

建筑材料

主 编 李清江 姜 勇 于全发



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

日 期	2017.01	工程名称
图 号	格表-10	

建筑材料

主 编 李清江 姜 勇 于全发
副主编 蒋 莉 魏 丽 付 慊
肖 琴 李世海
参 编 刘 钰 王桂莲

内 容 提 要

本书按照高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新标准规范进行编写。全书共分为九个项目,主要包括建筑材料基础知识、水泥、混凝土、砌筑材料、建筑钢材、建筑木材、矿物建筑材料、功能建筑材料、建筑材料性能检测等。

本书可作为高等院校土木工程、工程造价、工程管理等专业的教材,也可作为建筑施工现场相关技术和管理人员工作参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/李清江,姜勇,于全发主编.—北京:北京理工大学出版社,2018.2

ISBN 978-7-5682-5312-3

I.①建… II.①李… ②姜… ③于… 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(2018)第030436号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

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/15

字 数/262千字

版 次/2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

定 价/62.00元

责任编辑/李志敏

文案编辑/李志敏

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

目 录

项目一 建筑材料基础知识..... 1

任务一 建筑材料认知..... 1

一、建筑材料的定义及其在建筑工程
中的地位 and 作用..... 1

二、建筑材料的分类..... 1

任务二 建筑材料的基本性质..... 2

一、建筑材料的物理性质..... 2

二、建筑材料的力学性质..... 7

三、建筑材料的耐久性..... 10

任务三 材料的组成及结构..... 11

一、材料的组成..... 11

二、材料的结构..... 12

项目小结..... 15

习题..... 15

项目二 水泥..... 17

任务一 通用硅酸盐水泥..... 17

一、硅酸盐水泥..... 17

二、普通硅酸盐水泥..... 21

三、矿渣硅酸盐水泥..... 22

四、火山灰质硅酸盐水泥..... 23

五、粉煤灰硅酸盐水泥..... 24

六、复合硅酸盐水泥..... 24

任务二 特性水泥..... 25

一、铝酸盐水泥..... 25

二、膨胀水泥..... 27

三、白色硅酸盐水泥..... 27

任务三 水泥的选用与管理..... 28

一、水泥的选用..... 28

二、水泥的管理..... 29

项目小结..... 30

习题..... 30

项目三 混凝土..... 31

任务一 混凝土的分类与特点..... 31

一、混凝土的分类..... 31

二、混凝土的特点..... 32

任务二 混凝土的组成材料..... 32

一、水泥..... 32

二、粗集料..... 33

三、细集料..... 36

四、混凝土拌合用水及养护用水..... 39

五、混凝土掺合料..... 39

六、混凝土外加剂..... 41

任务三 混凝土的基本性质..... 46

一、新拌混凝土和早龄期混凝土性能..... 46

二、混凝土的强度..... 55

三、混凝土的变形性..... 60

四、混凝土的耐久性·····	63	一、混凝土实心砖·····	89
任务四 普通混凝土配合比设计·····	66	二、蒸压灰砂砖和蒸压灰砂多孔砖·····	91
一、普通混凝土配合比设计的基本 要求·····	66	三、蒸压粉煤灰砖·····	94
二、普通混凝土配合比设计的基本 参数·····	66	四、炉渣砖·····	96
三、普通混凝土配合比设计的资料 准备·····	66	五、非烧结垃圾尾矿砖·····	97
四、普通混凝土配合比设计的步骤·····	66	任务二 建筑砌块·····	99
任务五 高强度混凝土·····	72	一、普通混凝土小型砌块·····	99
一、高强度混凝土的性能特点·····	72	二、轻集料混凝土小型空心砌块·····	101
二、高强度混凝土的配制要求·····	73	三、粉煤灰混凝土小型空心砌块·····	103
任务六 轻混凝土·····	74	四、蒸压加气混凝土砌块·····	106
一、轻集料混凝土·····	74	五、石膏砌块·····	108
二、多孔混凝土·····	78	六、泡沫混凝土砌块·····	109
三、大孔混凝土·····	78	任务三 砌筑砂浆·····	111
任务七 大体积混凝土·····	79	一、砌筑砂浆的分类·····	111
一、大体积混凝土的特点·····	79	二、砌筑砂浆的技术性质·····	112
二、大体积混凝土的配制要求·····	79	三、砌筑砂浆的配制·····	114
任务八 泵送混凝土·····	80	项目小结·····	124
一、泵送混凝土的特点·····	80	习题·····	124
二、泵送混凝土的配制要求·····	80		
任务九 抗渗混凝土与高性能混凝土·····	81	项目五 建筑钢材····· 126	
一、抗渗混凝土·····	81	任务一 钢材的分类与牌号·····	126
二、高性能混凝土·····	82	一、钢材的分类·····	126
任务十 混凝土的质量控制与强度评定·····	83	二、钢材的牌号·····	127
一、混凝土强度的质量控制·····	83	任务二 钢材的化学成分及技术性能·····	131
二、混凝土强度评定·····	85	一、钢材的化学成分·····	131
项目小结·····	86	二、钢材的力学性能与工艺性能·····	131
习题·····	87	三、影响钢材性能的因素·····	133
		任务三 钢材的检验与验收·····	135
项目四 砌筑材料····· 89		一、钢材性能的检测方法·····	135
任务一 墙体砖·····	89	二、钢材的验收·····	135
		任务四 常用建筑钢材及钢材的选用·····	138
		一、建筑常用的碳素结构钢、低合 金结构钢·····	138

