

**XIANDAI GONGCHENG CAILIAO
SHIYONG SHOUC**

现代工程材料 ——实用手册

◎ 李继业 郝忠梅 苏永刚 张 峰 / 主编

中国建材工业出版社

现代工程材料 实用手册

李继业 郝忠梅 苏永刚 张 峰 主编



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代工程材料实用手册/李继业主编 —北京: 中国建筑工业出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-80227-303-0

I 现… II. 李… III. 建筑材料—技术手册 IV. TU5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 080390 号

内 容 简 介

本书依据现行标准编制的现代建筑装饰工程常用的材料编写, 分为建筑材料和装饰材料两部分。在建筑材料中, 主要介绍了建筑材料的基本性质、水硬性胶凝材料、气硬性胶凝材料、普通混凝土、其他品种混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、木材、防水材料和其他类型材料; 在装饰材料中, 主要介绍了装饰材料的性能与选择、装饰砂浆与装饰混凝土、装饰金属材料、建筑装饰石材、建筑装饰陶瓷、装饰玻璃材料、建筑装饰涂料、建筑装饰胶粘剂、装饰骨架材料、顶棚饰面材料、装饰织物材料、建筑装饰塑料、木质装饰材料。

本书坚持理论联系实际, 遵循先进性、全面性、实用性、规范性的原则, 特别强调在工程实践中的应用性, 不仅可以作工程设计和施工技术人员的技术参考资料, 还可作为高等院校土木工程、艺术设计、交通工程、水利工程、建筑装饰等专业学生的教学参考书。

现代工程材料实用手册

李继业 郝忠梅 苏永刚 张 峰 主编

出版发行: 中国建筑工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 49.5

字 数: 1229 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-303-0

定 价: 90.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

我国自进入 21 世纪以来,国民经济得到飞速发展,建材工业和建筑业插上腾飞的翅膀,各种大规模基本建设捷报频传,城镇建设日新月异,各种新型建筑材料不断涌现,施工技术和施工质量逐年提高,取得了非常可喜的成绩。

建筑装饰材料是工程的重要物质基础,材料的性能、规格、品种、质量等,不仅直接影响工程的质量、装饰效果、使用功能和使用寿命,而且直接关系到工程造价、人身健康、经济效益和社会效益。因此,了解建筑装饰材料的基本性质、特点和适用范围,科学合理地选择建筑装饰材料,具有非常重要的意义。

本书实用性很强,比较详尽地介绍了现代工程常用的建筑装饰材料,着重讲解了各种材料的具体特性和应用,不仅可作为工程设计和施工人员的实用技术手册,还可作为高等院校有关专业的教学辅助教材。

本书由山东农业大学李继业教授、副教授郗忠梅、中国对外建筑总公司西南分公司高级工程师苏永刚和泰安市建筑工程质量监督站工程师张峰担任主编,由胡琳琳、张玉稳、谢新华担任副主编,王晖、武岩、李琪、李凌霄、李海豹、王新元参加了编写。李继业负责全书的规划和最终修改;苏永刚负责“上篇 建筑材料”的统稿,郗忠梅负责“下篇 装饰材料”的统稿;张峰负责全书的制图;胡琳琳、谢新华负责“下篇 装饰材料”的资料收集和校对,张玉稳负责“上篇 建筑材料”的资料收集和校对。

本书的具体编写分工为:李继业撰写第一章、第十二章;苏永刚撰写第三章、第六章、第九章;张峰撰写第四章、第十三章;张玉稳撰写第五章、第七章;郗忠梅撰写第十四章、第十五章、第十七章;李凌霄撰写第二章、第八章;胡琳琳撰写第十六章、第十八章;谢新华撰写第十章、第十一章;王晖撰写第十九章;李海豹撰写第二十一章;武岩撰写第二十章、第二十四章;李琪撰写第二十二章;王新元撰写第二十三章。

本书在整个编写过程中,参考了大量的图书和文献资料。由于编者掌握的资料有限,再加上水平不高,书中肯定有很多不足之处,敬请有关专家学者和广大读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月于泰山

