}$	含水率	%
$K_{\text{软}}$	软化系数	
S8,	抗渗等级	
D15,	抗冻等级	
λ	导热系数	$\text{W/m} \cdot \text{k}$
P. I	I 型硅酸盐水泥	
P. II	II 型硅酸盐水泥	
P. O	普通硅酸盐水泥	
P. S	矿渣硅酸盐水泥	
P. P	火山灰质硅酸盐水泥	
P. F	粉煤灰硅酸盐水泥	
$\mu_{\text{细}}$	砂细度模数	
$\beta_1 \cdots \beta_6$	各筛的砂样累计筛余	%
C20,	混凝土强度等级	$\text{N/mm}^2, \text{MPa}$
$f_{\text{cu},k}$	混凝土设计强度标准值	$\text{N/mm}^2, \text{MPa}$
$f_{\text{cu},i}$	混凝土配制强度	$\text{N/mm}^2, \text{MPa}$

续表

字符	字符意义	常用单位
f_{ce}	水泥实测强度	N/mm ² , MPa
$f_{ce,k}$	水泥标号	N/mm ² , MPa
σ	混凝土强度标准差	N/mm ² , MPa
m_C, m_S, m_G, m_W	水泥、砂、石、水用量	kg
δ_s	砂浆剩余系数	
β_s	砂率	%
ρ'_{os}	砂堆积密度	kg/m ³
ρ'_{oG}	石堆积密度	kg/m ³
ρ'_s	砂视密度	g/mm ³ , kg/m ³
ρ'_G	石子视密度	g/mm ³ , kg/m ³
m'_{cp}	混凝土拌合物的计算湿表观密度	kg/m ³
m_{cp}	混凝土拌合物的实测湿表观密度	kg/m ³
K	混凝土拌合物湿表观密度修正系数	
M10,	砌筑砂浆强度等级	N/mm ² , MPa
$f'_{m,cu}$	砌筑砂浆的配制强度	N/mm ² , MPa
$f_{m,cu}$	砌筑砂浆设计强度等级	N/mm ² , MPa
MU20,	砖、石、砌块的强度等级	N/mm ² , MPa
δ_s 或 δ_{10}	钢材短试件或长试件的伸长率	%
Ψ	钢材断面收缩率	%
L_0	钢材试件标距原始长度	mm
L_1	钢材试件拉断后标距部分的长度	mm
A_0	钢材试件原始截面积	mm ²
A_n	钢材试件拉断时断口截面积	mm ²
a_k	钢材冲击韧性	J/cm ²
σ_s	钢材屈服点	N/mm ² , MPa
σ_{su}	钢材上屈服点	N/mm ² , MPa
σ_{sL}	钢材下屈服点	N/mm ² , MPa
$\sigma_{r0.2}$	钢材条件屈服极限	N/mm ² , MPa
σ_b	钢材抗拉强度	N/mm ² , MPa
E	钢材弹性模量	
Q_{235}	碳素结构钢牌号	
C^*_T	沥青粘度	
B_g	熔合物中高软化点石油沥青的掺量	%
B_d	熔合物中低软化点石油沥青的掺量	%
S—60	石油沥青胶标号	
S—55	焦油沥青胶标号	

目 录

主要字符表

第一章 绪论	1
第一节 建筑材料在建筑工程中的地位	1
第二节 我国在建筑材料方面所取得的成就和今后的发展趋势	1
第三节 建筑材料的分类及产品标准	3
第四节 建筑材料课程的任务与学习方法	4
复习思考题	5
第二章 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	13
复习思考题	15
第三章 石膏、石灰、水玻璃	17
第一节 石膏	17
第二节 石灰	21
第三节 水玻璃	24
第四节 建筑石膏及制品、建筑石灰的验收、运输和保管	24
复习思考题	26
第四章 水泥	27
第一节 硅酸盐水泥	27
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	33
第三节 其他品种水泥	37
第四节 水泥的运输、验收与保管	44
复习思考题	49
第五章 普通混凝土	50
第一节 普通混凝土及组成材料	50
第二节 混凝土的主要技术性质	60
第三节 混凝土配合比设计	69
第四节 普通混凝土配合比设计例题	75
第五节 混凝土外加剂	79
复习思考题	91
第六章 轻混凝土及其他混凝土	92
第一节 轻混凝土	92
第二节 其他混凝土	100
复习思考题	102
第七章 砂浆	103

