

技工学校教材

建 筑 材 料

江西省水利技工学校 刘道南 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从水利水电工程建筑的角度,着重对水泥、混凝土及沥青防水材料的性能质量、品种等进行了阐述,并讲述了砂浆、砖石材料、金属材料、合成树脂、木材和装饰材料的具体应用,还介绍了常用建筑材料的检验方法。

本书可作为技工学校水利水电建筑施工专业的教材和水电类技术人员技术等级考核培训用书,也可供水利水电工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/刘道南主编. —北京:中国水利水电出版社,
1999 (2007 重印)
技工学校教材
ISBN 978-7-80124-743-8

I. 建… II. 刘… III. 建筑材料—技工学校—教材
IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 020288 号

书 名	建筑材料
作 者	江西省水利技工学校 刘道南 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京金剑照排厂
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 9.25 印张 212 千字
版 次	1999 年 5 月第 1 版 2007 年 2 月第 2 次印刷
印 数	3031—5030 册
定 价	13.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书是根据水利部颁发的水利技工学校水利水电工程施工专业教学计划以及1997年8月在开封市举办的全国水利技工学校教材编审研讨会上制定的《建筑材料教学大纲》，结合水利技工学校毕业生达到中级工的要求而编写的。

本书在编书过程中注重基本理论，同时力求紧密联系生产实际，着重叙述水利水电建筑工程中常用的各种主要材料的基本性质、质量标准、检验方法以及合理使用等内容。使学员学习后，能正确选择和使用建筑材料与制品。

本书第一章讲述材料的基本性质，第二章讲述砖石材料，第三章讲述无机胶凝材料，第四章讲述混凝土，第五章讲述砂浆，第六章讲述沥青及其防水制品，第七章讲述合成树脂及其制品，第八章讲述金属材料，第九章讲述木材；第十章讲述建筑装饰材料。

全书按国家现行规范、标准、规程和法定计量单位编写，并按有关标准统一了全书的符号和基本术语，力求概念清楚、简明实用、便于自学。

本书除满足水利类技工学校的有关专业教学要求外，同时可作为水电类技术工人技术等级考核培训用书，也可供从事水利水电工程建设的技术人员参考。

本书由江西省水利技工学校刘道南主编，并编写了绪论、第三、四章。山东省水利技工学校孙玉洁编写了第六、七、九、十章。河南省南阳水利技工学校胡荣霞编写了第一、二、五、八章。本书由山东省水利技工学校谭甲林主审。江西省水利技工学校林联明在定稿过程中对书稿提出了大量的宝贵意见，并提供了试验插图，谨此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，本书难免存在不妥之处，希望广大师生和读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
复习思考题	2
第一章 材料的基本性质	3
第一节 材料的物理性质	3
第二节 材料的力学性质	7
第三节 材料的耐久性	9
第四节 影响材料性质的主要因素	9
复习思考题	10
第二章 砖石材料	12
第一节 砖材	12
第二节 石材	15
复习思考题	17
第三章 无机胶凝材料	18
第一节 石灰与石膏	18
第二节 硅酸盐水泥	20
第三节 掺混合材料的硅酸盐水泥	27
第四节 其他品种的水泥	29
第五节 纤维水泥制品	31
第六节 水泥技术指标检验	32
复习思考题	39
第四章 混凝土	41
第一节 水工混凝土的组成材料	42
第二节 混凝土的主要技术性质	51
第三节 混凝土配合比设计	61
第四节 其他混凝土简介	70
第五节 混凝土的质量检验	73
第六节 混凝土技术指标检验	75
复习思考题	85
第五章 砂浆	87
第一节 砌筑砂浆的性能要求	87
第二节 砌筑砂浆配合比的选择	89
第三节 其他砂浆	91
复习思考题	92
第六章 沥青及其防水制品	93

第一节 石油沥青与煤沥青	93
第二节 沥青防水材料	96
第三节 沥青砂浆及沥青混凝土	101
复习思考题	108
第七章 合成树脂及其制品	109
第一节 水工常用的环氧材料	109
第二节 聚合物浸渍混凝土	113
第三节 化学灌浆材料	114
复习思考题	114
第八章 金属材料	116
第一节 钢材的基本概念	116
第二节 铝材的基本概念	120
复习思考题	122
第九章 木材	123
第一节 木材的种类和组织构造	123
第二节 木材的主要特性	124
第三节 木材的合理使用	126
复习思考题	129
第十章 建筑装饰材料	130
第一节 建筑涂料	130
第二节 饰面砖	131
第三节 人造饰面板	134
第四节 水泥及石渣类装饰材料	135
复习思考题	136
书中符号说明——符号一栏表	137
参考文献	141

