



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专)

建筑材料

(第3版)

崔长江 主编
金文良 陆克芬 主审



黄河水利出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专)

建 筑 材 料

(第3版)

主 编	崔长江	
副主编	尹红莲	程 斌
	张思梅	贺月英
主 审	金文良	陆克芬

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。本书主要介绍水利、土木工程中常用建筑材料的组成、技术性能、质量检验及其应用等有关知识。全书共分为两篇:上篇为理论部分,分别讲述材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、砌筑块材、沥青及沥青防水材、木材、建筑钢材、合成高分子材料和隔热、吸声及装饰材料等;下篇为材料试验部分,主要讲述实验室管理、试验机操作及常用材料的技术性能检验方法等。为了便于学生巩固所学知识,提高分析与解决问题的能力,本书还附有《建筑材料习题集》(另册)。

本书是为适应国家高等职业技术教育的发展而编写的,突出了建筑材料的应用及试验检验方法,可作为高等职业技术学院和高等专科学校水利水电工程、水利工程、水利水电工程施工、水利工程监督、水电站建筑等专业的教材,并可用于建筑工程技术、给水排水、工程造价等土建类专业教学,也可供成人专科同类专业教学,还可供以上专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/崔长江主编. —3 版. —郑州:黄河水利出版社,2009.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 576 - 3

I. 建… II. 崔… III. 建筑材料 - 高等学校 - 教材
IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 061236 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@126.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:hhsllcbs@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:21.25

字数:490 千字

印数:18 101—22 200

版次:2003 年 7 月第 1 版

印次:2009 年 7 月第 5 次印刷

2004 年 7 月第 2 版

2009 年 7 月第 3 版

定价:33.00 元(全二册)

前 言

(第3版)

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。

前两版《建筑材料》是一本全国统编教材,由中国水利教育协会水利水电高职教研会组织4所院校共同编写,教育部、财政部“示范院校建设”专项经费予以支持。该教材发行6年来,先后4次印刷,被全国多家高职高专院校采用,得到了较好的评价,2006年列入了教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2009年进行了第3版修订编写。

第3版《建筑材料》教材主要依据新修订的高职高专水利水电工程专业“建筑材料”课程大纲,本着适度够用的原则,对原版进行了适当删减。在修订过程中力求概念清晰、深入浅出,进一步降低了理论教学难度,加强了实践环节,注重能力的培养。按最新标准、规范及试验规程更新理论、试验教学内容,强调新知识、新技术的应用,引入了最新规范和成果,力求突出实用,尽量多地介绍新材料,体现了高职高专特色,更加适应当前教学改革的新形势。修订后的《建筑材料》除满足水利水电工程、水利工程、水利水电工程施工、水利工程监理等水利类专业的教学外,也可供土建类专业教学及相关工程技术人员使用和参考。

本书修订再版编写人员及分工如下:黄河水利职业技术学院崔长江(绪论、第七、十、十二章),三峡电力职业学院贺月英(第一、十一章),山西水利职业技术学院高智(第二、十三章),山东水利职业学院尹红莲(第三章),杨凌职业技术学院程斌(第四、八、十八章),内蒙古机电职业技术学院冯红生(第五、十五、十九章),黄河水利职业技术学院张梦宇(第六、十七章),安徽水利水电职业技术学院张思梅(第九、十四、十六、二十章)。《建筑材料习题集》由相应章节的编写人员重新修订。全书由崔长江担任主编并负责统稿,由尹红莲、程斌、张思梅、贺月英担任副主编,由四川水利职业技术学院金文良、广西水利电力职业技术学院陆克芬担任主审。

由于编者水平和经验有限,新版编写仍难免存在疏漏、错误及不妥之处,衷心希望读者批评指正。

编 者

2009年2月

目 录

前 言	
绪 论	(1)