二、建筑常用型材·····	139
三、钢材的选用·····	147
任务五 钢材的腐蚀防护与防火·····	148
一、钢材的腐蚀防护·····	148
二、钢材的防火·····	149
项目小结·····	150
习题·····	150

项目六 建筑木材····· 152

任务一 木材的分类及特点·····	152
一、木材的分类·····	152
二、常用木材的特点·····	153
任务二 木材的构造及主要性质·····	153
一、木材的构造·····	153
二、木材的物理力学性质·····	154
三、木材的力学性质·····	156
任务三 常用建筑木材·····	157
一、胶合板·····	157
二、纤维板·····	165
三、刨花板·····	167
四、细木工板·····	169
任务四 木材的防护·····	170
一、木材的腐蚀·····	170
二、木材的防腐·····	170
三、木材的防火·····	170
项目小结·····	170
习题·····	171

项目七 矿物建筑材料····· 173

任务一 岩石及岩石制品·····	173
一、岩石·····	173
二、岩石制品·····	175

任务二 石灰·····	177
一、石灰的生产·····	177
二、石灰的熟化与硬化·····	178
三、石灰的分类·····	178
四、石灰的技术要求·····	179
五、石灰的技术性质·····	180
六、石灰的应用·····	180

任务三 石膏····· 181

一、建筑石膏的生产·····	181
二、建筑石膏的凝结硬化·····	181
三、建筑石膏的技术性质·····	182
四、建筑石膏的应用和储运·····	183

任务四 矿物掺合料····· 183

一、粉煤灰·····	183
二、硅灰石·····	185
三、沸石粉·····	185
四、粒化高炉矿渣·····	186
五、石灰石粉·····	186

项目小结····· 187

习题····· 187

项目八 功能建筑材料····· 189

任务一 建筑防水材料····· 189

一、沥青防水材料·····	189
二、防水卷材·····	194
三、防水涂料·····	199

任务二 密封材料····· 202

一、沥青嵌缝油膏·····	202
二、聚氯乙烯接缝膏和塑料油膏·····	203
三、丙烯酸类密封膏·····	203
四、聚氨酯密封膏·····	203
五、聚硫建筑密封胶·····	203
六、硅酮建筑密封胶·····	204

任务三 建筑防腐蚀材料·····	204	一、试验目的·····	216
一、天然耐腐蚀石材·····	204	二、测定材料·····	217
二、防腐蚀塑料板材·····	205	三、试验内容·····	217
三、树脂类防腐蚀材料·····	205	任务三 混凝土用集料试验·····	218
四、涂料类防腐蚀材料·····	205	一、试验目的·····	218
任务四 建筑绝热材料·····	205	二、试验内容·····	218
一、绝热材料的类型·····	206	任务四 混凝土拌合物试验·····	221
二、材料的导热性·····	206	一、试验目的·····	221
三、影响材料导热性的主要因素·····	206	二、试验用混凝土配合比·····	221
四、建筑上常用的绝热保温材料·····	207	三、试验内容·····	222
任务五 建筑吸声(隔声)材料·····	208	任务五 混凝土抗压强度测定·····	223
一、材料的吸声性能·····	209	一、试验目的·····	223
二、影响材料吸声性能的因素·····	209	二、主要仪器·····	223
三、建筑上常用的吸声材料·····	209	三、试验步骤·····	223
四、隔声材料·····	211	任务六 砂浆试验·····	224
任务六 建筑胶粘剂·····	211	一、试验目的·····	224
一、建筑胶粘剂的组成·····	211	二、试验用配合比·····	224
二、建筑胶粘剂的分类·····	211	三、试验内容·····	225
三、常用的建筑胶粘剂·····	211	任务七 沥青试验·····	227
四、胶粘剂的选用原则·····	212	一、试验目的·····	227
项目小结·····	212	二、试验内容·····	227
习题·····	213	任务八 钢筋试验·····	229
		一、试验目的·····	229
		二、试验依据·····	229
		三、试验内容·····	229
项目九 建筑材料性能检测·····	214	任务九 建筑材料样品认识·····	230
任务一 水泥物理性质测定·····	214	一、试验目的·····	230
一、试验目的·····	214	二、试验结果·····	230
二、测定材料·····	214		
三、试验内容·····	214		
四、试验记录·····	216		
任务二 水泥强度等级测定·····	216		
		参考文献·····	231

