



土木与建筑类专业创新型一体化教材

建筑材料与检测 (第二版)

主编 谭平

建筑材料与检测

(第二版)

主编 谭平



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料与检测 / 谭平主编 . — 2 版 . — 北京 :
北京出版社, 2021.2 (2024 重印)
ISBN 978-7-200-16294-3

I. ①建… II. ①谭… III. ①建筑材料—检测—高等
学校—教材 IV. ① TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 009485 号

建筑材料与检测 (第二版)

JIANZHU CAILIAO YU JIANCE (DI-ER BAN)

主 编: 谭 平

出 版: 北京出版集团

北京出版社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总 发 行: 北京出版集团

经 销: 新华书店

印 刷: 定州启航印刷有限公司

版 印 次: 2021 年 2 月第 2 版 2024 年 3 月修订 2024 年 3 月第 2 次印刷

成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米

印 张: 17

字 数: 334 千字

书 号: ISBN 978-7-200-16294-3

定 价: 48.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572341 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572341 010-58572393

单元一 建筑材料与检测概述	1
学习任务 1 建筑材料的定义和分类	2
学习任务 2 建筑材料的作用和发展趋势	6
学习任务 3 建筑材料的标准和检测	8
单元二 建筑材料的基本性质	12
学习任务 1 建筑材料的基本物理性质	13
学习任务 2 建筑材料的力学性能	22
学习任务 3 建筑材料的耐久性	26
工作任务 4 建筑材料基本性质检测	28
单元三 建筑石材	33
学习任务 1 建筑石材概述	34
学习任务 2 建筑石材的技术性能	39
工作任务 3 建筑石材强度检测	42
单元四 气硬性胶凝材料	46
学习任务 1 石灰	47
学习任务 2 建筑石膏	52
学习任务 3 水玻璃	55

工作任务 4 石灰检测·····	58
工作任务 5 建筑石膏检测·····	60
单元五 水泥·····	64
学习任务 1 通用硅酸盐水泥·····	65
学习任务 2 掺混合材料的硅酸盐水泥·····	73
工作任务 3 水泥检测·····	77
单元六 混凝土·····	87
学习任务 1 混凝土概述·····	88
学习任务 2 混凝土的组成·····	90
学习任务 3 混凝土的性能·····	100
学习任务 4 混凝土配合比设计·····	111
学习任务 5 其他品种的混凝土·····	117
工作任务 6 砂、石材料检测·····	122
工作任务 7 混凝土性能检测·····	129
单元七 建筑砂浆·····	136
学习任务 1 建筑砂浆概述·····	137
学习任务 2 砌筑砂浆·····	141
学习任务 3 抹面砂浆·····	145
工作任务 4 建筑砂浆检测·····	148
单元八 墙体材料·····	152
学习任务 1 砌墙砖·····	153
学习任务 2 砌块·····	162
学习任务 3 墙用板材·····	167
工作任务 4 砌墙砖检测·····	171

单元九 建筑钢材	175
学习任务 1 建筑钢材概述	176
学习任务 2 建筑钢材的技术性能	186
学习任务 3 常用建筑钢材	190
工作任务 4 钢筋检测	195
单元十 防水材料	200
学习任务 1 沥青防水材料	201
学习任务 2 防水卷材	204
学习任务 3 防水涂料	209
学习任务 4 防水密封材料	211
工作任务 5 防水材料检测	213
单元十一 建筑木材	217
学习任务 1 建筑木材的构造和性质	218
学习任务 2 建筑木材的应用和防腐	221
单元十二 建筑功能材料	226
学习任务 1 绝热材料和吸声材料	227
学习任务 2 建筑塑料	233
学习任务 3 建筑装饰材料	239
参考答案	253
参考文献	260

单元二 | 建筑材料的基本性质

单元描述

建筑物是由各种建筑材料建筑而成的，这些材料在建筑物的各个部位要起到各种各样的作用，因此要求建筑材料必须具备相应的性质。建筑材料的性质可归纳为如下几类：物理性质，包括基本物理性质及与各种物理过程（水、热作用等）有关的性质；力学性能，材料在外力作用下的变形性质，如强度、弹性和塑性、脆性和韧性、硬度和耐磨性等；耐久性，材料抵抗外界综合因素影响的稳定性。



学习任务 1 | 建筑材料的基本物理性质

■ 任务目标

1. 掌握材料与质量有关的性质及计算方法。
2. 掌握材料与水有关的性质及计算方法。
3. 掌握材料与热有关的性质及计算方法。
4. 掌握材料与声学有关的性质及计算方法。
5. 建筑材料的性质好坏直接决定了工程质量的好坏，保证工程中使用的建筑材料性质良好，是一位工程人应具有的基本品质。

知识链接

一、与质量有关的性质

(一) 密度

1. 实际密度

实际密度（简称密度）是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，按下式计算：

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

式中， ρ ——实际密度（ g/cm^3 或 kg/m^3 ）；

m ——材料在干燥状态下的质量（ g 或 kg ）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（ cm^3 或 m^3 ），是指不包括材料内部孔隙在内的固体物质的体积。

测定材料密度时，可采取不同方法。对钢材、玻璃、铸铁等接近于绝对密实的材料，可用排水（液）法；而绝大多数材料内部都含有一定孔隙，测定其密度时应把材料磨成细粉（至粒径小于 0.2 mm ）以排除其内部孔隙，然后用排水（液）法测定其体积，最后计算其实际密度。水泥、石膏粉等材料本身是粉末状，可以直接采用排水（液）法测定其体积。

对砂、石等外形不规则，材质坚硬、致密的散粒材料，在实际中常用排水（液）法直接求出体积 V' ，作为其绝对体积的近似值（因颗粒内部的闭口孔隙体积没有排除），这时所测得的密度为近似密度，即视密度（ ρ' ）。

