

PUTONG GAODENG JIAOYU
TUMU GONGCHENG ZHUANYE
SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

建筑材料

(第二版)

JIANZHU CAILIAO

任平弟 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

建筑材料

(第二版)

任平弟 主编



中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书主要讲述土木建筑工程常用材料的基本成分、生产工艺、技术性能、选配与应用以及材料试验等基本理论和实际应用技术。全书共 11 章,内容包括建筑材料的基本性质、水泥及其他无机胶凝材料、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、沥青材料、木材、墙体与屋面材料、绝热材料和吸声隔声材料、建筑装饰材料等。为便于教学和复习,每章正文后均配有复习思考题,并在书末选编了 7 个建筑材料试验。

本书供土木工程类本科学生建筑材料课程教学使用,也可供高职高专院校土木类专业学生选用。本书还可供从事土建工作的教学、科研、设计与施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/任平弟主编. —2 版. —北京:中国铁道出版社,2014. 7

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-18290-8

I. ①建… II. ①任… 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(2014)第 065230 号

书 名:建筑材料(第二版)

作 者:任平弟 主编

责任编辑:李丽娟

编辑部电话:(010)51873135

电子信箱:LLJ704@163.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:龚长江

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.51eds.com>

印 刷:中煤涿州制图印刷厂北京分厂

版 次:2004 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 2 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15.25 字数:381 千

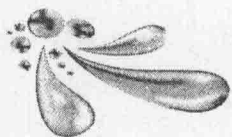
书 号:ISBN 978-7-113-18290-8

定 价:33.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480



第二版前言

第二版前言



本教材为高等学校本科土木工程、工程管理及建筑学等专业的教学用书,是在第一版教材的基础上修订而成的。

第一版《建筑材料》的基本内容仍符合现行普通高等学校土建类本科专业人才培养的基本要求,因此,第二版修订时仍保持了原版编写大纲的基本思想和基本章节框架。但由于土木工程技术的快速发展,新技术、新材料不断涌现,国家有关标准、规范在 2008 年至 2012 年做了大量的修订,因此,新版教材着重对相关章节做适当更新和修订,以适应教学内容更新的需要。修订后的教材保留了第一版的主要特色,突出建筑材料的专业基础地位和应用技术性质,并根据现行的国家有关标准、规范和国内外有关的建筑材料新技术、新工艺、新成就改写了部分内容;书中继续保留了章后复习题和建筑材料试验内容。

本书由原版作者任平弟、孔书祥、唐秀军、王友松、杨巧艳、王玉锁、王学芳对原有章节进行了修订,李茂红参加了混凝土外加剂部分的修订。

由于新材料、新品种不断涌现,加之作者水平有限,书中难免有一些缺点和错误,敬请各位专家和广大读者批评指正。

2014 年 1 月

任平弟

孔书祥



第一版前言

言前二第



随着材料科学的迅速发展和土木工程新结构、新技术、新工艺的不断涌现以及工程环境的多样化、复杂化,对建筑材料性能、品种、质量提出了更新、更高的要求,另外,建筑材料作为物质基础占工程投资比例早已超过50%以上,并且其应用技术日益专业化和高科技化,因此,建筑材料在土木工程中的功能性、技术性和经济性地位已比数年前飞速提高。

随着大型工程、新型建筑、高级住宅等建设和新的设计施工技术的应用,建筑材料的生产与使用出现了许多新的变化,新材料以及原有材料标准规范也不断更新。特别是1995年和2000年,国家先后两次颁布新的建筑材料标准和相应的设计和施工规范,2000年至2003年,原有的规范、标准也有较多的更新。为了及时更新教学内容,并尝试对建筑材料课程教学内容体系进行改革,注重理论联系实际,加强教学内容的针对性和实用性,突出建筑材料的专业基础地位和应用技术性质,经过调研分析,并广泛征求校内外专家意见,制定新的教材编写大纲,组织了具有一定教学经验的优秀教师编写教材。

