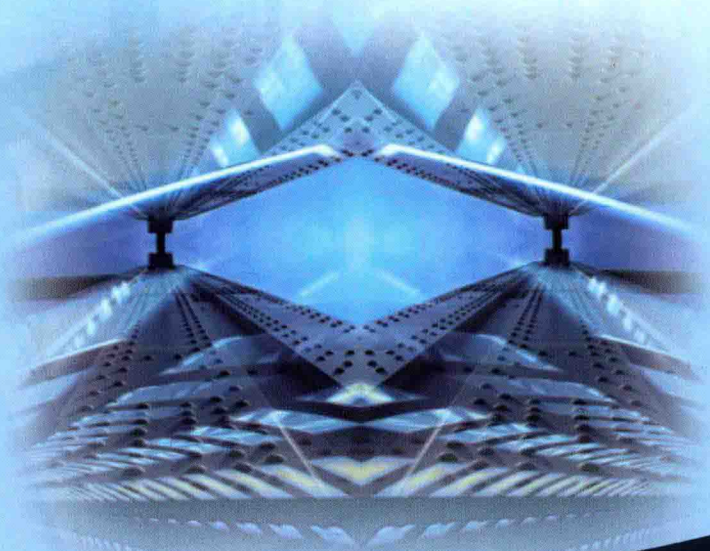


普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

JIANZHU CAILIAO

建筑材料 (第2版)

主 编 龚爱民
主 审 邢振贤



黄河水利出版社

普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

建筑材料

(第2版)

主 编 龚爱民
副主编 李东方 任淑霞
主 审 邢振贤

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书为第2版,根据现行最新规范进行了修订,主要讲述水利水电工程、建筑工程中常用的各种材料的组成、基本性质、生产过程、技术标准、质量检验、材料选用和运输保管等基本知识,其中以材料的基本性质、技术标准、质量检验和合理选用材料为重点。全书分为12章,即建筑材料的基本性质、天然石材、无机胶凝材料、水泥混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、沥青及沥青混合料、合成高分子材料、木材、墙体与屋面材料、防水材料和灌浆材料。全书依据最新现行国家标准、部颁标准及行业标准编写。

本书可作为高等学校水利水电工程、农业水利工程、土木工程等专业的教材,也可作为大专及中等专业学校相关专业教师和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/龚爱民主编.—2版.—郑州:黄河水利出版社,2013.4

普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

ISBN 978-7-5509-0465-1

I. ①建… II. ①龚… III. ①建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第086609号

策划编辑:李洪良 电话:0371-66024331 E-mail:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:18.25

字数:422千字

印数:1—4 100

版次:2009年8月第1版

印次:2013年4月第1次印刷

2013年4月第2版

定价:36.00元

再版前言

本书在第1版的基础上根据现行最新规范进行了修订,修订了混凝土粗、细骨料(即砂、石子)的有关技术要求;混凝土配合比设计中配制强度计算公式及标准差、混凝土水胶比计算公式中的胶砂强度取值及回归系数经验取值;混凝土强度检验评定的方法及标准,以及水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验等试验检测过程中的操作要求及控制标准等有关内容。

考虑到建筑材料试验部分已单列为试验指导书,故第2版取消附录建筑材料试验部分。

第2版全书由龚爱民担任主编,李东方、任淑霞担任副主编。各章编写分工如下:绪论、第一章由龚爱民编写,第二章、第三章由任淑霞编写,第四章、第十二章由彭玉林编写,第五章、第六章由李宏斌编写,第七章、第八章由周建萍编写,第九章、第十章、第十一章由李东方编写。另外,王福来老师、张凌老师参加了书稿整理和部分插图的绘制。

由于作者水平有限,书中缺点和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2013年2月

前 言

建筑材料是一切土木建筑工程的物质基础,掌握建筑材料的基本知识和材料质量的检验方法,对于合理地使用材料非常重要。国家基本建设的快速发展促进了新技术、新工艺和新材料的应用与发展,同时也促进了材料科学的发展。本书根据水利类专业教学大纲的要求,同时结合土木类专业对建筑材料知识的基本要求,按最新现行国家标准、部颁标准及行业标准编写。