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

式中， ρ' ——视密度（ g/cm^3 或 kg/m^3 ）；

m ——材料在干燥状态下的质量（ g 或 kg ）；

V' ——材料在自然状态下的不含开口孔隙的体积（ cm^3 或 m^3 ）。



材料的物理
性质

2. 表观密度

表观密度（也称体积密度）是指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， ρ_0 ——表观密度（g/cm³ 或 kg/m³）；
 m ——材料的质量（g 或 kg）；
 V_0 ——材料在自然状态下的体积（cm³ 或 m³），即表观体积，包含材料内部孔隙（开口孔隙和闭口孔隙）在内。

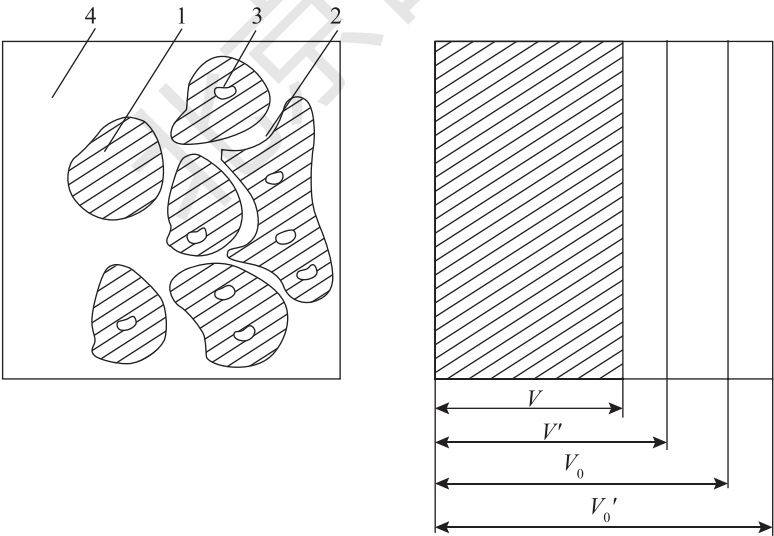
外形规则的材料，其几何体积即为表观体积；对外形不规则的材料，可用排水（液）法测定，但在测定前，在待测材料表面用薄蜡层密封，以免测液进入材料内部孔隙而影响测定值。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒（粉状、粒状或纤维状）材料在自然堆积状态下单位体积的质量，按下式计算：

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

式中， ρ_0' ——堆积密度（g/cm³ 或 kg/m³）；
 m ——材料的质量（g 或 kg）；
 V_0' ——材料在自然堆积状态下的体积（cm³ 或 m³），即堆积体积，包含颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙，如图 2-1 所示。



1—颗粒中的固体物质；2—颗粒开口孔隙；3—颗粒闭口孔隙；4—颗粒间空隙

图 2-1 散粒材料堆积体积组成示意图

散粒材料的堆积密度通常使用容积升测定。测定时，先对容积升称重，然后在容积升中装满待测材料再称重。

(二) 密实度与孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体内，被固体物质所充实的程度，即固体物质体积占总体积的百分率，用 D 表示，按下式计算：

$$D = \frac{\rho_0}{\rho}$$

对于绝对密实材料，因 $\rho_0 = \rho$ ，故 $D = 1$ 或 $D = 100\%$ ；对于大多数建筑材料，因 $\rho_0 < \rho$ ，故 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体内，孔隙体积占总体积的百分率，按下式计算：

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

可得：

$$P + D = 1$$

孔隙率由开口孔隙率和闭口孔隙率两部分组成。

开口孔隙率是指材料内部开口孔隙体积与材料在自然状态下体积的百分率，即能被水饱和的孔隙体积所占的百分率，按下式计算：

$$P_k = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中， P_k ——材料的开口孔隙率（%）；

m_1 ——干燥状态下材料的质量（g）；

m_2 ——吸水饱和状态下材料的质量（g）；

ρ_w ——水的密度（ g/cm^3 ）。

闭口孔隙率是指材料总孔隙率与开口孔隙率之差，按下式计算：

$$P_B = P - P_k$$

材料的密实度和孔隙率是从两个不同侧面反映材料密实程度的指标。

建筑材料的许多性质都与其孔隙有关。这些性质除取决于孔隙率的大小外，还与孔隙的特征密切相关，如大小、形状、分布、连通与否等。通常开口孔能提高材料的吸水性、吸声性、透水性，降低其抗冻性、抗渗性；而闭口孔能提高材料的保温隔热性、抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性。

提高材料的密实度，改变材料孔隙特征可以改善材料的性能。例如，提高混凝土的密实度，可以达到提高混凝土强度的目的；加入引气剂增加一定数量的闭口孔，可改善混凝土的抗渗性及抗冻性。

常见建筑材料的密度、表观密度和堆积密度如表 2-1 所示。

表 2-1 常见建筑材料的密度、表观密度和堆积密度

材料名称	密度 / (g/cm^3)	表观密度 / (g/cm^3)	堆积密度 / (g/cm^3)
硅酸盐水泥	3.05 ~ 3.15	—	1.20 ~ 1.25
普通水泥	3.05 ~ 3.15	—	1.20 ~ 1.25

续表			
材料名称	密度 / (g/cm ³)	表观密度 / (g/cm ³)	堆积密度 / (g/cm ³)
火山灰水泥	2.85 ~ 3.00	—	0.85 ~ 1.15
矿渣水泥	2.85 ~ 3.00	—	1.00 ~ 1.20
钢材	7.85	7.85	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2.50 ~ 2.85	—
石灰岩	2.40 ~ 2.60	2.00 ~ 2.60	—
普通玻璃	2.50 ~ 2.60	2.50 ~ 2.60	—
烧结普通砖	2.50 ~ 2.70	1.50 ~ 1.80	—
建筑陶瓷	2.50 ~ 2.70	1.80 ~ 2.50	—
普通混凝土	2.60 ~ 2.80	2.30 ~ 2.50	—
普通砂	2.60 ~ 2.80	—	1.45 ~ 1.70
碎石或卵石	2.60 ~ 2.90	—	1.40 ~ 1.70
木材	1.55	0.40 ~ 0.80	—
泡沫塑料	1.00 ~ 2.60	0.02 ~ 0.05	—