第一节 砌筑砂浆	103
第二节 抹面砂浆及特种砂浆	108
复习思考题	110
第八章 墙体材料与屋面瓦	112
第一节 砌墙砖	112
第二节 砌块	119
第三节 天然石材	122
第四节 平瓦及波形瓦	125
第五节 砖、砌块、瓦的验收、运输及保管	128
复习思考题	133
第九章 建筑钢材	135
第一节 钢的分类	135
第二节 钢的化学成分对性能的影响	137
第三节 钢材的主要性能	138
第四节 常用建筑钢的标准及选用	143
第五节 钢材中常用的型材——钢筋	146
第六节 金属制品	152
第七节 型材(钢)验收与保管	155
复习思考题	158
第十章 防水材料	159
第一节 沥青	159
第二节 屋面防水等级及选用材料	167
第三节 沥青基防水卷材和油毡瓦	168
第四节 高聚物改性沥青防水卷材	170
第五节 合成高分子防水卷材	173
第六节 防水涂料、密封膏及粉状憎水材料	177
第七节 沥青、卷材、防水涂料及密封材料的验收、运输和保管	182
复习思考题	184
第十一章 木材	185
第一节 木材的分类	185
第二节 木材的物理、力学性能	184
第三节 木材的缺陷及对材质的影响	189
第四节 锯材的规格、等级及干燥	191
第五节 木质人造板	193
第六节 木材的验收、搬运和保管	197
复习思考题	198
第十二章 建筑塑料与胶粘剂	200
第一节 建筑塑料	200
第二节 胶粘剂	203
第三节 建筑塑料和胶粘剂的验收、运输和保管	206
复习思考题	208
第十三章 绝热材料与吸声材料	209

第一节 绝热材料	209
第二节 吸声材料	213
第三节 绝热、吸声材料的运输、验收及保管	215
复习思考题	215
第十四章 装修材料	216
第一节 玻璃及其制品	216
第二节 建筑涂料	218
第三节 饰面砖	227
第四节 饰面板	230
第五节 水泥、石渣类装修材料	234
第六节 裱糊材料	235
第七节 装修材料的运输、验收与保管	235
复习思考题	241
第十五章 水暖电气器材及建筑五金	242
第一节 水暖器材	242
第二节 电气器材	259
第三节 建筑五金	272
复习思考题	286
建筑材料试验	287
试验一 水泥试验	287
试验二 混凝土的集料试验	299
试验三 混凝土拌合物试验	305
试验四 混凝土抗压强度试验	308
试验五 砌筑砂浆试验	310
试验六 烧结普通砖试验	313
试验七 钢筋试验	316
试验八 石油沥青试验	320

第一章 绪 论

第一节 建筑材料在建筑工程中的地位

建筑业是国民经济的支柱产业，建筑材料及制品是建筑业重要的物质基础。

建筑材料和制品的性质、质量、品种和规格，直接影响着建筑工程的结构形式和施工方法。新的结构形式和施工方法的出现，在很大程度上是与传统建筑材料的改造和新品种材料的开发、应用分不开的。远古时期，人们只能利用泥土、树木、石材等天然材料从事营造活动，如修筑简陋房舍、道路、桥梁等；随着砖和瓦这种人工建筑材料的出现，才有了多层建筑；随着钢材、水泥工业化生产的实现，机械和能源技术以及设计理论的发展，为建筑工程提供了材料和技术上的保证，使建筑业得到飞速的发展。钢材的问世与应用，出现了结构形式百花争艳，如桁架、框架、网架结构、悬索结构逐渐推广，使建筑物跨度从砖结构、石结构、木结构的几米、几十米发展到钢结构的百米、几百米，甚至上千米。随着混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土、轻混凝土（如陶粒混凝土、加气混凝土等）和一些新型材料（如混凝土外加剂、胶粘材料、特种混凝土、各种耐腐蚀耐老化材料等）的应用，才有了高层、超高层和大跨度的建筑。总之，建筑技术的进步，促进了建筑材料的发展，同时，建筑材料新产品的出现，又促进了建筑技术水平的提高。因此，建筑材料和制品技术性能的科学研究及生产工艺的迅速发展，对社会主义现代化建设具有十分重要的意义。