本书由任平弟主编,叶跃忠主审,下列同志分工编写:任平弟负责编写第一、第二和第九章;王友松负责编写第三章;孔书祥负责编写第四章第一、二、五、六节和第五章;唐秀军负责编写第六章和建筑材料试验;杨巧艳负责编写第七章和第十章;王玉锁负责编写第四章第三、四、七节和第十一章;王学芳负责编写第八章。

本书由教育部专项经费资助。本书讲义于2003年在西南交通大学部分本、专科学生中试用。

本书编写工作得到西南交通大学有关院、系(部、处)领导和有关教师的支持和帮助,蔺安林教授、钟新樵教授、潘绍伟教授等对本书编写提出许多宝贵意见和建议,特此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003年12月



目 录

第一章 绪 论	1
第一节 建筑材料的定义及分类	1
第二节 建筑材料的地位与作用	2
第三节 建筑材料的产品标准	2
第四节 建筑材料的发展	3
第五节 学习目的与学习方法	4
复习思考题	5
第二章 建筑材料的基本性质	6
第一节 建筑材料的物理性质	6
第二节 建筑材料的力学性质	11
第三节 建筑材料的耐久性	15
第四节 材料的组成、结构与构造	16
复习思考题	19
第三章 水泥及其他无机胶凝材料	20
第一节 气硬性胶凝材料	20
第二节 水 泥	27
复习思考题	46
第四章 混 凝 土	48
第一节 普通混凝土的组成材料	48
第二节 混凝土的性能	55
第三节 混凝土外加剂和掺合料	68
第四节 混凝土的质量控制	77
第五节 混凝土配合比设计	83
第六节 混凝土配合比设计实例	87
第七节 其他混凝土	89
复习思考题	95

第五章 建筑砂浆	96
第一节 建筑砂浆基本组成与性质	96
第二节 常用的建筑砂浆	98
复习思考题	103
第六章 建筑钢材	104
第一节 钢的冶炼及分类	104
第二节 建筑钢材的技术性质	105
第三节 建筑钢材的晶体组织和化学成分	110
第四节 钢的冷加工强化时效及其应用	113
第五节 建筑钢材的标准和选用	114
第六节 钢材的防腐	125
复习思考题	126
第七章 沥青材料	127
第一节 石油沥青	127
第二节 煤 沥 青	134
第三节 沥青基制品	136
第四节 沥青防水涂料	139
第五节 建筑密封材料	142
第六节 沥青混合料	143
复习思考题	150
第八章 木 材	151
第一节 木材的分类和构造	151
第二节 木材的物理力学性质	153
第三节 木材的综合利用	158
第四节 木材的防腐与防火	159
复习思考题	160
第九章 墙体与屋面材料	161
第一节 砌 墙 砖	161
第二节 墙用砌块	168
第三节 墙用板材	171
第四节 屋面材料	174
复习思考题	176

第十章 绝热材料和吸声隔声材料	177
第一节 绝热材料	177
第二节 吸声隔声材料	182
复习思考题	184
第十一章 建筑装饰材料	185
第一节 装饰陶瓷与装饰玻璃	186
第二节 金属装饰材料	190
第三节 塑料壁纸、地板与地毯	192
第四节 建筑涂料	196
复习思考题	200
建筑材料试验	201
试验一 材料基本物理性质试验	201
试验二 水泥技术性质检验	203
试验三 混凝土用砂和石检验	212
试验四 普通混凝土试验	216
试验五 建筑砂浆试验	223
试验六 钢筋试验	224
试验七 石油沥青试验	228
参考文献	236

第一章 绪 论

第一节 建筑材料的定义及分类

所谓建筑材料,可以从广义和狭义两个方面来表述。广义的建筑材料是指建造建筑物和构筑物的所有材料,包括原材料、半成品和成品的总称;狭义的建筑材料是指直接构成建筑物和构筑物的材料,即用于地基、地面、墙体、屋顶等各个部位的各种材料。