上篇 理论部分

第一章 建筑材料的基本性质	(5)
第一节 材料的组成、结构及构造	(5)
第二节 材料的物理性质	(7)
第三节 材料的力学性质	(14)
第四节 材料的化学性质	(17)
第五节 材料的耐久性	(17)
本章小结	(18)
第二章 无机胶凝材料	(20)
第一节 石 灰	(20)
第二节 建筑石膏	(23)
第三节 水玻璃	(25)
第四节 通用硅酸盐水泥	(26)
第五节 特性水泥	(36)
第六节 水泥的验收与贮运	(40)
本章小结	(41)
第三章 水泥混凝土	(42)
第一节 概 述	(42)
第二节 混凝土的组成材料	(44)
第三节 混凝土的主要技术性质	(58)
第四节 混凝土的配合比设计	(70)
第五节 混凝土的质量控制	(83)
第六节 其他混凝土	(86)
本章小结	(91)
第四章 砂 浆	(92)
第一节 砌筑砂浆	(92)
第二节 其他砂浆	(97)
本章小结	(99)

第五章 砌筑块材与屋面瓦	(100)
第一节 天然石材	(100)
第二节 砌墙砖	(104)
第三节 墙用砌块	(111)
第四节 屋面瓦	(119)
本章小结	(121)
第六章 建筑钢材	(122)
第一节 概 述	(122)
第二节 建筑钢材的主要技术性能	(124)
第三节 建筑钢材的技术标准及应用	(129)
第四节 常用建筑钢材	(133)
本章小结	(142)
第七章 合成高分子材料	(144)
第一节 概 述	(144)
第二节 工程中常用的合成树脂及塑料	(145)
第三节 工程中常用的合成橡胶	(147)
第四节 聚合物混凝土	(148)
第五节 化学灌浆材料	(152)
本章小结	(153)
第八章 土工合成材料	(154)
第一节 土工合成材料的种类	(154)
第二节 土工合成材料的技术性能	(159)
第三节 土工合成材料的功能	(167)
第四节 土工合成材料的贮存与保管	(171)
本章小结	(171)
第九章 沥青、防水材料及沥青混合料	(172)
第一节 石油沥青和煤沥青	(172)
第二节 沥青防水材料	(182)
第三节 沥青混合料	(189)
本章小结	(196)
第十章 木 材	(197)
第一节 木材的基本构造	(197)
第二节 木材的物理力学性质	(199)
第三节 木材主要产品	(202)
本章小结	(204)
第十一章 绝热、吸声及装饰材料	(205)
第一节 绝热材料	(205)
第二节 吸声材料	(209)

第三节 装饰材料 (212)

本章小结 (221)

下篇 试验部分

第十二章 建筑企业实验室管理 (223)

第十三章 万能材料试验机的工作原理及操作 (225)

 第一节 工作原理 (225)

 第二节 操作方法 (228)

第十四章 水泥试验 (229)

第十五章 砂、石试验 (238)

第十六章 水泥混凝土试验 (251)

第十七章 钢筋试验 (256)

第十八章 砌筑砂浆试验 (263)

第十九章 砌墙砖试验 (267)

第二十章 石油沥青及防水卷材试验 (273)

参考文献 (283)

绪 论

一、建筑材料的定义及其分类

建筑材料是指建筑工程中所使用的材料及其制品,是工程建设的物质基础。建筑材料的性能、种类、规格及合理使用,将影响工程的坚固、耐久、美观等工程质量。若选择、使用材料不当,轻则达不到预期效果,重则会导致工程质量降低甚至酿成工程事故。同时,建筑材料对工程技术的发展也起着至关重要的作用,新材料的出现往往促进工程技术的革新,而工程变革与社会发展的需要又常常促进新材料的诞生。