(三) 填充率与空隙率

1. 填充率

填充率是指装在某一容器内的散粒材料，其颗粒填充该容器的程度，按下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\%$$

式中， D' ——填充率（%）。

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料（如砂、石等）颗粒之间的空隙体积占材料堆积体积的百分率，按下式计算：

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

式中， P' ——空隙率（%）。

散粒材料的填充率与空隙率的关系为：

$$D' + P' = 1$$

填充率与空隙率也是相互关联的两个性质，空隙率的大小可直接反映散粒材料的颗粒之间相互填充的程度。散粒材料，空隙率越大，则填充率越小。在配制混凝土时，砂、石的空隙率是作为控制集料级配与计算混凝土砂率的重要依据。

二、与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时，根据材料能否被水润湿，可将其分为亲水性材料和憎水性材料两类。亲水性是指材料表面能被水润湿的性质，憎水性是指材料表面不能被水润湿的性质。

当材料与水在空气中接触时，将出现如图 2-2 所示的两种情况。在材料、水、空气三相交点处，沿水滴的表面作切线，切线与水与材料接触面所成的夹角称为润湿角，用 θ 表示。 θ 越小，表明材料越易被水润湿。一般认为，当 $\theta \leq 90^\circ$ 时，如图 2-2 (a) 所示，材料表面吸附水分，能被水润湿，材料表现出亲水性；当 $\theta > 90^\circ$ 时，如图 2-2 (b) 所示，材料表面不易吸附水分，不能被水润湿，材料表现出憎水性。

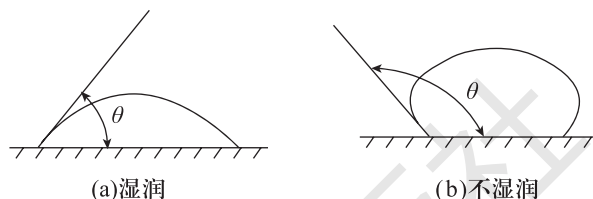


图 2-2 材料与水在空气中接触时出现的两种情况

亲水性材料易被水润湿，且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中，从而降低材料的吸水性。建筑材料大多数为亲水性材料，如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等，只有少数材料为憎水性材料，如沥青、石蜡、某些塑料等。建筑工程中憎水性材料常被用作防水材料，或作为亲水性材料的覆面层，以提高其防水、防潮性能。

2. 吸水性

材料在水中吸收水分达到饱和的性质称为吸水性。吸水性的用吸水率表示，吸水率有两种表示方法：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质量的百分率，按下式计算：

$$W_m = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中， W_m ——材料的质量吸水率 (%)；

$m_{\text{湿}}$ ——材料在吸水饱和状态下的质量 (g)；

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量 (g)。

(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，按下式计算：

$$W_v = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{水}}} \times 100\%$$

式中, W_V ——材料的体积吸水率 (%);

V_0 ——干燥材料的总体积 (cm^3);

$\rho_{\text{水}}$ ——水的密度 (g/cm^3)。

常用的建筑材料, 其吸水率一般用质量吸水率表示。而对于某些轻质材料, 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。

材料吸水率的大小, 不仅与材料的亲水性或憎水性有关, 而且与材料的孔隙率和孔隙特征有关。材料所吸收的水分是通过开口孔隙吸入的。一般而言, 孔隙率越大, 开口孔隙越多, 则材料的吸水率越大。但如果开口孔隙粗大, 则不易存留水分, 即使孔隙率较大, 材料的吸水率也较小。另外, 闭口孔隙水分不能进入, 吸水率也较小。

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, 按下式计算:

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

式中, $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率 (%);

$m_{\text{含}}$ ——材料在吸湿状态下的质量 (g);

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量 (g)。

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, 材料中的水分与空气的湿度达到平衡时的含水率就称为平衡含水率。在一般情况下, 材料的含水率是指平衡含水率。当材料内部孔隙吸水达到饱和时, 材料的含水率等于吸水率。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。

4. 耐水性

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称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示, 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;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数的大小反映材料在浸水饱和后强度降低的程度。材料被水浸湿后, 强度一般会有所下降, 因此软化系数在 0~1 之间。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。工程中将 $K_{\text{软}} > 0.80$ 的材料称为耐水性材料。经常位于水中或潮湿环境中重要结构的材料, 必须选用 $K_{\text{软}} > 0.85$ 的耐水性材料; 用于受潮较轻或次要结构的材料, 其软化系数不宜小于 0.75。

5. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性。材料的抗渗性通常用渗透系数表示。渗透系数是指一定厚度的材料, 在单位压力水头作用下, 单位时间内透过单位面积的水量,

按下式计算：

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

式中， K ——材料的渗透系数 (cm/h)；

W ——透过材料试件的水量 (cm³)；

d ——材料试件的厚度 (cm)；

A ——透水面积 (cm²)；

t ——透水时间 (h)；

H ——静水压力水头 (cm)。

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，则材料的抗渗性越差。

对于混凝土和砂浆，其抗渗性常用抗渗等级表示。抗渗等级是以规定的试件，采用标准的试验方法，测定其所能承受的最大水压力来确定的，用“ P_n ”表示，其中 n 为该材料所能承受的最大水压力 (MPa) 的 10 倍值。

材料抗渗性的大小，与其孔隙率和孔隙特征有关。若材料中存在连通的孔隙，且孔隙率较大，水分容易渗入，则这种材料的抗渗性较差。孔隙率小的材料具有较好的抗渗性。闭口孔隙水分不能渗入，因此对于孔隙率较大，但以闭口孔隙为主的材料，其抗渗性也较好。对于地下建筑、压力管道、水工构筑物等工程部位，因经常受到压力水的作用，要选择具有良好抗渗性的材料。若用作防水材料，则要求其具有更高的抗渗性。

