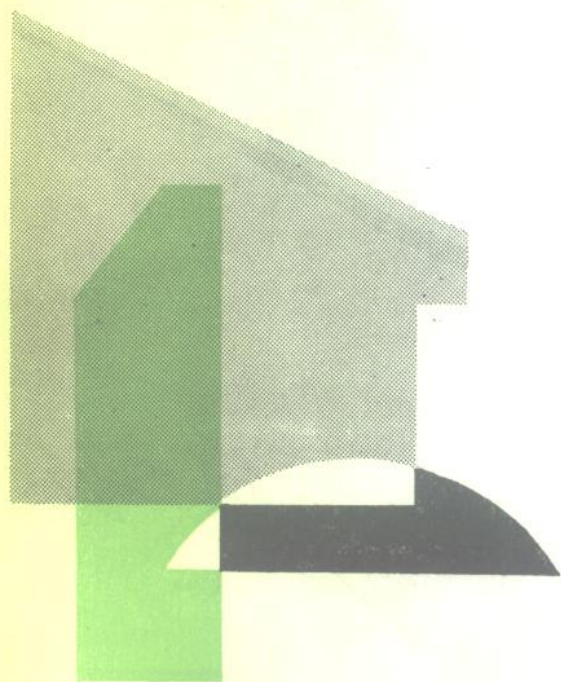


建筑工程教学辅导丛书

建筑材料

徐家保 蒋聚桂 编



中国建筑工业出版社

建筑材料

中国建筑

101

社



建筑工程教学辅导丛书

建筑材料

徐家保
蒋聚桂 编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书主要介绍水泥、混凝土、金属材料、建筑陶瓷、建筑玻璃、墙体材料、装饰材料、防水密封材料与制品、建筑复合材料等建筑工程材料的基本组成、技术性能、应用技术和检验、维护方法。对影响材性和使用性能的某些生产工艺、配制技术(包括试验原理)等也作了简明的阐述。

本书强调理论联系实际,以满足建筑科研、施工实用技术的要求,可供土建类专业师生和技术人员自学与参考。

建筑工程教学辅导丛书

建筑材料

徐家保 蒋聚桂 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京昌平长城印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张:12 字数: 292千字

1993年6月第一版 1993年6月第一次印刷

印数: 1—6,400 册 定价: 6.30 元

ISBN 7-112-01926-5/TU·1465

(6950)

前言

本书是高等教育土建类专业的建筑材料课程的自学辅导教材。它力求对建筑材料的理论部分作深入浅出的阐述，而对难点则作较为细致的论述，可与湖南大学等四校合编《建筑材料》（第三版）教材配合使用。为避免重复，在内容的选择与章节安排上不求面面俱到，对有些材料不独立成章节而只在有关部分简略介绍。保证并提高材料的质量是增加建筑业效益的重要一环。为保证材料具有匀质优良的力学性能，我国对主要建筑材料的强度分等，已改变了以往按平均值定标号的办法，而按统计学原理以标准强度值划分强度等级，这是一项重大改革，本书在这方面做了较多的分析和介绍，使新老技术工作者对此均能有所了解。对新颁布的规范标准使用时出现的新旧衔接、换算等关系，如混凝土强度等级与强度标号的意义、质量控制等作了较深入的分析。为培养学生分析和解决实际问题的能力，选材上加强了理论与实际的结合，对于材料与施工、结构和建筑构造、经济的关系以及材料的选用和管理方面均增加了有关的内容，有些部分引进了新近的研究成果，旨在拓宽学生视野，掌握发展动态，为推广使用新型材料和从事科研工作的读者指点方向。全书分十章，第一章综述建筑材料的基本性质；第二章至第六章系按材料品种分章，构成最基本五种材料水泥、混凝土、建筑金属、建筑陶瓷和建筑玻璃的体系；第七、八、九三章系按材料功用分章，构成墙体材料、装饰材料、防水密封材料和各种建筑制品的体系；这两个体系相互补充，各显其长。最后一章阐述当今发展较快的建筑复合材料，是现代多功能轻质高强材料的新体系。本书由重庆建筑工程学院徐家保教授和蒋聚桂教授合编（前者写一、二、三、四、七章，后者写五、六、八、九、十章）、互审。

