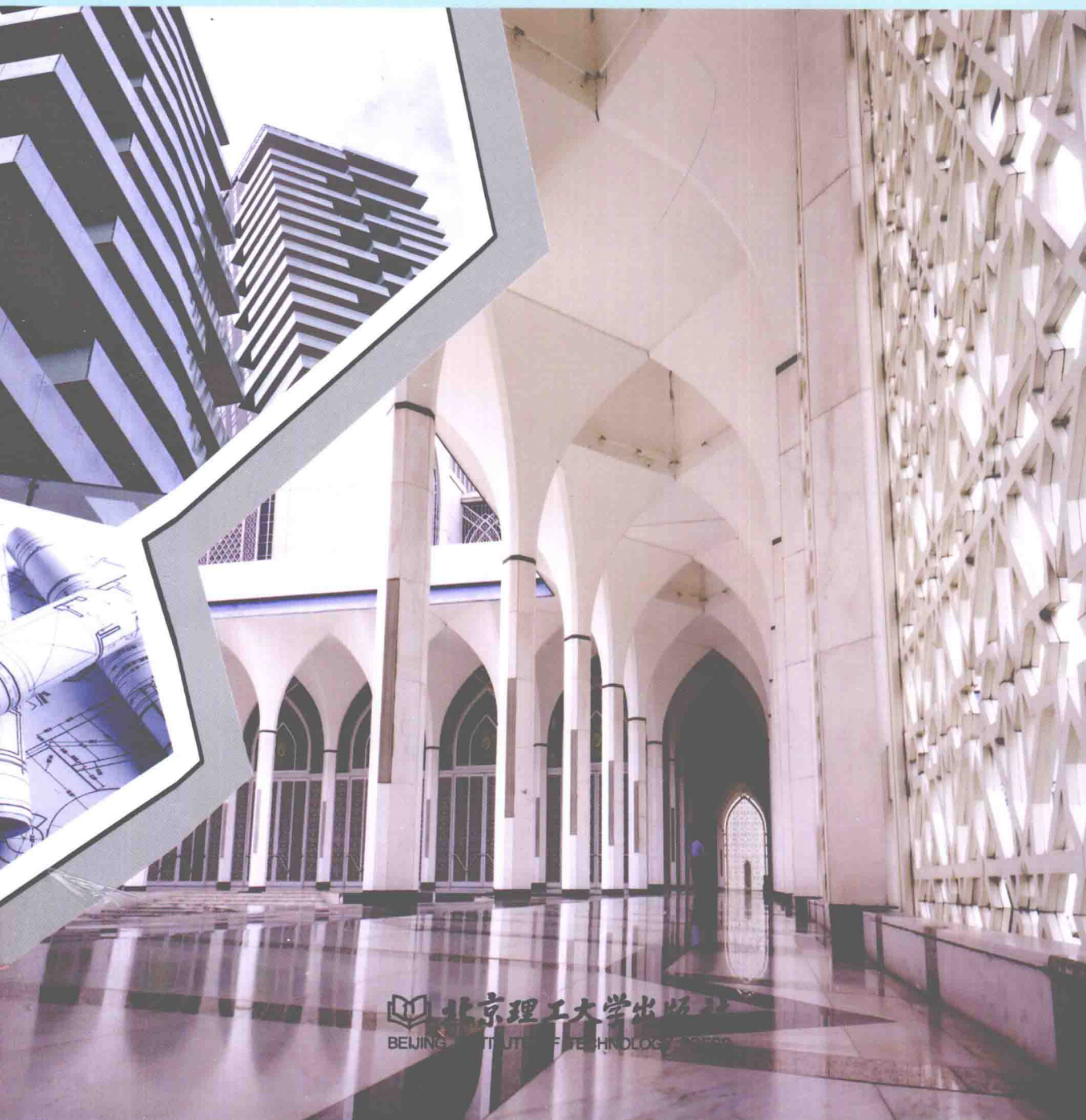


建筑与装饰材料

(第2版)

JIANZHU YU ZHUANGSHI CAILIAO

主编 夏文杰 余 晖 刘永户



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑与装饰材料

(第2版)