本书主要讲述水利水电工程、工业与民用建筑工程中常用的各种建筑材料的组成、生产、性质、应用及检验等方面的内容,为解决实际工程中的建筑材料问题提供一定的基本理论知识和试验技能。在内容上力求“少而精”,同时注重材料在土木工程中的应用,希望通过本书的学习,读者在合理地使用材料上达到“满足结构要求的物理力学性质,并在使用环境中保持良好的耐久性”这一基本要求。

本书为全国高等院校水利水电类精品规划教材。各章节编写分工如下:云南农业大学龚爱民编写绪论、第一章,彭玉林编写第四章、第十二章,周建萍编写第七章、第八章,李丽生编写附录;山东农业大学任淑霞编写第二章、第三章;河北农业大学李宏斌编写第五章、第六章;内蒙古农业大学李东方编写第九章、第十章、第十一章。全书由龚爱民担任主编,李东方和任淑霞担任副主编。另外,研究生赵定柱、王福来参加了书稿的整理和部分插图的绘制工作。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

再版前言

前 言

绪 论 (1)

第一章 建筑材料的基本性质 (4)

第一节 概 述 (4)

第二节 材料的组成、结构及构造 (5)

第三节 材料的物理性质 (8)

第四节 材料的力学性质 (11)

第五节 材料的耐久性 (15)

复习思考题 (17)

第二章 天然石料 (19)

第一节 概 述 (19)

第二节 岩石的分类 (20)

第三节 天然石料的主要技术性质 (22)

第四节 工程中常用的天然石材及制品 (26)

复习思考题 (28)

第三章 无机胶凝材料 (29)

第一节 概 述 (29)

第二节 气硬性胶凝材料 (30)

第三节 通用硅酸盐水泥 (39)

第四节 其他品种水泥 (55)

第五节 水泥的应用 (60)

复习思考题 (61)

第四章 水泥混凝土 (63)

第一节 概 述 (63)

第二节 混凝土的分类与特点 (64)

第三节 水泥混凝土的组成材料 (65)

第四节 水泥混凝土的主要技术性质 (77)

第五节 混凝土外加剂 (97)

第六节 混凝土矿物掺合料 (107)

第七节 混凝土的质量控制 (113)

第八节 混凝土配合比设计 (120)

第九节 其他品种水泥混凝土 (135)

复习思考题	(141)
第五章 建筑砂浆	(143)
第一节 概 述	(143)
第二节 建筑砂浆的组成材料	(144)
第三节 建筑砂浆的主要技术性质	(146)
第四节 建筑砂浆的配合比	(150)
第五节 其他砂浆	(153)
复习思考题	(162)
第六章 建筑钢材	(163)
第一节 概 述	(163)
第二节 钢的冶炼及分类	(165)
第三节 建筑钢材的力学性能和工艺性能	(170)
第四节 建筑钢材的技术标准与选用	(176)
第五节 钢材的腐蚀与防护	(187)
复习思考题	(190)
第七章 沥青及沥青混合料	(191)
第一节 概 述	(191)
第二节 沥青材料	(192)
第三节 沥青混合料	(205)
复习思考题	(215)
第八章 合成高分子材料	(217)
第一节 概 述	(217)
第二节 合成高分子化合物的基础知识	(217)
第三节 建筑塑料	(219)
第四节 合成橡胶和合成纤维	(222)
第五节 胶粘剂	(224)
复习思考题	(227)
第九章 木 材	(228)
第一节 概 述	(228)
第二节 木材的分类	(228)
第三节 木材的构造	(229)
第四节 木材的物理与力学性质	(231)
第五节 木材的应用	(233)
第六节 木材的防腐与防火	(235)
复习思考题	(236)
第十章 墙体与屋面材料	(237)
第一节 概 述	(237)
第二节 烧结砖	(237)

第三节 非烧结砖	(247)
第四节 建筑砌块	(248)
第五节 建筑板材	(251)
第六节 屋面材料	(253)
复习思考题	(254)
第十一章 防水材料	(256)
第一节 概 述	(256)
第二节 防水涂料	(257)
第三节 防水卷材	(261)
第四节 密封防水材料	(265)
复习思考题	(268)
第十二章 灌浆材料	(269)
第一节 概 述	(269)
第二节 悬浮液型灌浆材料	(269)
第三节 真溶液型灌浆材料	(272)
复习思考题	(276)
参考文献	(277)