6. 抗冻性

材料在饱和水状态下，能经受多次冻融循环作用而不破坏，且强度也不显著降低的性质，称为抗冻性。材料的抗冻性用抗冻等级表示。抗冻等级是以规定的试件，采用标准的试验方法，测得其强度降低不超过规定值，并无明显损害或剥落时所能经受的最大冻融循环次数来确定的，用“ F_n ”表示，其中 n 为最大冻融循环次数。

材料经受冻融循环作用而被破坏，主要是由材料内部孔隙中的水结冰所致的。水结冰时体积要增大，若材料内部孔隙充满了水，则结冰产生的膨胀会对孔隙壁产生很大的应力，当此应力超过材料的抗拉强度时，孔壁将产生局部开裂；随着冻融循环次数的增加，材料逐渐被破坏。

材料抗冻性的好坏，取决于材料的孔隙率、孔隙的特征、吸水饱和程度和自身的抗拉强度。材料的变形能力大，强度高，软化系数大，则抗冻性较高。一般认为，软化系数小于 0.80 的材料，其抗冻性较差。在寒冷地区及寒冷环境中的建筑物或构筑物，必须要考虑所选择材料的抗冻性。

三、与热有关的性质

为保证建筑物具有良好的室内小气候，降低建筑物的使用能耗，要求材料具有良好的热工性质。通常考虑的热工性质有导热性、热容量。

1. 导热性

当材料两侧存在温差时，热量将从温度高的一侧通过材料传递到温度低的一侧，材

料这种传导热量的能力称为导热性。材料导热性的大小用导热系数表示。导热系数是指厚度为 1 m 的材料,当两侧温差为 1 K 时,在 1 s 时间内通过 1 m² 面积的热量,按下式计算:

$$\lambda = \frac{Q\alpha}{At(T_2 - T_1)}$$

式中, λ ——材料的导热系数 [W/(m·K)];

Q ——传递的热量 (J);

α ——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)。

材料的导热性与孔隙率大小、孔隙特征等因素有关。孔隙率较大的材料,内部空气较多,由于密闭空气的导热系数很小 [$\lambda=0.023$ W/(m·K)],因此其导热性较差。但如果孔隙粗大,空气会形成对流,材料的导热性反而会增大。材料受潮以后,水分进入孔隙,水的导热系数 [$\lambda=0.58$ W/(m·K)]比空气的导热系数高很多,从而使材料的导热性大大增加;若材料受冻,水结成冰,冰的导热系数是水的导热系数的 4 倍,即 $\lambda=2.32$ W/(m·K),材料的导热性将进一步增大。

建筑物要求具有良好的保温隔热性。保温隔热性和导热性都是指材料传递热量的能力,在工程中常把 $1/\lambda$ 称为材料的热阻,用 R 表示。材料的导热系数越小,其热阻越大,则材料的导热性越差,保温隔热性越好。

2. 热容量

材料容纳热量的能力称为热容量,其大小用比热表示。比热是指单位质量的材料,温度每升高或降低 1 K 时所吸收或放出的热量,按下式计算:

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

式中, c ——材料的比热 [J/(kg·K)];

Q ——材料吸收或放出的热量 (J);

m ——材料的质量 (kg);

$T_2 - T_1$ ——材料加热或冷却前后的温差 (K)。

比热的大小直接反映出材料吸热或放热能力的大小。比热大的材料,能在热流变动或采暖设备供热不均匀时,缓和室内的温度波动。不同的材料,其比热不同,即使是同种材料,由于物态不同,其比热也会不同。

四、与声学有关的性质

1. 吸声性

物体振动时,迫使邻近空气随着振动而形成声波,当声波接触到材料表面时,一部分被反射,一部分穿透材料,而其余部分则在材料内部的孔隙中引起空气分子与孔壁

的摩擦和黏滞阻力，使相当一部分声能转化为热能而被吸收。被材料吸收的声能（包括穿透材料的声能在内）与原先传递给材料的全部声能之比，是评定材料吸声性能好坏的主要指标，称为吸声系数，按下式计算：

$$\alpha = \frac{E_0}{E}$$

式中， α ——材料的吸声系数；

E_0 ——被材料吸收（包括透过）的声能；

E ——传递给材料的全部入射声能。

假如入射声能的 70% 被吸收，30% 被反射，则该材料的吸声系数 $\alpha=0.7$ 。当入射声能 100% 被吸收而无反射时，则 $\alpha=1$ 。一般材料的吸声系数在 0~1 之间，吸声系数越大，则吸声效果越好。只有悬挂的空间吸声体，由于有效吸声面积大于计算面积，可获得吸声系数大于 1 的情况。

吸声材料能减弱声波的反射作用和抑制噪声。为了改善声波在室内传播的质量，保持良好的音响效果和减少噪声的危害，在给音乐厅、电影院、大会堂、播音室等进行内部装饰时，应使用适当的吸声材料；在噪声大的厂房内有时也采用吸声材料。

一般来讲，同一种多孔材料，表观密度增大时（即空隙率减小时），对低频声波的吸声效果有所提高，而对高频声波的吸声效果有所降低。增加多孔材料的厚度，可提高对低频声波的吸声效果，而对高频声波则没有多大影响。材料内部孔隙越多、越细小，吸声效果越好。如果孔隙太大，则效果较差；如果材料中的孔隙大部分为单独的闭口孔隙（如聚氯乙烯泡沫塑料），则因声波不能进入，从吸声机理上来讲，该材料就不属于多孔性吸声材料。当多孔材料表面涂刷油漆或材料吸湿时，材料表面的孔隙被涂料或水分所堵塞，使其吸声效果大大降低。