目 录

上篇 建筑材料

第一章 建筑材料概述	1
第一节 建筑材料的作用	1
第二节 建筑材料的分类	2
第三节 建筑材料的发展趋势	3
第四节 建筑材料的技术标准	5
第二章 建筑材料的基本性质	7
第一节 建筑材料的物理性质	7
第二节 建筑材料与水有关的性质	9
第三节 建筑材料的力学性质	12
第四节 建筑材料的热工性质	16
第五节 建筑材料的声学性质	20
第六节 建筑材料的装饰性能	21
第七节 建筑材料的耐久性能	22
第三章 气硬性胶凝材料	25
第一节 石 灰	25
第二节 建筑石膏	30
第三节 水玻璃	33
第四章 水硬性胶凝材料	36
第一节 硅酸盐水泥	36
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	46
第三节 常用水泥的应用	51
第四节 其他品种的水泥	55

第五章 普通混凝土	67
第一节 混凝土概述	67
第二节 普通混凝土的组成材料	69
第三节 混凝土外加剂	78
第四节 普通混凝土的主要技术性质	114
第五节 普通混凝土的配合比设计	130
第六节 普通混凝土的质量控制	143
第七节 其他种类的混凝土	148
第六章 建筑砂浆	190
第一节 建筑砂浆的组成与性质	190
第二节 砌筑砂浆和抹面砂浆	194
第三节 其他种类的砂浆	199
第七章 墙体材料	201
第一节 墙体砖材	201
第二节 墙体砌块	209
第三节 墙用板材	215
第八章 建筑钢材	223
第一节 钢的冶炼和分类	223
第二节 建筑钢材的主要技术性能	225
第三节 建筑工程常用钢材	232
第四节 钢材的防锈与防火	248
第五节 钢材的焊接材料	251
第九章 木 材	260
第一节 木材的分类与构造	260
第二节 木材的主要技术性能	262
第三节 木材的防腐与防火	271
第四节 木材及制品的应用	273
第十章 防水材料	276
第一节 防水材料概述	276
第二节 刚性防水材料	279
第三节 沥青材料	288
第四节 防水卷材	296

第五节	防水涂料	314
第六节	建筑密封材料	350
第七节	防水材料的选择	367
第十一章	其他类型材料	369
第一节	建筑塑料	369
第二节	绝热材料	373
第三节	吸声、隔声材料	380

下篇 装饰材料

第十二章	装饰材料概述	385
第一节	装饰材料的作用	385
第二节	装饰材料的分类	387
第三节	装饰材料的性能与功能	389
第四节	装饰材料的选择	392
第五节	装饰材料的发展方向	395
第十三章	装饰砂浆与装饰混凝土	401
第一节	装饰水泥	401
第二节	装饰砂浆	408
第三节	装饰混凝土	412
第十四章	装饰金属材料	418
第一节	建筑装饰钢材	418
第二节	铝合金装饰材料	432
第三节	其他金属装饰材料	446
第十五章	建筑装饰石材	453
第一节	天然石材的基本知识	453
第二节	天然大理石	457
第三节	天然花岗岩	463
第四节	人造装饰石材	471
第十六章	建筑装饰陶瓷	478
第一节	建筑装饰陶瓷概述	478
第二节	装饰内墙面砖	486
第三节	装饰外墙面砖	492

第四节	装饰陶瓷锦砖	499
第五节	装饰琉璃制品	504
第十七章	装饰玻璃材料	516
第一节	装饰玻璃概述	516
第二节	普通装饰平板玻璃	521
第三节	装饰安全玻璃	527
第四节	装饰节能玻璃	535
第五节	其他装饰玻璃	545
第十八章	建筑装饰涂料	557
第一节	建筑涂料的基本知识	557
第二节	内墙装饰涂料	566
第三节	外墙装饰涂料	573
第四节	地面装饰涂料	582
第五节	特种装饰涂料	588
第六节	涂料的质量检测及质量评价	594
第十九章	建筑装饰胶粘剂	603
第一节	胶粘剂的组成及分类	603
第二节	胶粘机理及胶接强度影响因素	607
第三节	胶粘剂在建筑装饰工程中的应用	611
第二十章	装饰骨架材料	634
第一节	木骨架装饰材料	634
第二节	轻钢龙骨材料	637
第三节	铝合金龙骨材料	647
第四节	轻质隔墙板	648
第二十一章	顶棚饰面材料	652
第一节	装饰石膏板材料	652
第二节	矿棉装饰板材	663
第三节	塑料装饰天花板	666
第四节	金属装饰天花板	668
第五节	其他顶棚饰面材料	673
第六节	装饰线条材料	676

