

全国高等院校土建类应用型规划教材
住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材

建筑材料

第三版

主 编 梅剑平 李双喜
副主编 谢 兵 张媛媛

组编单位

住房和城乡建设部干部学院
北京土木建筑学会

中国林业出版社
China Forestry Publishing House

全国高等院校土建类应用型规划教材
住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材

建筑材料

主 编：梅剑平 李双喜

副 主 编：谢 兵 张媛媛

组编单位：住房和城乡建设部干部学院
北京土木建筑学会

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 《建筑材料》编委会编. —北京: 中国林业出版社, 2018. 7

住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材

ISBN 978-7-5038-9650-7

I. ①建… II. ①建… III. ①建筑材料—技术培训—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 150741 号

本书编写委员会

主 编: 梅剑平 李双喜

副主编: 谢 兵 张媛媛

组编单位: 住房和城乡建设部干部学院、北京土木建筑学会

国家林业和草原局生态文明教材及林业高校教材建设项目

策 划: 杨长峰 纪 亮

责任编辑: 陈 惠 王思源 吴 卉 樊 菲

出版: 中国林业出版社

(100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网站: <http://lycb.forestry.gov.cn/>

印刷: 固安县京平诚乾印刷有限公司

发行: 中国林业出版社发行中心

电话: (010)83143610

版次: 2018 年 7 月第 1 版

印次: 2018 年 12 月第 1 次

开本: 1/16

印张: 19.5

字数: 300 千字

定价: 116.00 元

编写指导委员会

组编单位：住房和城乡建设部干部学院 北京土木建筑学会

名誉主任：单德启 骆中钊

主任：刘文君

副主任：刘增强

委员：许科 陈英杰 项国平 吴静 李双喜 谢兵
李建华 解振坤 张媛媛 阿布都热依木江·库尔班
陈斯亮 梅剑平 朱琳 陈英杰 王天琪 刘启泓
柳献忠 饶鑫 董君 杨江妮 陈哲 林丽
周振辉 孟远远 胡英盛 缪同强 张丹莉 陈年

参编院校：清华大学建筑学院

大连理工大学建筑学院

山东工艺美术学院建筑与景观设计学院

大连艺术学院

南京林业大学

西南林业大学

新疆农业大学

合肥工业大学

长安大学建筑学院

北京农学院

西安思源学院建筑工程设计研究院

江苏农林职业技术学院

江西环境工程职业学院

九州职业技术学院

上海市城市科技学校

南京高等职业技术学校

四川建筑职业技术学院

内蒙古职业技术学院

山西建筑职业技术学院

重庆建筑职业技术学院

策划：北京和易空间文化有限公司

前 言

“全国高等院校土建类应用型规划教材”是依据我国现行的规程规范，结合院校学生实际能力和就业特点，根据教学大纲及培养技术应用型人才的总目标来编写。本教材充分总结教学与实践经验，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以必需、够用为度，突出实训、实例教学，紧跟时代和行业发展步伐，力求体现高职高专、应用型本科教育注重职业能力培养的特点。同时，本套书是结合最新颁布实施的《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300—2013）对于建筑工程分部分项划分要求，以及国家、行业现行有效的专业技术标准规定，针对各专业应知识、应会和必须掌握的技术知识内容，按照“技术先进、经济适用、结合实际、系统全面、内容简洁、易学易懂”的原则，组织编制而成。

考虑到工程建设技术人员的分散性、流动性以及施工任务繁忙、学习时间少等实际情况，为适应新形势下工程建设领域的技术发展和教育培训的工作特点，一批长期从事建筑专业教育培训的教授、学者和有着丰富的一线施工经验的专业技术人员、专家，根据建筑施工企业最新的技术发展，结合国家及地方对于建筑施工企业和教学需要编制了这套可读性强，技术内容最新，知识系统、全面，适合不同层次、不同岗位技术人员学习，并与其工作需要相结合的教材。

本教材根据国家、行业及地方最新的标准、规范要求，结合了建筑工程技术人员和高校教学的实际，紧扣建筑施工新技术、新材料、新工艺、新产品、新标准的发展步伐，对涉及建筑施工的专业知识，进行了科学、合理的划分，由浅入深，重点突出。

本教材图文并茂，深入浅出，简繁得当，可作为应用型本科院校、高职高专院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理、建筑设计技术等专业教材；也可做为面向建筑与市政工程施工现场关键岗位专业技术人员职业技能培训的教材。