主 编 夏文杰 余 晖 刘永户
副主编 李瑞英 刘双双 孟 静 张华立
参 编 叶登玉 何 淼 张 驰 黄金霞

内 容 提 要

本书第2版根据建筑工程材料最新标准、规范及工程应用实际编写。全书共分十四章, 主要内容包括建筑与装饰材料的基本性质, 石材, 建筑玻璃, 建筑陶瓷, 石膏材料, 水泥, 混凝土, 砂浆, 墙体材料, 建筑金属材料, 木材, 合成高分子建筑装饰材料, 建筑防水材料, 绝热、吸声材料。

本书可作为高等院校土建类相关专业的教材, 也可作为函授和自考的辅导用书, 同时还可供相关培训机构及土建工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑与装饰材料/夏文杰, 余晖, 刘永户主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5640-9321-1

I. ①建… II. ①夏… ②余… ③刘… III. ①建筑材料—高等学校—教材 ②建筑装饰—装饰材料—高等学校—教材 IV. ①TU5②TU56

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第121521号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州京华印刷制版厂

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 423千字

版 次 / 2014年6月第2版 2014年6月第1次印刷

定 价 / 48.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

第2版前言

材料是一切建筑与装饰工程的物质基础，在建筑与装饰工程中恰当选择和合理使用工程材料，不仅能提高建筑物的质量及其寿命，而且对降低工程造价也有着重要的意义。

建筑与装饰材料的发展不仅制约着建筑设计理论的进步和施工技术的革新，同时也具有推动其发展的作用，许多新技术的出现都是与新材料的产生密切相关的。随着社会的进步、人民生活水平的不断提高，人们对建筑物的需求也从最基本的安全需求、适用需求，发展到轻质高强、抗震、高耐久性、环保、节能等诸多新的功能要求。在此基础上，建筑材料的研究也开始从被动的以研究应用为主向开发新功能、多功能材料的方向转变。

由于建筑与装饰材料的种类繁多，而且随着材料科学和材料工业的不断发展，各种类型的新型材料也在不断涌现，新材料、新技术在建筑与装饰工程中的应用越来越多，加之近年来为规范建筑与装饰材料的使用，国家对一大批材料标准进行了制定或修订，因而本书第1版中的部分内容已不能满足当前建筑与装饰工程设计与施工的需要。为此，我们根据各院校使用者的建议，结合近年来高等教育教学改革的动态，依据最新建筑与装饰材料标准规范和工程应用实际，对本书进行了修订。

本次修订坚持以理论知识够用为度，以培养面向生产第一线的应用型人才为目的，强调提升学生的实践能力和动手能力，在修订过程中主要开展了以下工作：

(1) 根据最新建筑与装饰材料标准和规范，在内容上淘汰了那些已过时或应用面不广的材料，增加了一些新型建筑与装饰材料，如安全玻璃、节能装饰玻璃、防水涂料等，以体现建筑材料工业发展的新趋势，保持教材内容的准确性和先进性。

(2) 进一步强化了对建筑与装饰材料的标准、选用、检验、验收、储存等现场施工常遇到的问题的解决，对于理论性较强的问题则加大调整和删改力度，不作过多、过深的阐述，以够用为度。

(3) 突出了建筑与装饰材料生产、储存、使用和处理过程中的绿色环保性。

(4) 对各章节的知识目标、能力目标、本章小结进行了修订，在修订中对各章节知识体系进行了深入的思考，并联系实际进行知识点的总结与概括，使该部分内容更具有指导性与实用性，便于学生学习和思考。对各章的章后思考与练习也进行了适当补充，有利于学生课后复习，强化应用所学理论知识解决工程实际问题的能力。

本书由夏文杰、余晖、刘永户担任主编，李瑞英、刘双双、孟静、张华立担任副主编，叶登玉、何淼、张驰、黄金霞参与了部分章节的编写工作。

本书在修订过程中，参阅了国内同行的多部著作，部分高等院校的老师提出了很多宝贵意见供我们参考，在此表示衷心的感谢！对于参与本书第1版编写但未参与本次修订的老师、专家和学者，本次修订的所有编写人员向你们表示敬意，感谢你们对高等教育教学改革所做出的不懈努力，希望你们对本书保持持续关注并多提宝贵意见。

本书虽经反复讨论修改，但限于编者的学识及专业水平和实践经验，修订后的图书仍难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