绪 论

建筑材料是指各项建筑工程中所应用的物质。

在水利水电建筑工程中,建筑材料主要用于兴建各类挡水建筑物(混凝土坝、浆砌石坝、拱坝、土石坝、河堤、水闸等),泄水建筑物(溢流坝、溢洪道、泄洪隧洞、水闸等),输水建筑物(渠道、涵管、隧洞、渡槽等),整治建筑物(丁坝、顺坝、护岸等),专门建筑物(水电站厂房、船闸、鱼道、筏道等);以及施工过程中的临时工程(围堰、脚手架、板桩、模板等),保护主体结构的装饰工程(涂料、饰面砖、饰面板、彩色砂浆等)。水利水电工程建筑物经常受到水的压力,水流的冲磨、侵蚀、冻融和干湿交替破坏作用。要使建筑物坚固、耐久、适用,建筑材料的质量、品种和规格必须满足工程质量的要求。

建筑材料与水利建筑工程的关系十分密切,它是工程建设的物质基础。在水利工程总造价中,材料费用占很大的比重。建筑材料的性能、质量、品种和规格,直接影响着土建工程的结构形式和施工方法,各种建筑物和构筑物的质量、造价在很大程度上取决于正确的选择及合理地使用建筑材料。新结构形式的出现也往往是新建筑材料产生的结果。因此,建筑材料的科学研究及其生产工艺的迅速发展,对于我国水利水电事业的发展,具有十分重要的意义。

在我国历史上,劳动人民在建筑材料的生产和使用方面,曾经有典型的光辉范例。2000多年前用粘土、砖、石等修建的举世闻名的万里长城,用粘土、石材、木材和竹材等修建的都江堰;1300年前的山西五台山木结构佛光寺大殿;900年前高达67m的山西应佛宫寺木塔和福建泉州的洛阳石桥。这些反映我国建筑构造方面辉煌成果的事例,有力地证明了我国历史上在建筑材料的生产、合理使用及科学处理方面所取得的伟大成就。

自从有了钢铁和混凝土这两种工业生产的新型建筑材料,水利工程建筑就越出了几千年来土、木、砖、石所给予的限制,开始大踏步地向前发展。现在每一项重要的水利水电工程都离不开这两种材料,钢铁和混凝土的使用,标志着水利建筑发展进入了一个新阶段。

为适应建筑工业化、现代化的需要,新型建筑材料正日益发展。新材料的出现,还会影响和促进建筑施工技术的革新和施工工艺的改进。如土工织物的应用,就改变了土坝和土渠防渗体的施工技术;塑料拔管的应用,就改变了坝体降温的施工工艺。

为了适应水利现代建设的需要,提高工程质量和降低工程造价,水利水电建筑工程中建筑材料的发展趋势是:

- (1) 研制和生产高强度材料,以减小承重结构构件的截面,降低结构的自重。
- (2) 发展适应于机械化施工的材料和制品,进一步提高施工机械化程度和加快施工进度。
- (3) 大搞综合利用,充分利用工农业的各种废弃物,生产建筑材料,变废为宝,化害为利,节约能源、改善环境、造福人民。

建筑材料通常分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。无机材料分为金属材料与非金属材料;有机材料分为植物材料、高分子材料和沥青材料;建筑材料的分类见表0-1。

本教材按水利水电工程建筑中常用的材料分类方法,将建筑材料分为:砖石材料,无机胶凝

材料,混凝土,砂浆,沥青及其防水制品,合成树脂及其制品,金属材料,木材,建筑装饰材料。

表 0-1 建筑材料分类

建筑材料	无机材料	金属材料	黑色金属:铁、碳钢、合金钢 有色金属:铝、锌、铜等及其合金
		非金属材料	天然石材(包括砂、石) 烧土制品(包括砖、饰面砖、板) 水泥、石灰、石膏 混凝土、砂浆 硅酸盐制品
		植物质材料	木材、竹材 植物纤维及其制品
	有机材料	高分子材料	塑料、树脂 涂料 粘结剂
		沥青材料	石油沥青及煤沥青 沥青制品
	复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	聚合物混凝土 沥青混凝土 玻璃纤维增强混凝土

建筑材料是水利水电建筑工程专业的一门专业技术课,要学习钢筋工艺学、混凝土工艺学、水利工程施工等课程提供材料的基础知识,也要为工程材料工作进行基本技能的训练和基本能力的培养,以达到中级工相应工种所要掌握的理论和技能知识。为今后从事专业技术工作时,合理选择和使用建筑材料打下基础。

本课程应以第四章的混凝土为主线,以线带面来学习本书所列各类材料。混凝土中骨料的部分性质在第二章砖石材料中有所阐述;混凝土中的胶凝材料即为第三章的水泥;混凝土中去掉粗骨料即为第五章的砂浆;混凝土大坝的永久缝中嵌填的止水材料常用的是第六章的沥青及其制

品;混凝土构件受到各种因素的干扰而造成损坏,以第七章合成树脂及其制品修补混凝土是水利工程管理中常用的手段;在混凝土内设置钢筋即为广泛使用的钢筋混凝土,混凝土施工需要采用钢板或木板立模,这就和第八章的金属材料与第九章的木材内容有关;第十一章的装饰材料是为了保护和美化混凝土主体构件而设。