目 录

第一章 概述	1
第一节 建筑材料的定义及地位和作用	1
第二节 建筑材料的分类	2
第三节 建筑材料的发展	3
第四节 建筑材料技术标准	4
第二章 建筑材料的基本性能	7
第一节 材料的物理性能	7
第二节 材料的力学性能	16
第三节 材料的耐久性	20
第三章 无机胶凝材料	21
第一节 水泥	21
第二节 石灰	35
第三节 石膏	40
第四节 水玻璃及镁质胶凝材料	42
第四章 建筑用骨料及建筑用水	45
第一节 建筑用细骨料	45
第二节 建筑用粗骨料	50
第三节 骨料的验收、运输和堆放	54
第四节 建筑用水	55
第五章 混凝土	57
第一节 混凝土概述	57
第二节 混凝土的主要性能	59
第三节 混凝土外加剂	74
第四节 普通混凝土配合比	86

第五节 其他混凝土	96
第六章 建筑砂浆	106
第一节 砌筑砂浆	106
第二节 抹面砂浆	112
第三节 干混砂浆	115
第四节 新型砂浆与特种砂浆	116
第七章 建筑钢材	118
第一节 建筑钢材的概述与分类	118
第二节 建筑钢材的性能	120
第三节 常用建筑钢材	128
第四节 建筑钢材的运输、储存	149
第八章 墙体材料	150
第一节 砌墙砖	150
第二节 砌块	162
第三节 板材	172
第四节 墙体材料的运输与储存	181
第九章 防水材料	182
第一节 沥青	182
第二节 防水卷材	189
第三节 防水涂料	204
第四节 其他防水制品	211
第十章 建筑装饰材料	216
第一节 建筑装饰石材	216
第二节 建筑涂料	225
第三节 建筑陶瓷	244
第四节 建筑装饰玻璃	252
第五节 金属装饰材料	260
第六节 建筑塑料	275

第十一章 绝热、吸声材料	288
第一节 绝热材料概述	288
第二节 有机绝热材料	289
第三节 无机绝热材料	293
第四节 吸声材料	298

第一章 概 述

第一节 建筑材料的定义及地位和作用

一、建筑材料的定义

建筑材料可分为狭义建筑材料和广义建筑材料。狭义建筑材料是指构成建筑工程实体的材料,如水泥、混凝土、钢材、墙体与屋面材料、装饰材料、防水材料等。广义建筑材料除包括构成建筑工程实体的材料之外,另外还包括两部分:一是施工过程中所需要的辅助材料,如脚手架、模板等;二是各种建筑器材,如给水、排水设备,采暖通风设备,空调、电气、消防设备等。

二、建筑材料的地位和作用

建筑业是国民经济的支柱产业,而建筑材料是建筑业的物质基础。建筑功能的发挥,建筑艺术的体现,只有采用品种多样、色彩丰富、质量良好的建筑材料才能实现。因此,建筑材料在建筑工程中占有极其重要的地位。

建筑材料的质量直接影响建筑物的安全性和耐久性。建筑物是建筑材料按照一定的设计意图、采取相应的施工技术建成的。建筑材料是建筑物的重要组成部分,直接影响建筑结构的安全性和耐久性。因此,正确、合理地选择和使用建筑材料,是保证工程质量的重要手段之一。

在建筑工程中,建筑材料费用一般要占建筑总造价的 60% 左右,有的高达 75%。

建筑物的各种使用功能,必须由相应的建筑材料来实现。例如,现代高层建筑和大跨度结构需要轻质高强材料;地下结构、屋面工程、隧道工程等需要抗渗性好的防水材料;建筑节能结构需要高效的绝热材料;严寒地区需要抗冻性好的材料;绚丽多彩的建筑外观需要品种多样的装饰材料等。

建筑材料的发展是促进建筑形式创新的重要因素。例如,水泥、钢筋和混凝土的出现,使建筑结构从传统的砖石结构向钢筋混凝土结构转变;无毒建筑塑料的研制和使用,可代替镀锌钢管用于建筑给水工程;用轻质大板、空心砌块取代

传统烧结黏土砖,不仅减轻墙体自重,而且改善了墙体的绝热性能。

材料、建筑、结构、施工四者是密切相关的。从根本上说,材料是基础,材料决定了建筑的形式和施工的方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新。

第二节 建筑材料的分类

建筑材料种类繁多,为了研究、使用和论述方便,常从不同角度对它进行分类。

1. 按使用历史分类

传统建筑材料——使用历史较长的,如砖、瓦、砂、石及作为三大材的水泥、钢材和木材等;