第1版前言

建筑与装饰工程离不开材料，材料是构成建筑物的物质基础，也是建筑与装饰工程的质量基础。了解或掌握一定的建筑装饰材料知识，是进行装饰装修设计、施工和验收的基本要求。

现代科学技术的发展促使生产力水平不断提高，人民的生活水平不断改善，这就要求建筑与装饰材料的品种与性能更加完备，不仅要求其经久耐用，而且要求其具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。建筑与装饰材料不仅用量大，而且有很强的经济性，它直接影响工程的总造价，所以在建筑与装饰装修施工时，恰当地选择和合理地使用建筑与装饰材料不仅能提高建筑物的质量，延长其寿命，而且对降低工程造价有着重要的意义。

为积极推进课程改革和教材建设，满足高等教育改革与发展的需要，我们根据高等院校工程管理类专业的教学要求，结合各种新材料、新工艺、新标准，组织编写了本教材。本教材的编写力求突出以下特色：

(1) 依据现行的建筑与装饰材料国家标准和行业标准，结合高等教育的要求，以社会需求为基本依据，以就业为导向，以学生为主体，在内容上注重与岗位实际要求紧密结合，符合国家对技能型人才培养工作的要求，体现教学组织的科学性和灵活性；在编写过程中，注重理论性、基础性、现代性，强化学习概念和综合思维，有助于学生知识与能力的协调发展。

(2) 编写内容以突出建筑与装饰材料的性质与应用为主题，摒弃了一些过时的、应用面不广的建筑与装饰材料，采用图、表、文字三者相结合的编写形式，注重反映新型建筑与装饰材料的特点及优势，体现建筑与装饰材料工业发展的新趋势，渗透现代材料与工程的基本理论，以扩大学生的知识面，引导学生了解新型材料的发展方向。

(3) 以“学习重点—培养目标—课程学习—本章小结—思考与练习”的形式，构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程，给学生的学习和老师的教学作出了引导，并帮助学生从更深的层次思考、复习和巩固所学的知识。

(4) 在章节安排上,除第一章对建筑与装饰材料的基本性质进行介绍外,其他章均按照材料类别编写,结构清晰明了。内容包括石材、建筑玻璃、建筑陶瓷、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、墙体及屋面材料、金属材料、木材、合成高分子建筑材料、防水材料、绝热及吸声材料等。为提高学生对新材料的掌握能力,本教材比较注重基础理论和基本知识的介绍,有助于学生根据所学知识来分析和研究新材料的性能并对其加以合理运用。

本教材由夏文杰、余晖、曹智主编,由李瑞英、王勤、田镇、訾世东副主编,田春艳、王永利参与编写,既可作为高等院校土建类相关专业的教材,也可作为土建工程技术人员和施工人员学习、培训的参考用书。本教材在编写过程中参阅了国内同行的多部著作,部分高等院校的老师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此,对他们表示衷心的感谢!

本教材的编写虽经反复推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 建筑与装饰材料的基本性质	6
第一节 材料的基本物理性质	6
第二节 材料的力学性质	14
第三节 材料的耐久性	18
第四节 材料的装饰性	18
第二章 石材	21
第一节 岩石与石材的基本知识	21
第二节 建筑饰面板材	25
第三节 人造石材	32
第三章 建筑玻璃	40
第一节 玻璃的基本知识	40
第二节 平板玻璃	43
第三节 安全玻璃	47
第四节 装饰玻璃	59
第五节 节能装饰玻璃	60
第六节 其他装饰玻璃制品	62
第四章 建筑陶瓷	65
第一节 陶瓷的基本知识	65
第二节 釉面砖	67
第三节 陶瓷墙地砖	70
第四节 陶瓷马赛克	74
第五节 建筑琉璃制品	77
第五章 石膏材料	81
第一节 石膏的基本知识	81
第二节 石膏装饰制品	84
第六章 水泥	94
第一节 硅酸盐水泥的基本知识	94

