

21世纪高职高专“十二五”规划教材

建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU JIANCE

王长荣 李雯霞 主编



JIANZHU



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

21 世纪高职高专“十二五”规划教材

建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU JIANCE

王长荣 李雯霞 主编



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了各种常用建筑材料的组成、性能与应用、技术标准、检测方法,材料的储存与运输等知识。全书共分为十个情境,分别为建筑材料基础概论、气硬性无机胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、防水材料、建筑塑料与胶黏剂、建筑功能材料等。可作为高职高专土建类专业学生教材使用,也可供行业中培训学员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/王长荣,李雯霞主编. —天津:天津大学出版社,2012.7

21 世纪高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5618-4403-8

I. ①建… II. ①王…②李… III. ①建筑材料-检测-
高等职业教育-教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 159466 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 18.5

字 数 462 千

版 次 2012 年 8 月第 1 版

印 次 2012 年 8 月第 1 次

定 价 37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

建筑材料与检测是高职高专土建类专业(群)的重要的专业技术基础课,课程的实践性、应用性较强。本书根据全国高职高专土建类专业人才培养目标及工程一线各岗位对工程人员能力的要求编写,适合各类专科教学及行业中培训学员使用。

本书主要介绍了各种常用建筑材料的组成、性能与应用、技术标准、检测方法,材料的储存与运输等知识。经过学习学生能够比较系统地获得建筑材料的基础知识,掌握建筑材料的性能和应用技术及其实验检测技术,同时对建筑材料的储运和保护也有所了解,在实践中具有正确选用与合理使用建筑材料的基本能力,并为后续的专业课学习打下坚实基础。

本书在编写中充分体现了新、特、实的特点。“新”即采用国家及行业最新技术标准和技术规范,选用最新材料、最新工艺,充分反映当前建筑材料领域的高新技术。“特”即有别于本科、中专课程教学内容,按照课程在高职高专土建类专业课程体系中的作用,划分学习情境和学习单元,并将实验实训内容和练习题贯彻在学习内容当中,便于实施理实一体化教学。“实”即为适应生产需要,体现应用型人才培养特点,做到了针对性与先进性、实用性与可操作性、综合性与科学性的统一。

本书内容的选取以职业岗位需求为出发点,以够用为度,突出材料的性能、技术标准、应用、检测方法及储运保管等内容,以满足各岗位的实际需要,介绍了国内外一些新的发展趋势,拓宽学生思维,激发学生学习兴趣。

全书由酒泉职业技术学院王长荣(学习情境三、六、七、八、九)、李雯霞(学习情境一、二、四、五、十)主编,王会恩、蔺栓保参与部分实验实训和练习题的编写,甘肃省建筑职业技术学院王玉平副教授,酒泉飞翔建业总公司王新年高级工程师担任主审。

在教材编写过程中,参考了较多的文献资料,谨向这些文献的主要责任者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,教材中难免有一些不足和疏漏,欢迎广大读者批评指正。

编者

2012年6月1日

目 录

学习情境一 建筑材料基础概论	1
学习单元一 建筑材料基础知识	1
学习单元二 建筑材料的基本性质	6
学习单元三 建筑材料的基本性质实验	20
练习题	25
学习情境二 气硬性无机胶凝材料	29
学习单元一 建筑石灰	29
学习单元二 建筑石膏	33
学习单元三 水玻璃	37
学习单元四 菱苦土	38
练习题	40
学习情境三 水泥	42
学习单元一 硅酸盐水泥	42
学习单元二 掺混合材料的硅酸盐水泥	52
学习单元三 通用水泥监理	57
学习单元四 其他品种水泥	59
学习单元五 水泥主要技术性质的检测	64
练习题	79
学习情境四 混凝土	83
学习单元一 混凝土概述	83
学习单元二 普通混凝土的组成材料	86
学习单元三 混凝土外加剂	97
学习单元四 混凝土的主要技术性质	101
学习单元五 混凝土的质量控制与强度评定	117
学习单元六 普通混凝土配合比设计	123
学习单元七 其他品种混凝土	131
学习单元八 普通混凝土用砂、石实验	140
学习单元九 混凝土拌和物实验	147
练习题	156
学习情境五 建筑砂浆	162
学习单元一 砌筑砂浆	162
学习单元二 抹面砂浆与防水砂浆	168
学习单元三 新型砂浆与特种砂浆	171
学习单元四 建筑砂浆实验	172
练习题	176