2. 隔声性

材料能减弱或隔断声波传递的性能称为隔声性能。人们要隔绝的声音按其传播途径有空气声（通过空气传播的声音）和固体声（通过固体的撞击或振动传播的声音）两种，两者隔声的原理不同。

对空气声的隔绝主要是依据声学中的“质量定律”，即材料的密度越大，越不易受声波作用而产生振动，声波通过材料传递的速度越小，其隔声效果越好，所以，应选用密度大的材料（如钢筋混凝土、实心砖等）作为隔绝空气声的材料。对固体声隔绝的最有效措施是断绝其声波继续传递的途径，即在产生和传递固体声波的结构（如梁、框架与楼板、隔墙以及它们的交接处等）层中加入具有一定弹性的衬垫材料，以阻止或减弱固体声波的继续传播。

结构的隔声性能用隔声量表示，隔声量是指入射与透过材料声能相差的分贝数。隔声量越大，隔声性能越好。

学习任务 2 | 建筑材料的力学性能

■ 任务目标

- 1. 掌握材料各项力学性能的概念及计算方法。
- 2. 会判断材料的受力性质。
- 3. 敬业爱岗，练好基本功：平时要多学习，全面了解建筑材料的各种知识，做到专业知识扎实，基本功过硬，能够胜任材料员、实验员等岗位。

知识链接

材料的力学性能是指材料在不同环境（温度、介质、湿度）下，承受各种外加载荷（拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击等）时所表现出的力学特征。



材料的力学性质

一、材料的强度

1. 强度

材料强度是指材料在外力（荷载）作用下抵抗破坏的能力。当材料受到外力作用时，在材料内部会相应地产生应力，且应力随外力的增大而增大，当应力超过材料内部质点所能抵抗的极限应力时，材料就发生破坏，此时的极限应力值即材料强度，也称极限强度。

根据外力作用方式的不同，材料强度可分为抗压强度、抗拉强度、抗剪强度、抗弯（抗折）强度等，均以材料受外力破坏时单位面积上所承受的力的大小来表示，如图 2-3 所示。

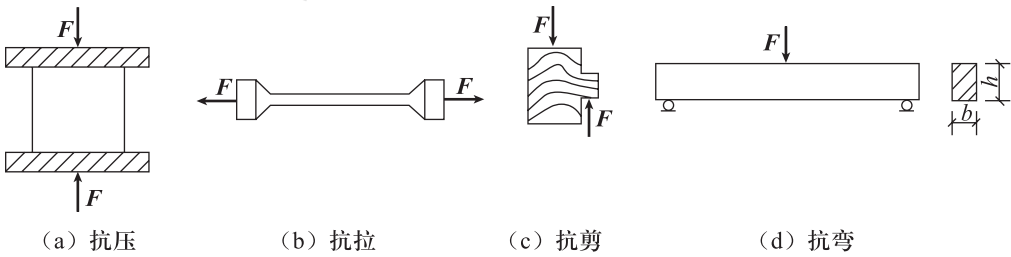


图 2-3 材料受外力作用示意图

材料的抗压、抗拉、抗剪强度按下式计算：

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

式中， f ——材料的强度（ N/mm^2 或 MPa ）；

P ——材料破坏时的最大荷载（ N ）；

A ——试件的受力面积（ mm^2 ）。

材料的抗弯强度(抗折强度)与试件受力情况、截面形状和支承条件有关。当试件中间作用一集中荷载时,抗弯强度按下式计算:

$$f_m = \frac{3PL}{2bh^2}$$

式中, f_m ——抗弯强度(N/mm²或MPa);

P ——弯曲破坏时的最大集中荷载(N);

L ——两支点间的距离(mm);

b, h ——试件截面的宽与高(mm)。

材料的静力强度实际上只是在特定条件下测定的强度值。试验测出的强度值,除了受材料的组成、结构等内在因素的影响外,还与试验条件有密切关系,如试件的形状、尺寸、表面状态、含水率、温度及试验时加荷速度等。为了使试验结果比较准确而且具有互相比较的意义,测定材料强度时必须严格按照统一的标准试验方法进行。

2. 强度等级

大部分建筑材料,根据其极限强度的大小,可划分为若干不同的强度等级。如砌筑砂浆按抗压强度分为M20、M15、M10、M7.5、M5.0、M2.5共6个强度等级,普通硅酸盐水泥按抗压强度分为42.5、42.5R、52.5、52.5R共2个强度等级4个类型。将建筑材料划分为若干强度等级,对掌握材料性能、合理选用材料、正确进行设计和控制工程质量都十分重要。

3. 比强度

对不同强度的材料进行比较,可采用比强度这个指标。比强度等于材料的强度与其表观密度之比,是衡量材料轻质高强特性的指标。结构材料在建筑工程中主要承受结构荷载,对多数建筑物来说,相当一部分的承载能力用于抵抗本身或其上部结构材料的自重荷载,只有剩余部分的承载能力才能用于抵抗外荷载。为此,提高材料的承载力,不仅应提高材料的强度,还应设法减轻其本身的自重,即应提高材料的比强度。

比强度越大,则材料的轻质高强性能越好,选择比强度大的材料对增加建筑物的高度、减轻结构自重、降低工程造价具有重大意义。几种常用材料的比强度值如表2-2所示。

表 2-2 几种常用材料的比强度值

材料	表观密度/(kg/m ³)	强度/MPa	比强度/(N·m/kg)
普通混凝土(抗压)	2 400	40	0.017
低碳钢	7 850	420	0.054
松木(顺纹抗拉)	500	100	0.200
烧结普通砖(抗压)	1 700	10	0.006
玻璃钢(抗弯)	2 000	450	0.225
铝合金	2 800	450	0.161
石灰岩(抗压)	2 500	140	0.056