目 录

第一章 建筑材料的基本性质	1
第一节 基本物理参数	1
第二节 无机非金属材料性能特征	10
第三节 高分子材料特征	11
第二章 水泥	14
第一节 硅酸盐水泥	14
第二节 掺混合材料水泥	16
第三节 水泥的应用	18
第三章 混凝土	23
第一节 普通混凝土	23
第二节 轻骨料混凝土	57
第三节 流态混凝土	63
第四节 特细砂混凝土	64
第五节 硅酸盐混凝土制品	66
第四章 建筑金属材料	68
第一节 碳素钢	68
第二节 建筑钢材性能	73
第三节 热处理与焊接知识	84
第五章 建筑陶瓷	90
第一节 陶瓷制品的分类与特征	90
第二节 建筑陶瓷的原料及生产工艺简介	91
第三节 各种建筑陶瓷制品	94
第六章 建筑玻璃	100
第一节 玻璃的基本概念	100
第二节 玻璃的结构与性能	102
第三节 建筑用新型玻璃	105
第七章 墙体材料	112
第一节 概述	112
第二节 砂浆	113
第三节 砌墙砖	115
第四节 砌块	118
第五节 板材	120
第八章 建筑装饰材料	124
第一节 概述	124
第二节 建筑装饰石材	126

第三节	金属装饰材料	130
第四节	装饰用竹、木材料	135
第五节	建筑塑料	140
第六节	建筑涂料	147
第九章	建筑防水密封材料	153
第一节	防水涂料	153
第二节	防水卷材	157
第三节	防水密封膏	160
第四节	屋面防水技术	163
第十章	建筑复合材料	168
第一节	概述	168
第二节	纤维增强复合材料	169
第三节	粒子改性复合材料	179
第四节	层状复合材料	180

第一章 建筑材料的基本性质

第一节 基本物理参数

表示材料物理状态特点的参数包括反映材料质量与体积关系的密度、表观密度（质量参数）和反映材料结构特征的密实度、孔隙率、空隙率及孔分布和与固、液、气三态有关的诸种性质（状态参数）是材料的最基本的物理性质。本节中还包括与材料力学性质和热、声、光有关的主要物理参数的简明阐述。

一、质量参数

（一）密度与比重

材料单位密实体积内所含物质的质量数称为密度 ρ ，一般以 g/cm^3 计，可用下式表示：

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

式中 m ——材料在 105°C 烘干至恒重时的质量（g）；

V ——材料的绝对密实体积（ cm^3 ）。

工程上习惯用“重量”而少用“质量”，用比重一词代替密度，所列比重值仍标示量纲。上述所谓绝对密实体积也只是相对而言的，因为大多数材料具有大小不同的无数孔隙，常把材料磨成细粉，干燥后用比重瓶测定其实体积。从微观角度看，细粉粉粒内部仍有不少微孔，不可能绝对密实。

材料密度大小取决于组成物质的原子量和分子结构，重金属材料密度为 $7.50\sim 9.00 \text{ g/cm}^3$ ，硅、铝酸盐的密度多在 $1.80\sim 3.30 \text{ g/cm}^3$ 之间，而高分子有机材料一般密度小于 2.50 g/cm^3 ，同为碳原子组成，石墨的分子结构较松散，密度为 2.2 g/cm^3 ，而金刚石极为坚实，密度高达 3.5 g/cm^3 。

（二）表观密度

广义的表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质（重）量，包括过去常称的容重和混凝土用砂、石的视比重两个内容。

1. 一般材料的表观密度

对于块体材料，其自然状态的体积包括内部孔隙的表观体积 V_0 ，表观密度指其单位表观体积的质（重）量（严格地应为质量，工程上沿用重量），以 ρ_0 表示

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

式中 m ——材料的质（重）量（g）；

V_0 ——材料的表观体积，包括材料的闭口孔隙 V_b 和开口孔隙 V_k 的体积在内（ cm^3 ），
即 $V_0 = V + V_b + V_k$ ，式中 V 为固相体积。

由于自然状态下材料的孔隙中常包含有一定水分，故一般表观密度值须注明其含水情况。未特别标明者常指气干状态（长期在空气中干燥达到湿度与空气湿度平衡）的表观密度。为便于对比，在科技工作中以烘干状态下测得材料的表观密度称为干表观密度。

2. 粉状材料的表观密度

如水泥、熟石灰粉等，其平均颗粒粒径甚小，有时，其大颗粒的粒径也不超过 0.20 mm，与一般石料测定密度时所研碎制作的试样粒径相近，因而它们的表观密度，特别是干表观密度值与密度值很接近，可视为相等。