研究建筑材料的学科称为建筑材料学。建筑材料学是材料科学的一个分支。材料科学是从微观上研究材料内部结构、成分与材料性能之间相互关系和变化规律的一门应用基础科学。它是根据组成材料的物质内部分子、原子和离子排列来说明材料性质和功能及其相互关系。而建筑材料学则主要是从工程应用角度研究材料的原料、生产、成分和组成、结构和构造以及环境条件等对材料性能影响及其相互关系的一门应用科学。

作为建筑材料,应同时满足两个基本要求,即既满足建筑物和构筑物本身的技术性能要求,保证其正常使用,又能在使用中经受周围环境的影响和有害介质的侵蚀。

建筑材料种类繁多,组成各异,用途也各不相同。建筑材料有多种分类方法:

- (1)按来源可以分为天然材料和人造材料。
- (2)按使用部位可以分为承重材料、墙体材料、地面材料和屋面材料等。
- (3)按功能用途可以分为结构材料、装饰材料、防水材料、保温绝热材料、吸声材料等。
- (4)按组成物质的种类和化学成分可以分为无机材料、有机材料、复合材料等三大类。各大类中又可以进一步详细分类,见表 1-1。

表 1-1 建筑材料分类

建 筑 材 料	无 机 材 料	金属材料	黑色金属	钢、铁
			有色金属	铝及铝合金、铜及铜合金等
		非金属材料	天然石材	花岗岩、石灰岩、大理石、砂岩、玄武岩等
			烧结与熔融制品	黏土砖、陶瓷、玻璃等
			胶凝材料	水硬性胶凝材料:各种水泥
				气硬性胶凝材料:石灰、石膏、水玻璃、菱苦土等
			混凝土及砂浆等	
			硅酸盐制品等	
	有 机 材 料	植物材料	木材、竹材及其制品等	
		合成高分子材料	塑料、涂料、胶黏剂、密封材料等	
		沥青材料	石油沥青、煤沥青及其制品等	
	复 合 材 料	无机材料基复合材料	混凝土、砂浆、钢筋混凝土等	
			水泥刨花板、聚苯乙烯泡沫混凝土等	
		有机材料基复合材料	沥青混凝土、树脂混凝土等	
			胶合板、纤维板、竹胶板等	

第二节 建筑材料的地位与作用

建筑材料是建筑工程的物质基础。建筑材料的性能直接影响或决定着建筑结构形式、建筑物造型以及建筑物的功能、适用性、坚固性、艺术性、耐久性和经济性,也影响着建筑施工技术与施工方法。建筑过程中许多技术的突破往往依赖于建筑材料性能的改进与提高,新材料的出现又促进建筑设计、结构设计、施工技术以及建筑形式的发展和变化,建筑物的功能、适用性、坚固性、艺术性、耐久性等得到进一步的改善。例如,黏土砖的出现使人类结束了夯土垒石,直接使用天然材料的低级造屋建房阶段,产生了以砖木结构为主的较大规模建筑物。水泥和钢筋的出现产生了钢筋混凝土结构,钢材的出现产生了钢结构,促使建筑物向多层、高层、大跨度、多功能方向发展。标准化、定型化的装配式钢筋混凝土预制构件的应用,大大加快了建筑建设速度。而轻质高强材料的应用,减轻了建筑物自重,提高了建筑物抗震能力,同时也改善了工作与居住的空间环境。新型装饰材料的出现使建筑物的造型和建筑物的内外装饰焕然一新,生气勃勃。