项目一 建筑材料基础知识

任务一 建筑材料认知

一、建筑材料的定义及其在建筑工程中的地位和作用

建筑材料是指建造建筑物或构筑物所使用的各种材料及制品的总称。建筑材料是一切建筑工程的物质基础。

任何一种建筑物或构筑物都是按照设计要求，使用恰当的建筑材料，按照一定的施工工艺方法建造而成的。因此，建筑材料是建筑业发展的物质基础。正确地选择、合理地使用建筑材料，不仅直接决定了建筑物的质量和使用性能，也直接影响着工程的成本。及时提供数量充足、质量良好、品种齐全的各种材料，才能保证工程建设的顺利进行。

1. 建筑材料质量影响建筑工程质量

建筑材料的质量直接影响着工程的质量，具体表现为材料的品种、组成、构造、规格及使用方法都会对工程的结构安全性、耐久性、适用性产生影响。将劣质材料使用到工程中，必然危害工程质量，影响工程的使用效果和耐久性能，甚至会造成严重事故。因此，必须从材料的生产、选择、使用、检验评定以及材料的储存、保管等各个环节确保材料的质量，从而确保建筑物的质量。对于新材料和代用材料的应用，要采取积极而又慎重的态度，使用前必须经过严格检验和技术鉴定。

2. 建筑材料影响建筑工程造价

合理的材料费支出是控制工程成本的关键。在一般建筑工程的总造价中，材料费用占工程造价的50%~60%。因此，材料的选择、使用与管理是否合理，直接影响到建筑工程的造价。只有学习并掌握建筑材料知识，才能优化选择和正确使用材料，充分利用材料的各种功能，提高材料的利用率，在满足使用功能的前提下节约材料，降低材料费用和工程造价，提高经济效益。

二、建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多，性能用途各异，为了便于区分和应用，工程中通常从不同的角度对建筑材料进行分类。

1. 按照化学成分分类

建筑材料按照化学成分不同可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，见表1-1。

表 1-1 建筑材料按照化学成分不同分类

类 型	种 类	举 例
无机材料	金属材料	有色金属(铝、铜、锌、铅等及其合金)
		黑色金属(铁、锰、铬等及其合金)
	非金属材料	天然材料(砂、石及石材制品等)
		烧土制品(砖、瓦、陶瓷和玻璃等)
		胶凝材料(石灰、石膏、水泥和水玻璃等)
		混凝土、砂浆和硅酸盐制品等
有机材料	植物材料	木材、竹材等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青和沥青制品等
	合成高分子材料	塑料、涂料和胶粘剂等
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料、沥青混凝土等
	金属材料与无机非金属材料复合	钢筋混凝土
	金属材料与有机材料复合	轻质金属夹芯板

2. 按照使用功能分类

建筑材料按照使用功能的不同可以分为结构材料、围护材料和功能材料三类。

(1)结构材料。结构材料是指在建筑物中主要起承受荷载作用的材料。其是建筑物中最重要的材料，常用于工程的主体部位，如结构物的梁、板、柱、基础等。结构材料的性能决定了工程结构的安全性和使用的可靠性，所以，这类材料要求必须具有足够的强度和耐久性。常用的结构材料有混凝土和钢材等。

(2)围护材料。围护材料是指用于建筑物围护结构的材料，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，同时，为了适应现代建筑的功能需要，还要求必须具有良好的保温隔热、防水、隔声、蓄热等性能。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。功能材料是指担负建筑物使用过程中所需的建筑功能的非承重用材料，如防水材料、装饰材料、保温隔热材料、吸声隔声材料和密封材料等。这些功能材料的选择与使用决定了工程的适用性及美观性，是建筑材料发展的亮点。随着现代建筑功能要求的提高，新型材料不断出现，品种也更加丰富。