学习情境六 墙体材料	178
学习单元一 砌墙砖.....	178
学习单元二 砌块.....	187
学习单元三 墙用板材.....	189
学习单元四 砌墙砖与砌块性质检测.....	192
练习题.....	192
学习情境七 建筑钢材	194
学习单元一 钢材的基本知识.....	194
学习单元二 建筑钢材的主要性能.....	197
学习单元三 建筑钢材的标准和选用.....	202
学习单元四 钢材的腐蚀与防护.....	213
学习单元五 钢筋试验.....	214
练习题.....	217
学习情境八 防水材料	219
学习单元一 沥青.....	220
学习单元二 防水卷材.....	228
学习单元三 防水涂料.....	234
学习单元四 建筑密封材料.....	239
学习单元五 石油沥青实验.....	241
练习题.....	246
学习情境九 建筑塑料与胶黏剂	248
学习单元一 合成高分子材料的基础知识.....	248
学习单元二 建筑塑料.....	250
学习单元三 建筑胶黏剂.....	257
练习题.....	261
学习情境十 建筑功能材料	263
学习单元一 绝热及吸声材料.....	263
学习单元二 建筑装饰材料.....	267
练习题.....	288
参考文献	289

学习情境一 建筑材料基础概论

〔学习情境目标要求〕

通过对建筑材料的分类,建筑材料的质量控制标准,建筑材料的基本性质的含义、衡量指标、计算方法及影响因素的学习,使学生初步具备判断材料性质和选择材料的能力,为后续各种材料的学习及正确选择与合理使用材料打下扎实的基础。

熟练掌握建筑材料的定义、分类、基本物理性质、基本力学性质。掌握建筑材料在工程中的地位与作用及质量控制标准。了解建筑材料的发展,材料结构和材料基本性质的关系。

学习单元一 建筑材料基础知识

任务一:了解建筑材料在建设工程中的地位

(一) 建筑材料是建筑工程的物质基础

建筑物和构筑物是用各种材料建成的,用于建造各种建筑工程——水利、房屋、道路、桥梁等的材料总称为建筑材料,所以说建筑材料是建筑工程的物质基础。

(二) 建筑材料与建筑、结构和施工相互促进、相互依存

建筑材料与建筑、结构、施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系,一种新型建筑材料的出现必将促进建筑形式的创新,同时结构设计和施工技术也将相应改进和提高。同样,新的建筑形式和结构布置,也呼唤着新的建筑材料的出现,并促进建筑材料的发展。例如:钢筋和混凝土的出现,使得钢筋混凝土结构形式取代了传统的砖木结构形式,而钢筋技术、混凝土技术、模板技术也随之产生;轻质高强结构材料的出现,使大跨度的桥梁及工业厂房得以实现;各种新型墙体材料的标准化、大型化和预制化,使得现场的湿作业和手工作业明显减少,实现了快速施工。

随着社会的发展和人民生活水平的提高,对土建工程在功能方面提出各种各样的新要求,这反过来又将促进建筑材料的发展。例如:现代高层建筑和大跨度结构需要高强轻质材料;化学工业厂房、港口工程、海洋工程等需要耐化学腐蚀材料;建筑物地下结构、地铁和隧道工程等需要高抗渗防水材料;建筑节能需要高效保温隔热材料;严寒地区的工程需要高抗冻性材料;核工业发展需要防核辐射材料;为使建筑物装修得更美丽,则需要各种绚丽多彩的装饰材料等。

建筑材料品种繁多,又性能各异。因此,在建筑工程中,按照建筑物和构筑物对材料功能的要求及材料使用时的环境条件,正确合理地选用材料,做到材尽其能和物尽其用,这对于节约材料、降低工程造价、提高基本建设的技术经济效益,具有重大的意义。