绪 论

建筑材料是土木建筑工程中使用的各种材料和制品的总称,是一切建筑的物质基础。广义地讲,建筑材料是指建造建筑物和构筑物的所有材料,包括使用的各种原材料、半成品、成品等的总称,如黏土、铁矿石、石灰石、生石膏等。狭义地讲,建筑材料是指直接构成建筑物和构筑物实体的材料,如混凝土、水泥、石灰、钢筋、黏土砖、玻璃等。作为建筑材料必须同时满足两个基本要求:

(1) 满足建筑物和构筑物本身的技术性能要求,保证能正常使用。

(2) 在其使用过程中,能抵御周围环境的影响与有害介质的侵蚀,保证建筑物和构筑物的合理使用寿命。同时也不能对周围环境产生危害。

建筑材料品种繁多、性质各异,为了方便应用,工程中常按不同的方法对建筑材料进行分类,见表 0-1。

建筑材料是随着人类社会生产力的不断发展而发展的,今天在世界各地还保存了许多精美的古代建筑或建筑遗迹,从中可以看出古代劳动人民使用建筑材料的技术成就。从 18 000 多年前的岩洞到今天的钢筋混凝土结构,建筑材料得到蓬勃发展。今天的建筑设计更加重视建筑能耗和室内环境的舒适性要求,建筑生态节能的重要性日益突出。在欧洲,生态建筑材料已逐渐得到发展。

目前,我国已经是世界上建筑材料的最大生产国和消费国,主要建材产品水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷、石材和墙体材料等产量多年居世界第一位。同时,建材产品质量不断提高,能源和原材料消耗逐年下降,各种新型建材不断涌现,建材产品不断升级换代。近年来,化学建材正成为继钢材、水泥、木材之后的我国第四大类建筑材料,年产值已达千亿元。化学建材是一种环保节能型建筑材料,一方面它可以替代木材、黏土等宝贵的天然资源;另一方面其产品的生产能耗也远远低于传统建材,通常每生产一吨材料的能耗,塑料、钢材、铝材比例为 1:4.5:8。

新型建筑材料是用量大(墙体材料)而面广(品种最多)的材料,直接关系资源、能源、生态环境和人居环境。随着我国人民生活水平的不断提高,要求居室材料对健康是有益而无害的,居室环境保温、隔热、隔声、防水,居室舒适、优雅。我国新型建筑材料正加速朝人们的要求发展。大量地消耗自然资源和产生废弃物已不是发展的标志,而节省自然资源、能源,利用废弃物,使资源重复循环,保证新型建材有源源不断的原材料供给才是可持续发展之路。

建筑材料的蓬勃发展要求其实行标准化生产。标准化是现代化大生产的产物,也是科学管理的重要组成部分。标准化生产表明我国建筑材料生产已完成了从量到质的转变。建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据,生产企业必须按标准生产合格产品;使用者应按标准选用材料,按规范进行工程的设计与施工,以保证工程的安全、适用、耐用、经济。同时,技术标准也是产品质量检查、验收的依据。

表 0-1 建筑材料分类

按建筑材料的化学组成成分	无机材料	金属材料	黑色金属:钢、铁、不锈钢等
			有色金属:铝、铜等及其合金
		非金属材料	天然石材:砂、石及石材制品等
			烧土制品:黏土砖、瓦等
			胶凝材料及制品:石灰、石膏、水泥等
			玻璃:普通平板玻璃、特种玻璃等
			无机纤维材料
	有机材料	植物材料	木材、竹材、植物纤维等
		沥青材料	煤沥青、石油沥青及其制品等
		合成高分子塑料	塑料、涂料、合成橡胶等
	复合材料	有机与无机非金属材料	聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
		金属与无机非金属复合材料	钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
		金属与有机非金属复合材料	PVC 钢板、有机涂层铝合金板等
按建筑材料的 使用功能分	建筑结 构材料	如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件和结构等所用的材料	目前所用的主要结构材料有砖、石、水泥混凝土及两者的复合物——钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土
	墙体材料	如砌筑墙体所用的材料	目前我国大量采用的墙体材料为粉煤灰砌块、混凝土及加气混凝土砌块等
	建筑功 能材料	负担某些建筑功能的非承重材料	如防水材料、绝热材料、吸声和隔声材料、采光材料、装饰材料等