建筑材料品种繁多,按其基本成分的不同可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

(一)金属材料

金属材料包括黑色金属材料和有色金属材料。钢材是工程中应用最为广泛的黑色金属材料,多用于重要的承重结构,如钢结构、钢筋混凝土结构等。铝、铜、锌及其合金属于有色金属材料,是装饰工程、电气工程、止水工程中的重要材料。如各种类型的铝合金型材及制品现已大量用于门窗、吊顶、玻璃幕墙等工程中。

(二)非金属材料

非金属材料包括无机非金属材料 and 有机材料。

无机非金属材料是以无机化合物为主体的材料,主要包括天然材料(如砂、石)、烧土制品(如黏土砖、陶瓷)、玻璃、胶凝材料(如水泥、石灰、石膏、水玻璃)及以胶凝材料为基料的人造石材(如混凝土、硅酸盐制品)等。无机非金属材料资源丰富、性能优良、价格低廉,在建筑材料中占有重要地位。

有机材料主要包括植物材料(如木材、竹材、植物纤维及其制品)、沥青材料、高分子材料(如建筑塑料、合成橡胶、建筑涂料、胶粘剂)等。

(三)复合材料

复合材料是指由两种或两种以上不同性质的材料(复合相),经加工而组合成一体的材料。复合材料有利于发挥各复合相的性能优势,克服单一材料的弱点,是现代材料科学研究发展的趋势。根据复合相的几何形状,复合材料可分为颗粒型(如沥青混凝土、聚合物混凝土)、纤维型(如纤维混凝土、钢筋混凝土)、层合型(如塑钢复合型材、夹层玻璃、铝箔面油毡)等。

二、建筑材料的发展

利用建筑材料改造自然、促进人类物质文明的进步,是人类社会发展的一个重要标志。远在新石器时期之前,人类就已开始利用土、石、木、竹等天然材料从事营造活动。据考证,我国在4500年前就已有木架建筑和木骨泥墙建筑。随着生产力的发展,人类能够

对天然原料进行简单的加工,出现了人造建筑材料,使人类突破了仅使用天然材料的限制,并开始大量修建房屋、寺塔、陵墓和防御工程。我国早在公元前 5 世纪的西周初期已有烧制的瓦,公元前 4 世纪的战国时期有了烧制的砖,始建于春秋时期的长城就大量应用了砖、石灰等人造建材。2 000 年前的古罗马已用石灰、火山灰、砂和砾石配制混凝土,建造著名的万神殿、斗兽场的巨大墙体。

17 世纪工业革命后,随着资本主义国家工业化的发展,建筑、桥梁、铁路和水利工程大量兴建,对建筑材料的性能有了较高的要求。17 世纪 70 年代在工程中开始使用生铁,19 世纪初开始用熟铁建造桥梁和房屋,出现了钢结构的雏形。自 19 世纪中叶开始,冶炼并轧制出强度高、延性好、质地均匀的建筑钢材,随后又生产出高强钢丝和钢索,钢结构得到了迅速发展,使建筑物的跨度从砖石结构、木结构的几米、几十米发展到百米、几百米乃至现代建筑的上千米。

19 世纪 20 年代,英国瓦匠约瑟夫·阿斯普丁发明了波特兰水泥,出现了现代意义上的水泥混凝土。19 世纪 40 年代,出现了钢筋混凝土结构,利用混凝土受压、钢筋受拉,以充分发挥两种材料各自的优点,从而使钢筋混凝土结构广泛应用于工程建设的各个领域。为克服钢筋混凝土结构抗裂性能差、刚度低的缺点,20 世纪 30 年代又发明了预应力混凝土结构,使土木工程跨入了飞速发展的新阶段。

随着社会的发展,人类对建筑工程的功能要求越来越高,从而对使用的建筑材料的性能要求也越来越高。轻质、高强、耐久、高效、方便施工等具有优良的综合性能的建筑材料,是今后发展的基本方向。同时,随着人们环境保护与可持续发展意识的增强,保护环境、节约能源与土地,合理开发和综合利用原料资源,尽量利用工业废料,也是建筑材料发展的一种趋势。