第二节	通用硅酸盐水泥	101
第三节	白色与彩色硅酸盐水泥	105
第七章	混凝土	110
第一节	混凝土的分类和特点	110
第二节	普通混凝土的基本组成	111
第三节	普通混凝土的技术性能	129
第四节	普通混凝土配合比设计	138
第五节	装饰混凝土	145
第八章	砂浆	149
第一节	砌筑砂浆	149
第二节	抹面砂浆	156
第三节	装饰砂浆	158
第九章	墙体材料	162
第一节	砌墙砖	162
第二节	墙用砌块	171
第三节	墙用板材	172
第十章	建筑金属材料	176
第一节	建筑钢材	176
第二节	建筑装饰用钢材及其产品	183
第三节	建筑装饰用铝合金及其制品	187
第四节	建筑装饰用铜及铜合金制品	192
第十一章	木材	196
第一节	木材的基本知识	196
第二节	木装饰制品及其应用	201
第三节	木材的防腐	219
第十二章	合成高分子建筑装饰材料	222
第一节	建筑装饰塑料	222
第二节	建筑装饰涂料	229
第三节	建筑胶粘剂	240
第十三章	建筑防水材料	245
第一节	沥青材料	245
第二节	防水卷材	252
第三节	防水涂料	261
第十四章	绝热、吸声材料	265
第一节	绝热材料	265
第二节	吸声材料	267
参考文献		272

绪 论

一、建筑与装饰材料的作用及地位

1. 建筑与装饰材料的作用

建筑材料是指组成建筑物或构筑物各部分实体的材料。任何建筑物都是用材料按一定要求构筑而成的。建筑工程离不开材料，材料是构成建筑物的物质基础，也是建筑工程的质量基础。

建筑装饰材料是集工艺、造型设计、美学于一体的材料，是依据一定的方法对建筑物进行美的设计和美的包装的原材料。建筑装饰性的体现在很大程度上受到建筑装饰材料的制约，尤其受到材料的光泽、质地、质感、图案、花纹等装饰特性的影响。

建筑与装饰材料的性能和质量直接影响着建筑物的安全性和耐久性。所以，建筑材料必须具有足够的强度以及在使用环境条件相适应的耐久性，才能使建筑物具有足够长的使用寿命，并尽量减少维修费用。

2. 建筑与装饰材料在工程造价中的地位

建筑与装饰材料的费用在工程总造价中占有相当大的比例，一般工程的材料费用占总造价的 50%~60%。所以在建筑过程中能恰当选择和合理使用建筑与装饰材料，对降低工程造价和提高建筑物的质量及寿命有着重要的意义。

二、建筑与装饰材料的分类和发展

1. 建筑与装饰材料的分类

建筑与装饰材料的种类繁多，随着材料科学和材料工业的不断发展，各种新型建筑与装饰材料不断涌现。为了便于应用和研究，对建筑与装饰材料可从不同角度进行分类，常见的有按使用功能分类(表 0-1)和按成分分类(表 0-2)两种分类方法。

表 0-1 建筑与装饰材料按使用功能分类

分 类	定 义	实 例
建筑结构材料	构成基础、柱、梁、框架、屋架、板等承重系统的材料	砖、石材、钢材、钢筋混凝土、木材
墙体材料	构成建筑物内、外承重墙体及内分隔墙体的材料	石材、砖、空心砖、加气混凝土、各种砌块、混凝土墙板、石膏板及复合墙板
建筑功能材料	不作为承受荷载，且具有某种特殊功能的材料	保温隔热材料(绝热材料)：膨胀珍珠岩及其制品、膨胀蛭石及其制品、加气混凝土 吸声材料：毛毡、棉毛制品、泡沫塑料

续表

分 类	定 义	实 例
建筑功能材料	不作为承受荷载，且具有某种特殊功能材料	采光材料：各种玻璃 防水材料：沥青及其制品、树脂基防水材料 防腐材料：煤焦油、涂料 装饰材料：石材、陶瓷、玻璃、涂料、木材
建筑器材	为了满足使用要求，而与建筑物配套的各种设备	电工器材及灯具 水暖及空调器材 环保器材 建筑五金

表 0-2 建筑与装饰材料按成分分类

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	普通钢材、低合金钢、合金钢、非合金钢
		有色金属	铝、铝合金、铜、铜合金
	非金属材料	天然石材	毛石、料石、石板材、碎石、卵石、砂
		烧土制品	烧结砖、瓦、陶器、炆器、瓷器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、岩棉、铸石
		胶凝材料	气硬性：石灰、石膏、菱苦土、水玻璃 水硬性：各类水泥
		混凝土类	砂浆、混凝土、硅酸盐制品
有机材料	植物质材料		木材、竹板、植物纤维及其制品
	合成高分子材料		塑料、橡胶、胶粘剂、有机涂料
	沥青材料		石油沥青、沥青制品
复合材料	金属—非金属复合		钢筋混凝土、预应力混凝土、钢纤维混凝土
	非金属—有机复合		沥青混凝土、聚合物混凝土、玻纤增强塑料、水泥刨花板