学习每类材料时,应着重掌握典型品种的性能,其他品种的性能可与典型品种材料的性能进行分析对比,从其共性中掌握其不同的个性。

建筑材料种类繁多,需要研究的内容范围很广,涉及原料、生产、材料组成与结构、性质、应用、检验、运输、验收和储藏等各个方面。从本课程的目的及任务出发,主要着重于材料的性质、检验和应用。对这三个方面的内容提出如下基本要求。

在材料性质方面:了解建筑材料及其制品在建筑物中的作用及应具备的性能;了解材料组成及结构对材料性质的影响,外界因素对材料性质的影响;各主要性质间的相互关系。

在材料检验方面:了解建筑材料常用的试验仪器;熟悉常用建筑材料试验规程;初步学会常用建筑材料的检验方法以及质量鉴定方法。

在材料应用方面:根据工程要求能够合理地选用材料;熟悉有关的国家标准及技术规范;了解材料的运输、保藏要点,学会混凝土配制方法。

复 习 思 考 题

- 0-1 建筑材料在水利水电建筑工程中的重要性表现在哪些方面?
- 0-2 建筑材料在水利水电建筑工程中的主要用途是什么?
- 0-3 建筑材料如何分类?每类各包括哪些主要材料?
- 0-4 “建筑材料”课程研究的主要内容是什么?
- 0-5 “建筑材料”课程学习的主要要求是什么?

第一章 材料的基本性质

建筑材料在建筑物中，要承受各种不同外力及环境中物理化学等因素的作用，因而要求具有相应的性质，以满足建筑物中各个不同部位对材料的性能要求。材料的这些性质包括物理性质、化学性质、力学性质、耐久性等。

第一节 材料的物理性质

一、与构造状态有关的性质

1. 密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下的单位体积质量。可按下式计算

$$\rho_d = m/V_d$$

式中 ρ_d ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量 (g 或 kg);

V_d ——材料在绝对密实状态下的体积 (cm^3 或 m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指材料内固体物质的实体积，不包括内部孔隙。

自然状态下，绝对密实的材料有各种金属、玻璃等。

2. 表观密度

材料的表观密度是指材料在自然状态下 (包含内部孔隙) 的单位体积质量。可按下式计算

$$\rho = m/V$$

式中 ρ ——材料的表观密度 (g/m^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

V ——材料自然状态下的体积 (cm^3 或 m^3)。

在材料内部的孔隙中，与外界相连通的称为开口孔；与外界隔绝的称为闭口孔(图 1-1)。

当材料含有水分时，其质量和体积均可能发生变化，影响材料的表观密度值。一般所说的表观密度是指材料处于干燥状态，在含水状态下测得的表观密度应注明含水情况。

3. 堆积密度

材料的堆积密度是指散粒材料 (颗粒、小块、纤维状) 在自然堆积状态下的单位体积质量。可按下式计算

$$\rho_0 = m/V_0$$

式中 ρ_0 ——材料的堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

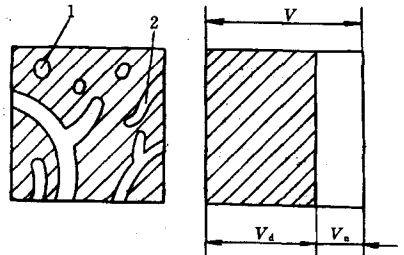


图 1-1 含孔材料体积组成示意图

1—闭口孔；2—开口孔

V_0 ——材料自然状态下的体积 (cm^3 或 m^3)。

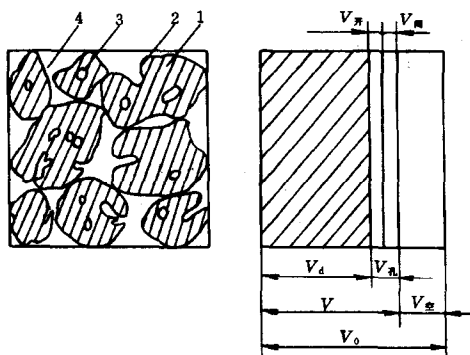


图 1-2 散粒材料体积组成示意图

- 1—固体物质；2—开口孔隙；
3—闭口孔隙；4—颗粒间空隙

物质所占的比例。可按下式计算

表 1-1 常用材料的密度、表观密度及堆积密度

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (g/cm^3)	堆积密度 (kg/m^3)
钢 材	7.85	—	—
松 木	1.55	0.40~0.80	—
水 泥	2.80~3.20	—	900~1300
砂	2.66	2.65	1450~1650
石灰石 (碎石)	2.60~2.80	2.60	1400~1700
普通混凝土	2.60	1.95~2.50	—
普通粘土砖	2.50	1.60~1.90	—