三、建筑材料在国民经济建设中的作用

建筑业是国民经济的支柱产业之一,而建筑材料是其重要的物质基础。因此,建筑材料的产量及质量直接影响着建筑业的进步和国民经济的发展。建筑材料的用量相当大,据统计,在工程总造价中,材料费所占比重可达 50% ~ 70%。建筑材料的品种、规格、性能及质量,对建筑结构的形式、使用年限、施工方法和工程造价有直接影响。建筑工程中许多技术问题的突破,往往依赖建筑材料问题的解决,新的建筑材料的出现,往往会促进结构设计及施工技术的革新和发展。因此,加强建筑材料的研究,提高建筑材料生产和应用的技术水平,对于我们合理利用各种有限的自然资源,改善建筑物的使用功能,提高建筑工程施工的工业化和机械化水平,加快工程建设速度,降低工程造价,从而促进我国社会主义经济的发展,具有十分重要的意义。

四、建筑材料检验与技术标准

建筑材料质量的优劣对工程质量有着最直接的影响,对所用建筑材料进行合格性检验,是保证工程质量的最基本环节。国家标准规定:无出厂合格证明或没有按规定复试的原材料,不得用于工程建设;在施工现场配制的材料,均应在实验室确定配合比,并在现场抽样检验。各项建筑材料的检验结果,是工程施工及工程质量验收必需的技术依据。因

此,在工程的整个施工过程中,始终贯穿着材料的试验、检验工作,它是一项经常化的、责任性很强的工作,也是控制工程施工质量的重要手段之一。

建筑材料的验收及检验,均应以产品的现行技术标准及有关的规范、规程为依据。建筑材料的产品标准分为国家标准、行业标准和企业标准,各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布,国家标准化管理委员会是我国国家标准化管理的最高主管机构。建筑材料常用标准的种类及代号如表 0-1 所示。

表 0-1 建筑材料常用标准的种类及代号

标准种类	说明	代号
国家标准 (简称“国标”)	是对国民经济、技术发展有重要意义而必须在全国范围内统一的标准。主要包括:基本原料、材料标准,有关广大人民生活的、量大面广的、跨部门生产的重要工农业产品标准,有关人民安全、健康和环境保护的标准,有关互换配合、通用技术语言等的基础标准,通用的零件、部件、器件、构件和工具、量具标准,通用的试验和检验标准,被采用的国际标准	(1)GB 是“国标”两字的汉语拼音字头,属国家强制性标准 (2)GB/T 是国家推荐性标准
行业标准 (简称“部标”)	行业标准主要是指全国性的各专业范围内统一的标准。由主管部门组织制定、审批和发布,并报送国家标准化管理机构备案。行业标准也分为强制性标准和推荐性标准两类	(1)JC 是建材行业标准 (2)JG 是建工行业标准 (3)DL 是电力行业标准 (4)YB 是冶金行业标准 (5)JT 是交通行业标准 (6)SH 是石油化工行业标准 (7)SL 是水利行业标准
企业标准 (简称“企标”)	凡没有制定国家标准、行业标准的产品,都要制定企业标准。为了不断提高产品质量,企业可制定比国家标准、行业标准更先进的产品质量标准	QB 是企业标准的代号

标准的表示方法由标准名称、部门代号、标准编号和颁布年份等组成。例如:《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001)。

各国均制定有自己的国家标准,常见的有“ANS”、“JIS”、“BS”、“DIN”,它们分别代表美国、日本、英国和德国的国家标准。“ASTM”是美国试验与材料协会标准,“ISO”是国际标准。

五、本课程的目的及任务

建筑材料既是土木工程类专业的一门重要的专业基础课,又是一门实践性很强的应用型学科。学习本课程的目的是使学生掌握常用建筑材料的基本性能和特点,能够根据工程实际条件合理选择和使用各种建筑材料;掌握建筑材料的验收、保管、贮存等方面的基本知识与方法,并具有进行建筑材料试验检验及其质量评定的基本技能;为熟悉建筑材