2. 建筑与装饰材料的发展

建筑与装饰材料是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平的不断提高而向前发展的。随着社会生产力的发展，人类对建筑物的规模、质量等方面的要求越来越高，这种要求与建筑与装饰材料的数量、品种、质量等都有着相互依赖和相互矛盾的关系。建筑与装饰材料的生产与使用就是在不断地解决这个矛盾的过程中向前发展的。

早在 18—19 世纪，我国的建筑与装饰材料就得到了迅速发展，相继出现的钢材、水泥、混凝土以及钢筋混凝土成为主要的结构材料，使建筑业的发展进入了一个新阶段，使其朝着功能化、复合化、系列化、规范化的方面发展。工业的发展使一些具有特殊功能的材料，如绝热材料，吸声材料，耐热、耐腐蚀、抗渗透以及防辐射材料应运而生。

三、建筑与装饰材料的技术标准

标准是以科学、技术和实践的总体成果为基础，经有关各方协商产生，由主管单位批准发布施行，作为某行业共同遵守的准则和依据。

建筑与装饰材料的技术标准(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、应用技术等做出的技术规定。因此,它是在产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通等领域中所需共同遵循的技术法规。

根据技术标准的发布单位与适用范围，标准可分为企业及地方标准、行业标准和国家标准三级。

1. 企业及地方标准

企业及地方标准是指只在某地区内或某企业内适用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准，可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准，经报请本地区或本行业的有关主管部门审批后，在该地区或行业中执行。

2. 行业标准

行业标准是指全国性的某行业范围内的技术标准，由中央部委标准机构指定有关研究所、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，最后报国家技术监督局备案。行业标准又称部颁标准。

3. 国家标准

国家标准是由国家质量监督检验检疫总局发布或由各行业主管部门和国家质量监督检验检疫总局联合发布的国家级的标准，各有关行业都必须执行。国家标准代号由标准名称、标准发布机构的组织代号、标准号和标准颁布时间四部分组成。

各级技术标准在必要时可分为试行与正式标准两类，按其权威程度，又可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。标准代号反映该标准的等级或发布单位，用汉语拼音字母表示，见表 0-3。

表 0-3 技术标准所属行业及其代号

所 属 行 业	标 准 代 号	所 属 行 业	标 准 代 号
国家标准	GB	石 油	SY
建 材	JC	冶 金	YB
建设工程	JG	水 利	SL
交 通	JT	电 力	DL

编号表示标准的顺序号和颁布年代号，用阿拉伯数字表示；名称用汉字表示，它反映该标准的主要内容。

目前，采用和参考国际通用标准和先进标准是加快我国建筑材料工业与世界建筑材料工业接轨的重要措施，对促进建材工业科技的进步、提高产品质量和标准化水平、扩大建

筑材料的对外贸易有着重要作用。常用的国际标准有以下几类。

- (1)美国材料与试验协会标准(ASTM)等,属于国际团体和公司标准。
- (2)联邦德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN)等,属于区域性国际标准。
- (3)国际标准化组织标准(ISO)等,属于国际性标准化组织的标准。

四、建筑装饰材料的基本要求及选用原则

1. 建筑装饰材料的基本要求

建筑装饰装修工程对材料的基本要求有三点,即耐久性、安全牢固性和经济性。建筑装饰装修工程的耐久性主要体现在两方面:一是使用上的耐久性,指抵御使用上的损伤、性能减退等;二是装饰质量的耐久性,包括粘结牢固度和材质特性等。

安全牢固性是指面层与基层连接方式的牢固和装饰材料本身具有足够的强度及力学性能。面层材料与基层的连接分为粘结和镶嵌两大类。粘结材料要根据面层与基层材料的特性、粘结材料的黏性来选择,粘结类做法是用水泥砂浆、水泥浆、聚合物水泥砂浆、各种类型的胶粘剂,将外墙装饰的面层与基层连接在一起。此外,基层表面的处理、粘结面积的大与小、提高粘结强度的措施以及养护的方法、养护时间的长短等,均为影响粘结牢固性的因素。只有选用恰当的粘结材料及按合理的施工程序进行操作,才能收到好的效果。镶嵌类连接方式的牢固性主要靠紧固件与基层的锚固强度以及被镶嵌板材的自身强度来保证。镶嵌类做法是采用紧固件将面层材料与基层材料连接在一起(可直接固定或利用过渡件间接固定)。常见的有龙骨贴板类、螺栓挂板类等。此外,紧固件的防锈蚀也是关键的一环,只有恰当地选择紧固方法和保证紧固件的耐久使用,才能保证装饰材料的安全牢固。