我国的技术标准分为国家标准、部颁标准(即行业标准)及地方标准和企业标准。技术标准的表示方法由标准名称、代号、标准号、年代号组成。国家标准代号 GB 及 GB/T (推荐标准);建设部行业标准代号 JGJ;国家建材局标准代号 JC;水利部标准代号 SL;电力行业标准代号 DL;交通部标准代号 JT。一般企业、行业标准应高于国家标准。对于建筑材料使用者,熟悉和运用建筑材料技术标准,有着十分重要的意义。

本课程是适用性很强的一门技术基础课,但又具有很强的专业性。本课程以数学、力学、物理、化学等课程为基础,为学生学习后继专业提供必要的技术基础知识,也为学生和工程技术人员解决实际工程中的建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技

能,为从事建筑材料科学研究打下基础。

本书主要讲述水利水电工程、工业与民用建筑工程等土木工程中常用的各种建筑材料的组成、生产、性质、应用及检验等方面的内容。学习应以材料的性质和合理选用为重点,了解各种材料的性质,并注意材料的成分、构造、生产过程等对其性能的影响;对于现场配制的材料,如普通混凝土、砂浆等应掌握其配合比设计的原理和方法。试验课是本课程的重要教学环节,通过试验操作及对试验结果的分析,不但可加深了解材料的性能和掌握试验方法,而且可培养科学研究能力以及严谨、求实的工作作风。

第一章 建筑材料的基本性质

【本章要点】

- (1) 材料的组成、结构与构造;
- (2) 材料的密度、表观密度和孔隙率;
- (3) 材料的含水率、平衡含水率和吸水率;
- (4) 材料的变形性质;
- (5) 材料的强度;
- (6) 材料的耐水性、抗渗性与抗冻性。

【本章重点】

- (1) 材料的密度、表观密度和孔隙率与散粒状材料的视密度、堆积表观密度和空隙率;
- (2) 材料的质量吸水率;
- (3) 材料的抗压强度及其测定方法;
- (4) 影响材料强度测定结果的主要因素。

【本章难点】

- (1) 材料的组成、结构、构造与材料的物理、力学性质和耐久性的关系;
- (2) 材料的基本物理性质和力学性质对材料的选择和使用的意义;
- (3) 材料耐久性评价对材料使用的意义。

第一节 概 述

建筑材料使用在不同的建筑物中,处于不同的环境,起着各种不同的作用,要求具有相应的性质。承重构件要求材料有足够的强度;保温隔热的屋顶和墙面要求材料有热容量大且不易传热的性质;挡水、蓄水或防水的建筑物要求材料有一定的抗渗性或不透水性;受水流泥沙冲刷的建筑物要求材料能抗冲耐磨。同时,建筑物在使用过程中还会长期受到环境因素的影响,如大气因素引起的热胀冷缩、干湿变化、冻融循环、化学侵蚀以及昆虫和菌类等的生物危害,因此还要求建筑材料具有与环境相适应的耐久性。

准确、合理选择和使用材料是保证建筑物经久耐用的关键,而材料的性质是选择和使用材料的重要依据,为此我们必须研究和掌握材料的有关性质。建筑材料的性质是多方面的,不同材料又具有不同的特殊性。本章重点研究和讨论建筑材料共同的、基本的物理性质和力学性质,各类材料的技术性质和特殊性质分别在以后相应的章节中讨论。