料的性能,还应了解材料的原料、生产、组成、工作机理等方面的一般知识。本课程为建筑结构、施工技术及工程预算等专业课程的学习提供必要的专业基础知识。

六、本课程的特点与学习方法

(1) 建筑材料的种类繁多,性能各异,涉及的基础知识广泛,各章原则上按一种或一类材料进行编排,相互之间的联系较弱。在学习过程中应善于分析和对比各种建筑材料的组成、主要性质与应用特点,理解具有这些性质的原因,找出材料的组成、结构与材料性能之间的内在联系。

(2) 建筑材料是一门实践性很强的课程,其中许多规律性的结论都是大量实践经验的总结,许多公式也是建立在大量试验基础上的经验公式,对建筑材料质量合格性判定,也是通过各种试验进行的。因此,在学习时应注意加强试验技能的培养,并通过试验和观察,加深对教材理论部分内容的理解,以达到学习本课程的目的。

(3) 建筑材料的性能及技术参数受外界因素的影响较大。相同的成分、构造、配比的材料,在不同的环境条件下其性能不同。学习时除理解材料内部因素对材料产生影响的原因和程度,并分析其间的交互作用外,还应注意在进行建筑材料试验时,试件的养护环境、养护时间、试验方法不同,试验结果的差别是相当大的,同种建筑材料只有在同等试验条件下得出的数据才具有可比性。因此,建筑材料试验应严格按照有关的规范、规程及技术标准要求的试验条件、试验方法进行,养成一种严谨、科学、认真的试验态度。

(4) 随着科学技术的不断进步以及和国际标准接轨的需要,政府将不断修改与制定建筑材料产品新标准,并通过制定方针政策,不断推广应用一些新型材料和新技术。学习时应联系实际,充分利用参观和实习的机会,了解工程中所用新材料、新技术的推广应用情况;经常浏览有关的报刊、杂志、网络等,掌握国家的有关政策,了解建筑材料新品种开发应用、产品标准制定颁发等发展动向。

上篇 理论部分

第一章 建筑材料的基本性质

【内容提要】

本章介绍材料的组成、结构、构造,材料的物理性质、力学性质、化学性质和材料的耐久性。其中,材料的物理性质和力学性质为本章的重点。主要内容包括:材料的密度、表观密度、堆积密度、孔隙率和空隙率、吸水率和含水率的概念及有关计算,耐水性、抗渗性、抗冻性的概念及指标,材料导热系数与热容量的概念,材料强度与强度等级、弹性与塑性、脆性与韧性及材料强度与硬度,材料耐久性及影响因素。

建议学习时从材料的体积构成去理解材料的各种密度和表达式的区别。从材料的孔隙(空隙)率和孔隙构造特征去理解材料的性质。通过对材料性质指标的计算,加深对概念的理解。对材料的各种基本性质必须牢固掌握,熟练应用,以便为后面各章的学习打好基础。

建筑材料在使用条件下要承受一定荷载,并受到周围不同环境介质(空气、水及其所溶物质,温度和湿度变化等)的作用。因此,建筑材料应具有相应的力学性质,还应具备抵抗周围环境介质的物理、化学和生物作用及经久耐用的性质。

合理选用建筑材料,应熟悉工程条件及对拟用材料提出的各项技术要求,还应掌握材料的各种技术性质以及影响这些性质的因素,使所选材料在建筑物中发挥应有的作用。

本章主要讲述建筑材料所具有的共性,即材料的基本性质。各种材料的特性将在后面的章节中讲述。

第一节 材料的组成、结构及构造

材料的组成、结构及构造是决定材料性质的内部因素。

一、材料的组成

材料的组成是指材料所含物质的种类及含量,是区别物质种类的主要依据,分为化学组成、矿物组成和相组成。

(一) 化学组成

材料的化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类及数量。金属材料的化学组成通常以其化学元素含量的百分数表示,无机非金属材料常以各种氧化物的含量表示,有机材料则以各种化合物的含量表示。材料的化学成分,直接影响材料的化学性质,也是影响材料物理性质及力学性质的重要因素。