实度均小于 1。

(2) 孔隙率。材料的孔隙率是材料体积内孔隙所占的比例。可按式 (1-2) 计算

$$P = (V - V_d) / V = 1 - V_d / V \quad (1-2)$$

将 $D = V_d / V$ 代入式 (1-2)，得

$$P = 1 - D$$

式中 P ——材料的孔隙率 (%)；

其他符号意义同前。

【例 1-1】 某普通混凝土中所用石子的密度为 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$ ，表观密度为 $2200\text{kg}/\text{m}^3$ ，求其密实度和孔隙率。

解：(1) 密实度 $D = \rho / \rho_d = 2200 / 2600 \times 100\% = 85\%$

(2) 孔隙率 $P = 1 - D = 1 - 85\% = 15\%$

由上例可见，密实度和孔隙率从两个不同侧面反映了材料的致密程度。

5. 空隙率

空隙率是散粒状材料在自然堆积状态下，颗粒间的空隙体积占堆积体积的比例。可按

材料在堆积状态下的体积不但包括颗粒内部的孔隙，而且还包括材料颗粒间的空隙 (图 1-2)。同表观密度一样，通常堆积密度也是对于干燥材料而言。在不同含水状态下测得的堆积密度也应注明含水情况。

材料的密度、表观密度、堆积密度可以用来估算材料的体积和质量，以便确定材料的运输量、堆放场地、构件自重等。

几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度见表 1-1。

4. 密实度与孔隙率

(1) 密实度。密实度是在材料体积内固体

$$D = V_d / V \quad (1-1)$$

将 $\rho_d = m / V_d$ 及 $\rho = m / V$ 代入式 (1-1)，得

$$D = \rho / \rho_d$$

式中 D ——材料的密实度 (%)；

其他符号意义同前。

密实度反映了固体材料的致密程度。因此，在自然状态下，除绝对密实材料外，固体材料的密

式 (1-3) 计算

$$P_0 = (V_0 - V) / V_0 = 1 - V / V_0 \quad (1-3)$$

将 $\rho = m/V$ 及 $\rho_0 = m/V_0$ 代入式 (1-3), 得

$$P_0 = 1 - \rho_0 / \rho$$

式中 P_0 ——材料的空隙率 (%);

其他符号意义同前。

【例 1-2】某砂表观密度为 2.65g/cm^3 , 堆积密度为 1550kg/m^3 , 求其空隙率。

解: $P_0 = 1 - \rho_0 / \rho = (1 - 1550/2650) \times 100\% = 42\%$

由例 1-2 可见, 空隙率的大小反映了散粒材料在堆积体积内填充的疏密程度。

二、与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时, 在材料、空气、水三相交点处沿水、气表面的切线与材料接触面所成的夹角 (θ), 称为润湿角。润湿角越小, 材料愈易被水润湿。

亲水性是指材料易被水润湿的能力 ($\theta \leq 90^\circ$)。具有这种性质的材料为亲水材料 [图 1-3 (a)], 如砂、石、混凝土、木材等。

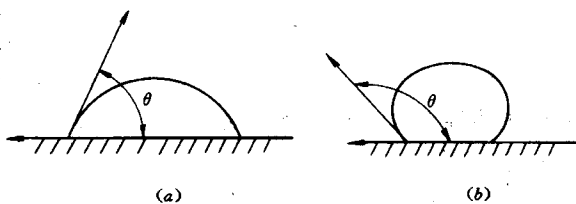


图 1-3 材料的润湿

(a) 亲水材料; (b) 憎水材料

憎水性是指材料不易被水润湿的能力 ($\theta > 90^\circ$)。具有这种性质的材料为憎水材料 [图 1-3 (b)], 如沥青、油漆等。

2. 吸水性与吸湿性

吸水性是指材料在水中吸收水分的能力, 其大小用吸水率表示。可按下式计算

$$W = (m_h - m) / m$$

式中 W ——材料的吸水率 (%);

m_h ——材料含水时的质量 (g 或 kg);

m ——材料干燥状态的质量 (g 或 kg)。

材料的吸水能力主要取决于材料本身的性质、孔隙率和孔隙特征。材料是亲水的, 且具有较大的孔隙率和开口细小的孔隙, 则具有较大的吸水能力。具有粗大孔的材料因水分不易在孔中留存, 其吸水率常会减小。密实材料及具有闭口孔的材料是不吸水的。材料的吸水性将影响材料的干湿变形、抗渗性、强度、保温隔热性等。

吸湿性是指材料在空气中吸收水分的能力, 用含水率表示。可按下式计算

$$W_h = (m_h - m) / m$$

式中 W_h ——材料的含水率 (%);

m_h ——材料含水时的质量 (g 或 kg);

m ——材料干燥状态的质量 (g 或 kg)。

材料的吸湿性主要取决于材料的成分与构造等因素, 一般, 表面多孔的亲水材料具有较强的吸湿性。在自然环境中, 干燥的材料能吸收空气中的水分变湿, 潮湿的材料会失去水分而变干。当其含有的水分与空气湿度达到平衡时, 其含水率不再改变, 此含水率称为