建筑材料的用量很大,直接关系着建筑工程的造价。工业与民用建筑中,建筑材料费用一般占工程总造价的 50%~60%,而建筑装饰材料又占其中的 50%~80%。因此,了解和掌握建筑材料的性能,按照建筑物和建筑环境条件对建筑材料的要求正确合理地使用材料,充分发挥每一种材料的长处,做到材尽其能、物尽其用,并加强材料在生产、储运、使用等各个环节的管理,针对材料的性质改革施工工艺,从而可以节约材料,加快建设速度,提高工程质量与使用功能,减少维修费用,降低工程造价,增加建筑物的使用寿命及建筑物的艺术性等,有着十分重要的意义。

第三节 建筑材料的产品标准

建筑材料产品的技术标准是产品质量的技术依据。建筑材料产品的技术标准一般包括产品规格、分类、技术要求、验收规则、代号与标志、运输与储存及抽样方法等。

对于生产企业,必须按照技术标准控制产品质量,生产合格产品。对于使用部门,则应按照国家标准选用、设计、施工。技术标准又是建筑材料供需双方对产品质量验收的依据,是保证工程质量的前提条件。

我国建筑材料标准分为国家标准、部委行业标准、企业标准等三级。国家标准和部委行业标准都是全国通用标准,是国家指令性文件,各级生产、设计、施工等部门都必须严格遵照执行。按照要求执行的程度,可以区分为强制性标准和推荐标准。

建筑材料有关标准的代号主要有:国家标准 GB;建筑工程国家标准 GBJ;建设部行业标准 JGJ;建筑工业行业标准 JG;国家建材局标准 JC;中国工程建设标准化协会标准 CECS;地方标准 DB;企业标准 QB 等。凡未制定国家或部委行业标准的,均应制定地方或企业标准。

标准的表示方法是由标准名称、部门代号、编号和批准年号等组成的。例如,国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),其标准名称为《通用硅酸盐水泥》,部门代号为 GB,编号为 175,批准年份为 2007 年。

又如,住房和城乡建设部标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011),其部门代号

为 JGJ, 编号为 55, 批准年份为 2011 年。

随着我国改革开放和加入 WTO, 建筑材料产品标准还会涉及国际和国外标准, 主要有: 国际标准, 代号为 ISO; 美国材料试验学会标准, 代号为 ASTM; 日本工业标准, 代号为 JIS; 德国工业标准, 代号为 DIN; 英国标准, 代号为 BS; 法国标准, 代号为 NF 等。在产品标准方面, 目前我国建材产品标准还未与国际标准全面接轨, 特别是在技术标准、产品检验评定、质量和环境管理体系等方面还有相当差距, 这是影响我国建材产品扩大在国际市场上占有率的一个重要因素。

熟悉有关技术标准, 并了解制定技术标准的科学依据十分必要。

第四节 建筑材料的发展

建筑材料的发展是随着社会生产力的发展而发展的。在我国, 建筑材料的应用和生产, 有着悠久的历史 and 突出的成就。

西安半坡遗址考古发现, 距今约六七千年以前人类已采用木骨泥墙建房。陕西凤雏遗址 (约在公元前 1000 年) 发现了烧土瓦和在土坯墙上采用三合土 (石灰、黄砂、黏土混合) 抹面的建筑遗迹, 这说明我国劳动人民在 3000 年前就能烧制石灰和砖瓦等人造建筑材料。

在欧洲, 使用火山灰、石灰和碎石拌制天然混凝土用于建筑的时间约在公元前 2 世纪。直到 19 世纪初开始采用人工配料, 再经煅烧和磨细制造水泥。因为水泥凝结后的颜色与英国波特兰岛上的石灰石颜色极为相似, 故称为波特兰水泥 (硅酸盐水泥)。波特兰水泥由英国人阿斯普定 (J. Aspdin) 于 1824 年取得专利, 并很快得到广泛运用。1850 年法国人朗波制造了第一只钢筋混凝土小船, 1872 年美国纽约出现了第一座钢筋混凝土房屋。水泥和钢材两种新材料的出现, 为后来建造高层建筑和大跨度桥梁提供了必需的物质基础和条件。