3. 按照使用部位分类

按使用部位可将土木工程材料分为建筑结构材料、桥梁结构材料、水工结构材料、路面结构材料、建筑墙体材料、建筑装饰材料、建筑防水材料、建筑保温材料等。材料在不同部位中使用时，对其主要性能的要求不尽相同，各自的技术质量标准也可能有所差别。

任务二 建筑材料的基本性质

一、建筑材料的物理性质

1. 材料与质量有关的性质

(1)密度。密度是指材料在绝对密实状态下单位体积所具有的质量。其可按下列公式计算：

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

式中 ρ ——材料的密度(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)。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除钢材、玻璃等少数接近于绝对密实的材料外,绝大多数材料都有一些孔隙,如砖、石材等块状材料。在测定有孔隙的材料密度时,应当把材料磨成细粉以排除其内部孔隙,经干燥至恒重后,用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积,该体积即可以视为材料在绝对密实状态下的体积。材料磨得越细,测得的密度值就越精确。

(2)表观密度。表观密度是指材料在自然状态下单位体积所具有的质量。其可按下列公式计算:

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);
 m ——材料在干燥状态下的质量(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又称表观体积,是指包含材料内部孔隙在内的体积。对于外形规则的材料,其测定很简便,只要测得材料的质量和体积,即可算得表观密度;对于外形不规则材料的体积,可以采用排液法测量其静观体积,再按照公式求得,但为防止水分渗入材料内部而影响测定值,在材料表面应预先涂上蜡。

当材料含有水分时,其质量和体积将发生变化,影响材料的表观密度。故在测定表观密度时,应当注明其含水情况。一般情况下,材料的表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中的干燥状态)下的表观密度。

(3)堆积密度。堆积密度是指散粒材料或粉状材料在堆积状态下单位体积的质量。其可按下列公式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3);
 m ——材料的堆积质量(kg);
 V'_0 ——材料的堆积体积(m^3)。

散粒材料在堆积状态下的体积,既包含颗粒内部的孔隙,也包含颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙。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。若以捣实体积计算时,则称紧密堆积密度。

表 1-2 列举了常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度。

表 1-2 常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度

材料名称	密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	堆积密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	材料名称	密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	堆积密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)
建筑钢材	7.85	7 850	—	粉煤灰	1.95~2.40	—	550~800
普通混凝土	—	2 100~2 600	—	木材	1.55~1.60	400~800	—

续表

材料名称	密度 /(g·cm ⁻³)	表观密度 /(kg·cm ⁻³)	堆积密度 /(kg·cm ⁻³)	材料名称	密度 /(g·cm ⁻³)	表观密度 /(kg·cm ⁻³)	堆积密度 /(kg·cm ⁻³)
烧结普通砖	2.50~2.70	1 600~1 900	—	水泥	2.80~3.10	—	1 200~1 300
花岗石	2.70~3.00	2 500~2 900	—	普通玻璃	2.45~2.55	2 450~2 550	—
碎石(石灰岩)	2.48~2.76	2 300~2 700	1 400~1 700	铝合金	2.70~2.90	2 700~2 900	—
砂	2.50~2.60	—	1 450~1 750				

(4)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充实的程度，也就是固体物质的体积占总体积的比例，说明材料体积内被固体物质所充填的程度，即反映了材料的致密程度。其可按下列公式计算：

$$D=\frac{V}{V_0}\times100\%=\frac{\rho_0}{\rho}\times100\%=1-P \tag{1-4}$$

式中 D ——材料的密实度；
 V ——材料的绝对密实体积(cm³ 或 m³)；
 V_0 ——材料的表观体积(cm³ 或 m³)；
 P ——材料的孔隙率(%)。

2)孔隙率。孔隙率是指散粒状或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率。其可按下列公式计算：

$$P=\frac{V_0-V}{V_0}=1-\frac{V}{V_0}=\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)\times100\% \tag{1-5}$$

式中 P ——材料的孔隙率(%)；
 V_0 ——材料的自然堆积体积(cm³ 或 m³)；
 V ——材料的表观体积(cm³ 或 m³)；
 ρ ——材料的表观密度(g/cm³ 或 kg/m³)；
 ρ_0 ——材料的自然堆积密度(g/cm³ 或 kg/m³)。

材料的密实度和孔隙率之和等于 1，即 $D+P=1$ 。

材料孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。其大小取决于材料的结构构成及制造工艺。材料的许多工程性能如强度、吸水性、吸湿性、耐水性、抗渗性、抗冻性、导热性等都与孔隙率的大小和孔隙特征有关。孔隙率越小，说明材料越密实。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应较大；相反，对要求高强度或不透水的建筑物或部位，则其所用的材料孔隙率应当很小。

(5)填充率与空隙率。

1)填充率。填充率是指散粒材料在某堆积体积中被其颗粒填充的程度。其可按下列公式计算：

$$D'=\frac{V_0}{V'}\times100\%=\frac{\rho'_0}{\rho_0}\times100\% \tag{1-6}$$

$$D'+P'=1 \tag{1-7}$$

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率(%)。

2)空隙率。空隙率是指散粒材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的百分率。其可按下列公式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho'_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \quad (1-8)$$

式中 P' ——散粒状材料在堆积状态下的空隙率(%)。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间互相填充的致密程度。空隙率越大,颗粒之间的空隙越大。在混凝土和砂浆所用砂石的一些计算中,空隙率可作为控制混凝土集料级配及计算砂率的依据。为了改善材料的性能,节约水泥,宜选用孔隙率较小的砂、石。

2. 材料与水有关的性质

(1)亲水性与憎水性。材料与水接触时能被水润湿的性质称为亲水性。具备这种性质的材料称为亲水性材料,如砖、混凝土、木材、砂、石等。材料与水接触时不能被水润湿的性质称为憎水性。当材料与水接触,材料与水分子之间的亲和力小于水分子之间的内聚力时,材料则表现为憎水性,如沥青、石油等。

(2)吸水性。材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的大小用吸水率表示,吸水率有两种表示方法,即质量吸水率和体积吸水率。

1)质量吸水率。质量吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分率。其计算公式为

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率(%);

m_1 ——材料干燥状态的质量(g或kg);

m_2 ——材料吸水饱和后的质量(g或kg)。

2)体积吸水率。体积吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸收水分的体积占干燥材料总体积的百分率。其计算公式为

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率(%);

V_0 ——干燥材料在自然状态下的总体积(cm^3);

V_w ——材料吸水饱和时水的体积(cm^3);

ρ_w ——水的密度(g/cm^3),常温下水的密度为 $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系:

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1-11)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3)。

材料的吸水率反映了材料在标准测试方法下吸收水分的能力,是一个固定值。常用的建筑材料,其吸水率一般用质量吸水率表示。对于某些轻质材料,如加气混凝土、木材等,由于其质量吸水率往往超过 100% ,一般采用体积吸水率表示。

(3)吸湿性。材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示,按下列公式计算:

$$W_h = \frac{m_h - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-12)$$

式中 W_h ——材料的含水率(%)；

m_h ——材料吸湿后的质量(g)；

m_1 ——材料在干燥状态下的质量(g)。

材料的含水率随空气的温度、湿度变化而改变。材料既能在空气中吸收水分，又能向外界释放水分，当材料中的水分与空气的湿度达到平衡的含水率时就称为平衡含水率。材料吸水后，会导致自重增加、保温隔热性能降低、强度和耐久性产生不同程度的下降。材料含水率的变化会引起体积的变化，影响其使用。

材料的含水率受所处环境中空气湿度的影响。当空气中的湿度在较长时间内稳定时，材料的吸湿和干燥过程处于平衡状态，此时材料的含水率保持不变，其含水率叫作材料的平衡含水率。

(4)耐水性。耐水性是指材料长期在饱和水作用下不被破坏，强度也不显著降低的性质。材料的耐水性用软化系数表示，按下列公式计算：

$$K_p = \frac{f_w}{f} \quad (1-13)$$

式中 K_p ——材料的软化系数；

f_w ——材料在饱和水状态下的抗压强度(MPa)；

f ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

软化系数的大小，表明材料浸水饱和后强度降低的程度，一般为 0~1。软化系数越小，说明材料吸水饱和后的强度降低越多，其耐水性越差。通常，软化系数大于 0.80 的材料是耐水性材料。

(5)抗渗性。抗渗性是指材料在压力水作用下抵抗水渗透的性质。材料的抗渗性以渗透系数或抗渗等级表示，按下列公式计算：

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$

式中 K ——材料的渗透系数(cm/h)；

Q ——透过材料试件的水量(cm^3)；

d ——材料试件的厚度(cm)；

A ——透水面积(cm^2)；

t ——透水时间(h)；

H ——静水压力水头(cm)。

对于沥青、沥青混凝土、瓦等防水防潮材料，常用渗透系数 K 表示其抗渗性。渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的能力，渗透系数越大，材料的抗渗性越差。对于混凝土和砂浆等材料，常用抗渗等级 P_n 表示其抗渗性， P_n 值越大，表示抗渗等级越高，抗渗性就越好。

(6)抗冻性。抗冻性是指材料在吸水饱和状态下，能经受多次冻融循环作用而不被破坏，强度不严重降低且质量也不显著减小的性质。材料的抗冻性用抗冻等级表示。材料的抗冻等级可分为 F15、F25、F50、F100、F200 等，分别表示此材料可承受 15 次、25 次、50 次、100 次、200 次等的冻融循环。

材料的抗冻性与材料的强度、孔结构、耐水性和吸水饱和程度有关。一般情况下，密实的材料、具有闭口孔隙且强度较高的材料，有较强的抗冻能力。材料抗冻等级的选择，

是由结构物的种类、使用条件以及气候条件等决定的。

3. 材料与热有关的性质

(1) 导热性。导热性是指材料传导热量的性能,用导热系数表示。材料导热性的大小用热导率 λ 表示。热导率 λ 是指厚度为1 m的材料,当两侧温差为1 K时,在1 s时间内通过面积为1 m²的热量。其可按下列公式计算:

$$\lambda = \frac{Qa}{At(t_2 - t_1)} \quad (1-15)$$

式中 λ ——材料的热导率[W/(m·K)];

Q ——传递的热量(J);

a ——材料的厚度(m);

A ——材料的传热面积(m²);

t ——传热时间(s);

$t_2 - t_1$ ——材料两侧的温差(K)。

材料的导热系数越大,表示传热越快,保温性越差。各种材料的导热系数差别很大,一般来说,无机材料的导热系数大于有机材料;材料的孔隙率越大,即空气越多,导热系数越小,同类材料的孔隙率是随表观密度的减小而增大,导热系数随表观密度的减小而减小;导热系数与孔隙形态特征也有关系,由微细而封闭孔隙组成的材料导热系数小,反之则大;材料的含水率增加,导热系数也增加。常见建筑材料的导热系数为0.035~3.5 W/(m·K),工程中通常将 $\lambda < 0.23$ W/(m·K)的材料称为绝热材料(保温和隔热材料)。

(2) 热容量和比热容。热容量是指材料加热时吸收热量、冷却时放出热量的性质。其计算公式为

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (1-16)$$

式中 Q ——材料的热容量(J);

c ——材料的比热[J/(g·K)];

m ——材料的质量(g);

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温度差(K)。

比热 c 是真正反映不同材料热容性差别的参数,可以由下列公式导出:

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-17)$$

热容量大小用比热容表示,1 g材料温度升高或降低1 K时,所吸收或放出的热量称为比热容。材料的比热容反映材料吸热和放热能力的大小。选择高热容材料作为墙体、屋面内装饰,在热流变化较大时,对稳定建筑物内部温度变化具有重要的意义,其能保持建筑内部温度的稳定性。

二、建筑材料的力学性质

材料的力学性质是指材料在外力作用下,抵抗破坏和变形方面的性质。其是选用建筑材料时首要考虑的基本性质,对建筑物的正常、安全及有效使用是至关重要的。

1. 材料的强度、强度等级和比强度

(1) 强度。材料在外力作用下抵抗破坏的能力,称为材料的强度。材料破坏时,建筑材料受外力作用时,内部就产生应力。外力增加,应力相应增大,应力达到的极限值称为材

料的极限强度。

根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压、抗拉、抗剪、抗弯(折)强度等,如图 1-1 所示。

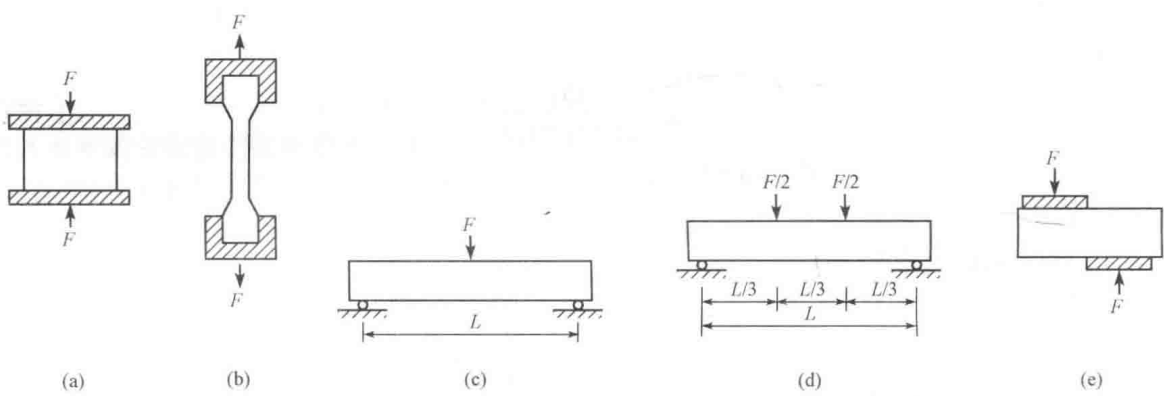


图 1-1 材料的几种受力状态
(a)抗压;(b)抗拉;(c)、(d)抗剪;(e)抗弯

1)抗压(拉、剪)强度。材料的抗压强度、抗拉强度和抗剪强度,均可按下列公式计算:

$$F=\frac{P}{A} \tag{1-18}$$

式中 F ——材料的强度,包括抗压强度、抗拉强度和抗剪强度(MPa);
 P ——材料受压、受拉、受剪破坏时的荷载(N);
 A ——材料的受力面积(mm²)。

2)抗弯(折)强度。材料的抗弯(折)强度与材料受力情况有关,对于矩形截面试件,若两端支撑,中间承受荷载作用,则其抗弯(折)强度按下列公式计算:

$$f_m=\frac{3FL}{2bh^2} \tag{1-19}$$

式中 f_m ——材料的抗弯(折)强度(MPa);
 F ——受弯时的破坏荷载(N);
 L ——两支点间距(mm);
 b, h ——材料截面宽度、高度(mm)。

强度是材料的主要技术性质之一。材料的强度与其组成及结构有关。相同种类的材料,其组成、结构特征、孔隙率、试件形状、尺寸、表面状态、含水率、温度及试验时的加荷速度等,对材料的强度都有影响。不同材料的强度是不同的,常用建筑材料的各种强度值见表 1-3。

表 1-3 常用建筑材料的各种强度值 MPa

材料	抗压	抗拉	抗弯
花岗石	100~250	5~8	10~14
普通混凝土	5~60	1~9	—
轻集料混凝土	5~50	0.4~2	—
松木(顺纹)	30~50	80~120	60~100
钢材	240~1 500	240~1 500	—

(2)强度等级。对于以强度为主要指标的材料，通常按材料强度值的高低划分成若干等级，称为强度等级。强度等级是人为划分的，是不连续的。根据强度划分强度等级时，规定的各项指标都合格，才能定为某强度等级，否则就要降低级别。而强度具有客观性和随机性，其试验值往往是连续分布的。

强度等级越高的材料，承受的荷载越大。一般脆性材料按抗压强度划分强度等级；塑性材料按抗拉强度划分强度等级。例如，水泥、石材、砖和砌块、砂浆、混凝土等主要的承重材料，其强度等级主要依据其抗压强度来划分；而建筑钢材在实际应用中主要承受拉力荷载，因此，其强度等级依据其屈服强度来划分。

不同的建筑材料的强度等级采用不同的符号表示，如 C30 混凝土、MU15 砖、M7.5 砂浆、42.5 级普通水泥等。掌握材料的强度等级，对生产者和使用者均有重要的意义，它可使生产者在生产中控制产品质量时有依据，从而确保产品的质量；并有利于使用者掌握材料的性能指标，便于合理选用材料、正确进行设计和控制工程施工质量。

(3)比强度。比强度是按单位质量计算的材料强度，其值等于材料强度与其表观密度之比。它是衡量材料轻质高强性能的一项重要指标。优质的结构材料，必须具有较高的比强度，几种常用建筑材料的比强度见表 1-4。

表 1-4 几种常用建筑材料的比强度

材料名称	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	强度/MPa	比强度
低碳钢	7 850	420	0.054
普通混凝土(抗压)	2 400	40	0.017
松木(顺纹、抗拉)	500	100	0.200
玻璃钢	2 000	450	0.225
烧结普通砖(抗压)	1 700	10	0.006

由表 1-4 可知，玻璃钢和木材是轻质高强的高效能材料，普通混凝土为质量大而强度相对较低的材料。比强度高的材料具有轻质高强的特性，可用作高层、大跨度的结构材料，轻质高强的材料也是未来建筑材料发展的主要方向。

2. 材料的弹性与塑性

(1)弹性。材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，材料能够完全恢复原来形状的性质称为弹性，这种变形称为弹性变形。其值的大小与外力成正比。

(2)塑性。材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，材料不能恢复到原来形状，但不产生裂缝的性质称为塑性，这种不能恢复的变形称为塑性变形。塑性变形属于永久性变形。

实际上，只有单纯的弹性或塑性的材料都是不存在的。各种材料在不同的应力下都会表现出不同的变形性能。

3. 材料的韧性与脆性

(1)韧性。材料在冲击荷载或振动荷载作用下，能吸收较大的能量，同时产生较大的变形而不破坏的性质称为韧性。材料的韧性用冲击韧度指标表示。具有这种性质的材料称为韧性材料。建筑钢材(软钢)、木材、塑料等是较典型的韧性材料。对于路面、桥梁、起重机械梁及有抗震要求的结构都要考虑材料的韧性。

(2)脆性。材料受外力作用,当外力达到一定限度时,材料发生突然破坏,且破坏时无明显塑性变形的这种性质称为脆性,具有脆性的材料称为脆性材料,如石材、烧结普通砖、混凝土、铸铁、玻璃及陶瓷等。脆性材料的抗压能力很强,其抗压强度比抗拉强度大得多,可达十几倍甚至更高。脆性材料抗冲击及动荷载能力差,故常用于承受静压力作用的建筑部位,如基础、墙体、柱子、墩座等。

4. 材料的硬度与耐磨性

(1)硬度。硬度是指材料表面耐较硬物体刻画或压入而产生塑性变形的能力。一般来说,硬度大的材料耐磨性较强、强度较高,但不易机械加工。不同材料的硬度的测定方法不同,常用的方法有刻画法、压入法。木材、金属等韧性材料的硬度,一般采用压入法来测定。

(2)耐磨性。耐磨性是指材料表面抵抗磨损的能力,用磨损率表示,它等于试件在标准试验条件下磨损前后的质量差与试件受磨表面积之商。磨损率越大,材料的耐磨性越差。材料的硬度大、韧性好、构造均匀致密时,其耐磨性较强。地面、路面等经常受摩擦的部位要求材料具有较好的耐磨性。

三、建筑材料的耐久性

建筑材料的耐久性是指材料使用过程中,在内、外部因素的作用下,经久不破坏、不变质,保持原有性能的性质。材料的耐久性是一项综合性质,包括抗冻性、抗渗性、抗风化性、耐磨性、大气稳定性、耐化学侵蚀性、强度等。因此,无法用一个统一的指标去衡量所有材料的耐久性,应根据材料的种类和建筑物所处的环境条件提出不同耐久性的要求。

1. 环境影响因素

材料在建筑物使用过程中长期受到周围环境和各种自然因素的破坏作用。因此,影响材料耐久性的因素,除材料本身的化学成分和组成性质、结构和构造特征等内在因素外,还包含物理作用、化学作用、机械作用、生物作用等外在因素。

(1)物理作用包括材料的干湿变化、温度变化及冻融变化等。这些作用将使材料发生体积的胀缩,或导致内部裂缝的扩展。时间长久即会使材料逐渐破坏。在寒冷地区,冻融变化对材料会起着显著的破坏作用;在高温环境下,经常处于高温状态的建筑物或构筑物,所选用的建筑材料要具有耐热性能。

(2)化学作用包括大气、环境水以及酸、碱、盐等液体或有害气体对材料的侵蚀作用,使材料产生质的变化而破坏。

(3)机械作用包括使用荷载的持续作用,交变荷载引起的材料疲劳、磨损、磨耗等。

(4)生物作用包括菌类、昆虫等的作用使材料腐朽、蛀蚀而破坏。

通常砖、石料、混凝土等矿物材料,多是由于物理作用而破坏,也可能同时会受到化学作用而破坏;金属材料主要是由于化学作用而引起腐蚀;木材等有机质材料常因生物作用而破坏;沥青材料、高分子材料在阳光、空气和热的作用下会逐渐老化而使材料变脆或开裂。

在实际工程中,材料往往受到多种破坏因素的同时作用。材料品质不同,其耐久性的指标也各有不同。金属材料常由化学和电化学作用引起腐蚀、破坏,其耐久性的主要指标是耐蚀性;无机非金属材料(如石材、砖、混凝土等)常因化学作用、溶解、冻融、风蚀、