

普通高等学校“十二五”规划教材

建筑材料

主 编 高恒聚

副主编 温学春



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书依据《建筑工程技术专业、工程造价专业人才培养方案》编写而成。全书共 11 个项目, 主要内容包括绪论、建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、砌体材料、建筑金属材料、木材、防水材料、建筑功能材料、建筑材料试验。每个项目后都有能力训练题来帮助学生巩固学习效果。

本书可作为本科院校及高等职业院校建筑工程专业 and 工程造价专业的教材使用, 也可作为建筑类其他专业的教材及工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/高恒聚主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.8

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2838-7

I. ① 建… II. ① 高… III. ① 建筑材料—高等学校—教材 IV. ① TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 135050 号

策 划 云立实

责任编辑 任倍萱 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 高陵县印刷厂

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18

字 数 424 千字

印 数 1~3000 册

定 价 31.00 元

ISBN 978-7-5606-2838-7/TU · 0007

XDUP 3130001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

本书是普通高等学校“十二五”规划教材(土建类专业)。根据土建类专业教学指导委员会对建筑工程技术、工程造价等专业有关于建筑材料课程的教学内容、教学方法、教学手段等方面的要求,我们结合近年来在课程建设方面取得的经验,编写了本书。

本书着重拓宽学生在建筑材料方面的知识,加强学生对材料的使用性能及特点的理解与掌握,并使学生掌握必要的测试技能。本书内容具有明显的职业导向性、技能主导性和内容适用性。

本书的主要特点如下:

(1) 把职业能力培养作为目标,以项目为驱动,以任务为导向,由浅入深、循序渐进,以提高学生学习兴趣为突破口,整合课程内容,同时优选出3~4个典型案例进行具体介绍。本书所选项目中讲述的建筑材料既有工程和市场上常见的材料,又有新型的、先进的材料,从而使教学内容的可行性与前瞻性有机结合,进而可提高学生的学习兴趣,更有助于教师实施教学,同时还可满足建筑工程项目体系更新,以及实现专业技术知识体系对接行业的需求。

(2) 以最新国家标准、规范为指导性文件。最近几年许多建设工程行业标准已被修订,有的已经实施或即将实施。本书依据我国现行的标准、规范编写,理论联系实际,简单实用。

(3) 加强对建材质量性能检测试验能力的培养,提高学生技术应用能力和综合运用所学理论知识解决实际问题的能力。为方便教学及扩大知识面,每个项目后均有创新与拓展内容。

(4) 本书的编写人员都有着多年的教学与实践经验,在编写本书的过程中,他们始终抱着求实的作风、严谨的态度和探索的精神,对书中的每一个工程实例、细节进行精心设计,力争做到准确、通俗和实用,以尽量完美的内容和形式奉献于读者。

本书由石家庄铁道大学四方学院高恒聚任主编,南车石家庄车辆有限公司温学春任副主编,参加本书编写的还有石家庄铁道大学四方学院的张丽娟、崔会芝、魏子明,石家庄铁路职业技术学院的许成文,河北化工医药职业技术学院的张静,石家庄市恒发天福建材有限公司董辉、张影,河北众诚房地产开发集团有限公司的韩杏军、张增金,冀中能源股份有限公司水泥厂的孔德伟。本书中大量最新的国家标准和规范以及图片整理工作由魏素霞、戴侃来完成。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社云立实等老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于建筑材料发展得很快,新材料、新工艺层出不穷,各行业的技术标准不统一,加之我们的水平有限,编写时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请读者及同行专家给予指正并提出宝贵意见。