新中国成立前, 我国建筑材料工业发展缓慢。1860 年在上海等地相继建成工业化炼铁厂, 1889 年建成我国第一座生产水泥的工厂 (唐山水泥厂), 1882 年建成中国玻璃厂。

新中国成立后, 建材工业得到迅速发展。60 多年来, 尤其是改革开放以来, 我国建材工业已经发展成为门类比较齐全, 品种基本配套, 面向国际国内两个市场, 独立完整的工业体系。目前, 建材工业共有 80 余类, 1400 多个品种和规格的产品, 从业人员 1034 万人, 工业企业 11 万家, 其中大中型企业 1300 多家, 有 26 家大型建材企业列入国家 520 家重点企业。水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷以及石墨、滑石等部分非金属矿产量已连续多年居世界第一。

改革开放以来, 建材工业取得了长足的发展, 不仅产量大幅度上升, 而且建设了一批具有世界先进水平的骨干企业。但是, 与世界发达国家相比, 我国建材工业总体水平还比较落后, 突出表现为“一高五低”, 即能源消耗高, 劳动生产率低、生产集中度低、科技含量低、市场应变能力低、经济效益低。

从我国建材工业发展趋势来看, 未来传统建筑材料的国内需求仍将保持适当的增长, 但增长的速度会逐渐放慢, 新型建筑材料、无机非金属新材料和非金属矿三个产业的主导产品, 无论是产品品种还是数量的增长, 将成为建材工业新的经济增长点。

产业结构的调整将是传统产业改造和提高的长期任务, 适应市场需求结构的变化, 追求产品质量的提高和改善将是建材工业发展要解决的最重要的问题。特别是水泥工业结构的调整和墙体材料工业结构的调整, 将是产业结构调整的重点。

平板玻璃和建筑卫生陶瓷工业技术装备水平将进一步提高,产品质量逐步接近国际先进水平,有可能在建材工业中率先基本实现现代化,具有积极参与国际市场竞争的实力。

积极扩大建材产品出口,力争成为建材产品的出口贸易大国,将对建材工业发展起到十分重要的作用。在生产能力和水平上,我国将逐渐具备这样的能力。从未来发展趋势看,我国建材工业具有较好的发展前景。

随着科学技术进步和建筑工业的发展,一大批新型建筑材料应运而生,出现了新型建筑塑料和涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、各种新型复合材料(纤维增强材料、夹层材料等)。材料科学的发展和电子显微镜、X射线衍射仪等现代材料科学研究方法的进步,使得对材料的微观结构、显微结构、宏观结构、性质及其相互间关系的进一步认识,对正确合理使用材料和按工程要求设计材料起到了非常重要的作用。依靠材料科学和现代工业技术,人们已开发出了许多高性能和多功能的新型材料。而社会的进步、环境保护和节能降耗及建筑业的发展,又对建筑材料提出了更高、更多的要求。因而,今后一段时期内,建筑材料有向以下几个方向发展的趋势:

(1)高性能材料。将研制轻质、高强、高耐久性、高耐火性、高抗震性、高保温性、高吸声性、优异装饰性和优异防水性的材料,这对提高建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及使用寿命等有着非常重要的作用。

(2)复合化、多功能化。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料以及高性能材料,这对提高建筑物的使用功能、经济性以及加快施工速度等有着十分重要的作用。

(3)充分利用地方资源和工业废渣。充分利用工业废渣生产建筑材料,以保护自然资源、保护环境,维护生态平衡。

(4)节能材料。将研制和生产低能耗(低生产能耗和低建筑使用能耗)新型节能建筑材料,这对降低建筑材料和建筑物的成本以及建筑物的使用能耗,节约能源起到十分有益的作用。

第五节 学习目的与学习方法

本课程是土建类专业的专业基础课。课程的目的在于使学生获得有关建筑材料的基本理论、基本知识和基本技能,为学生学习相关专业基础课程和专业课程提供建筑材料的基础知识,并为以后从事建筑设计与施工能够合理选用建筑材料和正确使用建筑材料奠定基础。