(三) 材料费在建筑工程总造价中占较大的比重

在一般的建筑工程总造价中,与材料直接相关的费用占到 60% 左右,材料的选择、使用与管理是否合理,对工程成本影响甚大。在工程建设中可选择材料品种很多,而不同的材

料由于其原料、生产工艺等因素的不同,导致材料价格有较大的差异;材料在使用与管理环节的合理与否也会导致材料用量的变化,从而使材料费用发生变化。

为此可以通过正确地选择和合理地使用材料,来降低工程的材料费,这对创造良好的经济效益与社会效益具有十分重要的意义。

(四) 工程质量很大程度上取决于材料的质量控制

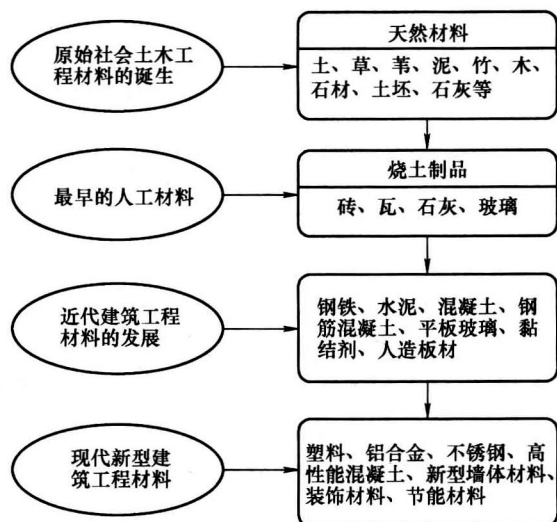
建筑材料是建筑工程的重要物质基础。一个优秀的建筑产品就是建筑艺术、建筑技术和以最佳方式选用的建筑材料的合理组合。没有建筑材料作为物质基础,就不会有建筑产品,而工程的质量优劣与所用材料的质量水平及使用的合理与否有直接的关系,具体表现为材料的品种、组成、构造、规格及使用方法都会对建筑工程的结构安全性、坚固耐久性及适用性产生直接的影响。为确保建筑工程的质量,必须从材料的生产、选择、使用和检验评定以及材料的储存、保管等各个环节确保材料的质量,否则可能会造成工程的质量缺陷,甚至导致重大质量事故。

(五) 构筑物的可靠度评价很大程度上依赖于材料的可靠度评价

材料信息参数是构成构件和结构性能的基础,在一定程度上“材料—构件—结构”组成了宏观上的“本构关系”。

任务二:了解建筑材料的发展历史、现状和未来

在人类漫长的历史发展过程中,建筑材料的发展经历了从无到有,从天然材料到人工材料,从手工生产到工业化生产这几个阶段:



在原始社会里,茫然的古代人类渐渐懂得了住进天然的洞穴,这就是上古人类的“穴居”。当天然岩洞无法满足居住要求时,古猿人就开始仿照天然岩洞进行人工凿穴,例如50万年~60万年前的蓝田猿人。这一时期的凿穴就是对泥土岩石的利用,可认为凿穴是建筑的雏形,而土石就是原始的建筑材料。

距今6000年至10000年前,人类进入了新石器时代,开始懂得并有意识地从从事土木建

筑活动,出现了半穴式居所,人们还会利用天然的建筑材料如木条、竹、茅草、天然石块等,建造简单的居所。8 000 年前的裴李岗文化和 6 000 年前的仰韶文化就是这个类型。从简单的竹木围构,发展到木骨抹泥及茅草盖屋顶。从西安半坡遗址可知,那一时期的人类已经能用土、木、草等原始建筑材料建成房屋雏形。

随着人类文明的进步,生产工具得到极大改善,人们开始利用天然石材建造房屋及纪念性结构物。由于石材强度高,承载力强,可以建造较大型的结构物。最早利用大块石材的结构物当数公元前 2 500 年前后建造的埃及金字塔。公元前 500 ~ 前 400 年建造的古希腊雅典卫城,公元 80 ~ 200 年间兴旺一时的罗马古城,也大量使用了天然石材。进入中世纪,石材建筑更是风靡欧洲,许多皇家建筑及教堂,均采用石材作为结构材料。我国建于 1 300 多年前的河北赵州石桥(桥长约 51 m,净跨 37 m),石材为青白色石灰岩,比意大利人所建的石拱桥晚 400 多年,但在主拱肋与桥面间设计“敞肩拱”,比外国早了 1 200 多年。由于石材建筑坚固耐用,许多建筑物得以长久保存下来,给人类留下了宝贵而丰富的文化遗产。同样,今天应用广泛的胶凝材料的历史也很悠远。古人类将无意中残留的石灰加入茅草砂土等搅拌而应用于建筑,这是胶凝材料最早的应用。

公元前 16 世纪至公元前 11 世纪(商代)的青铜器时代,由于青铜器的大量使用,使得社会生产力水平有了很大提高。同时,青铜器的使用为木结构建筑及“版筑技术”提供了很大的方便。所谓“版筑技术”,就是用木板或木棍作边框,然后在框内浇注黄土,用木杵夯实之后,将木板拆除。这是一种非常经济的筑墙方法,就地取土筑墙,木版框可以重复使用多次。利用这种技术,对天然土进行简单的加工,用于人类的住所及其他建筑物。“干打垒”是现在仍然使用的版筑技术,在我国东北寒冷地区和南方炎热地区,均有“干打垒”式墙体的房屋,该类房屋具有良好的保温隔热效果。混凝土的浇注技术,也来自于最早的“版筑技术”。