平衡含水率。平衡含水率将随周围环境温度和湿度的改变而改变。

3. 抗渗性

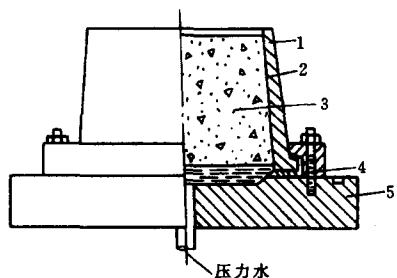


图 1-4 材料抗渗试验示意图

- 1—金属圆筒；2—止水材料；
3—试件；4—橡皮垫圈；5—底座

抗渗性是指材料抵抗水、油等液体压力作用渗透的能力。材料的抗渗性可以用渗透系数和抗渗标号来表示。

材料在水压力的作用下，一定时间内，透过材料的水量 Q (mL) 与试件的面积 A (cm²)、水头差 H (cm 水柱) 及渗透时间 t (s) 成正比，与试件的高度 h (cm) 成反比，即

$$Q = kHA t / h \text{ 或 } k = Qh / (AtH)$$

式中 k ——材料的渗透系数 [mL / (cm² · s)]。

材料的渗透系数愈大，材料的抗渗性愈差。渗透系数主要与材料本身的性质、孔隙率及孔隙构造特征有关。绝对密实材料或具有封闭孔隙的材料，不会产生透水现象。

材料的抗渗性对水工建筑物、地下建筑物影响很大，图 1-4 为材料抗渗试验示意图。

4. 抗冻性

抗冻性是指材料抵抗多次冻融循环而不被破坏的能力，用抗冻标号表示。材料吸水饱和后，在 -15℃ 温度下冻结，再在 20℃ 的水中融化，这样的过程称为一次冻融循环。材料经多次冻融循环作用后，表面将出现剥落、裂纹，质量将有损失，强度也会下降，这是由材料孔隙内的水分结冰造成的。水在结冰时体积将增大 9% 左右，对孔壁将产生 100MPa 的压力，在压力反复作用下，孔壁将开裂。同时材料的冻融过程是由表及里逐层进行的，这样材料内外产生明显的温度差。温度差引起的温度应力加速了孔壁的破坏。

材料的抗冻标号是按材料冻融循环后，强度降低和质量损失在满足规定要求下的最大冻融循环次数来划分的，如 D10、D15、D50、D100 等。材料抗冻性一般与材料本身的组成、构造、强度、吸水性及吸水饱和程度等因素有关。

5. 耐水性

耐水性是指材料长期在饱和水作用下不破坏，强度也不显著降低的能力。工程上常以软化系数作为材料耐水性的指标，即

$$K_s = f_{ch} / f$$

式中 K_s ——材料软化系数；

f_{ch} ——材料饱和水状态下的抗压强度 (MPa)；

f ——材料干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

显然，软化系数的数值范围为 0~1。软化系数越小，说明材料受水浸泡后强度降低越多，耐水性越差。通常把软化系数大于 0.85 的材料称为耐水材料。一般经常位于水中或处于潮湿环境的结构物，应使用耐水材料。

三、与热有关的性质

1. 导热性

导热性是指当材料两侧表面存在温差时，热量由一面传导到另一面的能力，通常用导热系数表示。

导热系数的物理意义是：单位厚度的材料，当温差为 1°C 时，在单位时间内通过单位面积的热量（图 1-5）。导热系数可由下式计算

$$\lambda = QD / (\Delta QAt)$$

式中 λ ——导热系数 $[\text{W} / (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})]$ ；

Q ——导热量 (J)；

D ——材料厚度 (m)；

ΔQ ——材料两侧的温差 ($^{\circ}\text{C}$)；

A ——材料的传热面积 (m^2)；

t ——传热时间 (s)。

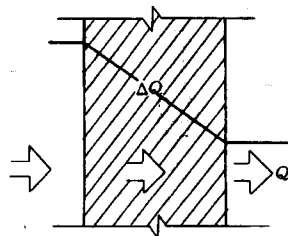


图 1-5 材料导热示意图

导热系数 λ 愈小，材料的绝热性能愈好。材料的导热系数主要与材料结构、化学成分、孔隙率和孔隙特征、含水率有关。

各种建筑材料的导热系数差别很大，可根据建筑物的要求选择不同的材料满足保温隔热要求。

2. 热容量

热容量是材料受热时蓄存热量或冷却时放出热量的能力，用比热表示。即

$$C = Q / (m \cdot \Delta Q)$$

式中 C ——比热 $\text{J} / (\text{g} \cdot \text{K})$ ；

Q ——材料吸收或放出的热量 (J)；

m ——材料的质量 (g)；

ΔQ ——材料受热或冷却前后的温差 ($^{\circ}\text{C}$)。

比热是反映材料吸热或放热能力大小的物理量。不同材料的比热不同，即使同一材料，由于所处状态（固态、液态、气态）不同，比热也不同。比热大的材料作为墙体、屋面或房屋其他构件，可以缓和室内的温度变化。