另外，随着建筑业的迅速发展，现代化建筑的结构形式多变、复杂、体量庞大，相应材料的消耗量大，而且涉及材料的品种规格繁杂。据统计，一般建筑工程常用的建筑材料有 23 个大类、近二千多个品种、二万多个规格。就建筑工程成本而言，材料费在成本中所占比重一般多达 70% 左右。因此，加强建筑材料的管理工作，正确选择和使用技术性能优良、经济指标合理的材料，是保证工程质量、满足建筑功能要求、降低工程成本的有效途径。

第二节 我国在建筑材料方面所取得的成就和今后的发展趋势

一、我国在建筑材料方面所取得的成就

我国对建筑材料的生产和使用及科学处理方面具有悠久历史，并取得举世瞩目的成就。

例如，建于公元前 7 世纪（春秋时期）世界闻名的最长的最宏伟的土木工程——万里长城（全部材料的体积约 3 亿 m^3 ，其中砖石材料达 1 亿 m^3 ）。公元 595~605 年，全部采用石灰石建成的世界著名的赵州桥（后称安济桥，俗称大石桥）是现存最早、跨度最大的

(净跨 37.02m)空腹式单孔圆弧石拱桥,公元 857 年建于山西五台山木结构的佛光寺大殿,建于公元 1056 年的山西应县高达 67.31m 的佛宫寺木塔等等,至今巍然屹立。但是,我国解放前的建材工业却一直处于极其落后的状态。

新中国成立后,随着国民经济和城乡建设的发展,特别是改革开放以来,建材工业得到迅猛发展。目前我国玻璃、水泥、陶瓷等产品已跻身于世界生产大国之列。

现代主要建筑材料之一的水泥,1994 年我国的年产量已达到 4.05 亿 t。目前我国水泥品种齐全(如油井水泥、大坝水泥、快硬水泥、抗硫酸盐水泥、膨胀水泥等),在水泥品种、质量方面现已大大缩短了我国与世界发达国家的差距。

我国平板玻璃的年产量预计 1995 年将达到 1.0 亿重量箱,到 2000 年普通平板玻璃的生产能力将达到 1.8 亿重量箱。钢化玻璃、着色玻璃、镀膜玻璃、玻璃幕墙正在被越来越多的建筑采用。

我国的建筑装修材料的生产,从低档向中高档过渡、从单个品种向系列化发展,使产品配套率大幅度的提高。如建筑陶瓷现已发展到 60 多个品种、上千种花色,配套的高档卫生陶瓷的生产已能满足各类高级宾馆装修工程需要。

随着建材工业的发展,传统的秦砖汉瓦,正逐渐被各种新型材料所取代。今后,多孔砖、空心砖将会越来越多地被用于墙体中。轻混凝土砌块、石膏板、轻钢龙骨、岩棉板、硬质聚胺脂板等的研制、生产与使用,近年来都取得了可喜的成就。新型材料的应用和发展,使墙体由单一材料向复合材料发展,建筑物由低层向高层、超高层发展。与传统的墙体材料相比,具有结构整体性好、跨度大、自重轻、保温、隔热、抗震性能好等优点。有利于施工机械化、加速建设速度,并能大量节约能源和减少材料的运输量。

随着我国城乡建设事业的不断发展,科学技术的不断进步,新型防水材料已有了较快的发展,在材料品种、产品性能、应用技术方面都积累了一定的经验。如中国建材研究院研制的 U 型水泥膨胀剂(UFA),在亚运会工程中以其掺拌的补偿收缩特种混凝土,用于建筑结构自防水,打破了外防水的传统施工技术,而且防渗漏效果显著。各种改性沥青油毡和分子防水卷材的品种,产量日益增加,目前已有 30 多个品种,年产量达 1000 万 m² 左右。随着对传统的沥青基防水材料的改革,新型的防水材料和施工技术的进一步发展,可以预计,在不久的将来,我国的建筑防水技术,在材料性能和价格等方面会形成完整的高、中、低档相互配套的材料、工艺体系,以满足不同工程的防水需要。

