

高等职业技术学院
高等专科学校 教材



建筑 材料

崔长江 主编

黄河水利出版社

946

946
C92

高等职业技术学院 教材
高等专科学校

建 筑 材 料

主 编 崔长江
副主编 张天宝
主 审 孔祥成

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书主要介绍水利水电工程及工业与民用建筑工程中常用材料的组成、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及气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、砌筑块材、沥青及沥青防水材料、木材、建筑钢材、合成高分子材料、隔热吸声及装饰材料等材料;下篇为材料试验部分,主要讲述试验室管理、试验机操作及常用材料的技术性能检验方法等。

本书是为适应国家高等职业技术教育的发展而编写的,突出材料的应用及试验检验方法,可作为高等职业技术学院水利水电工程建筑、农田水利工程、水利工程施工、工业与民用建筑、给水排水工程等专业的教材,也可供土木建筑类其他专业、中等专业学校相应专业的师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/崔长江主编. —郑州:黄河水利出版社,
2001.1(2002.5重印)

ISBN 7-80621-460-7

I. 建… II. 崔… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01234 号

责任编辑:吕洪平

封面设计:朱 鹏

责任校对:张 倩

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮编:450003

发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.25

版 次:2001 年 1 月 第 1 版

印 数:3 601—4 600

印 次:2002 年 5 月、郑州第 2 次印刷

字 数:330 千字

定 价:25.00 元

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，由中央财政安排“支持示范性职业技术学院建设”项目经费，组织黄河水利职业技术学院部分任课教师编写的。本书适用于高等职业技术学院水利水电工程建筑、农田水利工程、水利工程施工、工业与民用建筑、给水排水工程等专业的教学，也可作为土木工程类其他专业及中等专业学校相应专业的教学参考书。

考虑到高等职业技术教育的教学要求并借鉴高等学校现有《建筑材料》教科书的编写体系，在编写中，本着“少而精”，力求突出科学性、先进性、针对性、实用性和注重技能培养的原则，将本书分为上、下两篇，分头组织把关。上篇主要介绍土木工程中常用建筑材料的组成、技术性质及合理选用，重点讲述了水泥、混凝土、建筑钢材、沥青及其防水制品等，兼顾多专业教学用书的需要，对砌筑材料、隔热保温及装饰材料、木材、合成高分子材料等也进行了较详尽的阐述，尽量采用新标准、新规范，简要介绍了新材料、新技术的发展趋势。下篇力求突出高等职业技术教育培养应用型、技能型人才的教学要求，重点讲述了建筑材料试验室的组织管理，试验机的操作方法，常用材料的取样方法、检验规则及材料主要技术性能的试验检测技术。各专业可根据自身的教学目标及教学时数，对教材内容进行取舍。

本书由黄河水利职业技术学院崔长江任主编，张天宝任副主编（兼下篇主编），各章编写人员为：谭建领（绪论，第六、二十章）；崔长江（第一、二、三章）；张天宝（第四、十二、十三、十五、十六章）；王淑红（第五、七、十八、十九章）；连惠萍（第八章）；梁建林（第九、十一章）；务新超（第十章）；张学峰（第十四、十七章）。

本书由开封市建筑工程质量监督站孔祥成高级工程师担任主审。

在编写过程中，黄河水利职业技术学院院领导、水利系和教务处的领导及同志们给予了极大的支持，李红旗、刘光岩同志还提供了部分试验资料，谨此致以衷心的感谢。

由于本次编写时间仓促，参编人员还缺乏对高等职业技术教育的准确认识，书中难免会出现缺点、错误及不妥之处，欢迎广大师生及读者批评指正。

编 者

2000 年 10 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	(7)
第一节 材料的组分、结构及构造	(7)
第二节 材料的物理性质	(8)
第三节 材料的力学性质	(15)
第四节 材料的化学性质	(18)
第五节 材料的耐久性	(19)
第二章 气硬性胶凝材料	(21)
第一节 石 灰	(21)
第二节 建筑石膏	(24)
第三节 水玻璃	(26)
第三章 水 泥	(28)
第一节 硅酸盐水泥	(28)
第二节 掺加混合材料的硅酸盐水泥	(34)
第三节 其他品种水泥	(38)
第四节 水泥的验收与贮运	(42)
第四章 水泥混凝土	(43)
第一节 概 述	(43)
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	(53)
第四节 混凝土的配合比设计	(61)
第五节 特殊要求混凝土的配合比设计	(67)
第六节 混凝土质量控制	(69)
第七节 其他混凝土	(73)
第五章 砂 浆	(75)
第一节 砌筑砂浆	(75)
第二节 其他砂浆	(79)
第六章 砌筑块材	(81)
第一节 砌墙砖	(81)