编 者
2012年3月

目 录

绪论	1	任务二 石膏	28
0.1 建筑材料的发展历程	1	2.2.1 建筑石膏的生产	28
0.2 建筑材料在建筑工程中的地位	2	2.2.2 建筑石膏的凝结与硬化	28
0.3 建筑材料的分类	4	2.2.3 建筑石膏的技术性能	29
0.3.1 建筑材料的定义及基本要求	4	2.2.4 建筑石膏的特点	29
0.3.2 建筑材料的分类	4	2.2.5 建筑石膏的应用	30
0.4 建筑材料的技术标准	5	2.2.6 石膏的验收与储运	31
0.5 本课程的性质、任务和要求	5	2.2.7 石膏制品的发展	31
项目一 建筑材料的基本性质	6	任务三 水玻璃	32
任务一 材料的物理性质	6	2.3.1 水玻璃的生产	32
1.1.1 密度、表观密度和堆积密度	7	2.3.2 水玻璃的硬化	32
1.1.2 材料的密实度与孔隙率	8	2.3.3 水玻璃的性质	32
1.1.3 材料的填充率与空隙率	9	2.3.4 水玻璃的应用	33
1.1.4 材料与水有关的性质	10	能力训练题	34
1.1.5 材料与热有关的性质	13	项目三 水泥	37
任务二 材料的力学性质	13	任务一 硅酸盐水泥	37
1.2.1 材料的强度	14	3.1.1 硅酸盐水泥的生产及矿物组成	38
1.2.2 材料的弹性与塑性	15	3.1.2 硅酸盐水泥的凝结硬化	41
1.2.3 材料的脆性与韧性	16	3.1.3 硅酸盐系列水泥的主要技术性质	44
1.2.4 材料的硬度和耐磨性	16	3.1.4 水泥石的腐蚀与防护	47
任务三 材料的耐久性	16	3.1.5 硅酸盐水泥的性质、应用及存放	49
能力训练题	18	任务二 掺混合材料的硅酸盐水泥	50
项目二 气硬性胶凝材料	20	3.2.1 混合材料	50
任务一 石灰	21	3.2.2 普通硅酸盐水泥	51
2.1.1 石灰的生产	21	3.2.3 矿渣水泥、火山灰水泥、 粉煤灰水泥	52
2.1.2 石灰的熟化	22	3.2.4 复合硅酸盐水泥	54
2.1.3 石灰的硬化	23	任务三 专用水泥与特性水泥	56
2.1.4 石灰的分类	23	3.3.1 砌筑水泥	56
2.1.5 石灰的技术性能及标准	24	3.3.2 道路水泥	56
2.1.6 石灰的性能	25	3.3.3 快硬硅酸盐水泥	57
2.1.7 石灰的应用	26	3.3.4 明矾石膨胀水泥	57
2.1.8 石灰的验收、储运及保管	26	3.3.5 白色硅酸盐水泥	58

3.3.6	中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥和 低热矿渣硅酸盐水泥	59	任务六	普通混凝土配合比设计	102
3.3.7	铝酸盐水泥	60	4.6.1	混凝土配合比设计的基本要求	102
任务四	水泥的选用、验收、储存及保管	61	4.6.2	混凝土配合比设计的资料准备	102
3.4.1	水泥的选用	61	4.6.3	混凝土配合比设计基本参数 的确定	103
3.4.2	水泥的编号和取样	62	4.6.4	普通混凝土配合比的设计方法 与步骤	103
3.4.3	水泥的验收	62	任务七	混凝土的质量控制与评定	108
3.4.4	水泥的储存与保管	64	4.7.1	混凝土的原材料质量控制	109
能力训练题	68	4.7.2	混凝土施工过程中的质量控制	110	
4.7.3		110	任务八	其他种类混凝土简介	112
项目四 混凝土	72	4.8.1	轻混凝土	112	
任务一	概述	73	4.8.2	防水混凝土	114
4.1.1	混凝土的概念	73	4.8.3	纤维混凝土	115
4.1.2	混凝土的分类	73	4.8.4	耐腐蚀混凝土	115
4.1.3	混凝土的特点	74	4.8.5	聚合物混凝土	115
任务二	普通混凝土的组成材料	75	4.8.6	高强高性能混凝土	116
4.2.1	水泥	75	4.8.7	泵送混凝土	117
4.2.2	细骨料	76	4.8.8	防辐射混凝土	118
4.2.3	粗骨料(卵石、碎石)	80	4.8.9	彩色混凝土	118
4.2.4	混凝土拌和及养护用水	83	能力训练题	119	
4.2.5	混凝土外加剂	84	项目五 建筑砂浆	123	
4.2.6	掺和料	89	任务一	概述	123
任务三	混凝土拌和物的和易性	90	任务二	砂浆的技术要求	124
4.3.1	和易性的概念	90	5.2.1	新拌砂浆的和易性	124
4.3.2	和易性的测定	90	5.2.2	硬化后砂浆的性质	126
4.3.3	影响和易性的主要因素	92	任务三	砌筑砂浆	127
4.3.4	改善和易性的措施	94	5.3.1	砌筑砂浆的组成材料	127
4.3.5	混凝土拌和物的凝结时间	94	5.3.2	砌筑砂浆配合比的设计	128
任务四	硬化后混凝土的强度	94	5.3.3	配合比的试配、调整与确定	130
4.4.1	混凝土的强度	95	任务四	抹面砂浆	131
4.4.2	影响混凝土强度的因素	96	5.4.1	普通抹面砂浆	132
4.4.3	提高混凝土强度的措施	98	5.4.2	装饰砂浆	133
任务五	混凝土的耐久性	99	5.4.3	防水砂浆	133
4.5.1	混凝土的抗渗性	99	5.4.4	特种砂浆	134
4.5.2	混凝土的抗冻性	100	任务五	干粉砂浆	135
4.5.3	混凝土的碳化	100	5.5.1	基本概念	135
4.5.4	混凝土的抗侵蚀性	100			
4.5.5	混凝土的碱—骨料反应	100			
4.5.6	提高混凝土耐久性的主要措施	101			