第二十二章 装饰织物材料	681
第一节 装饰织物纤维材料.....	681
第二节 地毯装饰材料.....	683
第三节 墙面装饰织物.....	698
第四节 窗帘装饰材料.....	704
第二十三章 建筑装饰塑料	707
第一节 塑料的组成与分类.....	707
第二节 常用塑料品种.....	713
第三节 塑料地板.....	716
第四节 墙面塑料装饰材料.....	724
第五节 塑料装饰板材.....	731
第六节 塑料门窗.....	737
第七节 塑料管材.....	745
第二十四章 木质装饰材料	752
第一节 木地板.....	752
第二节 木质饰面材料板.....	764
第三节 其他木质装饰材料.....	773
参考文献	781

上篇 建筑材料

第一章 建筑材料概述

建筑材料是建筑工程中所使用各种材料及制品的总称。建筑材料是构成建筑工程的重要物质基础,从建筑物的主体结构,直至每一个细部和零件,无一不由各种建筑材料经过适当设计施工制作而成。建筑材料用量特别大,经济性很强,直接影响建筑工程的造价,因此,选用适宜的建筑材料,对建筑工程的质量和造价、建筑技术进步及建筑业的发展等都有着重要的影响。

第一节 建筑材料的作用

建筑材料的品种、质量及规格,不仅在一定程度上影响着结构形式和施工方法,而且还将直接影响工程是否坚固、耐久和适用。在建筑工程的设计和施工中,许多技术问题的突破,往往依赖于建筑材料问题的解决,而新的建筑材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。由此可见,建筑材料的生产及其科学技术的发展,对发展我国建材业和建筑业均具有极其重要的作用。

一、确保建筑工程质量

建筑材料是组成建筑工程的重要物质,建筑材料的质量是影响建筑工程质量的首要因素,在建筑材料的选择、生产、储运、保管、使用和检验评定等各个环节中,任何一个环节的失误都有可能造成建筑工程的质量缺陷,甚至会造成重大安全事故。许多工程事故充分表明,国内外建筑工程发生的重大质量事故,都与建筑材料的质量不良和使用不当有关。因此,一个合格的建筑工程技术人员和施工人员,只有准确、熟练掌握建筑材料的有关知识,才能正确选择和合理使用建筑材料,从而确保建筑物的安全,符合其设计的各项性能要求。

二、影响建筑工程造价

根据对建筑工程建设费用的统计,在一般建筑工程的总造价中,建筑材料的费用大约占工程总造价的50%以上,有的甚至高达70%左右。由此可见,建筑材料的选择、使用、管理是否合理,直接影响到建筑工程的造价。因此,只有掌握建筑材料的基本知识,才可以优化选择和正确使用建筑材料,充分利用建筑材料的各种功能,提高建筑材料的利用率,在满足使用功能要求的前提下,节约材料、降低工程造价。

三、促进建筑事业发展

在建筑工程的建设过程中，建筑物的结构形式、尺寸大小、建筑等级、使用寿命、施工方式、施工机械等，均与建筑材料密切相关，在某种程度上，建筑材料是决定建筑结构形式和施工方法的主要因素。

一个国家、地区建筑业的发展水平，都与该国家、地区建筑材料的发展情况密切相关。美国、日本等国家都把建筑材料摆在经济发展的重要位置。因此，建筑材料的改进和发展，将直接促进建筑工程技术进步和建筑业的发展，也必然关系到整个国民经济的发展。例如，钢筋、水泥、钢筋混凝土的生产和广泛应用，取代了传统的砖、石、木，使得钢筋混凝土结构成为现代建筑的主要结构形式；轻质高强建筑材料的出现，推动了现代高层和超高层建筑的发展；陶瓷、塑料、玻璃、金属材料等新型建筑装饰材料的大量应用，把现代建筑物装扮得更加富丽堂皇、绚丽多彩。

第二节 建筑材料的分类

建筑材料从广义上讲，应包括构成建筑本身的材料、施工过程中的材料（脚手架、模板等）以及各种配套器材（如水电暖设备等）。这里所讲的建筑材料，是指构成建筑本身的材料，即从地基基础、承重构件，直到地面、墙体和屋面等所用的材料。

建筑材料的种类繁多，性能各异，用途各不相同，为了便于区分和应用，工程上常按化学成分、使用功能和建筑部位不同进行分类。

一、按化学成分分类

根据建筑材料的化学成分不同，可以分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，各大类中还可以进行详细的分类，如下表所示。