第二节	墙用砌块	(89)
第三节	砌筑石材	(95)
第七章	沥青及沥青防水材料	(100)
第一节	石油沥青和煤沥青	(100)
第二节	沥青防水材料	(109)
第三节	沥青混凝土	(114)
第八章	木 材	(122)
第一节	木材的基本构造	(122)
第二节	木材的物理力学性质	(123)
第三节	木材的疵病与腐蚀	(125)
第四节	木材的主要产品	(126)
第九章	建筑钢材	(128)
第一节	概 述	(128)
第二节	建筑钢材的力学性能和工艺性能	(129)
第三节	常用建筑钢材	(132)
第四节	钢 筋	(135)
第五节	型钢、钢板和钢管	(143)
第六节	钢材的检验	(145)
第十章	合成高分子材料	(148)
第一节	概 述	(148)
第二节	常用合成树脂及塑料	(149)
第三节	聚合物砂浆、混凝土	(151)
第四节	化学灌浆材料	(154)
第十一章	绝热吸声及装饰材料	(156)
第一节	绝热材料	(156)
第二节	吸声材料	(160)
第三节	装饰材料	(162)

下篇 试验部分

第十二章	建筑施工企业试验室管理	(171)
第十三章	万能材料试验机的工作原理及操作	(173)
第一节	工作原理	(173)
第二节	操作方法	(176)
第十四章	水泥试验	(177)
第十五章	砂、石试验	(183)
第十六章	水泥混凝土试验	(195)
第十七章	钢筋试验	(199)
第十八章	砂浆试验	(203)

第十九章 沥青材料试验.....	(207)
第二十章 砌墙砖试验.....	(212)
参考文献.....	(220)

绪 论

一、建筑材料的定义及其分类

建筑材料是指各项建筑工程中所应用的材料及制品,如水泥、石灰、砌块、钢筋等。建筑材料作为各类工程建设的物质基础,其性能、种类、规格、使用方法的选择,是影响工程坚固、耐久、适用等工程质量的关键因素。若选择、使用材料不当,轻则达不到预期效果,重则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使工程技术的革新,而工程变革与社会发展的需要又常常促进新材料的诞生。

建筑工程中使用的材料范围广泛,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。在建筑工程中应用最为广泛的是黑色金属类的各种钢材,多用于重要的受力结构,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,一般用于装饰工程。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

建筑工程用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(如粘土砖、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。

建筑用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

复合材料是指两种或两种以上不同性质的材料,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,是现代材料科学发展的趋势。根据分散相的几何形状,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方面。远在新石器时期之前,人类就已开始利用土、石、木等天然材料从事营造活动。据考

证,我国在4 500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,使人类突破了天然材料的限制,开始大量修建房屋、寺塔、陵墓和防御工程。我国早在公元前 11 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,建造著名的万神庙、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,于是钢结构迅速发展,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,具有优良的综合性能,是今后建筑材料发展的基本方向。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。在各项工程的建设中,各种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都有直接影响。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,而新的建筑材料的出现,又往往促进了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

在工程施工中,对所用建筑材料进行合格性检查,是保证工程质量的最基本环节。根据有关规定,无出厂合格证明或没有按规定复试的原材料,不得用于工程施工;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备的技术依据。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,均应以产品标准及有关的规范、规程、技术要求为依据。建筑材料的产品标准分为国家标准、行业标准和企业标准三大类。其含意、代号如表 0-1。