二、材料的弹性和塑性

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，材料变形即可消失并能完全恢复原来形状的性质，称为弹性。这种当外力取消后瞬间内即可完全消失的变形，称为弹性变形。这种变形属于可逆变形，其数值的大小与外力成正比，其比例系数称为弹性模量，用 E 表示。在弹性变形范围内，弹性模量 E 为常数，其值等于应力与应变的比值。弹性模量是衡量材料抵抗变形能力的一个指标， E 越大，材料越不易变形。表达式如下：

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

式中， σ ——材料所承受的应力 (MPa)；

ε ——材料在应力 σ 作用下的应变。

材料在外力作用下产生变形，如果取消外力后，仍保持变形后的形状、尺寸，并且不产生裂缝的性质，称为塑性。这种不能消失的变形，称为塑性变形（永久变形）。

许多材料受力不大时，仅产生弹性变形；受力超过一定限度后，即产生塑性变形。如建筑钢材，当外力小于弹性极限时，仅产生弹性变形；当外力大于弹性极限时，除了弹性变形外，还产生塑性变形。有的材料在受力时，弹性变形和塑性变形同时产生，如果取消外力，则弹性变形可以消失而塑性变形不能消失，这种材料称为弹塑性材料。

三、材料的脆性和韧性

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，这种性质称为脆性，具有脆性的材料称为脆性材料。脆性材料的抗压强度远大于其抗拉强度，因此其抵抗冲击荷载或振动荷载作用的能力很差。建筑材料中大部分无机非金属材料均为脆性材料，如混凝土、玻璃、天然岩石、砖瓦、陶瓷等。

材料在冲击荷载或振动荷载作用下，能吸收较多的能量，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性指标 α_k 表示，按下式计算：

$$\alpha_k = \frac{A_k}{A}$$

式中， α_k ——试件的冲击韧性指标 (J/mm^2)；

A_k ——试件破坏时所消耗的功 (J)；

A ——试件受力净截面面积 (mm^2)。

在建筑工程中，对于要求承受冲击荷载和有抗震要求的结构，如吊车梁、桥梁、路面等，其所用材料均应具有较高的韧性。

四、材料的硬度和耐磨性

1. 硬度

硬度是指材料表面抵抗硬物压入或刻划的能力。

测定材料硬度的方法有多种，通常采用的有刻划法和压入法两种，不同材料选择的

测定方法不同。刻划法常用于测定天然矿物的硬度，按硬度递增顺序分为 10 级，即滑石、石膏、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石。钢材、木材及混凝土等的硬度常用压入法测定。

材料的硬度越大，其耐磨性越好。工程中有时也可用硬度来间接推算材料的强度。

2. 耐磨性

耐磨性是指材料抵抗磨损的能力，用磨损率表示，按下式计算：

$$N = \frac{m_1 - m_2}{A}$$

式中， N ——材料的磨损率 (g/cm^2)；

m_1, m_2 ——材料磨损前、后的质量 (g)；

A ——试件受磨面积 (cm^2)。

材料的耐磨性与其组成成分、结构、强度、硬度等有关。在建筑工程中，用作踏步、台阶、地面、路面等的材料，应具有较高的耐磨性。

学习任务3 | 建筑材料的耐久性

■ 任务目标

1. 熟悉影响材料耐久性的因素。
2. 掌握提高材料耐久性的方法。
3. 清正廉洁，秉公办事：严格要求自己，在建筑材料采购、使用、检测等环节做到清正廉洁，秉公办事，确保质量。

知识链接

建筑材料除应满足各项物理、力学的功能要求外，还必须经久耐用，反映这一要求的性质称为耐久性。耐久性是指材料在内部和外部多种因素作用下，长久地保持其使用性能的性质。

影响材料耐久性的因素有很多，材料除受内在原因影响使其组成、构造、性能发生变化以外，还要长期受到使用条件及各种自然因素的作用，这些作用可概括为以下几方面。

一、物理作用

物理作用包括环境温度、湿度的交替变化，即冷热、干湿、冻融等循环作用。材料在经受这些作用后，将发生膨胀、收缩或产生内应力，长期反复的物理作用将使材料变形、开裂甚至被破坏。

二、化学作用

化学作用包括大气和环境水中的酸、碱、盐或其他有害物质对材料的侵蚀作用，以及日光、紫外线等对材料的作用，使材料发生腐蚀、碳化、老化等从而逐渐丧失使用功能。

三、机械作用

机械作用包括荷载的持续作用，交变荷载对材料引起的疲劳、冲击、磨损等。

四、生物作用

生物作用包括菌类、昆虫等的侵害作用，导致材料发生腐朽、虫蛀等。

一般矿物质材料如石材、砖瓦、陶瓷、混凝土等，暴露在大气中时，主要受到大气的物理作用；当材料处于水位变化区或水中时，还受到环境水的化学侵蚀作用。金属材料在大气中易被锈蚀；沥青和高分子材料在阳光、空气及辐射的作用下，会逐渐老化、

变质而被破坏。影响材料耐久性的外部因素往往通过其内部因素发生作用，与材料耐久性有关的内部因素主要是材料的化学组成、结构和构造的特点。当材料含有易与其他外部介质发生化学反应的成分时，就会因其抗渗性和耐腐蚀能力差而被破坏。

对材料耐久性最可靠的判断，是对其在使用条件下进行长期的观察和测定，但这需要很长的时间，往往满足不了工程的需要。所以常常根据使用要求，用一些试验室可测定又能基本反映其耐久性的短时试验指标来表示。例如，常用软化系数来反映材料的耐水性，用试验室的冻融循环（数小时 1 次）试验得出的抗冻等级来反映材料的抗冻性，采用较短时间的化学介质浸渍来反映实际环境中的水泥石长期腐蚀现象等。