第二节 材料的力学性质

任何材料受到外力（荷载）作用时都会产生变形，当外力超过某一极限值时材料将被破坏。材料的力学性质就是指材料在外力作用下的变形和抵抗破坏能力方面的有关性质。

一、强度

1. 实测强度

强度是指材料在单位面积上所能承受的荷载。根据外力施加的方向不同（图 1-6），材料的实测强度又可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯（折）强度和抗剪强度等。

材料抗拉、抗压、抗剪强度可按下式计算

$$f = F / A$$

式中 f ——材料的强度 (N/mm^2 或 MPa)；

F ——材料破坏时所承受的荷载 (N)；

A ——材料的受力面积 (mm^2)。

【例 1-3】 在图 1-6 (a) 中，若 $F=1000\text{N}$ ，受压面积 $A=100\text{mm}^2$ ，求其抗压强度。

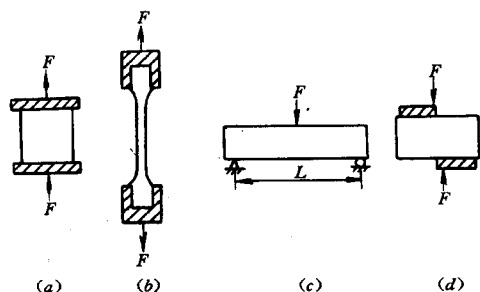


图 1-6 材料加荷方向示意图

(a) 压力; (b) 拉力;

(c) 弯曲; (d) 剪切

解: $f = 1000/100 = 10\text{MPa}$

材料的抗弯强度与材料的受力情况有关。通常把抗弯试件加工成矩形截面, 在两支点中间加一集中力 [图 1-6 (c)], 则抗弯强度可按下列式计算

$$f_m = 3FL / (2bh^2)$$

式中 f_m ——材料的抗弯强度(N/mm² 或MPa);

F ——材料抗弯破坏时所承受的荷载(N);

L ——两支点的间距, 即跨度 (mm);

b 、 h ——试件横截面的宽和高 (mm)。

【例 1-4】在图 1-6(c)中, 若 $b \times h = 40\text{mm} \times 40\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$, $F = 2.8\text{kN}$, 求其抗弯强度。

解: $f_m = (3 \times 2.8 \times 10^3 \times 100) / (2 \times 40 \times 40^2) = 6.6\text{MPa}$

2. 其他强度

(1) 冲击韧性。冲击韧性是指材料抵抗冲击作用的能力。用作设备基础、桥梁、路面以及有抗震要求结构的材料, 应考虑其韧性。

(2) 硬度。硬度是指材料抵抗其他物体刻划或压入其表面的能力。一般材料的硬度愈大, 耐磨性也愈高, 强度也愈大。

(3) 抗冲磨性。抗冲磨性是指材料抵抗高速水流冲刷作用的能力。抗冲磨性的

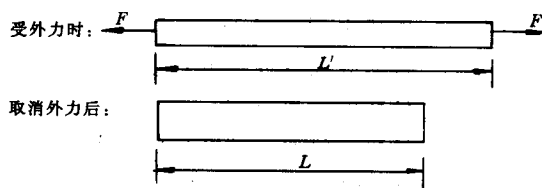


图 1-7 材料的弹性变形

L —材料原长; L' —材料受力后的长度

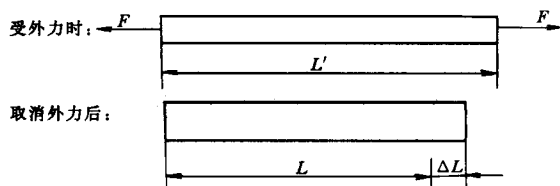


图 1-8 材料的塑性变形

L —材料原长; L' —材料受力后的长度;

ΔL —塑性变形

大小与材料的硬度、强度及内部构造等有密切关系。硬度大、强度高、构造均匀致密的材料其抗冲磨性强。

二、变形

材料在外力的作用下会发生形状的变化。这些变化包括: 弹性变形、塑性变形、徐变等。

(1) 弹性变形。材料在外力作用下产生变形, 当外力取消后, 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。

(2) 塑性变形。材料在外力作用下产生变形而不破坏, 取消外力后, 不能自动恢复原来形状的性质称为塑性, 残留的不能消失的变形称为塑性变形。

(3) 徐变(蠕变)。材料在恒定外力的作用下, 其变形随时间的延续而缓慢增加的过程, 称为材料的徐变。材料的徐变现象不仅与其本身的性质有关, 还与温度有关。一般情况下