我国现已成为世界主要产钢国家之一。我国 1994 年钢的年产量达 9153.2 万 t、钢材的年产量达 8003.6 万 t,根据目前我国经济发展状况和钢铁生产的技术条件,到 2000 年我国钢产量将达到 1.2 亿 t。随着钢和其他金属材料产量的增加,在建筑中钢、铝及其合金的应用范围也日益扩大。化学工业的发展,建筑塑料、建筑涂料在建筑上的应用有着极为广阔的发展前途。保温绝热材料、吸声材料(如岩棉、硅酸铝耐火纤维、聚氯乙烯泡沫塑料、铝箔绝缘材料等)、建筑五金、水暖、电气材料(如硬聚氯乙烯管材和管件等)均已形成一定的生产规模,并大量开发了水暖卫生洁具、建筑五金及装潢五金、灯具等项的新产品,做到成套生产和供应,逐渐取代进口产品。

二、建筑材料的发展趋势

建筑材料的时代价值是通过现代化建筑而得以充分体现。今后建筑材料将随着建筑业的发展而向高强、质轻、多功能,并且能适应机械化施工方向发展。大搞综合利用、变废

为宝、化害为利、节约能源、改善环境、造福于人类。

第三节 建筑材料的分类及产品标准

一、建筑材料的分类

建筑材料可按其性质和用途分类，详见表 1-1。

建筑材料的分类 表 1-1

按性质分类	非金属材料	无机材料	天然石材（砂子、石子、各种岩石加工的石材） 烧土制品（粘土砖、瓦、空心砖、锦砖等） 胶凝材料（石灰、石膏、菱苦土、水玻璃、水泥等） 混凝土（普通混凝土、轻混凝土、特种混凝土等） 砂浆（抹面砂浆、砌筑砂浆、防水砂浆等） 硅酸盐制品（粉煤灰砖、粉煤灰砌块、煤矸石砖、煤矸石砌块等） 碳化制品（碳化砖、碳化板等） 保温材料（石棉、矿物棉、玻璃棉、膨胀蛭石、膨胀珍珠岩、泡沫玻璃等） 玻璃（窗玻璃、彩色玻璃、镀膜玻璃、热反射玻璃、中空玻璃等）
		有机材料	木材、竹材、苇材 胶结材料（石油沥青、煤沥青等） 绝热材料（软木板、毛毡等） 涂料 塑料（壁纸、地板、门窗等）
	金属材料	黑色金属	碳钢、合金钢
		有色金属	铝及其合金等
按用途分类		结构材料、装修材料、保温材料、防水材料、吸声材料等	

二、材料产品标准

建筑材料的生产、质量检验、验收等均应以产品标准为准则和依据。建筑材料的产品标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。各类标准代号见表 1-2。

建材产品标准的种类及代号 表 1-2

标准种类	说 明	代 号
国家标准	国家标准是指对全国经济、技术发展有重要意义而必须在全国范围内统一的标准。主要包括：基本原料、材料标准；有关广大人民生活的、量大面广的、跨部门生产的重要工农业产品标准；有关人民安全、健康和环境保护的标准；有关互换配合、通用技术语言等的基础标准；通用的零件、部件、元件、器件、构件、配件和工具、量具标准；通用的试验和检验方法标准；被采用的国际标准	(1) GB—是“国标”两字的汉语拼音字头。各类物资（建材）的国家标准，均使用此代号 (2) GBJ—是“国标建”三字的汉语拼音字头，它代表工程建设技术标准方面的国家标准