新型建筑材料——针对传统建筑材料而言,使用历史较短,尤其是新开发的建筑材料。

然而,传统和新型的概念也是相对的,随着时间的推移,原先被认为是新型建筑材料的,若干年后可能就不一定再被认为是新型建筑材料;而传统建筑材料也可能随着新技术的发展,出现新的产品,又成了新型建筑材料。

2. 按化学成分分类

建筑材料按化学成分可分为无机材料、有机材料和复合材料 3 大类。

表 1-1 建筑材料按化学成分分类表

分 类		建 材 名 称
无机材料	金属材料	黑色金属:钢筋、各种建筑钢材等 有色金属:铝、铜及其合金等
	非金属材料	天然石材:砂、石及其石材制品等
		胶凝材料:石膏、石灰、水玻璃、水泥等
		混凝土及硅酸盐制品:混凝土、砂浆及硅酸盐制品等
		烧结与熔融制品:烧结砖、陶瓷、玻璃等
有机材料	植物材料	木材、植物纤维及其制品
	沥青材料	石油沥青、改性沥青及其制品
	高分子材料	塑料、涂料等
复合材料	金属—无机非金属复合材料	钢筋混凝土、纤维混凝土等
	无机非金属—有机复合材料	沥青混凝土、聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属—有机复合材料	轻质金属夹芯板、PVC 钢板

3. 按使用功能分类

结构性材料——主要指用于构造建筑结构部分的承重材料,例如水泥、集料(包括砂、石、轻集料等)、混凝土外加剂、混凝土、砂浆、砖和砌块等墙体材料、钢筋及各种建筑钢材、公路和市政工程中大量使用的沥青混凝土等,在建筑物中主要利用结构性材料的力学性能。

功能性材料——主要是在建筑物中发挥其力学性能以外特长的材料,例如防水材料、建筑涂料、绝热材料、防火材料、建筑玻璃、防腐涂料、金属或塑料管道材料等,它们赋予建筑物以必要的防水功能、装饰效果、保温隔热功能、防火功能、维护和采光功能、防腐蚀功能及给水、排水等功能。正是凭借了这些材料的一项或多项功能,才使建筑物具有或改善了使用功能,产生了一定的装饰美观效果,也使人们能够生活在一个安全、耐久、舒适、美观的环境中的愿望得以实现。当然,有些功能性材料除了其自身特有的功能外,也还有一定的力学性能,而且,人们也正在不断创造更多更好的多功能材料,比如既具有结构性材料的强度、又具有其他功能复合特性的材料。

第三节 建筑材料的发展

1. 加强轻质高强的材料研究

大力研究轻质高强的材料,提高建筑材料的比强度(材料的强度与密度之比),以减小承重结构的截面尺寸,降低构件自重,从而减轻建筑物的自重,降低运输费用和施工人员的劳动强度。

2. 由单一材料向复合材料及制品发展

复合材料可以克服单一材料的弱点,而发挥其综合的复合性能。通过复合手段,材料的各种性能,都可以按照需要进行设计。复合化已成为材料科学发展的趋势。目前正在开发的组合建筑制品主要有型材、线材和层压材料 3 大类。利用层压技术把传统材料组合起来形成的建筑制品,具有建筑学、力学、热学、声学和防火等方面的新功能,它为建筑业的发展开辟了新天地。组合建筑制品必须既能改善技术性能,又能提高现场劳动生产率,其发展取决于新的工业装配技术的开发,特别是胶结材料的研制。

3. 提高建筑物的使用功能

发展高效能的无机保温、绝热材料,吸声材料,改善建筑物维护结构的质量,提高建筑物的使用功能。例如,配筋的加气混凝土板材,可作为墙体材料,广泛用于工业与民用建筑的屋面板和隔墙板,同时具有良好的保温效

果。随着材料科学的发展,将涌现出越来越多的同时具有多种功能的高效能的建筑材料。

4. 发展适应机械化施工的材料和制品

积极创造条件,努力发展适合机械化施工的材料和制品,并力求使制品尺寸标准化、大型化,便于实现设计标准化、结构装配化、预制工厂化和施工机械化。这方面,我们与国外差距较大。目前,我国的钢筋混凝土预制构件厂能够形成规模化、标准化的产品主要是各种规格的楼板,轻质墙板也只是处于推广应用阶段。如果我们也能同建筑材料工业发达的国家一样,对楼梯、雨篷等构件都能做到预制工厂化,那么势必会大力推动我国建筑业的发展,因为历史已经证明,一种新材料及其制品的出现,会促使结构设计理论及施工方法的革新,使一些本来无法实现的构想变为现实。