烧土制品是人类最早加工制作的人工建筑材料,可以说是与人类的文化、历史同步发展起来的一种建筑材料。今天,砌体结构发展成熟,各类砖体层出不穷,功能各异。而比埃及金字塔更早时,人类已经懂得了人工制造建筑材料。追溯到公元前 8000 年前后,人类利用水与黏土制造了原始的砖类建筑材料——土坯,进而发展成为较为成熟的黏土砖。我国从西周时期(大约公元前 1060 年至公元前 711 年)开始出现黏土砖,到了秦汉时期,黏土砖已经作为最主要的房屋建筑、筑墙材料被大量使用,因此有“秦砖汉瓦”之称。黏土砖是烧土制品的代表性材料,与土坯相比,黏土砖强度高、耐久性好,同时外形规则、尺寸均一,易于砌筑,2 000 多年以来,黏土砖在我国房屋建筑中始终是墙体材料的主角。但是烧制黏土砖要破坏大量的耕地,随着人口的增多,土地资源的匮乏,我国正在逐步限制实心黏土砖的使用和生产,这种传统的墙体材料将逐步被其他材料所取代。

伴随人类社会漫长的发展过程,建筑材料日益丰富。在这个过程中除了石材外还有一种建筑材料贯穿历史,堪称经典,这就是木材。这种天然材料是原始建筑材料之一,由于它质轻耐用并且加工性能良好以及具有天然的美观和谐感,至今仍为人类所钟爱。我国历史上木结构应用有着耀眼的成就,例如 1 000 多年前建成的杭州六和塔,始建于 1056 年的山西应县木塔,最大的木结构建筑群北京故宫等。皇宫豪宅的木刻造型令人叹为观止。经历了漫长的石材砖瓦的砌体建筑史以及木结构建筑史,到 18 世纪建筑材料的发展发生了翻天覆地的变化。而 18 世纪工业革命之后,建材的发展成果更是令人瞩目,材料的多样性更令

人眼花缭乱。

其中里程碑式的发展是水泥的出现。1824 年英国人 Joseph Aspding 将石灰石与黏土混合在一起制成料浆,然后经高温烧固再粉碎制成水泥。这就是波兰特水泥的产生。它与传统胶凝材料石灰胶相比,具有高强度以及快硬性等特点,如果与砂石等骨料水拌形成混凝土,可使墙体更加坚固。混凝土自此广泛应用,使建筑工程的活动范围和规模都得到了进一步的发展。工业革命以后,钢材的建筑用途被世界重视,建筑材料家庭里于是加入了重要角色——钢材。钢材虽有抗拉性强的特点,但其容易锈蚀、低抗压性等缺点不利于建筑。人们逐渐认识到两者结合在一起刚好能够优势互补。从此,钢筋混凝土的建筑主导地位被确立。从此,高层建筑如雨后春笋般拔地而起。

1940 年以后,钢材、钢筋混凝土、预应力混凝土、钢骨钢筋混凝土令建筑物的规模产生飞跃性发展。与此同时,玻璃等采光材料也得以广泛应用,出现了玻璃墙体。合成工艺的发展又促使根据功能需要而生产合成建筑材料,如木纤维水泥板、集成木材、化学塑胶材料等。传统建筑材料也大为改善,空(实)心砌体、配筋砌体、木材、石材的应用日趋多样化。

20 世纪以后,高分子有机材料、新型金属材料、智能化材料和各种复合材料迎来了建筑物的功能外观根本性的变革。例如纤维材料与混凝土混合弥补了混凝土材料的脆性缺陷。建筑材料的发展适应着社会发展以及社会要求,自此之后新型材料不断产生。

现代世界人口急剧增长,建筑用地日益紧张,高耸入云的摩天大楼不再是幻想,而是实实在在的要求。社会信息化、城市功能集中化要求建筑实现多功能化。经济日趋发达,人类对建筑提出了更高的安全性和经济性的要求,人类渴望的不仅仅是舒适美观,更渴望居住环境能和谐自然。

那么,建筑材料应该何去何从?