表 0-1 建筑材料标准种类及代号

标准种类	说 明	代 号
国家标准 (简称“国标”)	国家标准是指对全国经济、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、配件和工具、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。各类物资(建材)的国家标准,均使用此代号 (2)GBJ 是“国标建”三字的汉语拼音字头,它代表工程建设技术方面的国家标准
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,并报送国家标准局备案。行业标准分为强制性标准和推荐性标准两类	(1)JCJ 是国家建材局(原建筑材料工业部)部颁标准的代号(老代号为“建标”、“JG”等) (2)JGJ 是建设部部颁标准的代号(老代号“BJG”、“建规”、“JZ”) (3)LYJ 是原林业部标准的代号 (4)YBJ 是原冶金工业部部颁标准的代号 (5)JB 是铁道部部颁标准的代号 (6)SYJ 是原石油工业部、能源部部颁标准的代号 (7)其他:略
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。QB 是“企标”两字的汉语拼音字头

五、本课程的任务

建筑材料是各工程类专业的一门重要的专业基础课,其目的是使学习者初步掌握一些主要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有效使用各种建筑材料;同时,通过本课程的学习,应掌握基本建筑材料的验收、保管、贮存和应用方面的

基本知识与方法,并具有进行建筑材料试验及其质量评定的基本技能;对于建筑材料的性能,为知其然并知其所以然,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。

六、本课程的特点与学习方法

在本课程的学习过程中应注意以下几点:

(1)建筑材料的种类繁多,性能各异,内容跨度大,涉及的基础知识广泛,相互之间的联系较弱,常使人感到繁杂散乱,不便学习。因此,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,理解具有这些性质特点的原因,找出材料的组成、结构同材料性能之间的内在联系,从而使本课程形成各学习内容间有一定联系的完整体系。

(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的总结,许多公式也是建立在大量试验基础上的经验公式;在实际工程中对应用的建筑材料质量是否合格的判定,也是通过各种试验进行的。因此,在学习过程中应注意加强试验技能的培养,并通过实际试验操作和观察,加深对教材理论部分内容的理解,以达到本课程的学习目的。

(3)建筑材料的性能及技术参数受外界因素的影响较大。不同的成分、配比、构造及环境条件对建筑材料性能的影响是不同的,学习时应理解各因素对此产生影响的原因和程度,并分析其间的交互作用;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性能指标数据才具有可比性。因此,建材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)随着技术的不断发展进步,在工程中使用的建筑材料的品种、性能也随之不断地更新和发展;为促进技术的进步,政府主管部门经常修改与制定建材产品标准,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,了解工程中所用材料的品种、规格、使用、贮存及新材料、新技术推广等情况;经常浏览有关的报刊、杂志、网络等媒体,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

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,建筑材料除应具有一定的力学性质外,还应具备抵抗周围环境介质的物理、化学作用的能力。

合理选用建筑材料,除应熟悉工程本身特点及对拟用材料提出的各项技术要求外,还应掌握材料的各种技术性质以及影响这些性质的因素,以便所选材料在建筑物中发挥其应有的作用。

本章讨论建筑材料所具有的共性,即材料的基本性质。有关材料的特性将在后续章节中讲述。

第一节 材料的组分、结构及构造

材料的组分、结构及构造是决定材料性质的内部因素。

一、材料的组分

材料组分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。材料组分分为化学组分和矿物组分。

(一)化学组分

材料的化学组分以其所含各种氧化物的百分数(%)表示。

(二)矿物组分

材料中酸性氧化物及碱性氧化物化合而成的物质称为矿物组分。

材料的组分不同,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,通过改变材料的组分可以获得满足工程所需性质的新材料。

二、材料的结构与构造

材料的结构与构造分别指材料的微观组织状态和宏观组织状态。组分相同而结构与构造不同的材料,其各项技术性质也不相同。

(一)材料的结构

材料的结构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。

晶体具有以下特点:

- (1)具有特定的几何外形。
- (2)具有各向异性。
- (3)具有固定的熔点和化学稳定性。
- (4)结晶结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,属无定形结构。非晶体结构内部贮存大量内能,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。由于分散相(胶粒)颗粒极细,具有很大的表面能,胶粒能自发相互吸附并形成连续的空间网状结构,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流动性,呈半固体或固体状态,强度较高,变形性较小。

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。按构造不同,材料可分为聚集状、多孔状、纤维状、片状或层状等。