5.5.2 现场拌制砂浆与干粉砂浆的比较...135	7.3.1 建筑用钢材 169
5.5.3 干粉砂浆的特点和优势136	7.3.2 钢结构用钢材 171
能力训练题.....138	任务四 钢筋混凝土用钢 172
项目六 砌体材料139	7.4.1 钢筋混凝土用钢的种类 172
任务一 概述.....140	7.4.2 钢材的选用原则 174
任务二 砌墙砖.....140	任务五 钢材的防锈蚀与防火 175
6.2.1 砖的概述140	7.5.1 钢材的锈蚀 175
6.2.2 烧结普通砖141	7.5.2 钢材的防火 176
6.2.3 烧结多孔砖和烧结空心砖145	任务六 有色金属材料 177
6.2.4 蒸压(养)砖147	7.6.1 铝及铝合金 177
任务三 建筑砌块.....148	7.6.2 铜及铜合金 177
6.3.1 蒸压加气混凝土砌块149	能力训练题 179
6.3.2 混凝土空心砌块150	项目八 木材 180
任务四 墙用板材.....152	任务一 木材的分类和构造 180
6.4.1 水泥类墙用板材152	8.1.1 木材的分类 181
6.4.2 石膏类墙用板材153	8.1.2 木材的构造 181
6.4.3 复合墙用板材154	任务二 木材的主要性质 183
任务五 建筑石材.....155	8.2.1 木材的水分和含水率 183
6.5.1 概述155	8.2.2 木材的湿胀与干缩 183
6.5.2 天然岩石的分类156	8.2.3 木材的强度及影响因素 184
6.5.3 石材的技术性质157	任务三 木材的防护 185
6.5.4 石材的工艺性质158	8.3.1 木材的干燥 185
6.5.5 常用石材158	8.3.2 木材的防腐防虫 186
6.5.6 石材选用原则159	8.3.3 木材的防火 187
任务六 人造石材.....160	任务四 木材及其制品的应用 187
6.6.1 水泥型人造石材160	能力训练题 189
6.6.2 聚酯型人造石材160	项目九 防水材料 191
6.6.3 复合型人造石材160	任务一 概述 192
6.6.4 烧结型人造石材160	任务二 防水材料的原材料——沥青 193
能力训练题.....161	9.2.1 沥青的分类 193
项目七 建筑金属材料163	9.2.2 石油沥青 193
任务一 建筑钢材.....163	9.2.2 煤沥青 197
任务二 建筑钢材的技术性能.....164	9.2.3 改性沥青 198
7.2.1 钢材的力学性能164	任务三 防水卷材 199
7.2.2 钢材的工艺性能166	9.3.1 防水卷材的主要技术性质 200
7.2.3 化学成分对钢性能的影响167	9.3.2 普通沥青防水卷材 200
任务三 建筑钢材的技术标准与选用.....168	9.3.3 高聚物改性沥青防水卷材 201