标准种类	说 明	代 号
行业标准	行业标准主要是指全国性的各专业范围内统一的标准。由主管部门组织制订、审批和发布，并报送国家标准局备案。行业标准分为强制性标准和推荐性标准两类	(1) JCJ—是国家建材局部颁标准的代号（老代号为“建标”、“JG”等） (2) JGJ—是建设部部颁标准的代号（老代号“BJG”“建规”“JZ”） (3) LYJ—是林业部标准的代号 (4) YBJ—是冶金工业部部颁标准的代号 (5) TB—是铁道部部颁标准的代号 (6) SYJ—是石油，能源部部颁标准的代号 (7) 其他：略
企业标准	凡没有制订国家标准、部标准（专业标准）的产品，都要制订企业标准。为了不断提高产品质量，企业可制订比国家标准、行业标准更先进的产品质量标准	QB—是企业标准的代号。QB是“企标”两字的汉语拼音字头

第四节 建筑材料课程的任务与学习方法

一、建筑材料课程的任务

建筑材料课程是从事建筑企业材料管理、建筑工程预算、施工、质检工作的一门重要的必修的技术基础课程，同时也是学习《建筑识图与房屋构造》、《建筑力学与结构》、《建筑施工技术》、《建筑工程定额与预算》和《建筑企业经营管理》等专业课的基础。

建筑材料课程的主要内容，是研究建筑材料的组成、结构、物理力学性能、技术标准、检验方法、应用，以及采购、运输、验收与保管等方面的知识。学生要想学好本门课程的内容，并做到学以致用，在学习过程中应注意学习方法。

二、建筑材料课程的学习方法

1. 学习中应注意材料的共性与个性

建筑材料品种繁多、性质各异，所以学习中应注意共性与个性。学习其共性，可以提高对材料的普遍认识；学习掌握材料的个性（特性），便于有比较、有鉴别地合理选择、使用和管理材料。

2. 学习中注意建筑材料课程与其他课程的联系

注意本课程与其他课程，如与物理、化学、力学等课程的密切联系。在学习过程中应注意加强对相关课程的内容的复习，以便分析和研究建筑材料课的有关内容。

3. 学习中注意理论联系实际

建筑材料课，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，其做法如下：

(1) 为了增加感性认识,注意材料样品的收集和识别。

(2) 充分利用各种机会,如参观及参加工程实践,进一步了解建筑材料的品种、规格、性能、应用和贮存等情况。

4. 加强试验课的学习

上好试验课是学好建筑材料课的重要保证。因此上课前应做到充分复习与预习,课堂上应严格按标准规定的试验方法,一丝不苟地检验材料的性质与材料的质量,并做好记录;课后,认真及时填写试验报告。

5. 注意学习新规范、新规程、新标准

经常订阅与专业有关的报刊杂志,及时了解新材料及其制品的发展动向和概况。注意学习掌握有关新技术、新规程及新材料标准等,以便不断丰富建筑材料学科知识,以利于掌握、推广和应用新材料及其制品。

复习思考题

1. 建筑材料在国民经济建设中的重要性表现在哪些方面?
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趋势。
3. 建筑材料如何分类?每类各包括哪些主要材料?
4. 为什么要制定建筑材料产品标准?建筑材料产品标准分几类?国家标准与国家工程建设技术方面的标准代号有何不同?
5. “建筑材料”课研究的主要内容是什么?

第二章 建筑材料的基本性质

建筑材料是用于建造建筑物或构筑物的所有材料的总称。建筑材料品种繁多、性质复杂，因此，加强材料供应管理工作十分重要。为满足对建筑材料的采购、供销、运输和保管的需要，作为管理人员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、保管和应用材料。

第一节 材料的物理性质

一、与质量有关的性质

(一) 密度

1. 实际密度^①

实际密度是指多孔固体材料在绝对密实状态下，单位体积的质量。按下式计算：

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

式中 ρ ——实际密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)；

m ——材料的质量 (g 或 kg)；

V ——材料在绝对密实状态（无孔隙、完全致密）下的体积 (cm^3 或 m^3)。

2. 视密度

对于外形不规则的散粒材料，如配制混凝土所用的砂、石等材料，可用排水法测其绝对体积的近似值（颗粒内部所含的封闭孔隙并未排除）。这样所得的密度称为视密度。可按下式计算：