采用质轻高强材料、高耐久材料等以及深化其性能已经刻不容缓,“绿色建材”的要求也应运而生。树立可持续发展的生态建材观,研究环保美观材料、耐火防火材料以及实现材料智能化,使材料的优良性能与环境相协调,构建和谐自然的居住环境,是现代建筑工程工作者的努力方向和责任,也是建材发展的必然趋势。

任务三:熟悉建筑材料的分类

建筑材料可从不同角度加以分类,常见的有以下几种。

(一)按化学组成分类

通常根据材料的化学组成将材料分为有机材料、无机材料和复合材料三大类,见表1-1。

表 1-1 建筑工程材料按化学组成分类

分 类			举 例
无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁、合金、不锈钢等
		有色金属	铜、铝、铝合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品
		烧土制品	砖、瓦、玻璃、陶瓷制品

续表

分 类			举 例
无机材料	非金属材料	胶凝材料	水泥、石灰、石膏、水玻璃、菱苦土等
		混凝土及制品	混凝土、砂浆、硅酸盐制品
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿物棉等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青材料		天然沥青、石油沥青、煤沥青、页岩沥青
	合成高分子材料		塑料、合成橡胶、合成纤维、合成胶黏剂等
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合		玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土
	无机金属材料与非金属材料复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	无机金属材料与有机材料复合		PVC 钢板、彩钢泡沫塑料夹心板

(二) 按使用功能分类

1. 承重结构材料

承重结构材料主要指梁、板、柱、基础、墙体和其他受力构件所用的建筑材料。最常用的有钢材、混凝土、砖、砌块和石材等。

2. 非承重结构材料

非承重结构材料主要包括框架结构的填充墙、内隔墙所用材料和其他围护材料等。

3. 功能材料

功能材料主要有防水材料、防火材料、装饰材料、保温材料、吸声(隔声)材料、采光材料、防腐材料等。

(三) 按使用部位分类

按照使用部位,建筑材料可分为基础材料、结构材料、屋顶材料、地面材料、墙体材料、饰面材料、顶棚材料等。

建筑材料种类繁多,性能各异,其分类方法也有许多,根据分析问题的不同角度,或者施工管理方便等可采取不同的分类方法。

任务四:熟悉建筑材料的技术标准

目前我国绝大多数建筑工程材料都有相应的技术标准,这些技术标准涉及产品规格、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内容。对于生产企业,必须按照标准生产,控制质量,同时它可促进企业改善管理,提高生产技术和生产效率。对于使用部门,则按照标准选用、设计、施工,并按标准验收产品。

作为有关生产、设计、施工、管理和研究等部门应共同遵循的依据,对于绝大多数常用的建筑材料,均由专门的机构制定并颁布了相应的“技术标准”,对其质量、规格和验收方法等作了详尽而明确的规定。在我国,建筑材料的技术标准分为四级:国家标准、部颁标准、地方标准和企业标准。

国家标准是由国家标准局发布的全国性的技术指导文件,其代号为 GB。

行业部门标准也是全国性的技术指导文件。但它由各行业主管部门(或总局)颁布,其代号按各部门名称而定。

建材标准代号:JC 建工标准代号:JG 交通标准代号:JT

石油标准代号:SY 化工标准代号:HG 水电标准代号:SD

冶金标准代号:YJ

地方标准(DB)是地方主管部门发布的地方性技术指导文件。

企业标准则仅适用于本企业,代号为QB,凡没有制定国家标准、部颁标准、地方标准的产品,均应制定相应的企业标准。

无论是国家标准还是部门行业标准,都是全国通用标准,属国家指令性技术文件,均必须严格遵照执行,尤其是强制性标准。熟悉有关的技术标准,并了解制定标准的科学依据,是十分必要的。

各个国家均有自己的国家标准,例如“ANSI”代表美国国家标准(“ASTM”是美国试验与材料协会标准)、“JIS”代表日本国家标准、“BS”代表英国标准、“DIN”代表德国标准等。另外,在世界范围内统一执行的标准称为国际标准,其代号为“ISO”。

任务五:掌握本课程的学习目的和方法

建筑材料是一门实用性很强的专业基础课。它以数学、力学、物理、化学等课程为基础,为学习建筑、结构、施工等后续专业课程提供建材基本知识,同时还为今后从事工程实践和科学研究打下必要的专业基础。

书中对每一种建筑材料的叙述,一般包括原材料、生产、组成、构造、性质、应用、检验、运输和储存等方面的内容。学习本课程的学生,多数是材料的使用者,所以学习重点应是掌握材料的建筑性质和合理选用材料。要实现这一点,就必须了解各种材料的特性,在学习时,不但要了解每一种建筑材料具有哪些性质,而且还应对不同类属、不同品种材料的特性相互比较,只有掌握其特点,才能做到正确合理选用材料。同时,还要知道材料之所以具有某种建筑性质的基本原理以及影响建筑性质变化的外界条件。此外,建筑材料的运输和储存等注意事项,也是由该材料的性质所决定的。