(二) 矿物组成

矿物是具有一定的物理力学性质、化学成分和结构特征的单质或化合物。材料的矿物组成是指构成材料的矿物的种类和数量,它直接影响无机非金属材料的性质。

(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。一般可分为气相、液相和固相。

材料的组成不同,其物理、化学性质也不相同。如普通钢材在大气中容易生锈,而不锈钢(炼钢时加入适量的铬或镍)则不易生锈。可见,选用材料时,通过改变材料的组成可以获得满足工程所需性质的新材料。

二、材料的结构及构造

材料的结构及构造是指材料的微观组织状态和宏观组织状态。组成相同而结构与构造不同的材料,其技术性质也不相同。

(一) 材料的结构

材料的结构是指材料的微观组织状态。按其成因及存在形式可分为晶体结构、非晶体结构及胶体结构。

1. 晶体结构

由质点(离子、原子或分子)在空间按规则的几何形状周期性排列而成的固体物质称为晶体。晶体有以下特点:

- (1) 特定的几何外形。
- (2) 各向异性。
- (3) 固定的熔点和化学稳定性。
- (4) 结晶接触点和晶面是晶体破坏或变形的薄弱环节。

2. 非晶体结构(玻璃体结构)

非晶体结构是熔融物质经急速冷却,质点来不及按一定规则排列便凝固的固体物质,属于无定形结构。非晶体结构内部贮存了大量内能,具有化学不稳定性,在一定条件下易与其他物质起化学反应。

3. 胶体结构

粒径为 $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{ m}$ 的固体微粒(分散相),均匀分散在连续相介质中所形成的分散体系称为胶体。当介质为液体时,称此种胶体为溶胶体;当分散相颗粒极细,具有很大的表面能,颗粒能自发相互吸附并形成连续的空间网状结构时,称此种胶体为凝胶体。

溶胶结构具有较好的流动性,液体性质对结构的强度及变形性质影响较大;凝胶结构基本上不具有流动性,呈半固体或固体状态,强度较高,变形较小。

凝胶结构由范德华力结合,在剪切力(搅拌、振动等)作用下,网状结构易被打开,使

凝胶结构重新具有流动性;静置一段时间后,溶胶又慢慢恢复成凝胶。凝胶—溶胶—凝胶的可逆互变性称为胶体的触变性。

(二) 材料的构造

材料的构造是指材料结构间单元的相互组合搭配情况,亦即材料的宏观组织状态。按构造不同,材料可分为聚集状、多孔状、纤维状、片状和层状等。

一般而言,聚集状和多孔状的材料具有各向同性,纤维状和层状构造的材料具有各向异性。构造致密的材料,强度高;疏松多孔的材料密度低,强度也低。

由于材料结构间的组合搭配,材料内部存在孔隙。孔隙对材料的性质影响很大。开口孔隙对材料的抗渗性、抗冻性及抗侵蚀性有不利影响,闭口孔隙对材料的抗渗性、抗冻性及抗侵蚀性的影响则较小。