5. 加大综合利用天然材料和工业废料

充分利用天然材料和工业废料,大搞综合利用,生产建筑材料,化害为利,变废为宝,改善能源利用状况,为人类造福。随着材料科学的不断发展,越来越多的工业废料将应用到建筑材料的生产中,从而有效地保护环境,并降低建材成本。

6. 适合不断提高人们生活水平的需要

为了满足人们生活水平不断提高的要求,需要研究更多花色品种的装饰材料,美化人们的生活环境。随着人们物质生活水平的提高,装修居室,改善生活条件,成为人们的普遍需求。目前,具有装饰功能的材料有很多,如天然石材、石膏制品、玻璃、铝合金、陶瓷、木材、涂料等,装饰材料的发展趋势是开发出更多的新型建筑材料,扩大装饰材料的适用范围。例如,石膏装饰材料的耐水性、抗冻性较差,故不宜用于室外装修,因此,我们应探索在石膏制品中适当掺入一些混合材料或外加剂,提高石膏制品的适用性,使它同样也可以用于室外装修。

第四节 建筑材料技术标准

建筑材料技术标准(规范)是针对原材料、产品以及工程质量、规格、检验方法、评定方法、应用技术等作出的技术规定。因此它是在从事产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通领域中所需共同遵循的技术法规。

建筑材料技术标准包括很多内容,如原料、材料及产品的质量、规格、等级、性质要求以及检验方法;材料及产品的应用技术规范(或规程);材料生产及设计

的技术规定;产品质量的检验标准等。

根据技术标准的发布单位与适用范围,可分为国家标准、行业标准、地方标准及企业标准 4 级。

1. 国家标准

国家标准是指对全国经济技术发展有重大意义,需要在全国范围内统一的技术要求所制定的标准,是四级标准体系中的主体。国家标准在全国范围内适用,其他各级标准不得与之相抵触。国家标准通常由国家标准主管部门委托有关单位起草,由有关部委提出报批,经国家质量监督检验检疫总局会同有关部委审批,并由国家质量监督检验检疫总局发布。

2. 行业标准

行业标准是指对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内根据统一的技术要求所制定的标准。行业标准是对国家标准的补充,是专业性、技术性较强的标准。行业标准的制定不得与国家标准相抵触,国家标准公布实施后,相应的行业标准即行废止。这级标准是由中央部委标准机构指定有关研究院所、大专院校、工厂、企业等单位提出或联合提出,报请中央部委主管部门审批后发布,最后报国家质量监督检验检疫总局备案。

3. 地方标准

地方标准是指对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一工业产品的安全、卫生要求所制定的标准,地方标准在本行政区域内适用,不得与国家标准和行业标准相抵触。国家标准、行业标准公布实施后,相应的地方标准即行废止。

4. 企业标准

企业标准是指企业所制定的产品标准和在企业内需要协调、统一的技术要求和管理、工作要求所制定的标准。企业标准是企业组织生产,经营活动的依据。

各级技术标准,在必要时可分为试行与正式标准两类,又分为强制性标准和推荐性标准。建筑材料技术标准按其特性可分为基础标准、方法标准、原材料标准、能源标准、环保标准、包装标准、产品标准等。

每个技术标准都有自己的代号、编号和名称。见表 1-2。

随着我国对外开放和加入世贸组织,常涉及一些与建筑材料关系密切的国际或外国标准,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。

表 1-2 四级标准代号

标准种类		代 号		表示方法
1	国家标准	GB	国家强制性标准	由标准名称、部门代号、标准编号、颁布年份等组成,例如:GB/T 14684—2011《建筑用砂》;JGJ 55—2011《普通混凝土配合比设计规程》等
		GB/T	国家推荐性标准	
2	行业标准	JC	建材行业标准	
		JGJ	建设部行业标准	
		YB	冶金行业标准	
		JT	交通标准	
		SD	水电标准	
3	地方标准	DB	地方强制性标准	
		DB/T	地方推荐性标准	
4	企业标准	QB	适用于本企业	

第二章 建筑材料的基本性能

第一节 材料的物理性能

一、密度、表观密度和堆积密度

1. 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,按式(2-1)计算:

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

式中: ρ ——材料的密度(g/cm^3);

m ——材料的质量(g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积,即材料体积内固体物质的实体积(cm^3)。