建筑材料品种繁多,内容广泛,涉及学科面宽,其名词、概念和专业术语多,且各种建筑材料相对独立,即各章之间的联系相对较少。此外,公式推导较少,叙述较多,且许多内容为实践规律的总结,因此其学习方法应有不同的特点。学习建筑材料知识时应从材料科学的观点和方法及实践的观点来进行,否则就会感到枯燥无味,难以掌握建筑材料组成、性质、应用以及它们之间的相互联系。学习建筑材料知识时,建议注意以下几个方面的问题:

(1)了解材料的组成、结构和性质间的关系。掌握建筑材料的性质与应用是学习的目的。但材料的组成和结构决定材料的性质和应用,因此学习时应了解建筑材料的组成、结构与性质间的关系。材料内部的孔隙数量、孔隙大小、孔隙状态对材料的所有性质均有影响,并使材料的大多数性能指标降低,学习时也应特别注意。另外,外界因素对材料结构与性质也会产生一定的影响。掌握建筑材料的基本性质,是掌握各种建筑材料性质和应用的基础。

(2)运用对比的方法。通过对比各种材料的组成和结构来掌握它们的性质和应用,特别是通过对比来掌握它们的共性和特征,这在学习水泥、钢材、木材和混凝土等基本材料时尤为重要。

(3)密切联系工程实际,重视实验课并做好实验。建筑材料是一门实践性很强的课程,学习时应注意理论联系实际,利用一切机会注意观察周围已经建成或正在施工的建筑工程,提出一些问题,在学习中寻找答案,并在实验中验证和补充书本所学内容。实验课是本课程的重要教学环节,通过实验可验证所学的基本理论,学会检验常用建筑材料的试验方法,掌握一定的试验技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断,这对培养学习与工作能力以及严谨的科学态度十分有利。



复习思考题

1. 简述建筑材料的定义与分类。
2. 简述建筑材料的发展趋势。
3. 学习建筑材料课程应注意什么问题?

本课程的教学目标是使学生掌握建筑材料的基本概念、基本性能、基本试验方法和基本应用。通过本课程的学习,使学生能够了解建筑材料的分类、性能、试验方法和应用,为后续课程的学习打下基础。

建筑材料的基本性能

建筑材料的基本性能是指材料在工程应用中表现出来的各种物理、化学和力学性能。

(1) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积的质量。

(1-1)

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

式中: ρ ——密度(kg/m^3 或 g/cm^3);

m ——材料在绝对密实状态下的质量(kg 或 g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积(m^3 或 cm^3)。

密度是材料的基本物理性能之一,它反映了材料的致密程度。密度越大,说明材料的致密程度越高,其强度、耐久性等性能也会相应提高。在工程应用中,密度常用于计算材料的重量、体积和质量。例如,在计算材料的重量时,可以使用公式 $G = \rho V$ 进行计算,其中 G 为重量, ρ 为密度, V 为体积。

(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。

(2-1)

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

式中: ρ_0 ——表观密度(kg/m^3);

m_0 ——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(m^3)。

表观密度是材料的基本物理性能之一,它反映了材料在自然状态下的致密程度。表观密度越大,说明材料的致密程度越高,其强度、耐久性等性能也会相应提高。在工程应用中,表观密度常用于计算材料的重量、体积和质量。例如,在计算材料的重量时,可以使用公式 $G = \rho_0 V_0$ 进行计算,其中 G 为重量, ρ_0 为表观密度, V_0 为体积。