装饰工程的经济性除了通过简化施工、缩短工期取得经济效益外,最关键的是装饰装修材料的经济性选择。

2. 建筑装饰材料的选用原则

建筑装饰材料的选用原则包括材料的经济性原则和使用材料的节约性原则。

(1)材料的经济性原则。材料的经济性原则包括四项,即:

- 1)根据建筑物的使用要求和装饰装修等级,恰当地选择材料;
- 2)在不影响装饰质量的前提下,尽量用低档材料代替高档材料;
- 3)选择工效快、安装简便的材料;
- 4)选择耐久性好、耐老化、不易损伤、维修方便的材料。

(2)使用材料的节约性原则。使用材料的节约性原则包括:

- 1)加强材料管理,实行限额领料;
- 2)加强施工的计划性,实行搭配切割、套裁、降低消耗,防止大材小用;
- 3)考虑用材的综合经济效益,将选材和维修结合起来,将简化施工、提高速度、提高安装技巧结合起来。

五、本课程的内容和学习方法

1. 本课程的内容

建筑与装饰材料是建筑工程类专业的一门重要的专业基础课,它全面、系统地介绍了建筑与装饰材料的性质与应用的基本知识,主要讨论了常用建筑与装饰材料如砖、石灰、

石膏、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、防水材料、塑料、装饰材料、绝热材料及吸声材料等的原料与生产，组成、结构与性质的关系，性质与应用，技术要求与检验，运输、验收与储存等方面的内容。从本课程的目的及任务出发，应掌握建筑与装饰材料的性质、应用及其技术要求的内容。

2. 本课程的学习方法

建筑与装饰材料的种类繁多，各类材料的知识既有联系又有很强的独立性。本课程还涉及化学、物理、应用等方面的基本知识，因此，要掌握好理论学习和实践认识两者间的关系。学生要注意把所学的理论知识落实在材料的检测、验收、选用等实践操作技能上。在理论学习的同时，在教师的指导下，随时到工地或试验室穿插进行材料的认知实习，并完成课程所要求的材料试验，从而高质量地完成本课程的学习。

在理论学习方面，要重点掌握材料的组成、技术性质和特征、外界因素对材料性质的影响和应用的原则，对各种材料都应遵循这一主线来学习。理论是基础，只有牢固掌握基础理论知识，才能应对材料科学的不断发展，并在实践中加以灵活应用。

第一章 建筑与装饰材料的基本性质

知识目标

1. 掌握材料与质量有关的性质、与热有关的性质及与水有关的性质及其表示方法。
2. 熟悉材料的力学性质。
3. 了解材料耐久性的基本概念。
4. 了解材料的装饰性能。

能力目标

1. 能够进行与材料物理性质的参数有关的计算。
2. 具备有关材料力学的试验操作能力。

建筑与装饰材料的基本性质是指材料处于不同的使用条件和使用环境时，通常必须考虑的最基本、共有的性质。建筑与装饰材料所处的部位、周围环境、使用功能的要求和作用不同，对材料性质的要求也就不同。建筑与装饰材料的性质归纳起来有物理性质、力学性质和耐久性、装饰性。

在建筑中，建筑与装饰材料要承受各种不同的作用，从而要求建筑与装饰材料具有相应的不同性质，如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用，因此所选用的材料应具有所需的力学性能。根据建筑物各种不同部位的使用要求，有些材料应具有防水、绝热、吸声等性能。对某些工业建筑，要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外，对于长期暴露在空气中的材料，要求能经受因风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融的破坏作用。为了保证建筑物经久耐用，建筑设计人员必须掌握材料的基本性质，并能合理地选用材料。

第一节 材料的基本物理性质

一、与质量有关的材料性质

与质量有关的材料性质主要是指材料的各种密度和描述其孔隙与空隙状况的指标，在这些指标的表达式中都有质量这一参数。

1. 密度

根据材料所处状态的不同，材料的密度可分为密度、表观密度和堆积密度。

(1) 密度。密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度(ρ)的计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量(g 或 kg);