3. 砂、石散粒材料的表观密度

由于配制混凝土计料工作的需要，砂、石等散粒材料自然状态下的表观体积包括固体体积和闭口孔隙体积，而不包括其开口孔隙和颗粒间空隙体积。单位表观体积的质（重）量称为表观密度 ρ_a ，旧称视比重。

$$\rho_a = \frac{m}{V + V_b}$$

式中 m ——材料的质（重）量（g）；

V ——材料固体体积（cm³）；

V_b ——材料闭口孔隙体积（cm³）。

对于散粒材料而言，通常不以单颗粒求其密度，而以成堆的材料计算其表观密度。设其堆积体积（试验时常以盛满散粒材料的容器体积表示） V'_0 ，材料的开口孔隙体积为 V_k ，颗粒间、颗粒与容器间的空隙体积为 V_v ，则

$$V + V_b = V'_0 - V_k - V_v$$

用烘干至恒重、质（重）量为 m 的散粒材料，令其吸水饱和再称其在水中的重量 W ，因水的密度 ρ_w 可视为 1，而此时水分已将空隙和开口孔隙填满，故

$$(m - W) \frac{1}{\rho_w} = V'_0 - V_k - V_v = V + V_b$$

$$\therefore \rho_a = \frac{m}{m - W} \rho_w = \frac{m}{m - W}$$

（三）堆积密度，单位重

散粒材料或粉状材料在堆积状态下，单位体积的质（重）量称为堆积密度 ρ'_0 ，有时称为体积密度或单位重，常用单位为 kg/L 或 t/m³。

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 m ——材料的质（重）量（kg，t）；

V'_0 ——材料堆积状态下的外形体积，包括其固相体积 V 、开口孔隙体积 V_k 、闭口孔隙体积 V_b 和颗粒间空隙 V_v ，即 $V'_0 = V + V_k + V_b + V_v$ 。

如果用材料气干时的质（重）量代替烘干条件下的质（重）量，则前式计算所得之值，称为气干堆积密度。

二、状态参数

（一）孔隙结构

绝大多数建筑材料具有大小不同形式各异的孔隙，影响材料性质的不仅是孔隙在材料

中所占的数量、体积，还有孔隙的大小、孔径分布和孔隙形状（开口、闭口、管状、墨水瓶状——颈小腔大等）等孔隙结构特征。大孔径的开口孔易于吸水并与毛细孔相连，造成渗透、透气，使材料的抗渗和抗冻能力减弱，外界有害介质侵入，材料的耐久性也差。一般认为当材料中孔径小于20nm时，水分和有害气体难能侵入，可视为无害孔。孔隙体积按孔径大小的分布情况，可用孔径分布曲线表示（图1-1）。图中三条曲线表示三种材料用水银测孔仪根据对水银施加的压力和压入的水银体积求出的孔径分布曲线。曲线1表示孔隙率大、孔径大于10 μm 的材料；上边的虚线表示压力取消后恢复的曲线，此曲线与曲线1并不重合，出现滞后现象，说明有的孔隙呈墨水瓶状，压力取消后部分水银留在孔隙中。曲线2为颗粒间空隙尺寸为4~6 μm 的粉状材料。曲线3表示结构均匀、孔径为0.02~0.04 μm 的材料。

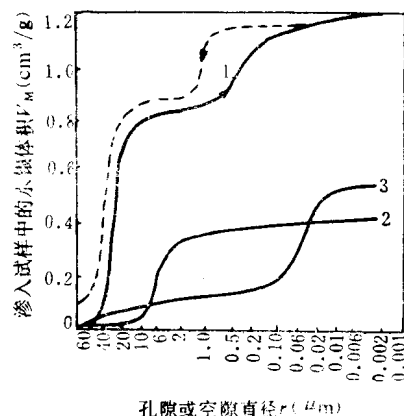


图 1-1 孔径分布曲线

（二）孔隙率

材料中总孔隙体积 V_p 占其自然状态下外形体积 V_0 的百分率称为孔隙率 p （%）。

$$V_p = V_b + V_k = V_0 - V$$

$$\therefore p(\%) = \frac{V_b + V_k}{V_0} \times 100 = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho}\right) \times 100$$

式中 V_b 、 V_k 、 V ——分别表示材料的闭口孔体积、开口孔体积和固相体积；

ρ_s/ρ ——称为密实度，与孔隙率互为余数。

建筑材料的孔隙率在极大的范围内波动，钢材、平板玻璃接近于零，而松木为55~75%，微孔橡胶可达98%。

1. 开口孔隙率 p_k

是指能被水所饱和的孔隙体积 V_k 占材料表观体积 V_0 的百分率，即

$$p_k(\%) = (V_k/V_0) \cdot 100 = (m_2 - m_1)100/\rho_w V_0$$

式中 m_1 ——干燥状态下材料的质（重）量；

m_2 ——水饱和状态下材料的质（重）量；

ρ_w ——水密度 ≈ 1 。

材料的开口孔隙除对吸声有利外，对材料的强度、抗渗、抗冻和耐久性均不利。

2. 闭口孔隙率 p_b

是材料总孔隙率 p 与开口孔隙率 p_k 之差，即

$$p_b = p - p_k$$

微小而均匀的闭口孔隙对材料抗渗、抗冻和耐久性无害，可降低表观密度和热导率，使材料具有轻质绝热的性能。

（三）空隙率

散粒材料颗粒间空隙量 V_v 和开口孔隙体积 V_k 之和占其堆积体积 V'_0 的百分率称为空隙率 p_v ，即

$$p_v(\%) = \frac{V_v + V_k}{V'_0} \times 100$$

空隙率 p_v 的计算原理与孔隙率 p 的相同,

$$p_v(\%) = \frac{V'_0 - (V + V_b)}{V'_0} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_s}\right) \times 100$$