第二章 建筑材料的基本性质

建筑物是由多种建筑材料结合构成的。因建筑材料在建筑物中所处环境和部位不同,其要求和作用也各不相同。如用于受力结构的材料,要承受各种外力的作用,所用的材料要具有相应的力学性质;根据某些建筑功能的需要,要求材料具有相应的防水、绝热、吸声、防火、装饰以及耐热、耐腐蚀等性质;由于建筑物在长期的使用过程中,受到风吹、日晒雨淋、冰冻等所引起的温度变化、干湿交替、冻融循环等作用,这就要求材料必须具有一定的耐久性能。因此,建筑材料的应用与其性质是紧密相关的。

为了使建筑物安全、经济、美观、经久耐用,工程技术人员必须了解和掌握建筑材料的基本性质及与之相关的组成、结构等方面的基本知识,这样才能更加合理地选择和应用建筑材料。

第一节 建筑材料的物理性质

一、材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度(ρ)

密度是材料在绝对密实状态下单位体积的质量,按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 ρ ——密度(kg/m^3 或 g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(kg 或 g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积或称绝对体积(m^3 或 cm^3)。

对于固体材料而言, m 是指干燥至恒重状态下的质量。所谓绝对密实状态下的体积,是指不含任何孔隙状态下的体积。建筑材料中除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料都含有一定的孔隙,如砖、石材等块状材料。对于这些有孔隙的材料,测定其密度时,应先把材料磨成细粉,经干燥至恒重后,用比重瓶(李氏瓶)测定其体积,然后按上式计算得到密度值。材料磨得越细,测得的数值就越准确。

2. 表观密度(ρ_0)

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:

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

式中 ρ_0 ——表观密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(m^3)。

材料在自然状态下的体积包含了材料内部孔隙的体积。当材料含有水分时,它的质量和体积都会发生变化。一般测定表观密度时,以干燥状态为准,如果在含水状态下测定表观密

度,须注明含水情况。实验室中测定的通常为烘干至恒重状态下的表观密度。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。质地密实坚硬的散粒状材料(如砂、石),一般测定其表观密度,在实际应用中(如混凝土配合比计算过程)近似代替其密度。

3. 堆积密度(ρ'_0)

堆积密度是指粉状或散粒状材料在堆积状态下单位体积的质量,按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料的堆积体积(m^3)。

上式中材料的质量是指自然堆积在一定容器内材料的质量;堆积体积是指所用容器充满时的容积。容器的容积视材料的种类和规格而定。材料的堆积体积既包含了内部孔隙,也包含了颗粒之间的空隙。

二、材料的孔隙率(P)和空隙率(P')

1. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内孔隙体积所占的比例,按下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2-4)$$

与孔隙率相对应的是密实度 D ,即材料体积内被固体物质充实的程度,按下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-5)$$

孔隙率或密实度的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙的构造可分为连通孔和封闭孔,连通孔不仅彼此贯通还与外界相通,而封闭孔不仅彼此不连通,而且与外界相隔绝。孔隙按尺寸的大小又可分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。孔隙的大小、分布、数量及构造特征对材料的性能产生很大的影响。

2. 空隙率

空隙率是指散粒状材料在某堆积体积中颗粒之间的空隙体积所占的比例,按下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-6)$$

与空隙率相对应的是填充率 D' ,即材料在某堆积体积中被颗粒填充的程度,按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% = 1 - P' \quad (2-7)$$

几种常用材料的密度、表观密度及孔隙率的约值见表 2-1。

表 2-1 几种常用材料的密度、表观密度及孔隙率

材 料	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率(%)
建筑钢材	7.85	7 850	0
铝合金	2.71~2.90	2 710~2 900	0

续上表

材 料	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率(%)
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
天然橡胶	0.91~0.93	910~930	0
聚氯乙烯树脂	1.33~1.45	1 330~1 450	0

三、材料的亲水性和憎水性

建筑材料经常与水或空气中的水分接触,处于材料、水和空气的三相体系中。水分与不同材料表面之间的相互作用存在不同的状态。在三相交汇处某点,沿水滴表面的切线与水和材料的接触面之间的夹角 θ 称润湿角。一般认为,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 2—1(a)所示,表示水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的吸引力,这种材料称为亲水性材料;当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 2—1(b)所示,表示水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力,这种材料称为憎水性材料。建筑材料中的混凝土、木材、砖等为亲水性材料,沥青、石蜡等为憎水性材料。亲水性材料表面做憎水处理,可提高其防水性能。