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

式中 ρ' ——视密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)；

m ——干燥状态下材料的质量 (g 或 kg)；

V' ——包括封闭孔隙在内的颗粒体积 (cm^3 或 m^3)。

3. 表观密度^②

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。可用下式计算：

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

式中 ρ_0 ——表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)；

① 过去习惯上称比重，即材料绝对密实状态下其重量与体积之比。

② 过去，常将材料自然状态下（包括材料内部孔隙）单位体积的重量称为容重。

m ——材料干燥状态下的质量 (g 或 kg);

V_0 ——材料表观体积 (cm^3 或 m^3)。

表观体积是指包括孔隙在内的体积。对于多孔固体(粉末或颗粒状)材料的孔隙体积是指材料间的空隙或本身的开口孔、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)的体积。

4. 堆积(容积)密度

堆积密度是指在特定条件下,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。按下式计算:

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

式中 ρ_0' ——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)。

对于配制混凝土用的碎石、卵石及砂等松散颗粒状材料的堆积密度测定是在特定条件下,用容量筒测得的体积,称为堆积体积(见图 2-1);测其密度称为堆积密度(也称松散容重)。

5. 相对密度

在规定条件下,物质密度 ρ_1 与参考物质密度 ρ_2 之比。即无单位、无量纲^① 的量。按下式计算:

$$d = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

式中 d ——相对密度;

ρ_1 ——物质密度 (g/cm^3);

ρ_2 ——参考物质密度 (g/cm^3)。

在密度测量领域中,参考物质对于液体与固体通常采用纯水;对于气体通常采用与气体的压力和温度相同的干燥空气。

6. 标准密度

标准密度是在规范规定的标准条件下的物质密度(例如,温度 273.15K,即 0℃和压力为 101325Pa 下的气体密度;20℃下的液体密度)。

上述诸多密度中,工程上常用实际密度、表观密度、视密度、堆积密度来计算材料的密实度、孔隙率,计算材料用量、自重、运输量及堆积空间等。另外,材料的表观密度会影响材料的其他性质,如强度、隔声、导热性等。一般情况下,表观密度大,则强度高,隔声效果好,导热系数大,保温性能差。

(二) 密实度与孔隙率

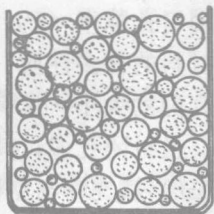


图 2-1 堆积体积示意图
(堆积体积=颗粒体积+空隙体积)

① 量纲为 1——出版者。

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。可按下式计算：

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

式中 D ——材料的密实度（%）。

例如：普通粘土砖 $\rho_0 = 1850 \text{ kg/m}^3$, $\rho = 2500 \text{ kg/cm}^3$, 求其密实度： $D = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\% = \frac{1850}{2500} \times 100\% = 74\%$

凡含孔隙的固体材料的密实度均小于1。密实度愈接近于1，材料就愈密实。材料的很多性质，如强度、吸水性、耐水性、导热性等均与其密实度有关。若提高混凝土密实度，就能提高其强度、抗渗、抗蚀等性能。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内，孔隙（开口的和封闭的）体积所占的比例。按下式计算：

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

式中 P ——材料的孔隙率（%）。

例如，按计算密实度的例子求其孔隙率：

$$P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{1850}{2500}\right) \times 100\% = 26\%$$

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个性质。通常采用孔隙率表示。孔隙率可分为开口孔隙率和闭口孔隙率。

开口孔隙率（ P_k ）：是指能被水所饱和的孔隙体积与材料体积之比的百分数。

$$P_k = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\%$$

式中 m_1 ——干燥状态材料的质量（g 或 kg）；

m_2 ——水饱和状态下材料的质量（g 或 kg）；

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水的密度（g/cm³ 或 kg/m³）。

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

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 $P_B = P - P_k$ 。

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，都与孔隙的大小、形状（开口孔隙与封闭孔隙）有关，见图 2-2。一般情况下，材料的孔隙率小，且封闭孔多，其吸水性小、强度高、抗渗和抗冻性好；开口孔多，则吸声性好。

（三）填充率与空隙率

对于松散颗粒状材料，如混凝土中所用砂、石等互相填充的疏松致密程度，可用“填充率”和“空隙率”表示。

1. 填充率

填充率是指颗粒材料的堆积体积内，被颗粒所填充的程度。按下式计算：

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