(四) 孔隙与水有关参数

1. 水在建材中的作用与存在形态

建筑材料总不免要与水或空气中的湿气相接触。水侵入材料孔隙中促进了有害介质与材料组成物质的化学反应、电化学反应,造成对材料的腐蚀与破坏,或因降温结冰、体积膨胀对孔隙形成巨大挤压力而损坏材料,水又是微生物粘附材料表面繁殖侵蚀的因素。但是水分在有些建材和制品中又是必要的,如水泥制品须用水调制制作、木材等内部存在着不同形态的水分,才能保持其使用性质。水在材料中基本上有三种形态:①游离水,又称自由水,可在毛细管中自由移动;②吸附水,吸附于材料微粒表面,例如粘土颗粒表面具有较大的表面能,吸收水分后可形成单分子层的吸附水层和多分子层的薄膜水,这些水即使受地心吸力和毛细力作用也不能自由移动,密度大于 1g/cm^3 。还有的水分子进入材料结晶结构的层间形成层间水,与材料的结合更为牢固,须在 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 下才能脱附;③结合水,如水泥的矿物成分吸附水分或吸收水分后产生化学反应,形成带有结合水的水化产物,其水化热较大,需高温才能完全脱附。

2. 吸湿性

材料在一定湿度和温度下吸附水分子的能力称为吸湿性。材料与水亲合力的大小与材料组成、结构和分散情况有关。极性材料与水的亲合力强,多数建筑材料是亲水的,润湿角小于 90° ,能为水所润湿。材料孔隙中含有一部分水,不易测得其体积,但可测得其质(重)量,这部分水的质量与材料干态质量 m 的百分比称为含水率 $W(\%)$,即

$$W(\%) = \frac{m_1 - m}{m} \times 100$$

式中 m_1 ——材料含水时的质(重)量;

$m_1 - m$ 表示材料中含有水分的质量(重量)。

材料含水率常随外界湿度降低和温度升高、毛细管水扩散蒸发而降低,反之则增高。当材料的吸水速度和排湿的速度达到平衡时(在一定温湿度条件下)的含水率称为平衡含水率 $W_b(\%)$ 。

3. 吸水性

材料能吸收水的性质称为吸水性。材料在水中吸水达到饱和时的含水率称为吸水率,表示材料吸水性的强弱。吸水率表示方法有两种。

(1) 质量吸水率 $W(\%)$, 习称重量吸水率:

$$W(\%) = \frac{m' - m}{m} \times 100$$

式中 m' ——材料饱和吸水后的质(重)量;

m ——材料烘干至恒重时的质(重)量。

(2) 体积吸水率 $W_v(\%)$:

$$W_v(\%) = \frac{m' - m}{\rho_v \cdot V_0} \times 100$$

式中 ρ_w ——水的密度；

V_0 ——材料自然状态下的体积。

可见材料的体积吸水率与开口孔隙率 $p_k(\%)$ 是一致的，并可得 $W_v(\%)$ 与 $W(\%)$ 的关系式

$$W_v = W \cdot \rho_s$$

式中 ρ_s ——材料的表观密度。

不同材料的质（重）量吸水率变化很大，花岗岩为 0.02~0.70%，密实混凝土为 2~4%，普通烧结砖为 8~15%，多孔隔热轻质材料可大于 100%。

根据体积吸水率 W_v 与孔隙率 p 的比值孔隙水饱和系数 k_s ，可判断材料的孔隙状况和抗冻性能。

$$k_s = \frac{W_v}{p}$$

k_s 值以小为佳，说明开口孔少而闭口孔多，有利于抗冻。 $W(\%)$ 或 $W_v(\%)$ 都以小为佳。

4. 软化系数 k_p

浸水饱和材料的抗压强度与干燥材料抗压强度的比值称为软化系数，是表征多孔材料耐水性的常用参数，但不能表征玻璃的耐水性。

$$k_p = \frac{R_s}{R}$$

式中 R_s ——材料水饱和状态下的压强；

R ——材料干态下的压强。

k_p 可自零（粘土）变化到 1 不等，一般认为 $k_p \geq 0.80$ 的多孔材料是耐水的，可用作一般建筑物受潮较轻的结构材料。

5. 抗渗性

抗渗性又称不透水性，是材料抵抗压力水（或其它流体）渗透的性质。材料的开口孔（孔径较大）愈多，透水速度愈快。一般油分子较水分子小，渗透力较强，因而储油罐等材料必须用具有密实无孔或孔非常小的材料制作。房屋的墙体材料要考虑材料的抗蒸汽渗透性。蒸汽分子的扩散力比液态水更强。冬季采暖时室内外的蒸汽压差甚大，更易穿透墙体。若采用复合外墙，则内层材料的密实性必须较外层的高，否则会形成两层之间存留冷凝水，结冰膨胀，使外层墙材破裂剥落。

6. 抗冻性

材料在水饱和状态下能经受反复冻融而不破坏的能力称为抗冻性。水结冰时体积膨胀约 9%，因而材料抗冻性的强弱除取决于材料的强度外，与材料的孔隙构造、充水程度有密切关系。因蒸汽压力差的影响，水分子总是由暖端自发向冷端移动，在冷端（如冬季外墙的外面层）富集，首先达到饱和，因而一般都在墙脚部位（地下基础冬季较地上墙体温度高）首先冻坏剥落。故墙基设置防水层可以加强墙体的抗冻性。具有大量闭口孔的材料，水分不易进入闭口孔，当开口孔中结冰体积膨胀时，闭口孔具有缓冲作用，故这种材料（如引气混凝土）虽然总孔隙率不小，但抗冻性往往较未引气的混凝土还高。孔径愈小则孔内水分的冰点愈低，故微孔材料的冻结温度较粗孔材料为低，用在非严寒地区的耐冻性较高。

三、力学性质

1. 变形性质

材料受外力作用必然伴随着产生变形, 变形可分为弹性变形、塑性变形和粘性流动三种, 但往往是两种变形同时存在, 或随条件而转变。

(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。晶体物质受力后主要是弹性变形。

(2) 塑性变形 材料在外力作用下产生变形而不破坏, 在外力取消后不能自动恢复原形的性质称为塑性变形。胶体物质受力后主要为塑性变形。

(3) 粘性流动 受力后材料的变形随时间而增大。液体、粘稠液体物质具有粘性流动性质。

一般表征材料变形的参数为: 弹性模量 (杨氏系数 Young's modulus)、泊松比、极限变形和徐变等。

弹性模数 (E) 表示材料在弹性范围内应变 ε 与应力 σ 之间的线性关系:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

原子间键能高的材料具有高的弹性模量和熔点, 大的刚度。

2. 强度

材料抵抗在应力作用下发生破坏的能力称为强度。应力是外力荷载或其它因素 (如不均匀加热) 等作用而产生的。强度是按照规定的变形状态下所测定的强度极限 R 表示的。随着外力作用方式不同, 材料强度可分为抗压、抗拉、抗剪、抗折和抗扭强度多种。前三者的计算公式为

$$R = \frac{P}{A}$$

式中 P ——破坏时的荷载 (N);

A ——中心受压、受拉或受剪面积 (mm^2);

R ——强度 (MPa), 抗压强度一般可不加角标, 抗拉强度可用 R_t , 抗剪强度则用 R_s 。在建筑结构设计上分别用 f_c 、 f_t 、 f_v 表示。

抗折强度又称弯折模量 (modulus of rupture) R_f (MPa), 计算公式为

$$R_f = \frac{M}{W}$$

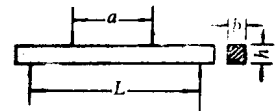


图 1-2 双荷载矩形梁抗折试验示意图

式中 W ——抗折截面模量, 对于矩形截面 $W = bh^2/6$, b 、 h 分别为试件的宽与高 (mm);

M ——最大弯矩 ($\text{N} \cdot \text{mm}$), 双荷载矩形梁时为 $P(L-a)/4$ (图 1-2)。

抗扭强度在建筑材料上应用不多, 不再赘述。

固体材料的理论强度 R_{th} 。是从理论上分析材料所能承受的最大应力, 是克服固体内部的结合力形成两个新表面所需的力, 下式是各种理论强度公式中的一种 Orowan (E. 奥罗旺) 公式:

$$R_{th} = \sigma_{max} = \sqrt{\frac{E\gamma_s}{a}}$$

式中 E ——弹性模量；
 γ_s ——固体材料表面能；
 a ——原子间距离（平均为 0.2nm ）。

材料的理论强度很高，例如钢的理论强度高达 30000MPa ，而普通碳钢的 $R_t = 400\text{MPa}$ ，仅为其理论强度的 1.3% 。

结构或构件承受作用效应的能力称为抗力。强度与刚度、抗裂度都属于抗力。

四、热、声、光物理参数

（一）热物理参数

1. 导热性

热量自材料的高温一侧传导至低温一侧的性质，称为材料的导热性，常用热导率 λ 和热阻 R 表征。匀质材料的热导率计算式为

$$\lambda = Qa / [(t_1 - t_2)F \cdot Z]$$

式中 Q ——通过热量 (J)；
 a ——材料厚度 (m)；
 $t_1 - t_2$ ——材料两侧温度差 (K)；
 F ——材料传热面积 (m^2)；
 Z ——传热时间 (s)。

若用 q 表示单位时间 (s) 内通过单位面积 (m^2) 的热流量 (W)，则

$$\lambda = qa / (t_1 - t_2)$$

绝热保温材料要求有较小的 λ 值。 λ 值大小与材料的表观密度密切相关，也受材料是否有孔隙、孔隙形态和含水量的影响。表观密度小的多孔材料，含有大量热导率较低的气孔，其导热性小，但开口的孔隙易于吸收水分而使 λ 值增大，降低绝热效果，故使用时须防止受潮吸湿。此外，材料的 λ 值还随分子结构的不同而产生很大的差异，结晶构造的钢材 [$\lambda = 58\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 和石英石 [$\lambda = 19.2\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 等的 λ 值最大，微晶构造的花岗岩和普通混凝土 [λ 值为 3.5 和 $1.4\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 等次之，玻璃体构造的石英玻璃 [$\lambda = 1.91\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 等最小。各向异性的材料其 λ 值在不同方向也不相同，例如热流平行于松木纤维方向时 λ 值约为 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，而垂直于纤维方向时 λ 值仅为 $0.17\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

工程上衡量绝热材料性能通常用热阻 R ，即材料厚度 a 与热导率 λ 之比表示：

$$R = \frac{a}{\lambda}$$

式中 R ——材料热阻 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)；
 a ——物体厚 (m)；
 λ ——材料热导率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]。

R 值越大则表示该物体（如墙体、楼板）或构件的绝热性愈好。用标准的热导率测试方法测得 λ 值不大于 $0.23\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

2. 热容量

材料在加热时吸收热量、冷却时放出热量的性质称为热容，材料在温度变化 1K 时所吸收或放出的热量称为热容量 c ，即

$$c = \frac{Q}{t_2 - t_1}$$

式中 c ——热容量 (J/K) ;

t_1 ——初温 (K) ;

t_2 ——终温 (K) 。

热容量大的材料所制成的物体,其内部温度的稳定性较好,作为墙材,可对室内温度起一定的调节作用,使室内温度不致有很快的剧变。

3. 耐燃性

指材料对火焰和高温的抵抗力,是影响建筑物防火、建筑结构耐火等级的一项因素。根据材料耐燃的能力,常分为三类。

(1) 非燃烧材料:在空气中受到火烧或高温高热作用不起火、不碳化、不微燃的材料,如钢铁、砖、石等。用以制作的构件称非燃烧体。钢铁、铝、玻璃等材料受到火灾或高热会发生变形、熔融,所以虽然是非燃烧材料,但不是耐火材料。

(2) 难燃材料:在空气中受到火烧或高温高热作用时难起火、难微燃、难碳化,当火源移走后。已有的燃烧或微燃立即停止的材料。如经过防火处理的木材和刨花板。

(3) 可燃材料:在空气中受到火烧或高温高热作用时立即起火或微燃,且火源移走后仍继续燃烧的材料,如木材。用以制作的构件称为燃烧体。使用时应作防燃处理。

4. 耐火性

长期抵抗高热的作用而不熔化的性质称耐火性,又称耐熔性。一般称为耐火材料的物质,除要求在高热时不熔化外还要求能承受一定的荷载而无影响使用功能的显著变形。用塞氏三角锥可测得材料的耐火度。按照耐火度高低可将材料的耐火能力划分成三类。必须指出,此处的耐火度实质上是表征物质的耐熔性,与防火材料建筑的耐火等级属于不同范畴的两个概念,避免都使用“耐火”两字而混淆。

(1) 耐火材料:耐火度大于 1580°C 的物质。

(2) 难熔材料:耐火度介于 $1350^{\circ}\text{C} \sim 1580^{\circ}\text{C}$ 之间的物质。

(3) 易熔材料:耐火度小于 1350°C 的物质。

(二) 建筑声学

1. 隔声

人们对于居住、工作和生活的空间要求安静或音质清新,能隔绝外界的噪声和声污染。为此要求建筑用材有良好的隔声或吸声效果。按照声的传播途径,声源分为空气声和固体声两种,前者因空气振动而发生、传递,须采用密实、密度大的材料进行隔绝(图 1-3);后者则由于固体的撞击或振动而发生,只有采用不连续的结构处理使之消除,例如在两板间留有空气层或板与梁(或框架)之间加弹性衬垫。

2. 吸声系数

是声波遇到材料表面传递给材料,在材料的孔隙中引起空气分子与孔壁的摩擦和粘滞阻力,部分声能 E_1 转化为热能而消声,部分声能穿透材料成为透射声 E_2 ,这两部分声能 $E_1 + E_2$ 与入射声 E_0 之比值,即

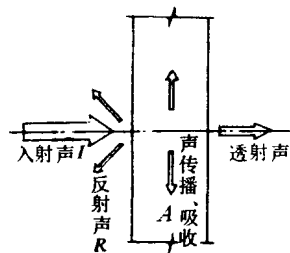


图 1-3 声的透射与反射

$$\alpha = \frac{E_1 + E_2}{E_0}$$

式中 α 为吸声系数，无量纲。一般指从各方向入射的吸收平均值。它的大小与入射声的频率大小有关。通常标示的六个频率为 125、250、500、1000、2000 和 4000Hz。

在 250、500、1000 和 2000Hz 测得的吸声系数的平均值，取两位小数，末位为 0，称为降噪系数。

通常把对 125、250、500、1000、2000、4000Hz 六个频率的平均吸声系数 $\bar{\alpha}$ 大于 0.20 的材料作为吸声材料。

3. 多孔质吸声体吸声效果的影响因素

(1) 材料的表观密度和声速：材料的密度愈小、声速愈小则高频的吸声系数愈大，一般有机材料的吸声系数比无机材料的大。

(2) 气孔构造：具有连续气孔组织的比孤立气孔(封闭气孔)组织的吸声系数大。表面柔软透、气性好、气孔呈弯弯曲曲路径深入材料内部的泡沫聚胺酯常具有良好的吸声性能。

(3) 材料厚度：增加厚度可增加对低频的吸声效果。

4. 隔声量

隔声量又称传声损失，指墙或间壁一面的入射声能与另一面的透射声能相差的分贝数。应用下式测试计算：

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}$$

式中 R ——隔声量 (dB)；

W_1 ——空气声(建筑物中经过空气传播来的噪音)入射到试件上的功率 (W)；

W_2 ——通过试件传透的声功率 (W)。

(三) 建筑光学性质

颜色、光泽、透明、不透明以及表面组织因光的作用而引起的质感，都是表征材料或构件外观特性的重要内容，对于建筑物的装饰效果，影响尤为明显。

1. 光学参数

入射到材料的光通量 L ，一部分被反射 L_1 ，一部分被吸收后转变为热能 L_2 ，一部分透过 L_3 。

$$L = L_1 + L_2 + L_3,$$

$$L_1/L + L_2/L + L_3/L = 1$$

L_1/L 称为反射系数 ρ ， L_2/L 称为吸收系数 α ， L_3/L 称为透光系数 τ 。若用百分率表示，则分别称为反射率、吸收率和透光率或透明度。光的入射角愈大，则 ρ 值愈大而 τ 值愈小。

透明度 T 表示材料透明程度。 T 值大小取决于材料表面光滑程度和材料内部结构所造成的光扩散。光扩散越少，则透明度越大。

2. 颜色

可见光辐射的波长范围是 380~780nm，眼睛对不同波长的可见光产生不同的颜色感觉。材料的颜色决定于观看时射于材料上的光源的波长、光谱的组成以及材料对光谱的反射作用，也受观看者对光谱敏感性不同的影响。因而要客观表征颜色，须依靠物理方法，在分光光度测色仪上进行。

(1) 可见光：将白色光分解成单色光，其波长颜色的关系如表 1-1 所列。

表 1-1

颜 色	紫	蓝	绿	黄	橙	红
波 长 (nm)	400~450	450~500	500~570	570~590	590~610	610~700

(2) 物体颜色：由有色透明板透过的是特定波长范围的光，将其他波长的光吸收，称为选择吸收，此时透过光显示着色。如图 1-4 为白光照射红色玻璃的情况。

由不透明物体表面发散的光包括有表面反射光和入射光进入物体内部经过反射和折射后射出物体光组合而成。前者对着色不起作用，后者是经过选择吸收的，所以在射出到表面时余留的成分显示出物体的颜色。当材料磨成粉末时表面积增大，表面反射光增加，因而材料的颜料会变白。



图 1-4 透明颜色玻璃

染料是以分子为单位的微粒，光在其中透过是由于色素选择吸收而着色，与起因于反射光的颜料着色是不相同的。

(3) 表面颜色：具有很强选择吸收的物质会对光发生选择吸收，所产生的反射光显现特定的颜色称为表面颜色。表面颜色与透过光的颜色不同，互相呈补色（混合在一起产生白色的感觉，如红与蓝绿，绿与红紫）。

3. 光泽

是光在矿物表面反射所引起的反光现象，是矿物物质的物理性质之一，反映反光能力的强弱。光泽是有方向性的光线反射性质，对于表面上的物体形象的清晰程度起决定性的作用。作为鉴定矿物特征，按反光能力，矿物光泽可分为玻璃、金刚、半金属和金属四个光泽等级，前两者为非金属光泽类。按照矿物表面性质以及集合方式对于光泽的影响，又有油脂、树脂、蜡状、土状、丝绸、珍珠光泽等。金属材料的表面光泽实际上为表面颜色。材料表面的光泽可用光电光泽计来测定。光泽也是选择装饰材料时要考虑的一个重要因素。光泽度高的亮色使人感到欢快、轻盈，暗色使人感到沉重、严肃。但光泽度越大、反射越明显，越容易引起眩光（因视野中心亮度太高，与背景亮度相差太大所引起的视觉不适），故室内装修宜采用低光泽材料。

第二节 无机非金属材料性能特征

无机非金属材料由于其组成、组织、结构与有机材料、金属材料有明显的不同，故所有力学性能、物理化学性能以及传质性能都表现出某些特征。掌握这些特征，对理解有关材料的具体性质、选用、或配制等均有好处。在无机非金属材料中，建筑工程上以硅酸盐类材料为主，故下述特征也多指硅酸盐材料。

一、力学性能特点

1. 键性

以共价键和离子键为主，也有范德华分子键力的作用。无机非金属材料的键合力大，缺陷多，断裂时的变形很小，反映为脆性破坏。

2. 强度

一般均为多元素组成, 结构复杂, 含有气孔、裂纹等缺陷, 故其强度大小常与晶粒大小、气孔率高低有密切关系。一般具有较高的抗压强度, 但由于缺陷多、晶粒界面等处有应力集中, 故抗拉和抗弯强度较低。

3. 变形

由于其键性的特点, 受到外力作用时在相当的应力范围内变化很小, 在常温下的塑性变形也极小, 可以看作弹性体。在特定温度下材料达到软化点或相变点时, 在该温度附近出现弹性模量的极端下降。故温度对弹性模量的影响显然与材料的组成有关。

二、物理化学特性

硅酸盐的化学式常按氧化物的形式或无机络盐形态, 依金属价态、金属非金属的顺序书写。例如通式 $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 的硅酸盐称为铝硅酸盐。所有天然硅酸盐晶体的基本结构单元是硅氧四面体 SiO_4 (图 1-5), Si-O, O-O 的键长分别是 0.162nm 和 0.27nm。Si-O 键非常牢固, 表现为大部分硅酸盐材料的硬度和熔点较高。

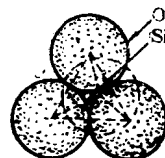


图 1-5 硅氧四面体

●—Si; ○—O

在硅酸盐构造中, 硅氧四面体以共有角顶互相连接形成各种“硅氧骨架”, 有岛状、环状、链状、层状和架状五种结构, 也就具有各种不同的性状。

硅酸是一种可以形成胶体溶液的典型代表。胶体的分散颗粒大小约为 $1\sim 100\mu\text{m}$, 介于真溶液和悬浮液质点大小之间, 具有吸附特性。水化硅酸盐凝胶是由无定形胶体颗粒, 或粒度在胶体范围内的微晶所组成, 这种微晶也有可能发展为晶体。

建筑陶瓷材料实质上是一种或多种金属高氧化物。在氧原子与金属原子化合时, 氧原子外壳的两个电子空位向其邻近的金属借两个电子, 于是形成一个负的和一个正的强离子化了的原子, 并以相应的强静电引力结合。这就使陶瓷具有耐高温、在高压下才能溶解于水的高化学稳定性材料。陶瓷材料实质上是在高温焙烧下形成的液体玻璃将晶体微粒粘结在一起的堆聚体。

三、传质

无机非金属材料如果无游离的金属存在, 干燥状态下一般导电热较小。无机非金属材料一般都存在宏观的孔隙, 特别是硅酸盐材料多有大小多少不等的毛细孔, 而且大多具有亲水性, 因而表现出在干燥状态时, 有一定的热阻, 但当吸湿或吸收水分之后导热性随之有增大的现象。

第三节 高分子材料特性

分子量高达 10^4 以上的化合物及其混合物称为高分子材料。在建筑和土木工程中使用的主要是有机高分子化合物 (有机高聚物), 与无机非金属材料或金属材料相比, 具有很多特点, 现按其聚集状态分固体和溶液两种材料分述于后。

一、聚合物固体性质

(一) 分子量和强度、分子间力的作用

聚合物分子量的变化很大, 分子量大小不同对其性能有很大的影响, 例如, 聚异丁烯平均分子量在 3000 左右为油状液体, 分子量为 15000 左右时呈粘状物质, 50000 左右时