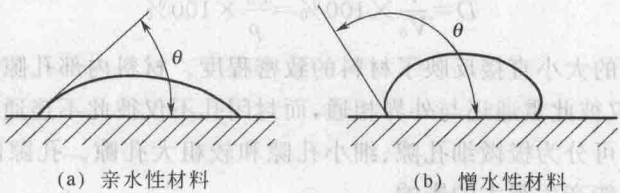


图 2—1 材料的润湿角

四、材料的吸水性和吸湿性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性,常用吸水率表示,按下式计算:

$$W_{\text{吸}} = \frac{m_2 - m}{m} \times 100\% \tag{2-8}$$

式中 $W_{\text{吸}}$ ——材料的吸水率(%);

m ——材料在干燥状态下的质量(kg);

m_2 ——材料在吸水饱和状态下的质量(kg)。

吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。上式定义的吸水率为质量吸水率。体积吸水率是指材料吸入饱和水的体积占材料自然状态下体积的百分率。

材料的吸水率与孔隙有很大关系。若材料具有微细而连通的孔隙,则吸水率较大;若是具有封闭孔隙,则水分难以渗入,吸水率较小;若是较粗大的孔隙,水分虽容易渗入,但不易在孔

内保留,仅起到润湿孔壁的作用,吸水率也较小。所以,不同的材料或同种材料不同的内部构造,其吸水率会有很大的差别。

吸湿性是指材料吸收空气中水分的性质,常以含水率表示,按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (2-9)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——含水率(%);

m ——材料在干燥状态下的质量(kg);

m_1 ——材料在含水状态下的质量(kg)。

空气湿度发生变化时,含水率也会随之发生变化。与空气湿度达到平衡时的含水率,称为平衡含水率。通常材料大量吸湿后,会造成材料重量的增加、体积改变、强度降低,对于绝热材料来说,还会显著降低其绝热性能。

五、材料的耐水性、抗渗性和抗冻性

材料长期在饱和水的作用下不被破坏而且强度也不显著降低的性质称为耐水性,常用软化系数表示,按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{R_{\text{饱}}}{R_{\text{干}}} \quad (2-10)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——软化系数;

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

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

一般材料吸水后,材料内部的结合力有所削弱,造成强度不同程度的降低,即使是致密的花岗岩长期浸泡于水中,强度也会降低3%左右。

$K_{\text{软}}$ 在0~1之间变动。通常将软化系数大于0.85的材料看作耐水材料。

抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的性质,一般用渗透系数 K 表示,按下式计算:

$$K = \frac{Q\delta}{AtH} \quad (2-11)$$

式中 K ——渗透系数(cm/h);

Q ——渗透量(cm^3);

δ ——试件厚度(cm);

A ——透水面积(cm^2);

t ——时间(h);

H ——静水压力水头(cm)。

混凝土材料的抗渗性用抗渗等级 P 表示。混凝土抗渗等级分为 P_4 、 P_6 、 P_8 、 P_{10} 和 P_{12} 等五级。渗透系数越小或抗渗等级越高,表明材料的抗渗性越好。各种防水材料及受压力水作用部位的材料,都要具有一定的抗渗性。

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环作用而不破坏,强度又不显著降低的性质,常用抗冻标号 F 表示。抗冻标号表示试件能经受的最大冻融循环次数。

当材料内部孔隙充满水,且水温降至负温时,水分会结冰而产生体积膨胀(约增大9%),对孔壁产生很大的压力(可达100 MPa),造成孔壁开裂。反复的冻融又造成材料内外层产生明显的应力差和温度差,将对材料产生不同程度的破坏。