温度越高其徐变越大。

第三节 材料的耐久性

耐久性是指材料在使用过程中经受各种自然因素的破坏作用而能保持其原有性质的能力。这些破坏作用包括物理作用、化学作用及生物作用等。

物理作用包括温度变化、湿度变化、冻融循环等。这些作用将使材料体积膨胀或收缩，使材料内部微裂缝开展，逐渐破坏。化学作用包括各种液体和气体的侵蚀，使材料逐渐变质而破坏。生物作用即在虫菌的蛀蚀、腐蚀下引起材料的破坏。

由于各种建筑材料的化学组成和组织构造的差异很大，因此各种破坏因素对不同材料的破坏作用是不同的。对各种金属材料，主要是化学侵蚀作用；混凝土、水泥砂浆、砖瓦等矿质材料，主要是物理作用；木材、竹类等材料主要是生物作用。

因此，影响材料耐久性的因素是错综复杂的，其主要作用因素随材料的不同而不同。所以，无法用一个统一的指标去衡量所有材料的耐久性，而是对不同材料提出不同的耐久性要求。水工建筑物常用材料的耐久性主要包括抗渗性、抗冻性、大气稳定性、抗化学侵蚀性等。

材料的大气稳定性是指材料在热、氧气、阳光等因素的长期综合作用下，原有性能不显著降低的能力。一般有机胶凝材料（如沥青），在大气综合因素作用下，材料的原有性能将逐渐变化，影响其正常使用，从而影响建筑物的使用年限。

材料的抗化学侵蚀性是指材料抵抗周围环境水及大气化学侵蚀的能力。一般河水、地下水、海水、污水等都可能对材料起侵蚀作用。因此，水利工程建筑物所使用材料必须注意其抗化学侵蚀性。

第四节 影响材料性质的主要因素

影响材料性能的因素很多，有内因，也有外界因素，而材料的内部因素，是最基本的因素，起着决定性的作用。

一、内部因素对材料性能的影响

内部因素是指材料的组织结构。它包括化学成分、微观结构和宏观构造三个方面。

1. 材料的化学成分

组成材料的化学成分及含量决定了材料的性质。如水泥熟料矿物成分比例的改变，水泥性质即发生相应的变化；在钢材冶炼时，加入适量的铬和镍，就可提高钢材的防锈能力；配制混凝土时，加入外加剂即可改善混凝土的某些技术性能。在使用材料时，可以根据工程特点或所处的环境条件调整材料的化学组成，来改善材料的性能，满足使用要求。

2. 材料的微观结构

材料的微观结构分为晶体、玻璃体和胶体三种。不同的微观结构的材料将表现出不同的物理力学性质。

(1) 晶体结构。晶体结构是由离子、原子或分子按照规则的几何形状排列而成的固体

格子（称为晶格）组成的。晶格组成的每个晶粒具有各向异性，但它们排列起来组成的晶体材料却是各向同性的。晶格中离子、原子或分子的密集程度和它们之间的相互作用力，以及晶粒的外形都将影响材料的性质。晶格中质点的密集程度越高，材料的塑性变形能力越大。晶粒越小，分布越均匀，材料的强度越高。在使用材料时，常用改变晶粒粗细和结构的方法改善材料的性质。如对钢材进行的冷加工和热处理，分别使晶粒细化和晶粒扭曲及滑移，均能提高钢材的强度。

(2) 玻璃体结构。由质点无秩序的交缠着不规则排列而成的固体即为玻璃体，它是无定形物质。玻璃体结构的材料各向同性，没有固定的熔点，具有化学不稳定结构，容易与其他物质起化学作用（称为活性）。如粒化高炉矿渣、火山灰等具有化学活性的材料被作为混合材料加入水泥中，会改善水泥的性能。

(3) 胶体结构。胶体结构是一些细小粒子分散在介质中组成的。由于胶体的质点微小（直径 $1\sim 100\mu\text{m}$ ），所以其总表面积很大，具有很大的表面能，吸附能力很强，这是胶体具有很大粘结力的原因。如水泥浆就是胶体结构，具有很强的粘结力。

3. 材料的宏观构造

材料的宏观构造是指用肉眼或放大镜能够看到的材料的组织状态，不同的材料具有不同的宏观构造。同种材料，构造越密实，越均匀，其密度越大，强度越高。如水泥石随孔隙率的增加强度下降。呈纹理状构造的木材则表现出各向异性，它随木纹方向不同而表现出不同的物理力学性质。如木材顺纹抗拉强度是横纹抗拉强度的 $10\sim 40$ 倍。

二、外部因素对材料性能的影响

外界因素主要有温度、湿度、介质、荷载等。这些因素的变化，材料的性能随之改变。例如金属材料在高温下强度下降，在低温可能发生冷脆现象；随湿度增加，材料的强度将随之下落；加荷速度越快，测得材料的强度值也越大，而变形值减小；材料在长期荷载（使用荷载）作用下，将产生徐变等。周围介质也是影响材料的耐久性的一种因素。材料在某些介质的作用下会软化，强度降低或破坏。