表 建筑材料按化学成分分类

建 筑 材 料	无机材料	金属材料	黑色金属：钢材、铁、不锈钢等		
			有色金属：铝、铜及合金，金、银等		
		非金属材料	天然石材：毛石、石板材、碎石、砂子、卵石等		
			烧土制品：烧结砖、陶瓷、玻璃、岩棉等		
			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		
			硅酸盐制品		
	有机材料	植物材料：木材、竹材及其制品			
		沥青材料：石油沥青、煤沥青及其制品			
		高分子材料：塑料、橡胶、涂料、胶粘剂、密封材料等			
	复合材料	无机材料基复合材料		钢筋混凝土、钢纤维混凝土	
有机材料基复合材料		沥青混凝土、聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等			
		胶合板、竹胶板、纤维板等			

二、按使用功能分类

按材料的使用功能不同,建筑材料可以分为结构材料、墙体材料和建筑功能材料三大类。

结构材料是指主要承受荷载的材料,如建筑物的基础、梁、板、柱等所用的材料;墙体材料是指用于围护结构(墙体)的材料,如烧结黏土砖、混凝土砌块等;建筑功能材料是指具有某些特殊功能的材料,如起防水作用的防水材料、起保温隔热作用的绝热材料、起美化作用的装饰材料等。

三、按建筑部位分类

按材料在建筑物中的部位不同,建筑材料可以分为承重材料、屋面材料、墙体材料、顶棚材料、地面材料、内墙材料和外墙材料等。

第三节 建筑材料的发展趋势

建筑材料是人类赖以生存和发展的物质基础,是科学技术发展和社会文明的象征。国民经济的发展离不开建筑材料,人民生活水平的提高更离不开建筑材料。建筑材料的发展史,实质上是人类科学与文明发展的缩影。

一、建筑材料发展概况

古今中外,建筑材料的发展经历了一个漫长的历史过程,是随着人类社会生产力和科学技术的提高逐步发展起来的。在远古时期,人类利用天然的土、石、竹、木等材料建造简陋的房屋;后来,人类利用黏土烧制砖、瓦和生活用具,由天然材料进入人工生产阶段,为较大规模地建造房屋提供了基本条件。

我国古代劳动人民巧妙地运用这些天然或人工材料,曾建造出许多举世闻名的伟大建筑,如万里长城、都江堰水利工程、北京故宫、河北赵州桥等,我国古代劳动人民的聪明才智在世界建筑史上留下了光辉的一页。

自18世纪以来,西方工业发达国家发明出种种现代建筑材料,从钢材、水泥混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土,到近三四十年以来出现的纤维增强材料、纤维增强塑料、彩板轻钢等,为工业与民用建筑工程、公路桥梁工程、铁路工程、水利水电、港口、国防、能源、石油、通信等的迅速发展奠定了基础。

特别是进入20世纪以后,社会生产力的高速发展和材料科学的形成,使建筑材料在性能方面不断得到改善和提高,建筑材料的品种大大增加。以有机物为主的化学建筑材料异军突起,一些具有特殊功能的新型材料不断涌现,如绝热材料、防火材料、吸声材料、防水抗渗材料、耐腐蚀材料和防辐射材料等;为适应现代建筑装饰装修的需要,玻璃、塑料、陶瓷等各种新型装饰材料更是层出不穷。

进入21世纪以来,建筑材料的发展又出现新的趋势,目前建筑材料正向着高性能、多功能、环保型、健康型、再生化、利废化、节能化、低成本方向发展。

二、建筑材料发展趋势

在国民经济飞速发展的时代,各类建筑工程对建筑材料的消耗极大,为生产所需的建筑材料,很多国家已使自然环境遭到了严重的破坏,有些国家和地区,可利用的自然资源和能源已非常有限。为保证源源不断地为工程建设提供质量可靠的材料,避免材料的生产和发展造成对环境的损害,建筑材料的发展必须遵循可持续发展的战略方针,大力发展绿色建材。即尽量减少自然资源的消耗,大量利用工农业废弃物,生产出无毒、无污染、对人体健康无害的建筑材料。

展望未来建筑材料的发展,当今建材将具有以下发展趋势:

(一) 开发研制高性能材料

现代建筑工程不同于传统建筑,不仅要求具有较高的坚固性、耐久性和美观性,而且要求具有隔声、节能、环保等多种功能,因此开发研制高性能材料,是当今建筑材料发展的主要方向。高性能材料包括轻质高强、多项功能、高保温性、高耐久性和优异装饰性等的材料,也包括充分利用和发挥各种材料的性能、采用先进技术制造的具有特殊功能的复合材料。