实验课是本课程的重要教学环节。通过实验,一方面要学会各种常用建筑材料的检验方法,能对建筑材料进行合格性判断和验收;另一方面要提高实践技能,能对实验数据、实验结果进行正确的分析和判别,培养科学认真的态度和实事求是的工作作风。

学习单元二 建筑材料的基本性质

建筑物是由各种建筑材料建筑而成的,这些材料在建筑物各个部位起着各种不同的作用。为此,要求建筑材料具有相应的不同性质。例如结构材料应具有所需要的力学性能和耐久性能;屋面材料应具有绝热、抗渗性能;地面材料应具有耐磨性能等。根据构筑物中的不同使用部位和功能,要求建筑材料具有绝热、吸声、耐腐蚀等性能,而对于长期暴露于大气环境中的材料,要求能经受风吹、雨淋、日晒、冰冻等引起的冲刷,化学侵蚀、生物作用、温度变化、干湿循环及冻融循环等破坏作用,即具有良好的耐久性。可见,建筑材料在使用过程中所受作用很复杂,且它们之间又相互影响。因此,对建筑材料性质的要求应当是严格的和多方面的。建筑材料所具有的各项性质主要是由材料的组成、结构和构造等因素决定的。为了保证构筑物经久耐用,就需要掌握建筑材料的性质,并了解它们与材料的组成、结构、构

造的关系,从而合理地选用材料。

任务一:掌握材料的物理性质

(一) 材料的体积组成

大多数建筑材料的内部都含有孔隙,孔隙的多少和孔隙的特征均对材料的性能产生影响,掌握含孔材料的体积组成是正确理解和掌握材料物理性质的起点。

孔隙的特征指孔尺寸大小、孔与外界是否连通两个内容。孔隙与外界相连通的叫开口孔,与外界不相连通的叫闭口孔。

含孔材料的体积组成如图 1-1 所示。从图 1-1 可知,含孔材料的体积包括以下三种。

(1) 材料绝对密实体积,用 V 表示,是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积。

(2) 材料的孔体积,用 V_P 表示,指材料所含孔隙的体积,分为开口孔体积(记为 V_K)和闭口孔体积(记为 V_B)。

(3) 材料在自然状态下的体积,用 V_0 表示,是指材料的实体积与材料所含全部孔隙的体积之和。

上述几种体积存在以下的关系:

$$V_0 = V + V_P \quad (1-1)$$

其中

$$V_P = V_K + V_B \quad (1-2)$$

散粒状材料的体积组成如图 1-2 所示。其中 V'_0 表示材料堆积体积,是指在堆积状态下的材料颗粒体积和颗粒之间的间隙体积之和, V_S 表示颗粒与颗粒之间的间隙体积。散粒状材料体积关系如下:

$$V'_0 = V_0 + V_S = V + V_K + V_B + V_S \quad (1-3)$$

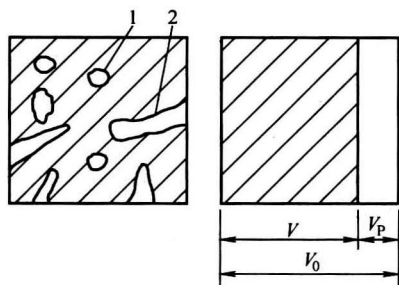


图 1-1 含孔材料的体积组成示意

1—闭口孔;2—开口孔

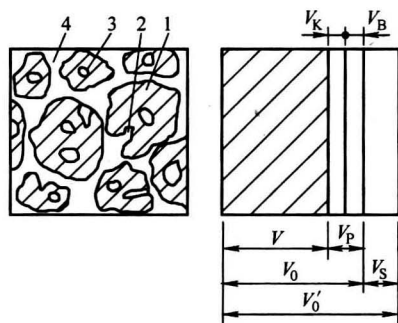


图 1-2 散粒状材料的体积组成示意

1—颗粒中的固体物质;2—颗粒的开口孔隙;
3—颗粒的闭口孔隙;4—颗粒间的孔隙

(二) 材料与质量有关的性质

1. 密度

材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度。材料的密度可按式(1-4)计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

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 ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

材料在绝对密实状态下的体积,是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积,亦称实体积。建筑材料中除钢材、玻璃等外,绝大多数材料均含有一定的孔隙。测定有孔隙的材料密度时,须将材料磨成细粉(粒径小于 0.20 mm),经干燥后用李氏瓶测得其实体积。材料磨得愈细,测得的密度值愈精确。多孔材料的密度测定,关键是测出绝对密实体积,密度测定时,体积测定可分成以下几种情况。