第二节 材料的物理性质

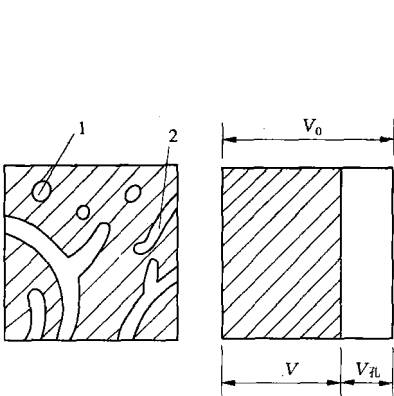
一、基本物理性质

(一) 材料的体积构成及含水状态

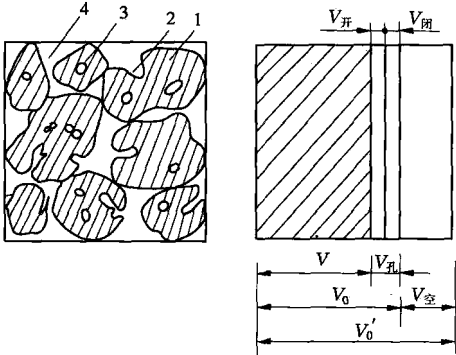
1. 材料的体积构成

块状材料在自然状态下的体积是由固体物质体积及其内部孔隙体积组成的。材料内部的孔隙按孔隙特征又分为闭口孔隙和开口孔隙。闭口孔隙不进水,开口孔隙与材料周围的介质相通,材料在浸水时易吸水饱和。块状材料体积构成示意如图 1-1 所示。

散粒材料是指具有一定粒径材料的堆积体,如工程中常用的砂、石子等。其体积构成包括固体物质体积、颗粒内部孔隙体积及固体颗粒之间的空隙体积,如图 1-2 所示。



1—闭口孔隙;2—开口孔隙
图 1-1 块状材料体积构成示意



1—颗粒中固体物质;2—颗粒的开口孔隙;
3—颗粒的闭口孔隙;4—颗粒间的空隙
图 1-2 散粒材料体积构成示意

2. 材料的含水状态

材料在大气中或水中会吸附一定的水分,根据材料吸附水分的情况,将材料的含水状态分为干燥状态、气干状态、饱和面干状态及湿润状态 4 种,如图 1-3 所示。材料的含水

状态会对材料的多种性质产生一定影响。

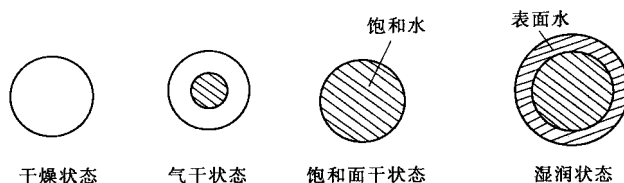


图 1-3 材料的含水状态

(二) 密度、表观密度与堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。用式(1-1)表示为:

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

式中 ρ ——材料的密度, 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(图 1-1、图 1-2 中阴影部分), cm^3 。

材料在绝对密实状态下的体积,可将材料磨制成规定细度的粉末,用排液法求得。

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。用式(1-2)表示为:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积(见图 1-1), cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积,可直接用排液法求得(按材料的外形计算或蜡封材料表面用排液法求体积所算出的表观密度旧称体积密度)。材料的表观密度与材料的含水状态有关,含水状态不同,材料的质量及体积均会发生改变,故在提供材料的表观密度的同时,应提供材料的含水率。通常:材料的表观密度是材料在气干状态(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。

3. 堆积密度

堆积密度是指材料在规定的装填条件下,单位松散体积的质量。用式(1-3)表示为:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——散粒材料的堆积密度, kg/m^3 ;

V'_0 ——散粒材料的松散体积(见图 1-2), m^3 。

散粒材料的松散体积包括固体颗粒体积、颗粒内部孔隙体积和颗粒之间的空隙体积。松散体积用容量筒测定。堆积密度与材料的装填条件及含水状态有关,根据散粒材料堆放的紧密程度不同,堆积密度又可分为疏松堆积密度、振实堆积密度及紧密堆积密度

三种。

(三) 材料的孔隙率与空隙率

1. 孔隙率

孔隙率是指块状材料中孔隙体积与材料在自然状态下总体积的百分比。用式(1-4)或式(1-5)表示为:

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 P ——材料的孔隙率(%);
 $V_{\text{孔}}$ ——材料中孔隙的体积, cm^3 ;
 V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 ;
 ρ_0 ——材料的干表观密度, g/cm^3 。

材料开口孔隙率的计算公式为:

$$P_K = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_H} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 P_K ——材料的开口孔隙率(%);
 m_1 、 m_2 ——材料在干燥状态和饱和面干状态下的质量, g ;
 ρ_H ——水的密度, g/cm^3 。

材料的闭口孔隙率可根据材料的孔隙率、开口孔隙率求得, 见式(1-7):

$$P_B = P - P_K \quad (1-7)$$

式中 P_B ——材料的闭口孔隙率(%).

常用材料的密度、表观密度及孔隙率见表 1-1。

表 1-1 常用材料的密度、表观密度及孔隙率

材料	密度 (g/cm^3)	表观密度 (g/cm^3)	孔隙率 (%)
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2.50 ~ 2.80	0.5 ~ 1.0
普通黏土砖	2.50 ~ 2.80	1.50 ~ 1.80	20 ~ 40
普通混凝土		2.30 ~ 2.50	5 ~ 20
沥青混凝土		2.30 ~ 2.40	2 ~ 4
松木	1.55 ~ 1.60	0.38 ~ 0.70	55 ~ 75
砂	2.60 ~ 2.70	1.40 ~ 1.60	40 ~ 45
建筑钢材	7.85	7.85	0

2. 空隙率

散粒材料在松散状态下, 颗粒之间的空隙体积与松散体积的百分比称为空隙率。用式(1-8)表示为:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 P' ——散粒材料的空隙率(%)。

式(1-8)中 ρ'_0 、 ρ_0 均为干燥状态下所求。

二、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触,根据其能否被水润湿,将材料分为亲水性材料和憎水性材料,如图 1-4 所示。

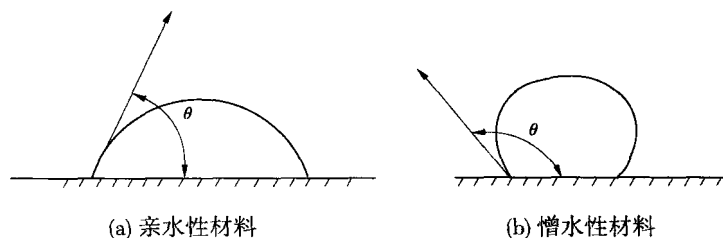


图 1-4 材料润湿示意

在材料、空气、水三相交界处,沿水滴表面作切线,切线与材料表面(水滴一侧)所得夹角 θ ,称为润湿角。 θ 越小,浸润性越强,当 θ 为零时,表示材料完全被水润湿。一般认为,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,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,此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,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,材料表面不易被水润湿,称此种材料为憎水性材料。

混凝土、砖石、木材等大多数材料属于亲水性材料,沥青、石蜡等少数材料属于憎水性材料。憎水性材料能阻止水分渗入其毛细管中,可用做防水材料。

(二) 吸水性及吸湿性

材料与水接触或在潮湿的空气中具有吸收水分的性能。多数材料由于具有亲水性及开口孔隙,其内部常含有水分。

材料在水中吸收水分的性能,称为吸水性。材料吸水达到饱和状态时,其内部所含水分的多少,用吸水率表示。材料的吸水率可用质量吸水率或体积吸水率表示。质量吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分的质量与材料干燥质量的百分比,用式(1-9)计算:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率(%);

m_1 、 m_2 ——材料在干燥状态和饱和面干状态下的质量,g。

对于多孔材料常用体积吸水率表示。体积吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分的体积与干燥材料自然体积的百分比,用式(1-10)表示为:

$$W_{\text{体}} = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_H} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%);

ρ_H ——水的密度, g/cm^3 ;

V_0 ——材料自然状态下的体积, cm^3 。