(二) 充分开发利用地方资源

充分利用地方资源,尽量减少对自然资源的利用,这是建筑材料在开发利用方面的方向。即大量利用废渣、废料、废弃物作为生产建筑材料的资源,保护自然资源和维护生态环境的平衡。

(三) 开发研制建筑节能材料

建筑节能是贯彻我国可持续发展战略的重要举措。全面推进建筑节能,有利于节约能源、保护环境、改善建筑功能、提高人民群众生活和工作水平,对全面建设小康社会、促进建筑业技术进步和节能事业发展具有十分重要的作用。

我国十分重视建筑节能工作,发布了《中华人民共和国节约能源法》、《建设工程质量管理条例》和《国务院办公厅关于开展资源节约活动的通知》等一系列法规和文件,对监督民用建筑工程项目执行建筑节能标准,确保节能建筑的设计施工质量,促进建筑节能工作全面深入健康发展,起到了重要保障作用。

因此,采用低能耗、无环境污染的生产技术,开发生产低能耗的建筑材料,以及能降低建筑物能耗的节能型材料,是建筑材料发展的总趋势。

(四) 大力发展绿色环保材料

随着工业化进程的加剧,先进科学技术的广泛应用,环境问题,特别是人类居住环境污染的出现,使人类生命、财产和环境权益屡受侵害,如何切实有效地避免侵害,成为我们所要迫切解决的问题。因此,大力发展绿色环保材料,建设“绿色环保”居住工程,这是建筑材料今后发展的重点。

在建筑材料的生产过程中,不得使用有损人体健康的任何物质,如甲醛、苯、甲苯、铅、镉及放射性元素等;“绿色建材”产品不仅不损害人体健康,而且应有益于人体健康,如产品具有抗菌、除臭、防火、调温、调湿、消磁、防射线、抗静电等功能。

(五) 大力发展再生化建筑材料

大规模的基本建设必然产生大量的建筑垃圾,传统建材建筑垃圾的处理,一直是一个非

常头疼的技术难题,也是必须解决的技术问题和社会问题。开发生产的建筑装饰材料具有再生化性能,是解决建筑垃圾非常重要的途径,这也是现代材料发展的必然趋势。材料可以再生循环和回收利用,建筑物拆除后不会造成二次污染。

第四节 建筑材料的技术标准

要对建筑材料进行现代化的科学管理,必须由国家及有关部门对材料产品的各项技术性能制定统一的执行标准。建筑材料的技术标准,是企业产品生产质量是否合格的技术依据,也是供需双方对产品质量进行验收的依据。

建筑材料的技术标准,对于生产企业,必须按标准生产合格的产品,促进企业改善管理,提高生产率,实现生产过程合理化。对于使用部门,应当按标准选用建筑材料,使设计和施工标准化,从而加快施工进度,降低工程造价。

目前,我国现行的建筑材料技术标准,一般包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存等方面的内容。

中国的建筑材料技术标准有国家标准、行业标准、企业标准和地方标准四大类,各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。国家标准和行业标准是全国通用标准,是国家指令性文件,各级生产、设计、施工、监理等部门必须严格遵照执行。我国国家质量技术监督局是国家标准化管理的最高机构。

一、国家标准

国家标准是由国家质量技术监督局批准并发布的,分为强制性标准(代号为 GB)和推荐性标准(代号为 GB/T)。对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于规定的要求;对推荐性国家标准,是一种非强制性的标准,表示也可执行其他标准的要求。

国家标准是由标准名称、标准代号、标准编号和颁布年代号组成。例如,《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999),其中“GB”为国家标准的代号,“175”为标准的编号,“1999”为标准的批准颁布年代号。《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001),其中“GB”为国家标准的代号,“T”为推荐性标准,“14685”为标准的编号,“2001”为标准的批准颁布年代号。

二、行业标准

行业标准是各个行业根据本单位(行业)的实际情况、工程特点和具体要求等,在国家标准的总体要求下制定的相应标准。在工程设计和施工中,常用到的行业标准有建材行业标准(代号为 JC)、建工行业标准(代号为 JG)、交通行业标准(代号为 JT)、冶金行业标准(代号为 YB)、石化行业标准(代号为 SH)和建工行业工程建设标准(代号为 JGJ)等。

行业标准是由标准名称、行业代号、标准编号和颁布年代号组成。例如,《建筑生石灰》(JC/T 479—92),其中“JC”为建材行业标准的代号,“T”为推荐性标准,“479”为标准的编号,“92”为标准的颁布年代号(颁布年代为 1992 年)。《混凝土用水标准》