(1) 完全密实材料:如玻璃、钢、铁、单矿物等。

对于外形规则的材料可测量几何尺寸来计算其绝对密实体积;对于外形不规则的材料可用排水(液)法测定其绝对密实体积。

(2) 多孔材料:如砖、岩石等。

磨细烘干用李氏瓶测定其绝对密实体积。

(3) 粉状材料:如水泥、石膏粉等。

用李氏瓶测定绝对密实体积(瓶中装入的液体根据被测材料的性质而定,如测定水泥时采用煤油)。

(4) 工程上近似看成绝对密实的材料:如砂、石子等。

对于砂、石等散粒状材料,在测定其密度时,常采用排液法直接测定其体积,所得体积包括颗粒物质体积和颗粒内部闭口孔体积,并非颗粒绝对密实体积,故所测得密度为材料的近似密度,称其为散粒状材料的视密度,用 ρ' 表示,其值小于材料的密度。

2. 表观密度

材料在自然状态下单位体积的质量称为材料的表观密度(原称容重,道路工程中亦称为毛体积密度),用公式表示为:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-5)$$

式中: ρ_0 ——材料的表观密度, 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材料内部开口孔隙和闭口孔隙的体积。对于外形规则的材料,其表观密度测定很简便,只要测得材料的质量和体积(可用量具测量),即可算得。不规则材料的体积采用排水法测得,材料表面应预先涂上蜡,以防止水分渗入材料内部而使所测结果不准。

材料表观密度的大小与其含水情况有关。当材料含水率变化时,其质量和体积均有所变化。因此测定材料表观密度时,须同时测定其含水率,并予以注明。通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。在烘干状态下的表观密度称为干表观密度。

3. 堆积密度

散粒状(粉状、粒状、纤维状)材料在自然堆积状态下单位体积的质量称为堆积密度,用公式表示如下:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-6)$$

式中: ρ'_0 ——散粒状材料的堆积密度, kg/m^3 ;
 m ——散粒状材料的质量, kg ;
 V'_0 ——散粒状材料在自然堆积状态下的体积,又称堆积体积, m^3 。

$$V'_0 = V + V_p + V_s \tag{1-7}$$

散粒状材料在自然堆积状态下的体积,是指既含颗粒内部的孔隙,又含颗粒之间间隙在内的总体积。散粒状材料的体积可用已标定容积的容器测得。砂子、石子的堆积密度即用此法求得。若以捣实体积计算,则称紧密堆积密度。

由于大多数材料或多或少都含有一些孔隙,故一般材料的表观密度总是小于其密度。
在建筑工程中,计算材料的用量,构件的自重,配料、材料堆放的体积或面积时,常用到材料的密度、表观密度和堆积密度。
常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度数值见表 1-2。

表 1-2 常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度数值

材料名称	密度(g/cm^3)	表观密度(kg/m^3)	堆积密度(kg/m^3)
硅酸盐水泥	3.05 ~ 3.10	—	1 200 ~ 1 500
普通水泥	3.05 ~ 3.15	—	1 200 ~ 1 500
火山灰水泥	2.85 ~ 3.00	—	850 ~ 1 150
矿渣水泥	2.85 ~ 3.00	—	110 ~ 1 300
钢 材	7.85	7 850	—
花岗岩	2.6 ~ 2.9	2 500 ~ 2 850	—
石灰岩	2.4 ~ 2.6	2 000 ~ 2 600	—
普通玻璃	2.5 ~ 2.6	2 500 ~ 2 600	—
烧结普通砖	2.5 ~ 2.7	1 500 ~ 1 800	—
烧结空心砖	2.5 ~ 2.7	800 ~ 1 480	—
建筑陶瓷	2.5 ~ 2.7	1 800 ~ 2 500	—
普通混凝土	2.6 ~ 2.8	2 300 ~ 2 500	—
普通砂	2.6 ~ 2.8	2 630 ~ 2 700	1 450 ~ 1 700
卵石	2.6 ~ 2.7	—	1 550 ~ 1 700
碎石	2.6 ~ 2.7	2 650 ~ 2 750	1 400 ~ 1 700
黏土	2.60	1 600 ~ 2 000	1 600 ~ 1 800
红松木	1.55	400 ~ 800	—
泡沫塑料	1.0 ~ 2.5	20 ~ 50	—

4. 密实度与孔隙率

1) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,即固体物质的体积占总体积的百分率,以 D 表示,用公式表示为:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\frac{m}{\rho_0}}{\frac{m}{\rho}} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \tag{1-8}$$