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 或 m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括内部孔隙的材料体积。由于材料在自然状态下并非绝对密实,所以绝对密实体积一般难以直接测定,只有钢材、玻璃等材料可近似地直接测定。在测定有孔隙的材料密度时,可以把材料磨成细粉或采用排液置换法测量其体积。材料磨得越细,测得的体积越接近绝对体积,所得密度值就越准确。材料的质量是指材料所含物质的多少,实际工程中常以重量的多少来衡量质量的大小,但质量与重量在概念上是有本质区别的。

(2)表观密度(亦称体积密度)。表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量。表观密度 ρ_0 的计算公式为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

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)。

在自然状态下,材料内部的孔隙可分为两类:有的孔之间相互连通,且与外界相通,称为开口孔;有的孔互相独立,不与外界相通,称为闭口孔。大多数材料在使用时其体积包括内部所有孔在内的体积,即自然状态下的外形体积(V_0),如砖、石材、混凝土等。有的材料如砂、石在拌制混凝土时,因其内部的开口孔被水占据,因此,材料体积只包括材料实体积及其闭口孔体积(以 V' 表示)。为了区别这两种情况,常将包括所有孔隙在内的密度称为表观密度;把只包括闭口孔在内的密度称为视密度,用 ρ' 表示,即 $\rho' = m/V'$ 。视密度在计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

在自然状态下,材料内部常含有水分,其质量随含水程度而改变,因此视密度应注明其含水程度。干燥材料的表观密度称为干表观密度。可见,材料的视密度除取决于材料的密度及构造状态外,还与含水的程度有关。

(3)堆积密度。堆积密度是指粉块状材料在堆积状态下单位体积的质量。堆积密度(ρ'_0)的计算公式为

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料的堆积体积(m^3)。

材料的堆积体积是指散粒状材料在堆积状态下的总体外观体积。散粒状堆积材料的堆积体积既包括材料颗粒内部的孔隙,也包括颗粒间的空隙。除了颗粒内孔隙的多少及其含水多少外,颗粒间空隙的大小也会影响堆积体积的大小。因此,材料的堆积密度与散粒状材料在自然堆积时颗粒间的空隙、颗粒内部结构、含水状态、颗粒间被压实的程度有关。

根据其堆积状态的不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积状态下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。材料的堆积体积,常用材料填充容器的容积大小来测量。

2. 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。密实度 D 的计算公式为

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$

式中 D ——材料的密实度(%)；

V ——材料中固体物质的体积(cm^3 或 m^3)；

V_0 ——材料体积(包括内部孔隙体积)(cm^3 或 m^3)；

ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3)；

ρ ——材料的密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

(2)孔隙率。孔隙率是指材料中孔隙体积所占整个体积的百分率。孔隙率 P 的计算公式为

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

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少，它会直接影响材料的多种性质。孔隙率越大，则材料的表观密度、强度越小，耐磨性、抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、耐水性及耐久性越差，而保温性、吸声性、吸水性及吸湿性越强。上述性质不仅与材料的孔隙率大小有关，还与孔隙特征(如开口孔隙、闭口孔隙、球形孔隙等)有关。此外，孔隙尺寸的大小、孔隙在材料内部分布的均匀程度等都是孔隙在材料内部的特征表现。

与材料孔隙率相对应的另一个概念是材料的密实度。它反映了材料内部固体的含量，对材料性质的影响正好与孔隙率对材料性质的影响相反。

在建筑工程中，计算材料的用量和构件自重、进行配料计算、确定材料堆放空间及组织运输时，经常要用材料的密度、表观密度和堆积密度进行计算。常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

材料名称	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	堆积密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	孔隙率/%
石灰岩	2.60	1 800~2 600	—	0.6~1.5
花岗石	2.60~2.90	2 500~2 800	—	0.5~1.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400~1 700	—
砂	2.60	—	1 450~1 650	—
水 泥	2.80~3.20	—	1 200~1 300	—
烧结普通砖	2.50~2.70	1 600~1 800	—	20~40
普通混凝土	2.60	2 100~2 600	—	5~20
轻质混凝土	2.60	1 000~1 400	—	60~65
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7 850	—	—
泡沫塑料	—	20~50	—	95~99