为提高材料的耐久性，根据材料的特点和使用情况采取相应的措施，通常可以从以下几方面考虑：

- (1) 设法减轻大气或其他介质对材料的破坏作用，如降低温度、排除侵蚀性物质等。
- (2) 提高材料本身的密实度，改变材料的孔隙构造。
- (3) 适当改变成分，进行憎水处理及防腐处理。
- (4) 在材料表面设置保护层，如抹灰、做饰面、刷涂料等。

工作任务 4 | 建筑材料基本性质检测

任务目标

1. 能够按要求制备试样。
2. 能够对建筑材料的密度、表观密度、吸水率进行检测。
3. 能够从总体上判断所检测的材料是否符合应用标准。
4. 培养良好的试验习惯。
5. 顾全大局，团结协作：树立全局意识、维护集体荣誉，谦虚谨慎、尊重同行，营造和谐工作氛围。

任务实施

一、建筑材料密度检测

(一) 试样制备

将试样研碎，通过 900 孔 / cm^2 的筛，除去筛余物，放在 105~110 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，烘干至恒质量，再放入干燥器中冷却至室温备用。

(二) 检测步骤

(1) 在密度瓶（李氏瓶）（图 2-4）中注入与试样不发生化学反应的液体，使液面达到突颈下部 0 mL 和 1 mL 刻度线之间。

(2) 将密度瓶置于盛水的玻璃容器中，使刻度部分完全浸入水中，用支架夹住以防密度瓶浮起或歪斜。容器中的水温应保持在 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。经 30 min，读出密度瓶内液体凹液面的刻度值 V_1 （精确至 0.1 mL，以下同）。

(3) 用天平称取 60~90 g 试样，用 m_1 表示，用小勺和漏斗小心地将试样送入密度瓶中，要防止在密度瓶喉部发生堵塞，直至液面上升到 20 mL 刻度左右为止。再称剩余的试样质量，用 m_2 表示，计算出装入瓶内的试样质量 m (g)。

(4) 将密度瓶倾斜一定角度并沿瓶轴旋转，使试样粉末中的气泡逸出，再将密度瓶放入盛水的玻璃容器中（方法同上），经 30 min，待瓶中液体温度与水温相同后，读出密度瓶内液体凹液面的刻度值 V_2 (mL)。

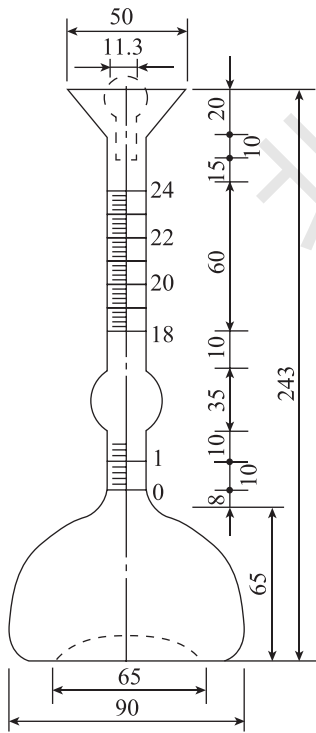


图 2-4 密度瓶

(三) 检测结果

(1) 密度 ρ 按下式计算 (精确至 0.01 g/cm^3):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 - m_2}{V_2 - V_1}$$

式中, m ——密度瓶中试样粉末的质量 (g);

V ——装入密度瓶中试样粉末绝对密实状态下的体积 (cm^3)。

(2) 以两次试验结果的平均值作为密度的测定结果。两次试验结果的差值不得大于 0.02 g/cm^3 , 否则应重新取样进行试验。

二、建筑材料表观密度检测

(一) 砂的表观密度检测 (容量瓶法)

1. 试样制备

将 650 g 左右的试样放在温度为 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 再放入干燥器中冷却至室温待用。

2. 检测步骤

(1) 称取烘干的试样 300 g , 用 m_0 表示, 装入盛有半瓶冷开水的容量瓶中, 摇转容量瓶, 使试样在水中充分搅动, 并排除气泡, 塞紧瓶塞, 静置 24 h 左右。

(2) 静置后用滴管加水, 使水面与瓶颈刻度线平齐, 再塞紧瓶塞, 擦干瓶外水分, 称其质量, 用 m_1 表示。

(3) 倒出瓶中的水和试样, 将瓶的内外表面洗净, 再向瓶内注入与上述水温相差不超过 2°C 的冷开水至瓶颈刻度线, 塞紧瓶塞, 擦干瓶外水分, 称其质量, 用 m_2 表示。

3. 检测结果

按下式计算砂的表观密度 (精确至 0.01 g/cm^3):

$$\rho = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} - \alpha_t \right) \times \rho_w$$

式中, m_0 ——试样的烘干质量 (g);

m_1 ——试样、水及容量瓶的总质量 (g);

m_2 ——水及容量瓶的总质量 (g);

α_t ——不同水温下砂的表观密度修正系数, 如表 2-3 所示;

ρ_w ——水的密度 (g/cm^3)。

表 2-3 不同水温下砂的表观密度修正系数

水温 $^{\circ}\text{C}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
α_t	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008

按规定, 表观密度应用两份试样测定两次, 并以两次结果的算术平均值作为测定结果, 如果两次测定结果的差值大于 0.02 g/cm^3 , 应重新取样测定。

(二) 石子的表观密度检测 (广口瓶法)

1. 试样制备

将试样筛去 5 mm 以下的颗粒, 用四分法缩分至不少于 2 kg, 洗刷干净后, 分成两份备用。

2. 检测步骤

(1) 将 300 g 左右试样浸入水中至饱和, 然后装入广口瓶中。装试样时, 广口瓶应倾斜放置。然后注入饮用水, 用玻璃片覆盖瓶口, 以上下左右摇晃的方法排除气泡。

(2) 气泡排尽后, 向瓶中添加饮用水, 直至水面凸出瓶口边缘。然后用玻璃片沿瓶口迅速滑行, 使其紧贴瓶口水面。擦干瓶外水分后, 称出试样、水、瓶和玻璃片的总质量, 用 m_1 表示, 精确至 1 g。