对于绝对密实材料,因 $\rho_0 = \rho$,故 $D = 1$ 或 100%,对于大多数建筑材料,因 $\rho_0 < \rho$,故 $D <$

1 或 $D < 100\%$ 。

2) 孔隙率

材料内部孔隙体积占总体积的百分率称为材料的孔隙率(P),用公式表示为:

$$P = \frac{V_P}{V_0} \times 100\% = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-9)$$

由式(1-8)和式(1-9)可得:

$$P + D = 1 \quad (1-10)$$

材料孔隙率由开口孔隙率和闭口孔隙率两部分组成。开口孔隙率指材料内部开口孔隙体积占自然状态下总体积的百分率,即被水饱和的孔隙体积所占总体积的百分率,其计算式为:

$$P_K = \frac{V_K}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中: P_K ——材料的开口孔隙率,%;

m_1 ——干燥状态下材料的质量,g;

m_2 ——吸水饱和状态下材料的质量,g;

ρ_w ——水的密度,g/cm³。

闭口孔隙率指材料内部闭口孔隙体积占自然状态下总体积的百分率,即材料总孔隙率与开口孔隙率之差,用下式表示:

$$P_B = P - P_K \quad (1-12)$$

材料的孔隙率与密实度是相互关联的两个性质,材料孔隙率的大小可直接反映材料的密实程度,孔隙率越大,则密实度越小。

建筑材料的许多性质都与材料的孔隙率有关。这些性质除取决于孔隙率大小外,还与孔隙的特征密切相关,如孔隙大小、形状、分布、连通与否等。一般而言,孔隙率较小,且连通孔较少的材料,其吸水性较差,强度较高,抗渗性和抗冻性较好,导热性较差,保温隔热性较好。

5. 填充率与空隙率

1) 填充率

填充率是指在某堆积体积中,被散粒状材料的颗粒所填充的程度,用 D' 表示,计算式为:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-13)$$

2) 空隙率

散粒状材料堆积体积中,颗粒间空隙体积所占总体积的百分率称为空隙率,用 P' 表示,计算式为:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \quad (1-14)$$

即

$$D' + P' = 1 \quad (1-15)$$

空隙率与填充率也是相互关联的两个性质,空隙率的大小可直接反映散粒状材料的颗粒之间相互填充的程度。散粒状材料,空隙率越大,则填充率越小。在配制混凝土时,砂、石的空隙率是控制集料级配与计算混凝土砂率的重要依据。

(三) 材料与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时,根据材料是否能被水润湿,可将其分为亲水性材料和憎水性材料两类。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。

材料具有亲水性的原因是材料与水接触时,材料与水之间的分子亲和力大于水本身分子间的内聚力。当材料与水之间的分子亲和力小于水本身分子间的内聚力时,材料表现为憎水性。

材料被水湿润的情况可用润湿边角 θ 表示。当材料与水接触时,在材料、水、空气这三相体的交点处,作沿水滴表面的切线,此切线与材料和水接触面的夹角 θ ,称为润湿边角,如图 1-3 所示。 θ 角愈小,表明材料愈易被水润湿。实验证明,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时(如图 1-3(a)),材料表面吸附水,材料能被水润湿而表现出亲水性,这种材料称为亲水性材料; $\theta > 90^\circ$ 时(如图 1-3(b)),材料表面不吸附水,此种材料称为憎水性材料。当 $\theta = 0^\circ$ 时,表明材料完全被水润湿。

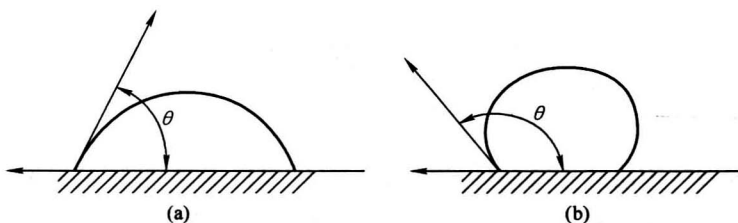


图 1-3 材料的润湿边角

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

建筑材料大多数为亲水性材料,如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等,只有少数材料为憎水性材料,如沥青、石蜡、某些塑料等。建筑工程中憎水性材料常被用做防水材料,或作为亲水性材料的覆面层,以提高其防水、防潮性能。

2. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。材料的吸水性用吸水率表示,有以下两种表示方法。

(1) 质量吸水率。质量吸水率是指材料在吸水饱和时,其内部所吸收水分的质量占材料干质量的百分率,用下式表示:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-16)$$

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;

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量, g。

(2) 体积吸水率。体积吸水率是指材料在吸水饱和时,其内部所吸收水分的体积占干燥材料自然体积的百分率,用下式表示: