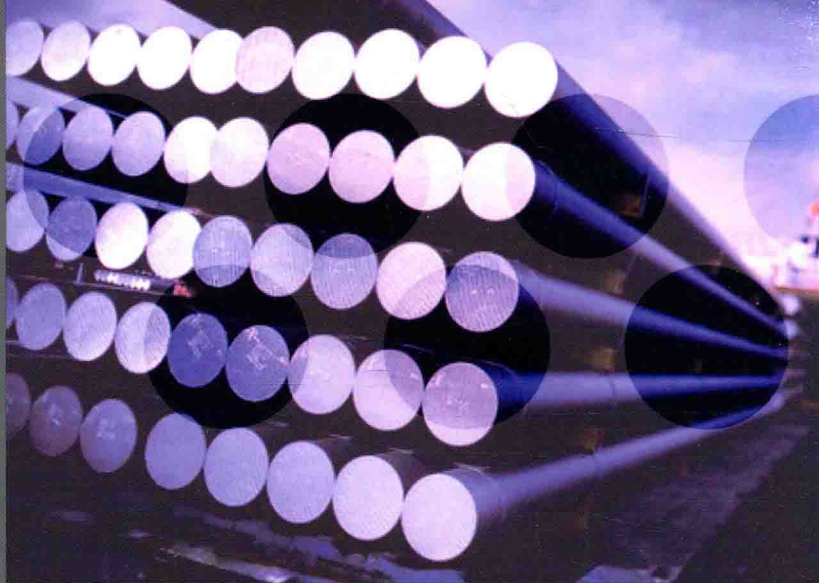




高职高专土建类工学结合“十二五”规划教材
GAOZHIGAOZHUAN TUJIANLEI GONGXUEJIEHE "SHIERWU" GUIHUA JIAOCAI

建筑材料

JIANZHUCAILIAO

主 编◎苏登信 王静杰 王小广



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

高职高专土建类工学结合“十二五”规划教材

建筑材料

主 编	苏登信	王静杰	王小广
副主编	吴浩然	刘俊华	姜 毅
参 编	黄光晶	陈德先	王朝兴
	李秋虹	唐 辉	雷俊花

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

全书共有 11 个项目,主要内容有:建筑材料的基本性质,气硬性胶凝材料,水硬性胶凝材料,混凝土的检测,建筑砂浆,建筑钢材,防水材料,墙体材料,木材,其他建筑材料,以及其他检测项目。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校建筑类专业的教材,也可作为建筑工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/苏登信,王静杰,王小广主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.8
ISBN 978-7-5680-0317-9

I. ①建… II. ①苏… ②王… ③王… III. ①建筑材料-高等职业教育-教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 183260 号

建筑材料

苏登信 王静杰 王小广 主编

策划编辑:金 紫

责任编辑:张秋霞

封面设计:李 嫚

责任校对:曾 婷

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.5

字 数:281 千字

版 次:2015 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:29.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

“建筑材料”是建筑类专业的必修基础课。本书以建筑工程常用材料为主线,主要介绍不同材料的组成和构造,分析材料在不同使用环境、技术条件下的状态、技术性能和使用要求,进一步研究如何有效应用和合理选择材料。本书的主要特点是融理论知识与技能操作为一体,注重学生职业技能和能力的培养,通过将“教、学、做”相结合,采用任务驱动、项目导向的教学模式,有效调动学生的学习兴趣,促进学生积极思考与实践。本书内容简洁明了,重点突出,知识覆盖面广,可作为高职高专建筑类专业应用型人才培 养用书,也可作为建筑类专业自学用书。

本书安排了 11 个项目,项目 1 至项目 9 重点介绍建筑工程中主要建筑材料,突出材料的性能、技术特性和应用,并介绍其技术要求、检测方法、储存运输等以适应施工员、预算员等专业技术岗位的实际需要。项目 10 和项目 11 补充并系统介绍建筑工程中常用其他材料的性能及其检测方法。为了便于学习,本书采用项目教学、情景教学模式,采用以应用为中心的教学思路,深入浅出地介绍建筑材料的相关理论、科学有效的材料检测方法和系统的理论复习方法,达到理论联系实际、培养应用型人才的目标。

本书主要由职业院校双师型教师 and 高级工程技术人员编写。分别由苏登信、王静杰、王小广担任主编,吴浩然、刘俊华、姜毅担任副主编,黄光晶、陈德先、王朝兴、李秋虹、唐辉、雷俊花参与编写。全书由苏登信和王静杰统稿。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,在此诚挚感谢这些文献的作者。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不足之处敬请读者及专家同行批评指正。

编 者

2014 年 8 月

目 录

项目 1 建筑材料的基本性质	(1)
任务 1.1 建筑材料的认识	(1)
任务 1.2 建筑材料基本性质的认识	(2)
项目 2 气硬性胶凝材料	(17)
任务 2.1 胶凝材料的认识	(17)
任务 2.2 气硬性胶凝材料	(17)
项目 3 水硬性胶凝材料	(23)
任务 3.1 水硬性胶凝材料的认识	(23)
任务 3.2 通用硅酸盐水泥	(23)
任务 3.3 特性硅酸盐水泥	(43)
任务 3.4 专用硅酸盐水泥	(45)
项目 4 混凝土的检测	(47)
任务 4.1 混凝土的认识	(47)
任务 4.2 普通混凝土的组成材料	(48)
任务 4.3 普通混凝土的技术性质	(60)
任务 4.4 普通混凝土的配合比设计	(74)
任务 4.5 其他品种混凝土	(83)
项目 5 建筑砂浆	(86)
任务 5.1 建筑砂浆的认识	(86)
任务 5.2 砌筑砂浆	(86)
任务 5.3 抹灰砂浆	(96)
任务 5.4 预拌砂浆	(97)
项目 6 建筑钢材	(99)
任务 6.1 建筑钢材的认识	(99)
任务 6.2 建筑钢材的主要技术性能	(101)
任务 6.3 建筑钢材的技术标准及选用	(108)
任务 6.4 钢材的锈蚀及防护措施	(115)
项目 7 防水材料	(117)
任务 7.1 防水材料的认识	(117)
任务 7.2 沥青	(117)
任务 7.3 防水卷材	(125)
任务 7.4 防水涂料和密封材料	(129)

项目 8 墙体材料 (131)

 任务 8.1 墙体材料的认识 (131)

 任务 8.2 砌墙砖 (131)

 任务 8.3 砌块 (136)

 任务 8.4 板材 (139)

项目 9 木材 (142)

 任务 9.1 木材的认识 (142)

 任务 9.2 木材的种类和构造 (142)

 任务 9.3 木材的主要技术性能 (143)

 任务 9.4 木材的应用 (145)

项目 10 其他建筑材料 (148)

 任务 10.1 建筑石材 (148)

 任务 10.2 建筑玻璃 (151)

 任务 10.3 建筑陶瓷 (153)

 任务 10.4 建筑塑料 (154)

 任务 10.5 建筑涂料 (156)

项目 11 建筑材料的其他检测项目 (158)

 任务 11.1 水泥的检测 (158)

 任务 11.2 混凝土用骨料的检测 (161)

 任务 11.3 建筑砂浆的检测 (173)

 任务 11.4 钢筋的检测 (173)

参考文献 (175)

项目 1 建筑材料的基本性质

【学习目标】

在认识材料种类和材料宏观构造的基础上,掌握建筑材料的基本性质,进而掌握建筑材料各项技术性能指标,并且能够进行建筑材料基本技术性能检测。

任务 1.1 建筑材料的认识

1.1.1 建筑材料的定义

建筑材料是指建造建筑物和构筑物所用的材料,具体指组成建筑物的地基、基础、墙和柱、楼板和地坪、门窗、楼梯和屋顶等所用的材料(见图 1-1)。构筑物指水池、堤坝等。建筑材料广义上是指建筑、水电、设备等施工所用的所有材料。

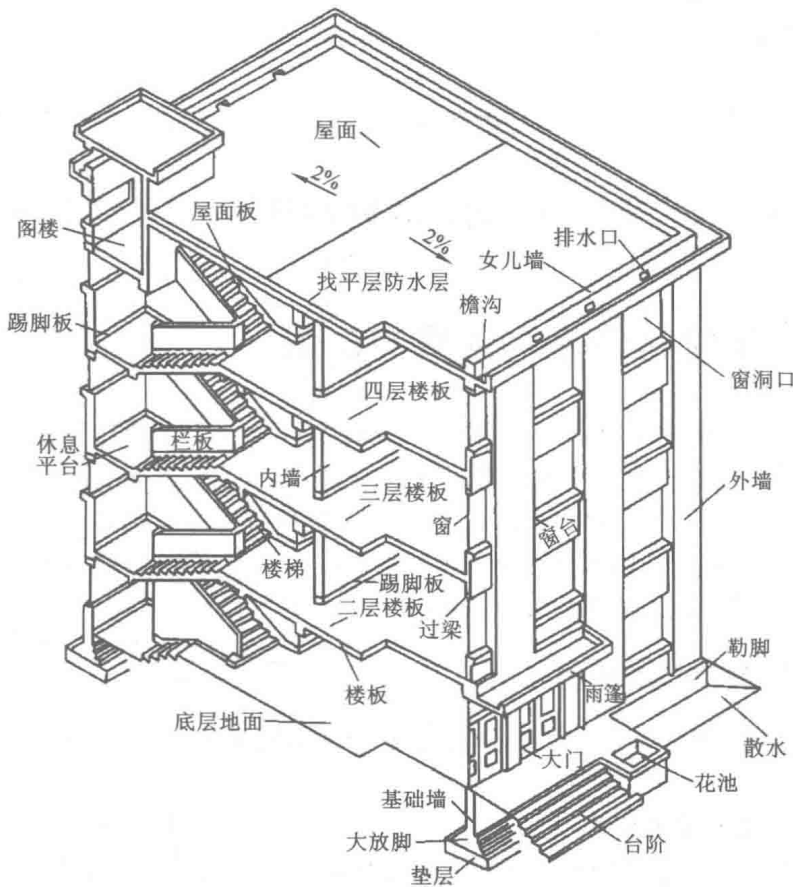


图 1-1 房屋的组成

1.1.2 建筑材料的分类

建筑材料通常按其化学成分或按其使用功能进行分类。

1. 按化学成分分类

建筑材料按其化学成分的分类见表 1-1。

表 1-1 建筑材料按其化学成分分类

分 类			示 例
无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁及其合金等
		有色金属	铝、锌及其合金等
	非金属材料		水泥、石灰、玻璃、砖、混凝土等
有机材料	沥青、木材、塑料、涂料、黏结剂等		
复合材料	聚合物混凝土、沥青混凝土、钢筋混凝土、塑钢门窗材料、彩色夹芯复合钢板等		

2. 按使用功能分类

建筑材料按使用功能可分为结构材料、围护材料和功能材料。

1) 结构材料

结构材料指用于建筑物的结构构件及其与受力作用有关的材料。如梁、板、基础、框架等构件使用的材料。常用的结构材料有砖、石、钢筋混凝土、钢材等。

2) 围护材料

围护材料指建筑物围护结构所用的材料。如墙体、门窗、屋面等部位所使用的材料。

3) 功能材料

功能材料指建筑物所用的具有一定建筑功能的材料。如防水材料、隔热材料、吸声隔声材料、装饰材料等。

任务 1.2 建筑材料基本性质的认识

建筑物所使用的材料应满足结构安全、经济耐久、节约能源和美化环境的要求。

建筑物在使用过程中要受各种因素作用,如热胀冷缩、干湿变化、冻融循环等物理作用,地下潮湿环境、水中、化工厂等的化学侵蚀作用,建筑物承重构件如梁、板、柱等所能承受的力学作用,以及在上述综合因素作用下长期使用的耐久性等。因此,建筑材料的基本性质主要包括材料的物理性质、力学性质和耐久性。

1.2.1 材料的物理性质检测

建筑材料的物理性质概括为三个方面:材料与质量有关的性质,材料与水有关的性质,材料与热有关的性质。

1. 材料与质量有关的性质

块体材料在自然状态下的体积(V_0)主要由绝对密实的固体物质体积 V 、开口孔隙体积($V_{开}$)、闭口孔隙体积($V_{闭}$)等三方面组成,如图 1-2 所示。

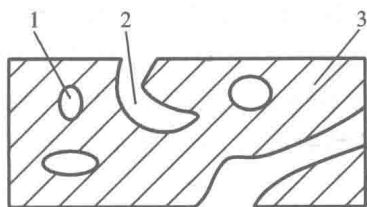


图 1-2 块体材料的体积构成示意图

1—闭口孔隙;2—开口孔隙;3—固体物质

散粒状材料在自然堆积状态下的体积(V'_0)主要由含孔隙在内的固体颗粒材料的总体积(V_0)和颗粒之间的空隙体积($V_{\text{空}}$)组成,如图 1-3 所示。

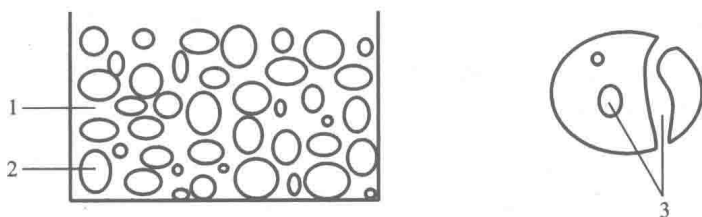


图 1-3 散粒状材料堆积体积示意图

1—空隙;2—固体颗粒;3—孔隙

1) 材料在不同构造状态下的体积

材料在绝对密实状态下的体积 V 是指构成材料的固体物质本身的体积,不包括孔隙体积,也称实体体积。

材料的表观体积是指材料的固体物质部分体积与材料内部所含闭口孔隙体积之和,即

$$V' = V + V_{\text{闭}}$$

材料的自然体积是指材料的固体物质部分体积与材料内部所含全部孔隙体积之和,即

$$V_0 = V + V_{\text{开}} + V_{\text{闭}}$$

材料的堆积体积是指含有孔隙在内的固体颗粒材料的总体积与颗粒之间空隙体积之和,即

$$V'_0 = V_0 + V_{\text{空}}$$

2) 材料的总质量

材料的总质量包括固体物质的质量和孔隙中水的质量。

3) 材料在不同构造状态下的密度

材料的密度是指材料单位体积的质量。

(1) 实际密度

实际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 ——材料的实际密度, g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积,又称实体体积, cm^3 。

同种材料, ρ 为常数。

当测定固体材料的密度时,须将材料磨成细粉(粒径小于 0.2 mm)后,用密度瓶排开液体法测得固体物质部分体积。对于某些较密实的、外形不规则的散粒状材料(如混凝土用砂、石子等),因孔隙很少,可不必磨细,直接以排水法测得体积,称为绝对密实体积的近似值。用绝对密实体积的近似值计算的密度,称为近似密度(又称为颗粒的视密度)。

(2) 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。按下式计算:

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

式中: ρ' ——材料的表观密度, g/cm^3 ;
 m ——材料在自然状态下的质量, g ;
 V' ——材料在自然状态下不含开口孔隙的体积, 又称表观体积, cm^3 。

根据材料含水状态的不同有干表观密度和湿表观密度之分。通常所指的表观密度,是指干燥状态下的表观密度。

(3) 体积密度

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 ——材料的体积密度, kg/m^3 ;
 m ——材料在自然状态下的质量, kg ;
 V_0 ——材料在自然状态下的体积, 又称自然体积, m^3 。

对于规则几何形状的材料,其自然状态下的体积密度的测定采用测量几何体积的方法(即只用测定其外形尺寸);对于形状不规则的散粒材料,要采用排开液体法测定,在测定前,材料表面应蜡封处理。测定体积密度值须注明含水情况。一般所指的体积密度,是以干燥状态下的测定值为准。

(4) 堆积密度

堆积密度是指散粒状(粉状、粒状、纤维状)材料在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 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;
 m ——散粒材料的质量, kg ;
 V'_0 ——散粒材料在自然堆积状态下的体积, 又称堆积体积, m^3 。

材料的堆积密度根据测定时材料装填方式和疏密程度的不同,分为松堆密度和紧密密度。工程中通常采用松堆密度确定颗粒状材料的堆放空间。

在建筑工程中,计算材料的用量、构件的自重及配料计算、确定堆放空间和运输量时,需要用到材料的各种密度指标。常用建筑材料的实际密度、表观密度、体积密度和堆积密度见表1-2。

表 1-2 常用建筑材料的实际密度、表观密度、体积密度和堆积密度

材料名称	实际密度/(g/cm^3)	表观密度/(g/cm^3)	体积密度/(kg/m^3)	堆积密度/(kg/m^3)
水泥	2.8~3.1	—	—	1000~1700

续表

材料名称	实际密度/(g/cm ³)	表观密度/(g/cm ³)	体积密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)
钢材	7.85	—	7850	—
普通混凝土	—	—	1950~2500	—
砂	2.5~2.8	2.5~2.8	—	1450~1650
碎石或卵石	2.6~2.9	2.6~2.9	—	1400~1650
木材	1.55	—	400~800	—
石灰岩	2.60	—	1800~2600	—
普通黏土砖	2.5~2.8	—	1600~1800	—
木材	1.55	—	400~800	—

4) 材料的密实度与孔隙率

(1) 密实度

密实度是指材料自然体积内被固体物质填充的程度,也就是固体物质的体积占自然体积的比例。以 D 表示,按下式计算:

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

(2) 孔隙率

孔隙率是指自然状态下材料的孔隙体积占自然体积的百分率。以 P 表示,按下式计算:

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

材料的孔隙率与密实度的关系为

$$P + D = 1$$

干燥材料孔隙率越大,则材料的密实度越差、强度越低,吸水性、吸湿性越大,保温隔热性能越好。

5) 材料的填充率与空隙率

(1) 填充率

填充率是指散粒材料堆积体积内被固体颗粒填充的程度。用 D' 表示,按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\%$$

(2) 空隙率

空隙率是指散粒材料颗粒之间的空隙体积占材料堆积体积的百分率。用 P' 表示,按下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\%$$

散粒材料的空隙率与填充率的关系为

$$P' + D' = 1$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间相互填充的程度。在配制混凝土时,砂、石的空隙率可作为控制混凝土骨料级配和调整砂率的依据。

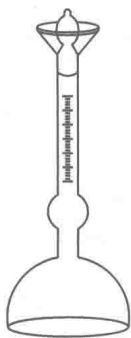


图 1-4 李氏比重瓶

6) 材料在不同构造状态下的密度的测定

(1) 试验一 材料实际密度的测定

① 试验目的:测定在绝对密实状态下材料的实际密度。

② 试验所用仪器设备:李氏比重瓶(见图 1-4)、天平(称量为 500 g,精确至 0.01 g)、筛子(孔径为 0.25 mm)、烘箱、恒温水槽、温度计、量筒、干燥器等。

③ 试验步骤。

a. 将试样(如石料)研磨成细粉,用孔径为 0.25 mm 筛子筛分细粉,取筛下部分备用。

b. 用天平称取筛下部分试样 100 g,放在 100~110 °C 的烘箱中,烘干至恒重(6~12 h),再放入干燥器中冷却至室温备用。

c. 取与试样不起反应的液体且液体中应不含空气(如煤油),将液体注入李氏比重瓶中至零刻度线以上。将李氏比重瓶放在 20 °C 恒温水槽中 0.5 h,使刻度部分浸入水中,然后读起始读数 V_0 ,以弯月面下部为准。读数准确至 0.05 mL。

d. 从干燥器中取出冷却后试样,精确称量试样 m_0 ,准确至 0.01 g。

e. 从恒温水槽中取出李氏比重瓶,用滤纸擦拭李氏比重瓶细长颈内没有液体部分。用漏斗和小勺小心地将试样送到李氏比重瓶内(注意不要使试样附着在液面以上的瓶颈内壁上,也不要大量倾倒,防止在漏斗颈内发生堵塞)。当液面上升至 20 mL 或 20 mL 以上刻度处时停止加入试样。轻轻摇动李氏比重瓶,排除液体中的空气。

f. 称量未注入瓶内剩余试样的质量 m_1 ,准确至 0.01 g。计算出送入瓶中试样的质量 $m = m_0 - m_1$ 。

g. 再将李氏比重瓶放在 20 °C 恒温水槽中 0.5 h,然后记下液面刻度 V_1 ,以弯月面下部为准,读数准确至 0.05 mL。计算试样的绝对体积 $V = V_1 - V_0$ 。

④ 试验结果处理。

材料的实际密度按下式计算(精确至 0.01 g/cm³):

$$\rho = \frac{m_0 - m_1}{V_1 - V_0}$$

式中: ρ ——材料试样的实际密度,g/cm³;

m_0 ——加入李氏比重瓶前试样的质量,g;

m_1 ——加入李氏比重瓶后剩余试样的质量,g;

V_0 ——加入试样前李氏比重瓶的液面读数,mL;

V_1 ——加入试样后李氏比重瓶的液面读数,mL。

根据相关规定,测定密度时应进行两个平行试验,以其计算结果的算术平均值作为最后的试验结果,两次计算结果之差不得超过 0.02 g/cm³,如果超过,则应重新取样试验。

(2) 试验二 材料体积密度的测定

① 试验目的:测定在自然状态下材料的体积密度。

② 试验所用主要仪器设备:天平、烘箱、游标卡尺、干燥器等。

③ 试验步骤。

对于规则几何形状的材料试样(如混凝土试样),其试验步骤如下所示。

a. 将待测试样放入 $100\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重($6\sim 12\text{ h}$),再放入干燥器中冷却至室温备用。

b. 试样尺寸用游标卡尺量出,试样为正方体或平行六面体时,以每边测量上、中、下三次的算术平均值为准,并计算出其自然状态下的体积(V_0);试样为圆柱体时,以两个互相垂直的方向测量其直径,各方向上、中、下测量三次,以六次测量值的算术平均值作为其直径,并计算出其自然状态下的体积(V_0)。

c. 用天平称量出试样烘干至恒重后的质量 m 。

④ 试验结果处理。

材料试样的体积密度按下式计算(精确至 0.01 g/cm^3):

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

式中: ρ_0 ——材料试样的体积密度, g/cm^3 ;

m ——材料试样的质量, g ;

V_0 ——材料试样在自然状态下的体积, cm^3 。

对于非规则几何形状的材料(如卵石),其在自然状态下的体积(V_0)可用排开液体法测定,在测定前应对其表面封蜡,封闭开口孔隙后,再用李氏比重瓶进行测定。其他步骤同规则几何形状材料试样的检测。

(3) 试验三 材料堆积密度的测定

① 试验目的:测定在自然堆积状态下材料的堆积密度(即松堆密度)。

② 试验所用主要仪器设备:天平、烘箱、干燥器、容量筒和标准漏斗等。

③ 试验步骤。

a. 将试验用散粒材料(如砂或石)拌匀后摊平,用四分法缩取 3 L 的试样放入浅盘中,将浅盘放入 $100\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重($6\sim 12\text{ h}$),把试样分为大致相等的两份,再放入干燥器中冷却至室温待用。

b. 称取容量筒的质量 m_1 。

c. 取待用试样一份,用标准漏斗将其徐徐装入容量筒内,待筒顶形成锥形,用钢尺将多余的材料沿筒口中心线向两个相反方向刮平。记录容量筒的体积 V'_0 。

d. 称取容量筒与试样的总质量 m_2 。

④ 试验结果处理。

试样的堆积密度按下式计算(精确至 0.01 kg/m^3):

$$\rho'_0 = \frac{m_2 - m_1}{V'_0}$$

式中: ρ'_0 ——材料试样的堆积密度, kg/m^3 ;

m_1 ——容量筒的质量, kg ;

m_2 ——容量筒和试样的总质量, kg ;

V'_0 ——容量筒的容积, m^3 。

以两次试验结果的算术平均值作为材料试样在自然堆积状态下的堆积密度测定值。

2. 材料与水有关的性质

1) 亲水性与憎水性

材料在与水接触时,根据材料能否被水润湿,将其分为亲水性与憎水性两大类。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。

材料被水润湿的程度可用润湿角 θ 表示。润湿角 θ 是在固体材料表面三相交点处(固体材料、水和空气三相交点)作水滴表面的切线与固体材料表面的夹角。 θ 越小,说明材料越易被水润湿。如图 1-5 所示,一般认为,润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 的材料为亲水性材料,如砖、砂、木材等;润湿角 $\theta > 90^\circ$ 的材料为憎水性材料,如沥青、石蜡等。

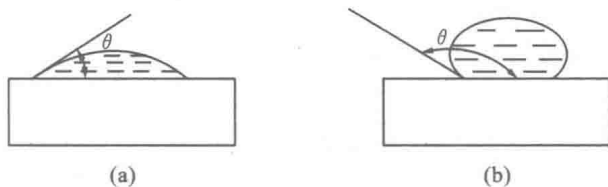


图 1-5 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

2) 吸水性

材料在水中吸收水分达到饱和的性质叫作吸水性。吸水性的 大小用吸水率表示,吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表示方法。对于轻质多孔的材料,如加气混凝土、软木和海绵等,材料所吸收水分的质量往往超过材料干燥时的质量,通常用体积吸水率来表示。一般情况下,用质量吸水率表示材料的吸水情况。

(1) 质量吸水率

质量吸水率是指材料吸水饱和后,所吸收水分的质量占材料干燥时质量的百分率。按下式计算:

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

式中: $W_{\text{质}}$ ——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;

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重的质量,g。

(2) 体积吸水率

体积吸水率是指材料吸水饱和后,所吸收水分的体积占材料在自然状态下体积的百分率。按下式计算:

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_0} \times 100\% = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{\text{水}}} \times 100\%$$

式中: $W_{\text{体}}$ ——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 ;

$\rho_{\text{水}}$ ——水的密度, g/cm^3 。

吸水率对材料性能的影响较大。一般情况下,材料吸水后,会导致材料的强度下降、保温隔热性能降低、耐久性变差等。材料吸水率的大小,不仅与材料的种类有关,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。但若开口孔隙太大,则不易留存水分,即使孔隙率较大,材料的吸水率也较小。

3) 吸湿性

干燥材料在潮湿的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;

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的质量, g。

含水率的大小除与材料本身的成分、构造状态等有关外,还与环境的温度和湿度有关。周围环境气温越低,相对湿度越大,材料的含水率也越大。潮湿材料在较干燥的空气中会散失水分,反之,干燥材料在潮湿空气中会吸收水分。在一定的时间内,在相对恒定的温度和湿度条件下,材料既不吸收水分也不散失水分,与空气湿度达到平衡时的含水率叫作平衡含水率。材料在平衡含水条件下,所发生的变形较小,耐久性较好。如木材在环境温度、湿度作用下会发生干湿变形和温度变形,变形不均匀时就会产生开裂现象,但在平衡含水条件下,木材所发生的变形很小,可长期保存。因此,木材有“干千年,湿千年,干干湿湿两三年”的俗语。

4) 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏、强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料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。

材料软化系数 $K_{\text{软}}$ 的大小一般在 0~1 之间。软化系数 $K_{\text{软}}$ 越大,说明材料吸水饱和后的强度降低越少,其耐水性越好。例如,黏土的软化系数 $K_{\text{软}}=0$,不锈钢的软化系数 $K_{\text{软}}=1$ 。在工程中,经常处于水中或潮湿环境中的重要结构(如建筑物的基础、桥梁等)所用材料的软化系数 $K_{\text{软}}$ 不宜小于 0.85,受潮较轻或次要结构(如框架结构的填充墙等)所用材料的软化系数 $K_{\text{软}}$ 不宜小于 0.75。通常将软化系数大于 0.85 的材料称为耐水材料。

5) 抗渗性

材料抵抗压力水或其他液体介质渗透的性质称为抗渗性。材料的抗渗性通常用两种指标来表示:渗透系数和抗渗等级。

(1) 渗透系数

渗透系数(K)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(如图 1-6 所示),按下式计算:

$$K = \frac{W \times d}{A \times t \times h}$$

式中: K ——材料的渗透系数, cm/h;

W ——透过材料试件的水量, cm^3 ;

A ——透水面积, cm^2 ;

h ——静水压力水头, cm;

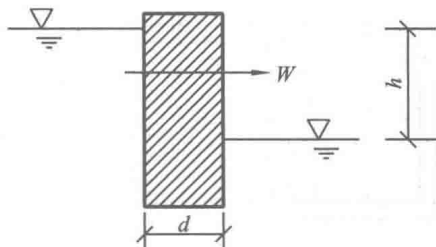


图 1-6 材料的透水性示意图

d ——材料试件的厚度, cm;

t ——透水时间, h。

渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的能力, 渗透系数越小, 则材料的抗渗性越强。

(2) 抗渗等级

材料的抗渗等级用“ 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。例如, 混凝土的抗渗等级分别为 P_4 、 P_6 、 P_8 , 相应表示混凝土标准透水试验中试件可承受的最大静水压力为 0.4 MPa、0.6 MPa、0.8 MPa。材料的抗渗等级越高, 则抗渗性能越好。

材料抗渗性的大小除与材料本身的亲水性和憎水性有关外, 还与其孔隙率和孔隙特征有关。孔隙率小而且闭口孔隙较多的材料具有较高的抗渗性。

一些防水材料(如卷材)的抗渗性常用渗透系数表示。而对于混凝土、砂浆等材料, 其防水抗渗性常用抗渗等级表示。

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, 并且强度不显著降低的性质, 称为抗冻性。材料的抗冻性用抗冻等级表示。

饱和水状态下的结构构件较少, 如长期处于水中的桥墩等。一般处于潮湿环境下的结构构件较多, 如基础等, 但是为了保证结构安全可靠, 仍以抗冻等级来衡量其抗冻能力。

一次冻融循环是指材料试件在吸水饱和状态下经历一次冻结和一次融化的过程。例如, 常温下标准混凝土试块在水中浸泡至少 24 h 后, 在 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下冻结, 又在 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下融化, 这个过程就是试块所经历的一次冻融循环。