9.3.4 合成高分子防水卷材	202	10.3.4 节能玻璃	221
任务四 防水涂料	205	任务四 建筑陶瓷	222
9.4.1 沥青基防水涂料	205	10.4.1 陶瓷的基本知识	222
9.4.2 改性沥青类防水涂料	205	10.4.2 建筑陶瓷制品	222
9.4.3 合成高分子防水涂料	205	能力训练题	224
任务五 防水密封材料	206	项目十一 建筑材料试验	226
9.5.1 建筑密封材料的分类	206	实验一 水泥技术指标测试	226
9.5.2 常用的建筑密封材料	206	实验二 混凝土用骨料技术指标检验	241
能力训练题	210	实验三 混凝土拌和物实验	247
项目十 建筑功能材料	212	实验四 混凝土强度实验	251
任务一 绝热材料	212	实验五 砂浆实验	255
10.1.1 绝热材料的基本要求	213	实验六 沥青材料实验	260
10.1.2 影响材料绝热性能的因素	213	附录	267
10.1.3 常用绝热材料	213	实验一 水泥实验报告	267
任务二 吸声材料	216	实验二 混凝土用骨料性能实验报告	269
10.2.1 材料的吸声原理、吸声系数及		实验三 普通混凝土拌和物性能实验报告	273
影响因素	216	实验四 普通混凝土强度实验报告	274
10.2.2 常用吸声材料	217	实验五 建筑砂浆性能测试报告	275
任务三 建筑玻璃	218	实验六 石油沥青基本性能测试报告	277
10.3.1 玻璃的基本知识	218	参考文献	279
10.3.2 平板玻璃	219		
10.3.3 安全玻璃	220		

绪 论

0.1 建筑材料的发展历程

建筑材料是随着人类的进化而发展的，它和人类文明有着十分密切的关系，在人类历史发展的各个阶段，建筑材料都是显示各阶段文明程度的主要标志之一。建筑材料的发展是一个悠久而又缓慢的过程。原始人类为了躲避雨雪、雷电和野兽等的侵害，最初是居住在洞穴中的，这种洞穴，就是天然的建筑物。为了适应自身的生存和发展，人类从天然洞穴之中走出来，开始利用土、石、草、木、竹等天然材料来建造房屋。图 0-1 就是利用天然材料建造的房屋，图 0-2 是采用黏土砖建造的房屋。



图 0-1 传统的吊脚楼



图 0-2 采用黏土砖建造的房屋

建筑材料的发展标志着人类文明的进步。人类的历史也是按制造生产工具所用材料的种类进行划分的，由史前的石器时代，经过青铜器时代、铁器时代，发展到今天的人工合成材料时代。

建筑材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的，根据建筑物所用的结构材料，可将建筑材料的发展大致分为以下三个阶段：

(1) 天然材料。天然材料是指取之于自然界，并只对其进行了物理加工的材料，如天然石材、木材、黏土、茅草等。早在原始社会时期，人们为了抵御雨雪风寒和防止野兽的侵袭，便居于天然山洞或树巢中；进入石器、铁器时代后，人们开始利用简单的工具砍伐树木和茅草，搭建简单的房屋，开凿石材建造房屋及纪念性构筑物；进入青铜器时代后，便开始出现木结构建筑。

(2) 烧土制品。到了人类能够用黏土烧制砖、瓦，用石灰岩烧制石灰之后，土木工程材料才由天然材料进入了人工生产阶段。在封建社会，虽然我国古代建筑有“秦砖汉瓦”、描金彩绘装饰艺术、造型优美的石塔和石拱桥的辉煌，但实际上在这一时期，生产力发展是停滞不前的，所使用的结构材料不过砖、石和木材而已。

(3) 钢筋混凝土。到了 18、19 世纪，随着资本主义的兴起，以及对大跨度厂房、高层

建筑和桥梁等土木工程建设的需要,致使旧有材料在性能上已满足不了新的建设要求,因此建筑材料在其他有关科学技术的配合下,进入了一个新的发展阶段,相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土及其他材料。1889年巴黎世博会展示的埃菲尔铁塔,成为当时席卷世界的工业革命的象征,如图0-3所示。

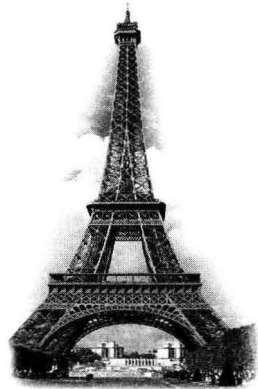


图0-3 埃菲尔铁塔

近几十年来,随着科学技术的进步和土木工程发展的需要,一大批新型建筑材料应运而生,逐渐出现了塑料、涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、新型复合材料(纤维增强材料、夹层材料等),但当代主要的结构材料仍为钢筋混凝土。随着社会的进步以及为满足环境保护和节能降耗的需要,对建筑材料也提出了更高、更多的要求。因而,今后一段时间内,建筑材料将向以下几个方向发展:

(1) 轻质高强。由于钢筋混凝土结构材料自重大(每立方米重约 2500 kg),因而限制了建筑物向高层、大跨度方向的进一步发展。如果能够减轻材料自重,则可很大程度地提高经济效益。目前,世界各国都在大力发展高强混凝土、加气混凝土、轻骨料混凝土、空心砖、石膏板等材料,以适应土木工程发展的需要。

(2) 节约能源。建筑材料的生产能耗和建筑物使用能耗约占国家总能耗的 20%~35%,研制和生产低能耗的新型节能建筑材料是构建节约型社会的需要。

(3) 利用废渣。充分利用工业废渣、生活废渣、建筑垃圾生产建筑材料,将各种废渣尽可能资源化,以保护环境、节约自然资源,使人类社会可持续发展。

(4) 智能化。所谓智能化材料,是指材料本身具有自我诊断和预告破坏、自我修复的功能,以及可重复利用性。建筑材料向智能化方向发展,是人类社会向智能化社会发展过程中降低成本的需要。

(5) 多功能化。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料,对提高建筑物的使用功能、经济性、加快施工速度等具有十分重要的作用。

(6) 绿色化。绿色产品的设计是以改善生产环境、提高生活质量为宗旨的。绿色产品具有多功能,不仅无损而且有益于人的健康;产品可循环或回收再利用,或形成无污染环境的废弃物。因此,生产材料所用的原料尽可能少用天然资源,大量使用尾矿、废渣、垃圾、废液等废弃物;采用低能耗制造工艺和对环境无污染的生产技术;在产品配制和生产过程中,不使用对人体和环境有害的污染物质。

0.2 建筑材料在建筑工程中的地位

建筑材料是建筑工程的物质基础,建筑材料和建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工等一样,是建筑工程学科的一部分,而且是极为重要的部分。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用的建筑材料融合在一起的。结构工程师只有很好地了解了建

筑材料的性能后，才能根据力学计算，准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构形式。建筑经济学家为了降低造价、节省投资，在基本建设中，首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。而建筑施工和安装的全过程，实质上是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程。它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等诸方面。总之，从事建筑工程的技术人员都必须了解和掌握建筑材料的有关技术知识，而且使所用的材料都能最大限度地发挥其效能，并合理、经济地满足建筑工程上的各种要求。

从根本上说，建筑材料是一切建筑的物质基础，建筑材料的质量直接关系到建筑工程的质量，材料决定了建筑和施工方法。新材料的出现，可以促使建筑形式的变化以及结构设计和施工技术的革新。土木工程中许多技术问题的突破，往往依赖于工程材料问题的解决。例如黏土砖的出现，产生了砖木结构的建筑；水泥和钢筋的出现，产生了钢筋混凝土结构的建筑；轻质高强材料的出现，推动了现代建筑向高层和大跨度方向发展。图 0-4 所示的我国国家体育场所用材料是具有自主知识产权的国产 Q460 钢材，它撑起了“鸟巢”的铁骨钢筋。轻质材料和保温材料的出现对减轻建筑物的自重、提高建筑物的抗震能力、改善工作与居住环境条件等起到了十分有益的作用，并推动了节能建筑的发展。新型装饰材料的出现使得建筑物的造型及建筑物的内外装饰焕然一新，生气勃勃。总之，新材料的出现远比通过结构设计、计算和采用先进施工技术对土木工程的影响大，土木工程归根到底是围绕着建筑材料来开展的生产活动，建筑材料是土木工程的基础和核心。

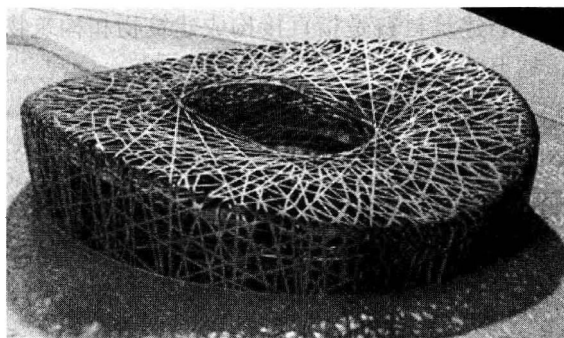


图 0-4 国家体育场

[工程实例分析 0-1]

建筑材料的质量直接关系到建筑工程的质量

现象 1998 年，长江流域发生了千年一遇的洪水。九江大堤决口，原因是防洪大堤的防渗墙原本应采用水泥浆，结果用泥浆所替代。朱镕基怒斥其为“豆腐渣工程”。

重庆綦江垮桥事故。虹桥是连接綦江新、旧城区的一座中承式拱形桥，1999 年 1 月 4 日 18 时 52 分，横跨重庆綦江县新旧城区的虹桥随着一声巨响，整个桥身在没有任何先兆的情况下突然垮塌。一刹那，桥身及拱架摔为四节拍向水面。据不完全统计，这次人行桥梁垮塌事故至少造成 24 人死亡，11 名武警士兵和部分群众下落不明，14 人受伤。此事故与领导受贿，企业生产、销售不符合安全标准的产品有关，相关责任人受到了严惩。

广东某跨海桥，其桥面原来使用的钢纤维混凝土，在使用了一年以后出现了许多裂纹，后来要铲去重新铺沥青混凝土，从而大大增加了工程的造价。

原因分析 通过对工程事故的分析发现，工程质量与建筑材料有关的比例是相当高的，事故产生的原因主要是以次充好，偷工减料，选择、使用材料不当等。

0.3 建筑材料的分类

0.3.1 建筑材料的定义及基本要求

1. 建筑材料的定义

建筑材料的定义有广义与狭义两种。

广义的建筑材料是指建造建筑物和构筑物的所有材料，包括使用的各种原材料、半成品、成品等的总称，如黏土、铁矿石、石灰石、生石膏等。

狭义的建筑材料是指直接构成建筑物和构筑物实体的材料，如混凝土、水泥、石灰、钢筋、黏土砖、玻璃等。

2. 建筑材料的基本要求

建筑材料必须同时满足以下两个基本要求：

- (1) 满足建筑物本身的技术性能要求，保证能正常使用。
- (2) 在使用过程中，能抵御周围环境的影响与有害介质的侵蚀，保证建筑物的合理使用寿命，同时也不能对周围环境产生危害。

0.3.2 建筑材料的分类

可从不同角度对建筑材料进行分类。

(1) 按建筑材料在建筑物中所处的部位进行分类，可将其分为基础、主体、屋面、地面等材料。

(2) 按建筑材料使用功能进行分类，可将其分为结构(梁、板、柱、墙体)材料、围护材料、保温隔热材料、防水材料、装饰装修材料、吸声隔音材料等。

(3) 按建筑材料的化学成分和组成特点进行分类，可将其分为无机材料、有机材料和由这两类材料复合而成的复合材料，如表 0-1 所示。

表 0-1 建筑材料的分类

无机材料	金属材料	黑色金属：铁、非合金钢、合金钢 有色金属：铝、锌、铜及其合金
	非金属材料	石材(天然石材、人造石材) 烧结制品(烧结砖、陶瓷面砖) 熔融制品(玻璃、岩棉、矿棉) 胶凝材料(石灰、石膏、水玻璃、水泥) 混凝土、砂浆 硅酸盐制品(砌块、蒸养砖、碳化板)
有机材料	植物材料	木材、竹材及制品
	高分子材料	沥青、塑料、涂料、合成橡胶、胶黏剂
复合材料	金属非金属复合材料	钢纤维混凝土、铝塑板、涂塑钢板
	无机有机复合材料	沥青混凝土、塑料颗粒保温砂浆、聚合物混凝土

0.4 建筑材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产、流通和使用单位检验、确定产品质量是否合格的技术文件。建筑材料相关的国家标准和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。国家标准有四大类：国家标准(GB)、行业标准(JGJ)、地方标准(DB)和企业标准(QB)。

各级标准都有各自的部门代号，例如：G 表示国家标准；GBJ 表示建筑工程国家标准；JGJ 表示建工行业建设标准；JC 表示国家建材局标准；YB 表示冶金部标准；ZB 表示国家级专业标准等。各个国家均有自己的国家标准，例如“ASTM”代表美国国家标准、“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国际标准，其代号为“ISO”。标准的表示方法，系由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成。

