

建筑材料

蔡飞 潘红霞 主编



东华大学出版社

建 筑 材 料

主 编 蔡 飞 潘红霞

 東 華 大 學 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料/蔡飞主编. —上海: 东华大学出版社,

2005. 8

ISBN 7-81038-974-2

I. 建… II. 蔡… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 092881 号

内 容 提 要

本书主要介绍了土木工程中常用建筑材料的基本知识, 如基本组成、材料性能、质量要求及检验方法, 内容包括土木工程中常用的气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、钢材、砂浆、砌体材料、天然石材及道路用砂石材料、防水材料、高分子材料、装饰材料、保温材料及吸声材料等。本教材采用新规范、新标准、新技术编写, 是一本综合性、适应性较强的专业基础课教材。

本书可作为高职高专类土木工程专业的教学用书, 也可作为设计、施工人员的培训教材和参考书籍。

书 名/建筑材料

主 编/蔡飞 潘红霞

责任编辑/张益储

封面设计/吴 明

出 版/东华大学出版社

地 址/上海市延安西路 1882 号

邮政编码/200051

电 话/021-62193056

发 行/新华书店上海发行所

印 刷/安徽繁昌县印刷厂

版 次/2005 年 8 月第 1 版

印 次/2005 年 8 月第 1 次印刷

开 本/787×1092 1/16

印 张/17

字 数/423 千字

书 号/ISBN 7-81038-974-2/TU·14

定 价/35.00 元

目 录

绪 论	1
第一章 建筑材料的基本性质	3
§ 1.1 材料的物理性质	3
§ 1.2 材料的力学性质	10
§ 1.3 材料的耐久性	13
§ 1.4 材料的组成、结构和构造及对材料性质的影响	13
复习思考题	15
第二章 天然石材和道路用砂石材料	16
§ 2.1 天然石材	16
§ 2.2 道路用砂石材料	21
复习思考题	31
第三章 胶凝材料和稳定土材料	32
§ 3.1 气硬性胶凝材料	32
§ 3.2 水硬性胶凝材料	38
§ 3.3 稳定土材料	56
复习思考题	61
第四章 水泥混凝土	63
§ 4.1 概述	63
§ 4.2 混凝土的组成材料	64
§ 4.3 混凝土的主要技术性质	77
§ 4.4 混凝土的质量控制	85
§ 4.5 混凝土的配合比设计	90
§ 4.6 轻混凝土	99
§ 4.7 特殊性能混凝土	108
复习思考题	113
第五章 建筑砂浆	115
§ 5.1 砌筑砂浆	115
§ 5.2 抹灰砂浆	121
复习思考题	124
第六章 墙体材料	125
§ 6.1 砌墙砖	125
§ 6.2 砌块	132
§ 6.3 墙板	136
复习思考题	139
第七章 建筑钢材	140
§ 7.1 建筑钢材的基本知识	140
§ 7.2 建筑钢材的主要性能	141
§ 7.3 钢材的组织 and 化学成分	144
§ 7.4 建筑工程常用的钢种	145
复习思考题	154
第八章 木材	155
§ 8.1 木材的构造	155

§ 8.2 木材的主要性质	156
§ 8.3 木材的腐蚀与防腐、阻燃与防火	157
§ 8.4 木材的分等和人造木材	158
复习思考题	161
第九章 高分子材料	162
§ 9.1 高分子材料的组成	162
§ 9.2 高分子材料常用的品种	163
§ 9.3 胶粘剂	165
§ 9.4 土工布	166
复习思考题	168
第十章 沥青和沥青混合料	169
§ 10.1 沥青	169
§ 10.2 沥青混合料	177
复习思考题	187
第十一章 防水材料	188
§ 11.1 防水卷材	188
§ 11.2 防水涂料	194
§ 11.3 密封材料	195
复习思考题	199
第十二章 建筑装饰材料	200
§ 12.1 饰面石材	200
§ 12.2 建筑陶瓷	202
§ 12.3 建筑涂料	203
§ 12.4 玻璃	206
§ 12.5 其它装饰材料	209
复习思考题	211
第十三章 保温材料和吸声材料	212
§ 13.1 保温材料	212
§ 13.2 吸声材料	213
复习思考题	215
建筑材料试验	216
试验一 建筑材料的基本性质试验	216
试验二 水泥试验	217
试验三 混凝土用骨料试验	228
试验四 普通混凝土拌和物性能试验	234
试验五 普通混凝土力学性能试验	238
试验六 砌筑砂浆试验	241
试验七 烧结普通砖试验	244
试验八 钢材力学性能试验	248
试验九 石油沥青试验	251
试验十 沥青混合料表观密度、稳定度试验	255
试验十一 石材密度、表观密度、容积密度、吸水率试验	261
后记	265

绪 论

各种土木工程都是由材料构成的,材料的性能在很大程度上决定了土木工程的使用功能,也是决定不同种类土木工程性质的主要因素。正确选择和合理使用土木工程材料,对整个土木工程的安全、实用、美观、耐久及造价有着非常重要的意义。

一、建筑材料的分类

建筑材料是指各类土木建筑工程(工业与民用建筑、水利、道路桥梁、港口等)中所用的材料及制品。

建筑材料按化学成分可分为无机材料、有机材料、复合材料三类:

1. 无机材料

是指以无机物构成的材料,主要包括金属材料和非金属材料。其中金属材料包括黑色金属材料(钢、铁等及其合金)和有色金属材料(铜、铝等及其合金);非金属包括天然石材(砂、石及石材制品等)、胶凝材料(石灰、石膏、水玻璃、水泥等)、混凝土制品及硅酸盐制品(混凝土、砂浆及硅酸盐制品等)及烧土制品(砖、瓦、玻璃、陶瓷等)。

2. 有机材料

是指以有机物构成的材料,主要包括植物材料(木材、竹材等)、沥青材料(石油沥青、煤沥青、沥青制品等)及高分子材料(塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等)。

3. 复合材料

是指无机—有机复合材料(纤维混凝土、玻璃钢、聚合物混凝土等),金属—非金属复合材料(钢纤维混凝土等)。复合材料能够使单一材料之间得以互补、发挥复合后材料的综合优势,成为当代建筑材料发展应用的主流。

二、建筑材料在经济建设中的重要性

建筑材料是一切土木建筑工程的物质基础,在现代化建设中,占有举足轻重的地位和作用,这主要表现在三方面:

1. 建筑材料是保证建筑工程质量的重要前提。建筑材料的性能、质量、品种和规格直接影响建筑工程的结构形式、施工方法、坚固性以及耐久性,在建筑材料的生产、采购、贮运、保管、使用和检验评定中,任何一个环节的失误都可能造成工程质量的缺陷,甚至造成质量事故。

2. 建筑材料直接关系到建筑工程造价的高低,在一般建筑工程中,与建筑材料有关的费用占工程造价的70%以上,装饰工程所占比重更甚。在实际工程中,建筑材料的选择、使用及管理,对工程成本影响很大。如何正确选择和合理使用材料,成为提高经济效益关键之所在。

3. 建筑材料的发展促进建筑技术现代化。建筑材料从传统的土、木、砖、瓦到水泥、钢筋、玻璃、陶瓷、高分子材料,建筑技术也一次次产生了质的飞跃,带动了人类建筑技术的长足发展。

三、建筑材料的发展及趋势

建筑材料的发展史,是人类文明史的一部分。随着社会生产力和科学技术的发展,建筑材料也在逐步发展中。人类从不懂使用材料到简单地使用土、石、树木等天然材料,进而掌握人造材料的制造方法,从烧制石灰、砖、瓦,发展到烧制水泥和大规模炼钢,建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢和钢筋混凝土结构。材料的发展反过来又使社会生产力和科学技术得到了发展。20世纪中期以后,建筑材料发展速度更加迅速。传统材料朝着轻质、高强、多功能方向发展,新材料不断出现,高分子合成材料及复合材料更是异军突起,越来越多地被应用于各种建筑工程上。就人类的可持续发展来说,将来的建筑工程材料应该向再生化、利废化、节能化方向发展。为给人类提供有益健康的生活环境,还应大力发展绿色建材,同时大宗材料还应是低成本的。这是因为建筑工程对材料的消耗量极大,历史发展到今天,使得可利用的自然资源和能源已非常有限,由于以往生产建筑工程材料对自然资源的攫取,已使自然环境遭到了巨大的破坏,节约资源和能源对建筑业来说也是一项重要的历史责任。

四、本课程的主要研究内容及学习目的

材料科学是一门由基础科学互相渗透而形成的新学科。它主要研究材料的内部结构与材料性能的关系,并探索用外部因素来改变材料的性能。由于在研究中采用现代技术,使材料科学近年来取得较大进展。不久的将来,人类按指定性能设计和制造新材料的时期将会到来。

建筑材料是一门专业基础课。它除了为后续的建筑结构、建筑施工等专业课提供必要的基础知识外,也为在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能。

建筑材料主要学习建筑工程中常用建筑材料的原料、成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输储存。作为建筑工程技术人员,在工作中主要是使用材料,所以应着重掌握材料的技术性能、质量检验及合理使用。对材料的原料、生产及储运也要有所了解。

建筑材料是一门实践性较强的课程,在学习中除要掌握与材料有关的一些基本理论外,更应掌握如何在工程实际中正确使用各种材料,使工程达到既安全可靠、经久耐用,又经济合理的目的。

建筑材料试验是建筑材料学科的一个重要组成部分。通过试验除能验证学过的理论知识、丰富感性知识外,还能学习基本的试验技能,提高动手能力和分析问题、解决问题的能力。所以必须十分重视试验课,要切实做到人人动手、按章操作、仔细记录、准确计算、认真分析,并及时完成试验报告。另外,在今后的学习及工作实践中,在接触材料问题时,要善于运用已学过的知识来分析、解决问题,进一步巩固和深化对建筑材料的认识。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料是构成土木工程物质基础，各种建筑物都是由各种不同的材料经设计、施工、建造而成。这些材料所处的环境、部位、使用功能的要求和作用不同时，对材料的性质要求也就不同，为此材料必须具备相应的基本性质，如用于结构的材料要具有相应的力学性质，以承受各种力的作用。根据土木工程的功能需要，还要求材料具有相应的防水、绝热、隔声、防火、装饰等性质，如地面的材料要具有耐磨的性质；墙体材料应具有绝热、隔声性质；屋面材料应具有防水性质。而土木工程材料在长期的使用过程中，经受日晒、雨淋、风吹、冰冻和各种有害介质侵蚀，因此还要求材料有良好的耐久性。

可见，材料的应用与它所具有的性质是密切相关的。土木工程材料的基本性质，主要包括物理性质、力学性质和耐久性。

§ 1. 1 材料的物理性质

一、与质量有关的性质

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。材料的密度可按下式计算：

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

式中 m ——材料在干燥状态下的质量 (kg)；

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积 (m^3)；

ρ ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积，是指材料不包括孔隙体积在内的固体物质所占的体积。土木工程材料中，除了钢材、玻璃等材料可近似地直接量取其密实体积外，其它绝大多数材料都含有一定的孔隙，故可将材料磨成细粉，经干燥至恒重后，用李氏瓶法测定其密实体积。

(二) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。材料的表观密度可按下式计算：

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

式中 m ——材料的质量 (kg)；

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3)；

ρ_0 ——材料的表观密度 (kg/m^3)。

材料在自然状态下的体积,是指包括孔隙体积在内的材料体积。外形规则材料的表观体积,可直接用尺度量后计算求得;外形不规则材料的表观体积,可将材料表面涂蜡后用排水法测定。

当材料的孔隙中含有水分时,其质量(包括水的质量)和体积均会发生变化,影响材料的表观密度,故所测的表观密度必须注明其含水状态。通常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。另外,在不同的含水状态下,还可测得材料的干表观密度、湿表观密度及饱和表观密度。

(三) 散粒材料的堆积密度

散粒材料在自然堆积状态下单位体积的质量,称为堆积密度。自然堆积状态下的体积,包括颗粒之间的空隙体积在内,通常用容器的标定容积表示。材料的堆积密度可按式计算:

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0'} \quad (1-3)$$

式中 m ——材料的质量 (kg);

V_0' ——材料在自然堆积状态下的体积 (m^3);

ρ_0' ——材料的堆积密度 (kg/m^3)。

(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。密实度 D 可表示为:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 D ——材料的密实度 (%);

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (m^3);

ρ ——材料的密度 (kg/m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度 (kg/m^3)。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占材料总体积的百分数。孔隙率可表示为:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中的 ρ_0 须用材料的干表观密度。

材料孔隙率的大小,表明材料的密实程度。孔隙率及孔隙特征(如孔隙的大小、是否封闭或连通、分散情况等)影响材料的力学、耐久及导热等性质。

材料的密度、表观密度、孔隙率是材料最基本的物理参数,它们反映了材料的密实程度。密度与表观密度除用以计算孔隙率外,还可用以计算材料的体积与质量。

(五) 填充率与空隙率

对于松散颗粒状态材料,如砂、石子等,可用填充率和空隙率表示互相填充的疏松致密程度。

1. 填充率

填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度

$$D' = \frac{V_0'}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率(%)。

2. 空隙率

散粒状材料颗粒之间的空隙体积占材料堆积状态下总体积的百分数,称为散粒材料的空隙率。

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-7)$$

在建筑工程中,材料的密度、表观密度和堆积密度常用来计算材料的用量、构件的自重、配料计算及确定材料的堆放空间。

几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度如表 1-1 所示。

表 1-1 几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度

材料名称	密度(g/cm ³)	表观密度(kg/m ³)	堆积密度(kg/m ³)
钢材	7.85	7800~7850	——
花岗岩	2.70~3.00	2500~2900	——
石灰石(碎石)	2.48~2.76	2300~2700	1400~1700
砂	2.50~2.60	——	1500~1700
水泥	2.80~3.10	——	1600~1800
粉煤灰(气干)	1.95~2.40	1600~1900	550~800
烧结普通砖	2.60~2.70	2000~2800	——
烧结多孔砖	2.60~2.70	900~1450	——
粘土	2.50~2.70	——	1600~1800
普通水泥混凝土	——	1950~2500	——
红松木	1.55~1.60	400~600	——
普通玻璃	2.45~2.55	2450~2550	——
铝合金	2.70~2.90	2700~2900	——
泡沫塑料	——	20~50	——

二、与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

固体材料在空气中与水接触时,根据其表面能否被水润湿,可分为亲水性材料与憎水性材料两种。

材料的亲水性与憎水性可用润湿角 θ 来说明, 如图 1-1 中所示。

在材料、水、空气三相交点处, 沿水滴表面所作切线与材料表面的夹角, 称为润湿角 θ 。 θ 愈小, 表明材料愈易被水湿润, $\theta = 0$ 时, 材料完全被水浸润; θ 愈大, 表明材料愈难被水湿润。

一般认为, 当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时, 表明水分子间的内聚力小于水分子与材料分子间的吸引力时, 则材料表面会被水润湿, 这种材料称为亲水性材料(图 1—1a), 如木材、混凝土、砂石等; 当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时, 表明水分子间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力时, 则材料表面不会被水润湿, 这种材料称为憎水性材料(图 1—1b), 如沥青、石蜡等。

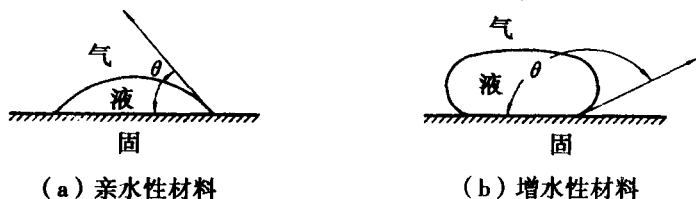


图 1-1 材料的浸润示意图

(二) 吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的常以吸水率表示, 可用质量吸水率和体积吸水率来表示:

(1) 质量吸水率

质量吸水率是指材料吸水饱和时, 所吸水的质量占材料干燥质量的百分率。用公式表示如下:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率 (%);

m ——材料在干燥状态下的质量 (g 或 kg);

m_1 ——材料吸水饱和时质量 (g 或 kg)。

(2) 体积吸水率

体积吸水率是指材料吸水饱和时, 所吸水分体积占材料干燥体积的百分率。用公式表示如下:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-9)$$

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体积 (cm^3 或 m^3);

ρ_w ——水的密度, 常温下取 $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$ 。

材料的体积吸水率与质量吸水率之间的关系为

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1-10)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度 (g/cm^3)。

材料的吸水性,除与材料本身的亲水性或憎水性有关外,还与材料的孔隙特征有关。一般孔隙率越大,吸水性越强。孔隙率相同时,具有开口且连通的微小孔隙构造的材料,吸水性一般要强于封闭的或粗大连通孔隙构造的材料。

各种材料吸水率相差甚大,如花岗岩等致密岩石,吸水率为 0.1%~0.7%,普通混凝土为 2%~3%,而木材或其他轻质材料的质量吸水率常大于 100%,即湿质量是干质量的几倍,此时最好用体积吸水率表示其吸水性。材料吸水后,表观密度增大,导热性增大,强度降低,体积膨胀,一般会对材料造成不利影响。

2. 吸湿性

材料吸收空气中水分的性质称为吸湿性。材料的吸湿性可用含水率表示,含水率为材料中所含水的质量与材料干燥质量的百分比,可用下式表示:

$$W_h = \frac{m_s - m}{m} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_h ——材料的含水率 (%) ;

m ——材料干燥时的质量 (g 或 kg) ;

m_s ——材料干燥时的质量 (g 或 kg) 。

干的材料在空气中,能吸收空气中的水分;湿的材料在空气中又会失去水分,最终材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡,此时,材料的含水率称为平衡含水率。

材料的吸湿性主要与材料的组成、孔隙率,特别是孔隙特征有关,还与周围环境的温度与湿度有关。一般,环境中温度越高,湿度越低,含水率越小。材料吸湿后,除了本身质量增加外,还会降低其绝热性、强度及耐久性,对工程产生不利的影响。

(三) 耐水性

材料长期在水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质称为耐水性。

一般材料含有水分时,由于内部微粒间结合力减弱而强度有所降低,即使致密的材料也会因此影响强度。若材料中含有某些易被水软化的物质(如粘土、石膏等),强度降低就更为严重。因此,对长期处于水中或潮湿环境中的建筑材料,必须考虑耐水性。

材料的耐水性以软化系数 k_s 表示:

$$k_s = \frac{f_w}{f} \quad (1-12)$$

式中 k_s ——软化系数;

f_w ——材料在水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

f ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数的范围在 0~1 之间。软化系数的大小,有时成为选择材料的重要依据。工程中通常把 k_s 大于 0.85 的材料称为耐水材料,对于经常与水接触或处于潮湿环境的重要建筑物,必须选用耐水材料建造;用于受潮较轻或次要的建筑物时,材料的软化系数也不得小于 0.75。

(四) 抗渗性

抗渗性是指材料在压力水作用下抵抗渗透的性质。材料的抗渗性通常用渗透系数 K 和抗渗等级 P 表示。

1. 渗透系数 K

根据达西定律, 在一定时间内, 透过材料试件的水量 Q 与试件断面积 A 及水位差 H 成正比, 与试件厚度 d 成反比, 即:

$$Q = K \frac{H}{d} At \quad (1-13)$$

或
$$K = \frac{Q}{At} \frac{d}{H}$$

式中 K ——渗透系数 (m/s);

Q ——渗透水量 (m^3);

A ——透水面积 (m^2);

d ——试件厚度 (m);

H ——水位差 (m);

t ——透水时间 (s)。

渗透系数 K 越大, 表明材料的抗渗透性能越差。

2. 抗渗等级 P

抗渗等级是指材料在规定试验条件下, 承受规定的水压力不渗透。如 P_8 、 P_{10} , 分别表示承受 0.8MPa、1MPa 水压力不渗透。

材料的抗渗性与材料的亲水性、孔隙率、孔隙特征、裂缝等缺陷有关。孔隙封闭且孔隙率小的材料, 抗渗性就较高。

地下建筑物及贮水建筑物常受到压力水的作用, 所以要求所用的材料有一定的抗渗性。

(五) 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下, 经多次冻融循环而不破坏, 同时也不严重降低强度的性质。当充满材料孔隙的水结冰时, 由于体积增大约 9%, 冰对孔壁产生巨大压力, 使孔壁开裂。当冰融化后, 水又进入裂缝, 再冻结时, 裂缝进一步扩展。冻融次数越多, 材料的破坏越严重。

材料的抗冻性用抗冻等级 F 表示, 如 F_{50} 表示经过 50 次冻融循环, 质量损失不超过 5%, 强度损失不超过 25%。通常采用材料吸水饱和后, 在 -15°C 冻结, 再在 20°C 的水中融化, 这样的过程称为一次冻融循环。

材料的抗冻性, 与材料本身的成分、构造、强度、耐水性、吸水饱和程度、孔隙率及孔隙特征等因素有关, 也与冻结的温度、冻结速度及冻融频繁程度等因素有关。

用于建筑物冬季水位变化区的材料, 要求有较好的抗冻性。另外, 由于抗冻性较好的材料, 对抵抗温度、干湿变化等风化作用的性能也较好, 所以即使处于温暖地区的建筑物, 为了抗风化, 材料也必须具有一定的抗冻性要求。

三、与热有关的性质

(一) 导热性

材料传导热量的性质称为导热性。即当材料两侧表面存在温差时,热量会由温度较高的一面传向温度较低的一面,材料的导热性可用导热系数表示。

以单层平板为例,如图 1-2 所示,若 $t_1 > t_2$, 经过时间 z , 由温度为 t_1 的一侧传至温度为 t_2 的一侧的热量为:

$$Q = \lambda \frac{A(t_1 - t_2)z}{d} \quad (1-14)$$

则导热系数的计算公式为: $\lambda = \frac{Qd}{Az(t_1 - t_2)}$

式中 A ——导热系数 [$\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$];

Q ——传导的热量 (J);

d ——材料的厚度 (m);

A ——传热面积 (m^2);

z ——传热时间 (s);

$t_1 - t_2$ ——材料两侧的温度差 (K)。

材料的导热系数越小,保温性越好。建筑材料的导热系数一般为 $0.02 \sim 3.00 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 。通常 $\lambda \leq 0.23 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料可作保温隔热材料。

材料的导热性与材料的孔隙率、孔隙特征有关。一般说,孔隙率越大,导热系数越小。具有互不连通封闭微孔构造材料的导热系数,要比粗大连通孔隙构造材料的导热系数小。当材料的含水率增大时,导热系数也随之增大。

材料的导热系数对建筑物的保温隔热有重要意义。在大体积混凝土温度及温度控制计算中,混凝土的导热系数是一个重要的指标。

几种常用材料的导热系数如表 1-2 所示。

表 1-2 几种材料的导热系数

材料名称	导热系数 $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$	材料名称	导热系数 $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$
钢	44.74	松木 顺纹	0.34
花岗岩	3.50	横纹	0.17
普通混凝土	1.51	石膏板	0.25
普通粘土砖	0.80	水	0.58
		密闭空气	0.023

(二) 热容量

热容量是指材料在受热时吸收热量、冷却时放出热量的能力。质量为 1 kg 材料的热容量,称为该材料的比热容。

热容量 Q 的计算公式为:

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad (1-15)$$

式中 Q ——材料吸收或放出的热量 (J);

c ——材料的比热容 [$\text{J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$];

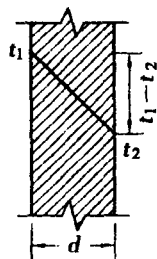


图 1-2 材料导热示意图

m ——材料的质量 (kg);

$t_1 - t_2$ ——材料受热或冷却前后的温差 (K)。

其中比热容 c 值是真正反映不同材料热容性差别的参数, 可由上式导出:

$$c = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)}$$

混凝土的比热容约为 1×10^3 , 钢为 0.48×10^3 , 松木为 2.72×10^3 , 普通粘土砖为 0.88×10^3 , 水为 4.19×10^3 。

在冬夏季施工中, 对材料加热或冷却进行计算时, 均要考虑材料的热容量。在房屋建筑中, 用比热容大的材料, 对保持室内温度的稳定有很大的意义。

§ 1. 2 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的能力与变形性质, 包括材料的强度、弹性和塑性、脆性和冲击韧性、硬度与磨损、磨耗等。

一、材料的强度和比强度

(一) 强度

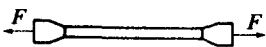
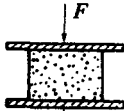
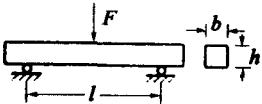
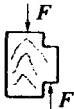
材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力, 称为强度。通常以材料在外力作用下失去承载能力时的极限应力来表示, 亦称为极限强度。

材料抵抗由静荷载产生应力破坏的能力, 称为材料的静力强度。它是以材料在静荷载作用下达到破坏时的极限应力值来表示的。

由于外力作用情况不同, 材料主要有抗拉、抗压、抗弯、抗剪等四种强度。材料的静力强度是通过对材料试件进行破坏试验而测得的。表 1-3 列出各种强度测定时, 试件的受力情况和各种强度的计算公式。

表 1-3

静力强度的分类

强度类别	受力情况	计算式	备注
抗拉强度		$f_t = \frac{F}{A}$	F —破坏荷载, N; A —受荷面积, mm^2 ; l —跨度, mm; b —断面宽度, mm; h —断面高度, mm。
抗压强度		$f_c = \frac{F}{A}$	
抗弯强度		$f_b = \frac{3 Fl}{2 bh}$	
抗剪强度		$f_v = \frac{F}{A}$	

材料的静力强度主要取决于材料的成分、结构与构造。不同种类的材料, 强度不同; 同

一种材料,受力情况不同时,强度也不同。如混凝土、砖、石等脆性材料,抗压强度较高,抗弯强度很低,抗拉强度则更低;而低碳钢、有色金属等塑性材料的抗压、抗拉、抗弯、抗剪强度则大致相等。同一种材料结构构造不同时,强度也有较大的差异。如孔隙率大的材料,强度往往较低。又如层状材料或纤维状材料会表现出各向强度有较大的差异。细晶结构的材料,强度一般要高于同类粗晶结构材料。

除上述内在因素会影响材料强度外,测定材料强度时的试验条件,如试件尺寸和形状、试验时的加荷速度、试验时的温度与湿度、试件的含水率等也会对试验结果有较大的影响。如测定混凝土强度时,同样条件下,棱柱体试件的抗压强度要小于同样截面尺寸的立方体试件抗压强度。尺寸较小的正方体试件强度要高于尺寸较大的立方体试件强度。

混凝土立方体试件在压力机上受压时,压力机的上下压板及试件会发生横向变形。压力机的钢质压板的弹性模量约为混凝土弹性模量的5~10倍,而钢的泊松比却只是混凝土的2倍左右。因此,在荷载作用下,压板的横向应变要小于混凝土的横向应变(无约束下的应变)。这样,压力机上下压板与试件间会产生摩擦力,对试件的横向膨胀产生约束,这被称为

环箍效应。愈接近试件端面,这种约束作用愈大,大约距试件端面 $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ (a 为试件的横向

尺寸)的范围以外,约束作用消失。所以,试件破坏后为上下顶接的两个截头棱锥体(图1-3a)。尺寸较大的试件,中间部分受摩擦阻力影响较小,比尺寸小的试件容易破坏。同时,大尺寸试件存在裂缝、孔隙等缺陷的机率较大,故大尺寸试件测得的强度值偏低。棱柱体试件由于高度较大,中间部分几乎不受环箍效应的作用,其抗压强度要低于同样截面尺寸的立方体试件。

如在压力机压板和试件间加润滑剂,环箍效应将大大减小,试件将出现直裂破坏(如图1-3b),测得的强度也较低。

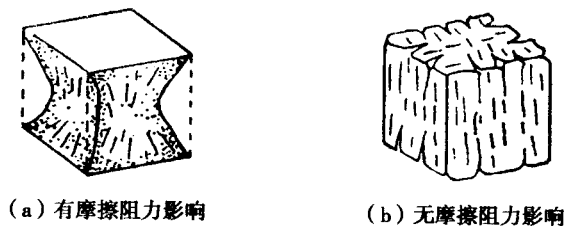


图1-3 混凝土立方体试件受压破坏情况

试件受压面上的凹凸不平及缺棱掉角,会引起应力集中使强度测定值降低。一般说,加荷速度较快时强度的测定值要比加荷速度较慢时强度的测定值高些。所以测定材料强度时,必须严格按照标准规定的方法进行。

对于以强度为主要指标的材料,通常以材料强度值的高低划分成若干等级,称为强度等级,如水泥、混凝土、砂浆等用强度等级来表示。

(二) 比强度

比强度是按单位体积质量计算的材料强度,即材料的强度与其表观密度之比,是衡量材料轻质高强的一项重要指标。比强度越大,材料轻质高强的性能越好。优质的结构材料,要求具有较高的比强度。轻质高强的材料是未来建筑材料发展的主要方向。

二、材料的变形

材料在外力作用下,由于质点间平衡位置改变,质点产生相对位移而形状与体积发生变化,称为材料的变形。

(一) 弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形,当外力除去后,又能恢复原来形状的性质称为弹性,这种能完全恢复的变形称为弹性变形(或瞬时变形)。

在外力作用下,材料产生变形,当外力取消后,材料不能恢复到原来形状,且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(或永久变形)。

实际上,完全的弹性材料是没有的。有些材料当应力不大时,表现为弹性,而应力超过某一限度后,即发生塑性变形,如建筑钢材;有些材料受力后,弹性变形与塑性变形同时发生,外力除去后,弹性变形消失,塑性变形不能消失,如混凝土。

(二) 脆性与冲击韧性

材料在外力作用下达到一定限度产生突然破坏,破坏时无明显塑性变形的性质称为脆性。具有这样性质的材料称为脆性材料,如石料、混凝土、生铁、石膏、陶瓷等。这类材料的抗拉强度远小于抗压强度,不宜承受冲击或振动荷载。

材料在冲击、振动荷载作用下抵抗破坏的性能,称为冲击韧性。冲击韧性以材料冲击破坏时消耗的能量表示。有些材料在破坏前有显著的塑性变形,如低碳钢、有色金属、木材等。这类材料在冲击振动荷载作用下,能吸收较大的能量,有较高的韧性。用于桥梁、路面、吊车梁等受冲击、振动荷载作用的、有抗震要求及负温下工作的结构材料,要求有较高的冲击韧性。

选用材料时要考虑材料的脆性与韧性。

(三) 徐变

固体材料在恒定外力长期作用下,变形随时间延长而逐渐增大的现象,称为徐变。

对于非晶体材料来说,徐变是由于材料在外力作用下,内部产生类似液体的粘性流动而造成的。对于晶体材料来说,则由于在切应力作用下,材料内部晶格错动和滑移而发生徐变。

三、材料的硬度、磨损及磨耗

(一) 硬度

材料抵抗其他较硬物体压入的能力,称为硬度。硬度大的材料耐磨性较好,但不易加工。

一般说,硬度较大的材料,强度也较高,有些材料硬度与强度之间有良好的相互关系。测定硬度的方法简单,而且不破坏被测材料,所以有些材料可以通过测定硬度来推算其强度。如在测定混凝土结构强度时,可用回弹硬度来推算其强度的近似值。

(二) 磨损及磨耗

材料受摩擦作用而减少质量和体积的现象称为磨损。材料同时受摩擦和冲击作用而减少质量和体积的现象称为磨耗。地面、路面等经常受摩擦的部位要求材料有良好的抗磨性能。

硬度大、强度高、韧性好、构造均匀致密的材料,抗磨性较好。