复 习 思 考 题

- 1-1 什么是材料的密度、表观密度、堆积密度？
- 1-2 什么是材料的密实度和孔隙率？两者有何不同？
- 1-3 什么是润湿角？亲水材料与憎水材料有何区别？常见的亲水材料和憎水材料有哪些？
- 1-4 材料吸水性与吸湿性有何区别？
- 1-5 何谓材料的抗渗性？何谓材料的抗冻性？
- 1-6 何谓材料耐水性？试列举你所知道的耐水材料？
- 1-7 什么是材料的导热性和热容量？
- 1-8 孔隙特征和孔隙率的改变将对材料的抗渗性、抗冻性等性质有何影响？
- 1-9 材料的弹性变形和塑性变形有何区别？
- 1-10 什么是材料的耐久性？
- 1-11 影响材料性能的主要因素有哪些？
- 1-12 已知砂的密度为 $2.66\text{g}/\text{m}^3$ ，表观密度为 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，堆积密度为 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ，试求其孔隙率和空隙率。

- 1-13 已知 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的混凝土试块的表观密度为 2300kg/m^3 ，试求其质量。
- 1-14 已知 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 的一根方木，质量为 72kg ，试求其表观密度。
- 1-15 某砂样 500g ，烘干后称其质量为 495g ，则其含水率为多少？
- 1-16 用直径为 20mm 的钢筋作抗拉试验，测得破坏时的拉力为 63kN ，求此钢筋的抗拉强度。
- 1-17 以边长 150mm 的混凝土立方体试块作抗压强度试验时，其破坏压力为 450kN ，求该混凝土的抗压强度。
- 1-18 某砖样抗折试验时破坏荷载为 20kN ，则其抗折强度是多少（已知： $b \times h = 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ ， $L = 200\text{mm}$ ）？

第二章 砖 石 材 料

砖石材料是建筑工程中十分重要的建筑材料。在砖材中，目前我国普遍使用的仍是粘土砖。为了满足节能、节土的要求，适应新结构的需要，已研制一些新型砌块来代替粘土砖，改变了墙体由粘土砖一统天下的局面。石材作为一种古老的建筑材料，由于其具有强度高、耐磨、耐久性好、美观等特点，而且便于就地取材，所以现在仍然被广泛使用。

第一节 砖 材

砖是用粘土、工业废料或其他地方资源为原料，以不同的工艺制成的。因此，砖的种类很多，且有各自的特性，本节将重点阐述烧结普通砖的技术要求和应用。

一、砖的种类

按照砖型分类，砖材有普通砖和空心砖两大类。凡是孔洞率（砖面上孔洞面积占砖面总面积的百分率）不大于15%或没有孔洞的砖，称为普通砖；凡是孔洞率大于15%的砖称为空心砖。

按砖的材质和工艺分类，砖材有烧结砖和非烧结砖两大类。常见的烧结砖有粘土砖、粉煤灰砖、页岩砖等。非烧结砖包括蒸养砖（粉煤灰砖、矿渣砖、煤渣砖）、蒸压砖（灰砂砖、粉煤灰砖、矿渣砖）和碳化砖。

二、烧结普通砖的技术要求

烧结普通砖是指以粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要原料经成型焙烧制成的。最常用的是烧结粘土砖。烧结普通粘土砖的原料为易熔粘土，从颗粒组成来看，以砂质粘土最为适宜。为了节约燃料，可将煤渣等可燃性工业废料掺入粘土原料中，用此法焙烧的砖称为内燃砖。粘土砖一般是用塑性法挤出成型。泥条的切割面（即砖的大面）比较粗糙，易与砂浆粘结。

若粘土砖是在隧道窑或轮窑中焙烧的，燃料燃烧完全，窑内为氧化气氛，粘土中铁的氧化物被氧化成高价铁 Fe_2O_3 ，致使砖呈淡红色，即红砖。如在土窑焙烧，在焙烧最后阶段，将窑的排烟口关小，同时往窑顶浇水，以减少窑内空气的供给，使窑内燃烧气氛为还原气氛，粘土中铁的化合物还原成低价铁 Fe_3O 及 FeO ，这样烧成的砖呈青灰色即青砖。青砖耐久性较高，但生产效率低，燃料耗量大。

烧结普通砖的技术要求包括外观指标、强度等级和耐久性。根据外观质量、泛霜和石灰爆裂分为优等品（A）和合格品（C）两个产品等级。

（一）外观指标

烧结普通砖的外形为规则的正平行六面体，尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。一般将 $240\text{mm} \times 115\text{mm}$ 的平面称为大面， $240\text{mm} \times 53\text{mm}$ 的平面称为条面， $115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 的平面称为顶面。如图2-1所示。在用标准砖砌墙时，考虑砌筑灰缝10mm，则4块砖长、8块砖