(JGJ 63—2006), “JGJ”为建工行业工程建设标准的代号, “63”为标准的编号, “2006”为标准的颁布年代号(颁布年代为2006年)。

三、企业标准

企业标准是有关生产企业为达到某一产品质量而制定的标准, 凡没有制定国家标准、行业标准的产品, 均应制定企业标准, 企业标准仅适用于本企业, 其代号为QB, 代号后分别注明企业代号、标准顺序号、颁布年代号。国家鼓励企业制定技术标准, 企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

四、地方标准

地方标准是根据当地的实际情况, 由地方的主管部门发布的地方性技术指导文件, 只能在本地区进行使用, 其代号为DBJ。

五、其他标准

在建筑装饰工程中, 可能采用的其他技术标准还有: 国际标准(ISO)、美国国家标准(ANS)、美国材料与试验学会标准(ASTM)、英国标准(BS)、德国工业标准(DIN)、法国标准(NF)、日本工业标准(JIS)等。

第二章 建筑材料的基本性质

用建筑材料建造的各类建筑物和构筑物，各部位所处位置和所起的作用不同，在使用过程中所处环境和受到的侵蚀作用也各不相同。例如，用于各种受力结构的材料，要受到各种外力的作用；用于建筑物不同部位的材料，可能受到风吹、日晒、雨淋、冻融循环、温度变化、化学腐蚀和各种损害。

为了保证建筑物实现经久耐用，就要求所选用的建筑材料能够抵抗各种因素的作用。要科学合理地选用建筑材料，就必须掌握建筑材料的性质。

第一节 建筑材料的物理性质

一、材料的密度

材料的密度是指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 ——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)。

材料在绝对密实状态下的体积，指不包含材料内部孔隙的实体积。除了钢材、玻璃、沥青等少数材料外，绝大多数材料在自然状态下均含有一些孔隙。在测定有孔隙材料的密度时，先把材料磨成细粉，烘干至恒质量，然后用李氏瓶测得其实体积，用上式计算得到密度值。材料磨得越细，测得的体积越真实，得到的密度值也越精确。

二、表观密度与堆积密度

(一) 材料的表观密度

材料的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 ——材料的表观密度 (kg/m^3)；

m ——材料在气干状态下的质量 (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，是指包括实体积和孔隙体积在内的体积。对于形状规则的材料，可直接测量其体积；对于形状不规则的材料，可用蜡封法封闭孔隙，然后再用排液法测量体积；对于混凝土用的砂石骨料，可直接用排液法测量体积，此时的体积是实体积与闭口孔隙体积之和。

当材料中的含水状态变化时，其质量和体积均发生变化，也会影响材料的表观密度。在

测定材料表观密度时,应注明其含水情况。一般情况下,材料的表观密度是指在气干状态(长期在空气中干燥)下的表观密度。在烘干状态下的表观密度,则称为干表观密度。

(二) 材料的堆积密度

材料的堆积密度是指粒状或粉状材料在堆积状态下单位体积的质量,按下式计算:

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

式中 ρ' ——材料的堆积密度 (kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量 (kg);

V' ——材料在堆积状态下的体积 (m^3)。

测定散粒材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙体积。

在建筑工程中,计算材料的用量和构件的自重,进行材料的配料、运输和确定材料的堆放空间时,经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。表 2-1 中列举了常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度。

三、材料的密实度与孔隙率

(一) 材料的密实度

材料的密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度,也就是固体体积占总体积的百分率,按下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-4)$$

(二) 材料的孔隙率

材料的孔隙率是指材料体积内,孔隙体积占总体积的百分率,按下式计算:

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

密实度与孔隙率均反映了材料的致密程度,孔隙率的大小及孔隙特征(包括孔隙大小、是否连通、分布情况等)对材料的性质影响很大。一般而言,同一种材料,孔隙率越小,连通孔隙越少,其强度越高,吸水性越小,抗渗性和抗冻性越好,但其导热性越大。几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率见表 2-1。

表 2-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	堆积密度 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
钢材	7.85	7850	—	—
花岗岩	2.6~2.9	2500~2850	—	0~3
石灰岩	2.6~2.8	2000~2600	—	0.5~3.0
碎石或卵石	2.6~2.9	—	1400~1700	—
普通砂	2.6~2.8	—	1450~1700	—
烧结黏土砖	2.5~2.7	1500~1800	—	20~40
水泥	3.0~3.2	—	1300~1700	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
沥青混凝土	—	2300~2400	—	2~4
木材	1.55	400~800	—	55~75