第二节 材料的组成、结构及构造

环境条件是影响材料性质的外部因素,而材料的组成、结构、构造是影响材料性质的内部原因,它们既决定材料的物理、力学性质,也决定材料的耐久性。

一、材料的组成

材料的组成是材料的化学成分,包括材料的化学组成、矿物组成和相组成。

(一) 化学组成

化学组成是指构成材料的基本化学元素或化合物的种类和数量。习惯上,金属材料的化学组成以主要元素的含量来表示,无机非金属材料则以各种氧化物含量来表示。

当材料在使用过程中与周围环境及各类物质接触时,将按照化学变化规律发生作用。如混凝土的碳化、钢材的锈蚀、木材的遇火燃烧等性质,都是由构成材料的化学组成所决定的。

(二) 矿物组成

所谓矿物,指的是在无机非金属材料中,某些元素或化合物以特定的结合形式存在,并具有特定的物理、化学性质的组织结构。矿物组成是指组成材料的矿物种类和数量。材料中的天然石材、无机胶凝材料等,其矿物组成是决定材料性质的主要因素。如石灰、石膏、石灰石的主要化学成分分别为氧化钙、硫酸钙、碳酸钙,这些化学成分决定了石灰、石膏易溶于水且耐水性差,而石灰石则比较稳定。水泥即使化学组成相同,如果其熟料矿物组成不同或含量不同,也会使其硬化速度、水化热、强度、耐腐蚀性等性质产生很大差异,如提高硅酸三钙含量,可制得高强度水泥;降低铝酸三钙或硅酸三钙含量、提高硅酸二钙含量,可制得水化热低的水泥(如大坝水泥)。

(三) 相组成

材料中具有相同物理、化学性质的均匀部分称为相。凡由两相或两相以上物质组成的材料称为复合材料。土木工程材料大多数是多相固体,可看做复合材料。如水泥混凝土可认为是骨料颗粒(骨料相)分散在水泥浆基体(基相)中所组成的两相复合材料。两相之间的分界面称为界面,在实际建筑材料中,界面是一个很薄的薄弱区,可称为“界面相”,有许多建筑材料的破坏往往首先发生在界面。通过改变和控制原材料的品质及配合比例,可改变和控制材料的相组成,从而改善和提高材料的技术性能。如研究混凝土的配合比,就是为了改善混凝土的相组成,尽量使混凝土结构接近均匀而密实,保证其强度和耐久性。

二、材料的结构

材料的结构是指材料的微观组织状况,可分为细观结构和微观结构。

(一) 细观结构(亚微观结构)

细观结构是指用光学显微镜可以观察到的材料内部结构。一般可分辨的范围是

$10^{-3} \sim 1 \text{ mm}$ 。

材料在细观层次上的组成及其聚集状态,对其性质有着重要影响。例如水泥混凝土材料,可以分为水泥基体相、骨料分散相、界面相及孔隙等,它们的状态、数量及性质将决定水泥混凝土的物理力学性质。又如木材,可以分为木纤维、导管及髓线等,它们的分布、排列状况不同,使木材在宏观上形成年轮、弦向与径向、顺纹与横纹等性能的差别。钢铁材料在显微镜下,可以观察到铁素体晶粒、不同状态的珠光体、渗碳体及石墨等,它们是决定钢材性质的关键因素。

(二) 微观结构

微观结构是指组成材料原子、分子的排列方式、结合状况等。可用高倍显微镜、电子显微镜或 X 射线衍射仪等来研究,其分辨尺寸范围在纳米(nm , 10^{-6} mm)以上。材料在微观结构层次上可分为晶体、非晶体及胶体。

1. 晶体

晶体是由离子、原子或分子等质点,在空间按一定方式重复排列而成的固体,具有特定的外形。这种有规则的排列称为晶体的空间格子(晶格);构成晶格的最基本单元,称为晶胞。晶体颗粒具有各向异性。但是在实际晶体材料中,晶粒的大小及排列方向往往是随机的,故晶体材料也可能是各向同性的。

晶体的物理力学性质,除与晶格形态有关外,还与质点间结合力有关。这种结合力称为化学键,可分为共价键、离子键、分子键及金属键。

按组成材料的晶体质点及化学键的不同,晶体可分为如下几种:

(1) 原子晶体:由原子以共价键构成的晶体,如石英等。共价键的结合力很强,故原子晶体的强度高、硬度大,常为电、热的不良导体。

(2) 离子晶体:由正、负离子以离子键构成的晶体。离子键的结合力也很强。离子晶体凝固时为脆硬固体,是电、热的不良导体,熔、溶时可导电。

(3) 金属晶体:由金属阳离子组成晶格,自由电子运动其间,阳离子与自由电子形成金属键,如钢铁材料等。金属键的结合力也较强。金属晶体常有较好的变形性能,具有导电及传热性质。

(4) 分子晶体:由分子以分子键(分子键范德华力)构成的晶体,如合成高分子材料的晶体。分子键结合力低,分子晶体具有较大的变形性能,为电、热的不良导体。

在实际材料中,晶体结构的结合键常常是比较复杂的。如硅酸盐结构是由共价键组成的 SiO_4 四面体单元,与钙、镁等离子以离子键形式结合而成。当 SiO_4 四面体单元相互联结成层状,层间由范德华力相结合时,其晶体易于被剥成片,如云母。