材料在绝对密实状态下的体积,是指不包含材料内部孔隙的实体积。除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料内部都有一些孔隙。在测定有孔隙材料(如砖、石等)的密度时,应把材料磨成细粉,烘干至恒重,用李氏瓶测定其绝对密实体积,用式(2-1)计算得到密度值。材料磨得越细,测得的密实体积数值就越精确,计算得到的密度值也就越精确。

密度是材料的基本物理性质之一,与材料的其他性质关系密切。

2. 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,按式(2-2)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 或 g/cm^3);

m ——在自然状态下材料的质量(kg 或 g);

V_0 ——在自然状态下材料的体积(m^3 或 cm^3)。

材料在自然状态下的体积,是指包括材料实体积和孔隙体积在内的体积。对于外形规则的材料,如烧结砖、砌块等,其体积可用量具测量、计算求得,所以

量积法测得的密度称为体积密度。形状不规则的材料体积可将其表面用蜡封以后用排水法测得。工程中常用的散粒状材料,如砂、石,其颗粒内部孔隙极少,用排水法测出的颗粒体积(材料的密实体积与封闭孔隙积之和,不包括开口孔隙体积)与其密实体积基本相同,因此,砂、石的表观密度可近似地当作其密度,故称视密度,用 ρ' 表示。

当材料孔隙内含有水分时,其质量和体积均有所变化,因此测定材料表观密度时,必须注明其含水状态。通常所说的表观密度是指干表观密度。

3. 堆积密度

粉状及颗粒状材料在自然堆积状态下,单位体积的质量称为堆积密度(亦称松散体积密度),即:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \tag{2-3}$$

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料的自然堆积体积(m^3)。

散粒材料自然堆积状态下的外观体积包括材料实体积、孔隙体积和颗粒间的空隙体积。堆积密度是指材料在气干状态下的堆积密度,其他含水情况应注明。材料的堆积密度反映散粒结构材料堆积的紧密程度及材料可能的堆放空间。

常用建筑材料的密度、视密度、表观密度和堆积密度如表 2-1 所示。

表 2-1 常用建筑材料的密度、视密度、表观密度和堆积密度数值

材料名称	密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)	视密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	规程密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
钢材	7.85	—	7850	—
花岗岩	2.6~2.9	—	2500~2850	—
石灰岩	2.4~2.6	—	2000~2600	—
普通玻璃	2.5~2.6	—	2500~2600	—
烧结普通砖	2.5~2.7	—	1500~1800	—
建筑陶瓷	2.5~2.7	—	1800~2500	—
普通混凝土	2.6~2.8	—	2300~2500	—
普通砂	2.6~2.8	2.55~2.75	—	1450~1700
碎石或卵石	2.6~2.9	2.55~2.85	—	1400~1700
木材	1.55	—	400~800	—
泡沫塑料	1.0~2.6	—	20~50	—

二、材料的孔隙率与空隙率

1. 孔隙率与密实度

孔隙率是指材料体积内孔隙体积占总体积的比例。其计算式为：

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

密实度是指材料体积内固体物质的体积占总体积的比例。其计算式为：

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

孔隙率与密实度的关系，可用下式表示： $P + D = 1$ 。

孔隙率由开口孔隙率和封闭孔隙率两部分组成。

密实度和孔隙率是从两个不同侧面反映材料的密实程度，通常用孔隙率来表示，材料的孔隙率高，则表示材料的密实程度小。

建筑材料的许多性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性及吸声性都与材料的孔隙率有关。这些性质除取决于孔隙率的大小外，还与孔隙的构造特征密切相关。孔隙的构造特征主要指孔的形状（连通孔与封闭孔）、孔径的大小及分布是否均匀等。连通孔不仅彼此贯通且与外界相通，而封闭孔则彼此不连通且与外界相隔绝。孔隙按孔径大小分为细孔和粗孔。一般来说，孔隙越大，其危害越大，在孔隙率相同的情况下，孔隙尺寸减小，材料的各项性能都明显提高。

提高材料的密实度，改变材料孔隙特征可以改善材料的性能。如提高混凝土的密实度可以达到提高混凝土强度的目的；加入引气剂增加一定数量的微小封闭孔，可改善混凝土的抗渗性能及抗冻性能。

2. 空隙率与填充率

空隙率是指散粒材料在其堆积体积中，颗粒之间空隙体积占总体积的比例。其计算式为：

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

填充率是指散粒材料在其堆积体积中，颗粒体积占总体积的比例。其计算式为：

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

空隙率与填充率的关系，可用下式表示： $P' + D' = 1$ 。

空隙率和填充率是从不同侧面反映散粒材料的颗粒互相填充的疏密程度。