

土建工长培训系列教材

# 建筑材料

(第三版)

纪士斌 陈巧云 甄兰琼 编

清华大学出版社



# (京)新登字 158 号

## 内 容 提 要

建筑材料是建筑工程的物质基础。本书全面地介绍了建筑物由主体结构到装修(饰)施工所用的各种材料,并编写了常用材料的试验。书的特点简明扼要,重点突出,注重了工程的实用性和动手能力的培养,通俗易懂,便于读者对建筑材料知识的掌握和运用。

本书为土建工长培训系列教材中的一本,也可作为技术员、城建及建筑系统的建筑材料员和材料管理干部提高专业水平的自学参考书;还可以作为职工中等专业学校、技工学校、职业高中工业与民用建筑专业、给水排水专业和交通土建专业建筑材料课的教材或教学参考书。

书 名: 建筑材料(第三版)

作 者: 纪士斌 陈巧云 甄兰琼 编

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

[http:// www .tup .tsinghua .edu .cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

责任编辑: 张秋玲

印 刷 者: 北京市人民文学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 印张: 9.375 字数: 233 千字

版 次: 2001 年 5 月 第 3 版 2002 年 8 月 第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04478-3/TU·161

印 数: 11001~16000

定 价: 16.00 元

# 《土建工长培训系列教材》

## 编 委 会

主任委员：郭继武

委 员：郭继武 任继良 纪士斌  
田会杰 宋莲琴

## 第三版说明

《建筑材料》于 1988 年 12 月出版,并于 1995 年出版了第二版。自出版以来,深受各培训单位和广大读者的欢迎和支持,已多次重印,取得了良好的社会效益。随着我国经济建设的高速发展,建筑技术标准、规范的不断更新,全国土建工长培训任务日趋繁重,第二版建筑材料的若干内容已不能满足建筑技术发展和教学、自学的需要,为此,我们及时地进行了这次全面修订。

这次修订,一方面保持原来的编写目的和编写原则,另一方面反映了国家自 1992 年以来新颁布的有关建筑材料的新标准、新规范和新的材料试验、质量检测方法,使全书内容较第二版有了很大的更新,符合建筑材料科学发展的形势。书中还对本学科的“三基”内容有所加强,更便于教学和自学使用。

本书由北京市建设职工大学(北京城市建设学校)纪士斌主编,并编写了绪论、第 1 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章和第 11 章,陈巧云编写了第 2 章,甄兰琼编写了第 6 章、第 10 章,最后由纪士斌统一审定。

本书自 1995 年第二版发行以来,收到了全国各地一些读者的来信,对教材提出了一些宝贵意见,此次修订均予采纳,在此致以衷心的感谢。由于时间紧迫,作者水平有限,修订版中仍会出现不妥之处,欢迎广大读者继续提出批评、指正。

编 者

2000 年 11 月于北京

# 目 录

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 绪论 .....                     | 1          |
| <b>第 1 章 建筑材料的基本性质 .....</b> | <b>5</b>   |
| 1.1 材料的物理性质 .....            | 5          |
| 1.2 材料的力学性质 .....            | 12         |
| 1.3 材料的耐久性 .....             | 16         |
| <b>第 2 章 无机胶凝材料 .....</b>    | <b>19</b>  |
| 2.1 气硬性无机胶凝材料 .....          | 19         |
| 2.2 水硬性无机胶凝材料 .....          | 28         |
| <b>第 3 章 混凝土 .....</b>       | <b>53</b>  |
| 3.1 普通混凝土 .....              | 54         |
| 3.2 其他混凝土 .....              | 90         |
| <b>第 4 章 建筑砂浆 .....</b>      | <b>106</b> |
| 4.1 砌筑砂浆 .....               | 106        |
| 4.2 其他品种砂浆 .....             | 115        |
| <b>第 5 章 墙体材料 .....</b>      | <b>121</b> |
| 5.1 砌墙砖 .....                | 121        |



|              |                         |            |
|--------------|-------------------------|------------|
| 5.2          | 建筑砌块 .....              | 130        |
| 5.3          | 轻质墙板 .....              | 135        |
| <b>第 6 章</b> | <b>建筑钢材 .....</b>       | <b>140</b> |
| 6.1          | 概述 .....                | 140        |
| 6.2          | 钢材的主要性能 .....           | 141        |
| 6.3          | 钢的主要化学成分及对钢材性能的影响 ..... | 147        |
| 6.4          | 建筑工程常用的钢材品种 .....       | 149        |
| 6.5          | 钢筋 .....                | 154        |
| 6.6          | 型钢、钢板与钢管 .....          | 160        |
| <b>第 7 章</b> | <b>防水材料 .....</b>       | <b>163</b> |
| 7.1          | 沥青 .....                | 163        |
| 7.2          | 防水卷材 .....              | 170        |
| 7.3          | 其他沥青防水制品 .....          | 179        |
| <b>第 8 章</b> | <b>保温、吸声材料 .....</b>    | <b>184</b> |
| 8.1          | 无机保温材料 .....            | 184        |
| 8.2          | 有机保温材料 .....            | 190        |
| 8.3          | 吸声材料 .....              | 191        |
| <b>第 9 章</b> | <b>木材 .....</b>         | <b>196</b> |
| 9.1          | 木材的分类和构造 .....          | 196        |
| 9.2          | 木材的主要技术性质 .....         | 199        |
| 9.3          | 木材和木材的再制品 .....         | 205        |
| 9.4          | 木材的干燥、防腐与防火 .....       | 211        |

|               |                     |     |
|---------------|---------------------|-----|
| <b>第 10 章</b> | <b>建筑装饰材料</b> ..... | 214 |
| 10.1          | 概述.....             | 214 |
| 10.2          | 装饰石材.....           | 217 |
| 10.3          | 装饰陶瓷制品.....         | 219 |
| 10.4          | 建筑玻璃.....           | 231 |
| 10.5          | 建筑装饰塑料.....         | 235 |
| 10.6          | 建筑装饰涂料.....         | 237 |
| 10.7          | 金属装饰材料.....         | 240 |
| <br>          |                     |     |
| <b>第 11 章</b> | <b>建筑材料试验</b> ..... | 244 |
| 11.1          | 水泥试验.....           | 244 |
| 11.2          | 混凝土骨料试验.....        | 258 |
| 11.3          | 普通混凝土试验.....        | 266 |
| 11.4          | 砌筑砂浆试验.....         | 271 |
| 11.5          | 普通粘土砖试验.....        | 277 |
| 11.6          | 钢筋试验.....           | 279 |
| 11.7          | 石油沥青试验.....         | 284 |

# 绪 论

## 0.1 研究建筑材料的意义

建筑材料是建筑工程的物质基础,它直接关系到建筑物的结构形式、建筑质量和建筑造价,影响着城乡建设面貌的变化和人民居住条件的改善。

在现代化建筑中要求的建筑材料品种多、数量大,从建筑物的主体结构到每一个细部构件,无一不是由各种建筑材料经一定的设计和施工而成的。因此,建筑材料的品种、数量、规格、质量以及外观、色彩等,都在很大程度上决定着建筑物的质量和功能,影响着建筑物的适用性、耐久性和艺术性。高层和大跨度建筑物的结构材料要求轻质、高强;屋面或地下防水要求防水材料密实度高、不透水性好;冷库建筑所用的墙体材料应具有较高的绝热效能;礼堂、影剧院、音乐厅堂的建筑,为使其有较好的音响效果就要选用质量好的吸声材料;大型的公共建筑、纪念性建筑要求较高的外墙饰面材料;等等。由此可见,建筑材料的合理选用并最大限度地发挥材料本身的效能是满足各种建筑物功能要求的重要保证。

现代建筑材料科学技术的进步,各种新型建筑材料的研究、生产和在工程上的应用,促使了建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新,这些无疑对建筑学和建筑技术的发展提供了新的可能。

## 0.2 建筑材料分类

根据材料来源不同,建筑材料可分为天然材料和人造材料;根据使用部位不同,可分为墙体材料、楼地面材料和屋面材料;根据材料功能不同,可分为结构材料、装饰材料、绝热材料、吸声材料和防水材料等。简单的分类常根据组成物质的种类及化学成分将建筑材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,各大类材料再分细可见下表。

| 建 筑 材 料 分 类 |                           |                                                                          |
|-------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 无机材料        | 金属材料                      | 黑色金属：钢、铁<br>有色金属：铝、铜等及其合金                                                |
|             | 非金属材料                     | 天然石材：砂、石、各种岩石制成的材料<br>烧土制品：粘土砖、瓦、陶瓷、玻璃等<br>胶凝材料：石灰、石膏、水玻璃、水泥混凝土、砂浆、硅酸盐制品 |
| 有机材料        | 植物质材料<br>沥 青 材 料<br>高分子材料 | 木材、竹材<br>石油沥青、煤沥青、沥青制品<br>塑料、涂料、胶粘剂                                      |
| 复合材料        | 无机非金属材料<br>与有机材料复合        | 钢纤维混凝土、沥青混凝土、聚合物混凝土                                                      |

## 0.3 建筑材料的发展趋向

为了适应建筑工业化、建筑工程现代化,提高建筑物的工程质量和满足使用功能的要求,建筑材料应朝着以下几个方面发展：

大力研制轻质高强的材料,提高建筑材料的比强度(材料的抗压强度与表观密度之比),以减小承重结构的截面尺寸,降低结构件的自重,从而减轻建筑物的自重,降低运输费用和施工人员的劳动强度。

发展高效能的无机保温、绝热材料、吸声材料,改善建筑物围护结构的质量,提高建筑物的使用功能。

积极创造条件,努力发展适合机械化施工的材料和制品,尽快走向建材及其制品生产的工厂化。

充分利用天然材料和工业废料生产建筑材料,大搞综合利用,化害为利、变废为宝,改善能源利用状况,为人类造福。

## 0.4 建筑材料技术标准

我国建筑材料的技术标准分为四级,即国家标准,其代号为 GB,它是由国家标准局发布的全国性指导技术文件;部颁标准,由主管生产部(或总局)发布,其代号按部名定,如建材标准的代号为 JC,建工标准的代号为 JG;地方标准是地方主管部门发布的地方性指导技术文件;企业标准则仅仅适用于本企业,其代号为 QB。凡没有制定国家标准、部颁标准的产品,都要制定企业标准。

随着我国经济体制的改革和对外开放,建筑材料常与相关的国际标准或外国标准发生关系,其中主要有:国际标准,代号为 ISO;日本工业标准,代号为 JIS;德国工业标准,代号为 DIN;美国标准,代号为 ASTM;法国标准,代号为 NF;英国标准,代号为 BS 等。

## 0.5 学习建筑材料的目的

学习建筑材料重在掌握材料的品种、性能、标准、检测方法及



检测要求,在此基础上更深一步地了解各种材料成分、构造、性能之间的关系,以便能结合工程的需要合理地选用各种材料。

建筑材料试验是本学科的重要教学环节,通过各种材料的具体试验,可以获得材料性能的感性知识,在试验中培养实事求是的科学态度和严谨认真的工作作风。

# 第 1 章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中要起各种不同的作用,因此,要求建筑材料应具有相应的不同性质。作为结构物的材料要承受各种外力的作用,因此选用结构物的材料应具有所需的力学性能;屋面防水材料、地下防潮材料则应具有良好的耐水性和抗渗性;建筑物的内墙应具有保温、绝热和吸声、隔声的性能;外墙和屋面则要能长期经受风吹、日晒、雨淋、冰冻的破坏作用;在具有酸、碱、盐类物质腐蚀的部位,材料尚应有较高的化学稳定性等。为了使建筑物能够经久耐用,要求建筑设计人员掌握材料的基本性质并能合理地选用材料。

材料品种不同,性能也不一样,归纳起来大体有物理性质、化学性质和力学性质。这里着重介绍物理性质和力学性质,化学性质分解到每章具体材料中去介绍。

## 1. 1 材料的物理性质

### 1. 1. 1 材料与质量有关的性质

#### 1. 密度

材料在绝对密实状态下单位体积的质量,用下式进行计算:

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

式中:  $\rho$ ——材料的密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{kg}$ ;

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积,  $\text{m}^3$ 。



所谓绝对密实状态下的体积,若为固体块状材料则指不包括孔隙在内的体积;若为固体散粒材料则指不包括其空隙在内的体积。这种材料实际上是不存在的。为了研究问题方便起见,常将密实度较高的材料,如钢材、玻璃和 4 的水看成是绝对密实的。绝对密实状态的近似值称为视密度。

## 2. 表观密度

材料在自然状态下单位体积的质量,按下式计算:

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

式中:  $\rho$  ——材料的表观密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$m$  ——材料的质量,  $\text{kg}$ ;

$V_0$  ——材料在自然状态下的体积,  $\text{m}^3$ 。

材料在自然状态下的体积,若只包括孔隙在内而不含有水分,此时计算出来的表观密度称为干表观密度;若既包括材料内的孔隙,又包括孔隙内所含的水分,则计算出来的表观密度称为湿表观密度。

由于自然状态下松散材料的体积包括颗粒间的空隙,所以,其表观密度要比用单个颗粒测得的数值(实为视密度)小得多,又称其为堆积密度。

材料的密度和表观密度常用来计算材料的密实度、孔(空)隙率、材料和构件自重、运输量以及在一定空间中不同材料的堆放量等。几种常用材料的密度与表观密度值见表 1-1。

## 3. 密实度

固体材料中固体物质的充实程度,即材料的绝对密实体积与其总体积之比。计算式为:

$$D = \frac{V}{V_0}$$

因为

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

表 1-1 常用材料密度与表观密度值

kg/ m<sup>3</sup>

| 材 料     | 密 度  | 表观密度或堆积密度   | 材 料     | 密 度  | 表观密度或堆积密度   |
|---------|------|-------------|---------|------|-------------|
| 普通粘土砖   | 2500 | 1800 ~ 1900 | 花 岗 岩   | 2700 | 2500 ~ 2700 |
| 粘土空心砖   | 2500 | 900 ~ 1450  | 砂 子     | 2600 | 1400 ~ 1700 |
| 普通混凝土   | 2700 | 2200 ~ 2450 | 膨 胀 蛭 石 | —    | 80 ~ 200    |
| 泡沫混凝土   | 3000 | 600 ~ 800   | 膨胀珍珠岩   | —    | 40 ~ 130    |
| 水 泥     | 3100 | 1250 ~ 1450 | 松 木     | 1550 | 400 ~ 700   |
| 生 石 灰 块 | —    | 1100        | 钢 材     | 7850 | 7850        |
| 生 石 灰 粉 | —    | 1200        | 水(4 )   | 1000 | 1000        |

所以

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

式中：D——材料的密实度,常以百分数表示。

[例 1-1] 普通粘土砖  $\rho_0 = 1900\text{kg/ m}^3$ ,  $\rho = 2500\text{kg/ m}^3$ , 试求砖的密实度。

[解]

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1900}{2500} \times 100\% = 76\%$$

凡具有孔隙的固体材料,其密实度都小于 1。材料的密度与表观密度越接近,材料就越密实。材料的密实度大小与其强度、防水性和导热性等很多性质有关。

4. 孔隙率

固体材料的体积内孔隙体积所占的比例。可根据下式计算：



$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} = 1 - D$$

式中： $P$ ——材料的孔隙率，以百分数表示。

[例 1-2] 仍为上题之普通粘土砖，求其孔隙率  $P$  为多少？

[解]  $P = 1 - D = 1 - 0.76 = 0.24 = 24\%$

材料的孔隙率和密实度是从两个不同的角度来说明材料的同一性质。对于散粒材料，如砂、石子等，也可用上式计算其空隙率，即材料颗粒间的空隙，而不是材料颗粒的内部孔隙率。

材料内部孔隙的构造可分为开口孔隙(与外界相通)和封闭孔隙(与外界隔绝)两种，材料的许多重要性质都与其孔隙率大小和孔隙构造有密切关系。

## 1.1.2 材料与水有关的性质

### 1. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质。

材料吸水性的可用吸水率表示。吸水率又有质量吸水率和体积吸水率之分：

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

$$W_{\text{体}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{V_0 \rho_w} \times 100\%$$

式中： $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率；

$W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率；

$m_{\text{饱}}$ ——材料吸水饱和后的质量，kg；

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重时的质量，kg；

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积， $\text{m}^3$ ；

$\rho_w$ ——水的密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

材料的吸水率与孔隙率成正比。封闭孔隙较多的材料，吸水



率不很大时可用质量吸水率公式进行计算;一些轻质材料,如加气混凝土、木材等,由于其开口孔多,质量吸水率往往超过 100%,在这种情况下,可用体积吸水率公式进行计算。

## 2. 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收水蒸气的性质。该性质用材料的含水率表示:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中:  $W_{\text{含}}$  ——材料的含水率;

$m_{\text{含}}$  ——材料含水时的质量, kg;

$m_{\text{干}}$  ——材料烘干到恒重时的质量, kg。

材料可以从湿润空气中吸收水分,也可以向干燥的空气中扩散水分,最终使自身的含水率与周围空气湿度持平,此时材料的含水率称为平衡含水率。

## 3. 耐水性

材料在饱和水作用下强度不显著降低的性质。材料的耐水性用软化系数表示,可按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}}$$

式中:  $K_{\text{软}}$  ——材料的软化系数;

$f_{\text{饱}}$  ——材料在饱和水作用下的抗压强度, MPa;

$f_{\text{干}}$  ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

材料的软化系数范围在 0 ~ 1 之间,当软化系数大于 0.80 时,便认为该材料是耐水的。在潮湿的环境及浸泡在水中的构件,应选用软化系数大的材料,因为软化系数越大,意味着材料的耐水性能越好。

## 4. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质或材料的不透水性称为抗渗性。

材料的抗渗性可用抗渗等级来表示,即用材料抵抗压力水渗透的最大水压力值来确定,其抗渗等级越高,则表明材料的抗渗性能越好。

材料的抗渗性还可用渗透系数  $K$  表示,渗透系数的计算方法如下式:

$$K = \frac{Qd}{AtH}$$

式中:  $K$ ——渗透系数,  $\text{m/h}$ ;

$Q$ ——透水量,  $\text{m}^3$ ;

$d$ ——试件厚度,  $\text{m}$ ;

$A$ ——透水面积,  $\text{m}^2$ ;

$t$ ——时间,  $\text{h}$ ;

$H$ ——静水压力水头,  $\text{m}$ 。

材料的渗透系数越大,表明材料的透水性越好,抗渗性越差。

材料抗渗性能的好坏,主要决定于材料本身孔隙率的大小及孔隙的特征。密实材料,具有封闭口孔或极微细孔的材料,一般是不会透水的;具有较大孔隙率,且孔径大并且开口连通孔的材料,其抗渗性往往较差。

凡建筑物的地下结构,所有水工构筑物都要经常受压力水作用,选用的制作材料及防水材料都应具有良好的抗渗性能。

### 5. 抗冻性

材料在多次冻融循环作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。

材料在吸水饱和后,从  $-15^\circ\text{C}$  冷冻到  $20^\circ\text{C}$  融化叫做经受一个冻融循环作用。材料在多次冻融循环作用后表面将出现开裂、剥落等现象,材料将有质量损失,与此同时其强度也将会有所下降。所以严寒地区选用材料,尤其是在冬季气温低于  $-15^\circ\text{C}$  的地区,一定要对所用材料进行抗冻试验。