实际材料中的晶体都有各种晶格缺陷。主要有点缺陷、线缺陷及面缺陷三种。

(1) 点缺陷:是指晶格中有空位和填隙原子。这是由于晶体内原子热运动,某些质点脱离了晶格,出现了暂时的晶格空位。晶格空位削弱了晶体材料强度,但它是材料发生固相反应的媒介。晶格间隙中嵌入的杂质原子(原子直径较小)称为填隙原子。填隙原子造成晶格畸变,使晶体强度增加、塑性降低。

(2)线缺陷(位错):是指晶体中存在多余的半平面。位错使晶面容易滑移而产生塑性变形。当晶体受力后,位错线很容易在晶粒内移动,当其移至晶粒表面时,晶粒即产生了永久变形。因此,位错是使晶体材料成为不完全弹性体的原因之一,也是影响晶体结晶生长、造成杂质在晶体中扩散并改变其性能的原因。

(3)面缺陷:晶体材料中相邻两晶粒的晶格常存在相位差,在界面处原子排列不规则,称为面缺陷。面缺陷使界面处原子滑移困难。相邻两晶粒,若其一的晶格滑移(位错在其中运动),当其至面缺陷后滑移终止,使位错不易向另一晶粒传递。因此,面缺陷使晶体材料强度提高、塑性降低。

此外,材料的性质还与晶粒大小及分布状态有关。一般晶粒越细、分布越均匀,材料的强度越高。

2. 非晶体

非晶体又称为无定形体或玻璃体。它与晶体的区别在于质点排列没有一定规律性(或仅在局部存在规律性)。非晶体没有特定的几何外形,是各向同性的,也没有固定的熔点,如石英玻璃等。

由于玻璃体凝固时没有结晶发热过程,在内部蓄积着大量内能,因此它是一种不稳定的结构,可逐渐地发生结构转化。它具有较高的化学活性,也是它能与其他物质起化学反应的原因之一。

3. 胶体

胶体是指粒径为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ mm 的颗粒在介质中形成的分散体系。

在胶体结构中,当对胶体的物理力学性质起决定作用的是介质时,此种胶体称为溶胶,如含水较多的水泥浆体等。溶胶有可流动的性质。

由于胶体颗粒极细,具有很大的表面积和表面能,当胶粒数量较多(胶体浓度大)时或在物理化学作用下,胶粒相互吸附凝聚而形成网状结构。此时,胶体反映出胶粒的物理力学性质,称为凝胶,如凝固后失去流动性的水泥浆体。

凝胶体中胶粒之间由范德华力结合。在搅拌、振动等剪切力的作用下,结合键很容易断裂,使凝胶变成溶胶,黏度降低,重新具有流动性。但静置一定时间后,溶胶又会慢慢地恢复成凝胶。这一转变过程可以反复多次。凝胶—溶胶这种互变的性质称为触变性。

三、材料的构造

材料的构造是指材料的宏观组织状况。如岩石的层理、木材的纹理、混凝土中的孔隙等。胶合板、夹心板等复合材料具有叠合构造。材料的性质与其构造有密切的关系,如混凝土的强度、抗渗性、抗冻性就与其孔隙率和孔隙特征密切相关。随着孔隙率的增大,表观密度减小、强度降低。含有大量分散不连通的多孔材料,常常具有良好的保温、隔热、抗冻性能。含有大量与外界连通的微孔或气孔的材料,能吸收声能,是良好的吸声材料。材料构造与结构相比,更强调了相同材料或不同材料的搭配组合关系。如混凝土的孔隙率是指在混凝土自然体积内孔隙体积所占的比例。

第三节 材料的物理性质

一、材料的密度、表观密度、孔隙率

材料的密度、表观密度、孔隙率决定于材料的组成、结构和构造。

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态(不包括材料孔隙在内)下单位体积的干质量。材料的密度可按式(1-1)计算,即

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

式中 ρ ——密度, g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g ;

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积,或称绝对体积, cm^3 。

(二) 表观密度

材料在自然状态下(包括孔隙)单位体积的质量,称为材料的表观密度。材料的表观密度可按式(1-2)计算,即

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

式中 γ ——表观密度, g/cm^3 (kg/m^3);

m ——材料的质量, g (kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 (m^3)。

材料的密度是不变的,而表观密度则随材料的含水状态不同而改变,故对测定的材料而言,其表观密度须注明含水状态。通常材料表观密度是指在气干状态(长期在空气中存放的干燥状态)下的表观密度;材料在烘干状态下测得的表观密度,称为干表观密度;材料在潮湿状态下测得的表观密度,称为湿表观密度。

(三) 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占总体积的百分比。材料的孔隙率(P)按式(1-3)计算,即

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\gamma}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-3)$$

密度、表观密度及孔隙率是反映材料基本物理状态的重要指标,可用来估算材料的体积和质量,以及评价材料结构(或构造)的疏密程度。

在工程实际应用中,材料通常是以散粒状态出现的,如砂、石子和水泥等,对散粒状材料在测定密度时,采用排液置换法测定的颗粒体积,排出了颗粒间的空隙和颗粒本身的开口孔隙,却包含了颗粒内部的闭口孔隙,其测定的颗粒体积非绝对密实体积,故计算的密度也非颗粒的真实密度,通常称此密度为散粒状材料的视密度。

散粒状材料的表观密度通常是自然堆积状态下单位体积的质量,其体积包含了孔隙

和空隙,通常称为堆积表观密度。按散粒状材料堆积状态的不同,堆积表观密度可分为疏松堆积表观密度、振实堆积表观密度和紧密堆积表观密度。

在散粒状材料中其闭口孔隙与颗粒间空隙相比可忽略不计,采用式(1-3)计算的结果是颗粒之间的空隙和开口孔隙占总体积的百分数,称为散粒状材料的空隙率。

几种常见材料的密度、表观密度及孔隙率的约值,见表 1-1。

表 1-1 几种常见材料的密度、表观密度及孔隙率的约值

材料	密度 ρ (g/cm^3)	表观密度 γ (kg/m^3)	孔隙率 P (%)
建筑钢	7.85	7 850	0
铝合金	2.71 ~ 2.90	2 700 ~ 2 900	0
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2 500 ~ 2 800	0.5 ~ 1.0
石灰岩	2.45 ~ 2.75	2 200 ~ 2 600	0.5 ~ 5.0
普通黏土砖	2.50 ~ 2.80	1 500 ~ 1 800	20 ~ 40
松木	1.55	380 ~ 700	55 ~ 75
普通玻璃	2.50 ~ 2.60	2 500 ~ 2 600	0
普通混凝土	—	2 300 ~ 2 500	3 ~ 20
石油沥青	0.95 ~ 1.10	—	—
沥青混凝土	—	2 200 ~ 2 400	2 ~ 6
水泥	3.1 ~ 3.2	900 ~ 1 300(疏松堆积)	—
石英砂	2.60 ~ 2.70	1 400 ~ 1 600(疏松堆积)	—

二、材料与水有关的性质

(一) 材料的亲水性与憎水性

材料能被水润湿的性质称为亲水性。具备这种性质的材料称为亲水性材料,如砖、石、木材、混凝土等。这是因为亲水性材料与水分子的亲和力大于水分子自身的内聚力。

材料不能被水润湿的性质称为憎水性。具备这种性质的材料称为憎水性材料,如石蜡、沥青、油漆、塑料等。这是因为憎水性材料与水分子的亲和力小于水分子自身的内聚力。用于防水的材料一般应是憎水性材料。

材料的亲水性与憎水性可用湿润角 θ 来说明,当材料与水接触时,在材料、水、空气三相的交点处,作沿水滴表面的切线,该切线与固体、液体接触面的夹角称为湿润角 θ 。 θ 愈小,表明材料愈易被水湿润。试验证明,当湿润角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,这种材料称为亲水性材料(见图 1-1(a));当湿润角 $\theta > 90^\circ$ 时,这种材料称为憎水性材料(见图 1-1(b))。水滴在亲水性材料表面可以铺展得较平,且能通过材料毛细管作用自动将水吸入材料内部。水滴在憎水性材料表面不能铺展平,而且水分不能渗入材料的毛细管中。