一般而言,聚集状和多孔状的材料具有各向同性,纤维状及层状构造的材料具有各向异性。由于材料结构间的组合搭配,材料内部存在孔隙,孔隙对材料的各种性质影响很大。

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开口孔隙和闭口孔隙。闭口孔隙不进水,开口孔隙与材料周围的介质相通,材料在浸水时易被水饱和,见图 1-1。

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。见图 1-2。

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,见图 1-3。材料的含水状态会对材料的多种性质产生一定影响。

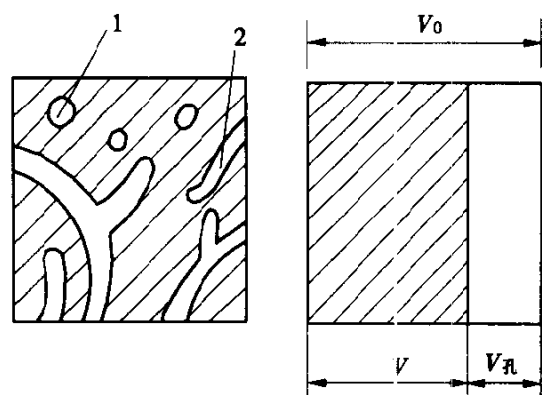


图 1-1 块状材料体积构成示意图

1—闭口孔隙;2—开口孔隙

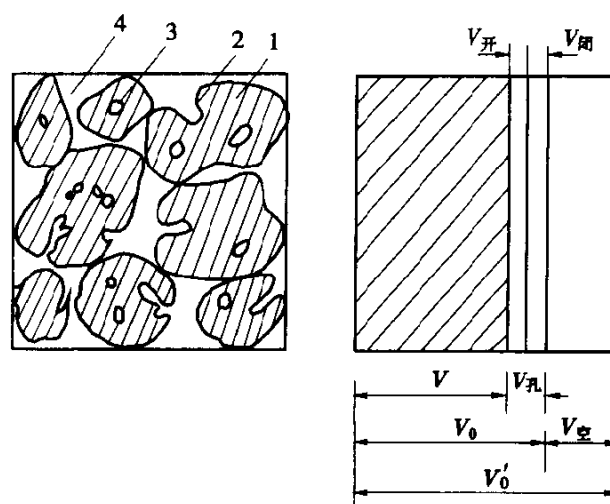


图 1-2 散粒材料体积构成示意图

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

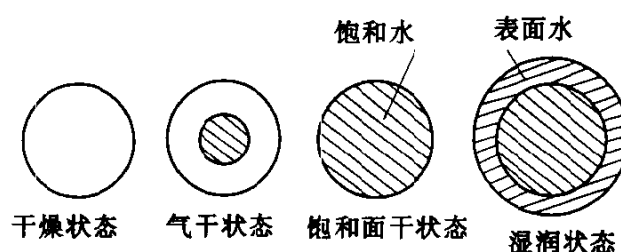


图 1-3 材料的含水状态

(二)密度、表观密度与孔隙率

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。用下式表示:

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

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, cm^3 。

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。用下式表示:

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

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, cm^3 或 m^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。材料在自然状态下的体积,可按材料的外形计算或蜡封材料表面用排液法求得。

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。

3. 孔隙率

孔隙率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。用下式表示:

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

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

式中 P ——材料的孔隙率, %;

$V_{\text{孔}}$ ——材料中孔隙的体积, cm^3 ;

V 、 V_0 、 ρ 、 ρ_0 含义同前。

材料开口孔隙率的计算公式如下:

$$P_K = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_H} \times 100\% \quad (1-5)$$

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从材料的孔隙率、开口孔隙率中求得,见下式:

$$P_B = P - P_K \quad (1-6)$$

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(kg/m^3)	孔隙率(%)
花 岗 岩	2.6~2.9	2 500~2 800	0.5~1.0
普通粘土砖	2.5~2.8	1 500~1 800	20~40
普通混凝土		2 300~2 500	5~20
沥青混凝土		2 300~2 400	2~4
松 木	1.55~1.60	380~700	55~75
砂	2.6~2.7	1 400~1 600	40~45
建筑钢材	7.85	7 850	0

(三) 散粒材料的密度、堆积密度与空隙率

1. 散粒材料的密度(视密度)

散粒材料的密度是指单位固体颗粒物质表观体积的质量。用下式表示:

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1-7)$$