(3) 将瓶中试样倒入浅盘, 放在烘箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒重, 待冷却至室温后称出其质量, 用 m 表示, 精确至 1 g。

(4) 将瓶洗净并重新注入饮用水, 用玻璃片紧贴瓶口水面, 擦干瓶外水分后, 称出水、瓶和玻璃片的总质量, 用 m_2 表示, 精确至 1 g。

3. 检测结果

表观密度按下式计算 (精确至 10 kg/m^3):

$$\rho_g = \left(\frac{m}{m + m_2 - m_1} \right) \times \rho_w \times 1000$$

式中, ρ_g ——石子的表观密度 (kg/m^3);

m ——烘干试样的质量 (g);

m_1 ——试样、水、瓶和玻璃片的总质量 (g);

m_2 ——水、瓶和玻璃片的总质量 (g);

ρ_w ——水的密度 (g/cm^3)。

以两次检测结果的算术平均值作为测定值, 如果两次结果之差大于 20 kg/m^3 , 可取四次试验结果的平均值。

三、建筑材料吸水率检测

(一) 试样制备

将试件置于烘箱中, 以不超过 110°C 的温度将试件烘干至恒质量, 再放入干燥器中冷却至室温, 称其质量, 用 m 表示。

(二) 检测步骤

(1) 将试件放入水槽中, 试件之间应留 1~2 cm 的间隔, 试件底部应用玻璃棒垫起, 以避免其与槽底直接接触。

(2) 将水注入水槽中, 使水面至试件高度的 $1/4$ 处, 2 h 后加水至试件高度的 $1/2$ 处, 隔 2 h 再加水至试件高度的 $3/4$ 处, 又隔 2 h 加水至高出试件 1~2 cm, 再经 24 h

后取出试件。逐次加水是为了使试件孔隙中的空气逐渐逸出。

(3) 取出试件后,用拧干的湿毛巾轻轻抹去试件表面的水分(不得来回擦拭,避免磨损试件)。称其质量,称量后仍放回槽中浸水。

以后每隔 1 昼夜用同样方法称取试样质量,直至试件浸水至恒定质量为止(质量相差不超过 0.05 g),此时称得试件质量,用 m_1 表示。

(三) 检测结果

质量吸水率 W_m (%) 和体积吸水率 W_v (%) 按下式计算,取 3 个试件吸水率的算术平均值作为结果。

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%$$

$$W_v = \frac{V_1}{V_0} \times 100\% = \frac{m_1 - m}{m} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_w} \times 100\% = W_m \rho_0$$

式中, m_1 ——材料吸水饱和时的质量 (g);

m ——材料干燥状态时的质量 (g);

V_1 ——材料吸水饱和时水的体积 (cm^3);

V_0 ——干燥材料自然状态时的体积 (cm^3);

ρ_0 ——试样的干体积密度 (g/cm^3);

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

拓展阅读

数值修约

在进行具体的数字运算前,通过省略原数值的最后若干位数字,调整保留的末位数字,使最后所得到的值最接近原数值的过程称为数值修约。指导数值修约的具体规则被称为数值修约规则。数值修约时应首先确定“修约间隔”和“进舍规则”,然后指定表达方式,即选择根据“修约间隔”保留到指定位数。科技工作中测定和计算得到的各种数值,除另有规定外,修约时应按照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170—2008)进行。

1. 数值修约的步骤

在执行数值修约的过程中,应按照以下步骤进行修约:

(1) 确定修约间隔。

(2) 确定进舍规则。

①拟舍弃数字的最左一位数字小于 5,则舍去,保留其余各位数字不变。

②拟舍弃数字的最左一位数字大于 5,则进一,即保留数字的末位数字加 1。

③拟舍弃数字的最左一位数字是 5,且其后有非 0 数字时进一,即保留数字的末位数字加 1。

④拟舍弃数字的最左一位数字为5，且其后无数字或皆为0时，若所保留的末位数字为奇数（1，3，5，7，9）则进一，即保留数字的末位数字加1；若保留的末位数字为偶数（0，2，4，6，8），则舍去。

⑤负数修约时，先将它的绝对值按①～④的规定进行修约，然后在所得值前面加上负号。

（3）不允许连续修约。

拟修约数字应在确定修约间隔或指定修约数位后一次修约获得结果，不得多次按进舍规则连续修约。

2. 修约的执行原则和判定

数值修约的执行原则应按以下标准执行：

（1）产品标准中对实验结果明确规定按照什么规则或标准进行修约，且修约间隔是多少，就应该按照产品标准所规定的执行。将修约后的结果和产品标准中的判定数值（极限数值）进行比较，加以判断。

（2）产品标准中无明确规定按照何种标准或规则进行修约及修约间隔为多少，而检测者所采用的实验方法标准中有修约方法和修约间隔，就应该按照实验方法标准中的规定执行数值修约。将修约后的结果和产品标准中的判定数值进行比较，加以判断。如果实验方法标准中只有修约间隔，没有修约方法，应以实验方法标准中的修约间隔，按照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170—2008）进行修约。将修约后的结果和产品标准中的判定数值进行比较，加以判断。

（3）产品标准和试验方法标准对数值修约方法和修约间隔均无明确规定时，应按照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170—2008）进行修约。GB/T 8170—2008中提到，“当标准或有关文件中，若对极限数值（包括带有极限偏差值的数值）无特殊规定时，均应使用全数值比较法”。

人生启迪



建筑材料性质决定了建筑工程质量，做好建筑材料检测工作需要科学严谨、求真务实的职业素养。



职业技能知识点考核

1. 辨析材料的实际密度、体积密度和堆积密度。
2. 亲水性材料和憎水性材料的区别是什么？
3. 什么是材料的韧性？建筑工程中哪些结构所用材料需要有较高的韧性？
4. 提高材料耐久性的措施有哪些？