抗冻等级用“ F_n ”表示, 标准试件按规定方法进行冻融循环试验, 以试件所能承受的最大冻融循环次数 n 来表示, 如材料的抗冻等级可分为 F_{25} 、 F_{50} 、 F_{100} , 表示此材料可承受的最大冻融循环次数分别是 25 次、50 次、100 次。材料可承受的冻融循环次数越多, 表示其抗冻等级越高, 抗冻性能越好。

在实际应用中, 材料的抗冻性不但取决于材料的孔隙率和孔隙特征, 而且还与材料受冻前的吸水饱和程度、材料本身的受冻临界强度以及环境冻结条件(如冻结温度和速度, 冻融循环作用的频繁程度)等因素有关。

3. 材料与热有关的性质

在能源供应日趋紧张的严峻形势下, 采用节能建筑材料进行工程建设已成为现代建筑的发展趋势。例如, 民用建筑的地面、楼板、屋面和墙体等都已采用保温隔热效果较好的节能建筑材料。通常考虑的热工性质有材料的导热性、热容量和热变形性。

1) 导热性

材料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(也称热导率)表示。如图 1-7 所示, 在用绝热材料所做的容器中放置一块材料(钢材或混凝土), 当 $T_1 > T_2$ 时, 热量从图示左侧向右侧传递, 直到左右温度相等为止。

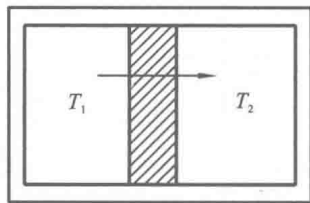


图 1-7 材料的导热性

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 m^2 面积的热量。导热系数 λ 按下式计算:

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

式中: λ ——导热系数(热导率), $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

Q ——传递的热量, J ;

d ——材料的厚度, m ;

A ——材料的传热面积, m^2 ;

t ——传热时间, s ;

$T_1 - T_2$ ——材料两侧的温差, K 。

材料导热性的影响因素有材料的组成成分、构造状态、孔隙率、含水情况及导热时的方向和温度等。导热系数越小的材料,其保温隔热性能越好。通常金属材料(如钢材)的导热系数大于非金属材料(如混凝土)和有机材料(如木材)的导热系数。顺纤维方向的导热系数大于纤维垂直方向的导热系数。材料的表观密度越小,结构越疏松,则孔隙越多,而孔隙中空气的导热系数远远小于固体物质的导热系数,所以,多孔、疏松材料的导热系数较小,保温隔热性能较好。因为粗大连通的孔隙,空气会形成对流,材料的导热性反而会增大,所以当孔隙率相同时,由微小闭口孔隙组成的材料比由粗大连通孔隙组成的材料具有更低的导热性。由于密闭空气的导热系数($\lambda_{\text{空气}} = 0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)比水和冰的导热系数小很多($\lambda_{\text{水}} = 0.58 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, $\lambda_{\text{冰}} = 2.20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$),因此当材料受潮或受冻时导热性会急剧增加,使得材料的保温隔热效果变差。大多数建筑材料(除金属外)的导热系数会随着温度升高而增大。

2) 热容量

材料在加热时吸收热量、冷却时放出热量的性质,称为材料的热容量。材料的热容量用比热容表示。如图 1-8 所示,在用绝热材料所做的容器中放置一块材料(钢材或混凝土),当 $T_1 > T_2$ 时,块体材料就会散失热量,直到与周围环境温度相等为止。

比热容指单位质量的材料,温度升高或降低 1 K 所吸收或放出的热量。比热容按下式计算:

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

式中: c ——材料的比热容, $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$;

Q ——材料吸收或放出的热量, J ;

m ——材料的质量, g ;

$T_1 - T_2$ ——材料冷却前后的温差, K 。

一般情况下,材料的保温性能是指阻碍材料内部热量的散失,材料的隔热性能是指阻碍周围环境的热量进入材料内部。因此,工程上常用导热系数较小、比热容较大的材料建造房屋的墙体和屋面,可以缓和房屋内部温度的波动,使房屋内部温度保持稳定,达到建筑保温隔热并且节能减排的目的。

常用建筑材料的导热系数和比热容见表 1-3。

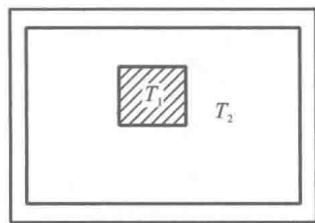


图 1-8 材料的热容量