(1) 国家标准中，GB 表示国家强制性标准，全国必须执行。执行国标产品的技术指标都不得低于标准中规定的要求。GB/T 表示国家推荐性标准。例如，《混凝土质量控制标准》GB50164—2011，标准的部门代号为 GB，编号为 50164，批准年份为 2011 年。

(2) 行业(部)标准，如建设部标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55—2011，标准的部门代号为 JGJ，编号为 55，批准年份为 2011 年。

(3) 地方标准的代号为 DB，企业标准的代号为 QB。

0.5 本课程的性质、任务和要求

“建筑材料”是土建类专业的一门专业基础课。

本课程的任务是使学生具有建筑材料的基本知识，在进行建筑工程设计、施工和工程监理时能正确认识和利用建筑材料的物理、化学和力学性能，并掌握各类建筑材料所具有的使用功能，为以后相关课程的学习打下基础。

学习本课程的基本要求是：

- (1) 熟练掌握建筑工程中常用的建筑材料的品种、规格、性能以及其合理利用；
- (2) 了解材料在储运、验收中的基本原则；
- (3) 掌握常用建筑材料的主要物理、化学和力学性能，材料的组成与性能的相互关系；
- (4) 了解主要建筑材料的组成和生产过程，并对材料性质的形成因素有必要的理解；
- (5) 了解管理材料、节约材料、改善性能及防护处理的原则；
- (6) 熟悉常用材料的实验原理、实验方法，并初步具有材料实验的基本测量技能，有处理分析实验数据的能力，为以后开发、研制新材料打下基础；
- (7) 了解各类建筑材料的发展。

项目一 建筑材料的基本性质

教学要求

了解：材料与热有关的概念和表达方法；材料耐久性的基本概念。

掌握：材料的基本性质，能初步根据材料的性能选用合适的材料。

重点：材料的基本物理、力学、化学性质和有关参数及计算公式。

难点：材料孔隙和孔隙特征对材料性能的影响。

【走进历史】

万里长城与赵州桥

万里长城跨越崇山峻岭，是我国古代劳动人民的杰作，也是建筑史上的丰碑。赵州桥是世界上现存年代最久、单孔跨度最大、保存最完整的一座敞肩型石拱桥，被世人公认为“天下第一桥”，并被美国土木工程学会遴选为国际土木工程历史古迹之一。

万里长城所用建筑材料有土、石、木料、砖、石灰。关外有关、城外有城，其材料运输量之浩大、工程之艰巨世所罕见。万里长城中居庸关、八达岭一段，采用砖石结构。墙身用条石砌筑，中间填充碎石黄土，顶部再用三四层砖铺砌，以石灰作砖缝材料，坚固耐用。平原黄土地区缺乏石料，则用泥土垒筑长城，将泥土夯打结实，并以锥刺夯打土检查是否合格。在西北玉门关一带，既无石料又无黄土，以当地芦苇或柳条与砂石间隔铺筑，共铺20层。赵州桥所使用的石材为当地的青白色石灰岩，石质的抗压强度非常高。

万里长城和赵州桥因地制宜地使用建筑材料，展现了我国劳动人民的勤劳、智慧和创造力。

任务一 材料的物理性质

建筑材料是建筑工程的物质基础，材料的性质与质量很大程度上决定了工程的性能与质量。在工程实践中，选择、使用、分析和评价材料，通常是以其性质为基本依据的。

由于建筑材料要承受的作用各不相同，因而要求建筑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，因此选用的材料应具有所需要的力学性能；又如，根据建筑物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；再如，对于某些工业建筑，要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外，对于长期暴露在大气中的材料，要求能经受因风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化以及反复冻融等破坏作用。为了保证建筑物的耐久性，要求在工程设计与施工中正确地选择和合理地使

用材料，因此，必须熟悉和掌握各种材料的基本性质。

建筑材料的性质包括基本性质和特殊性质两大部分。建筑材料的基本性质是指建筑工程中通常必须考虑的最基本的、共有的性质；建筑材料的特殊性质则是指材料本身不同于别的材料的性质，是材料具体使用特点的体现。

1.1.1 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，可按下式计算：

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

式中： ρ 为材料的密度(g/cm^3)； m 为材料的质量(干燥至恒重)(g)； V 为材料在绝对密实状态下的体积(cm^3)。

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，应先把材料磨成细粉，待干燥后，再用李氏瓶测定其绝对密实体积。材料磨得越细，测得的密实体积数值就越精确。

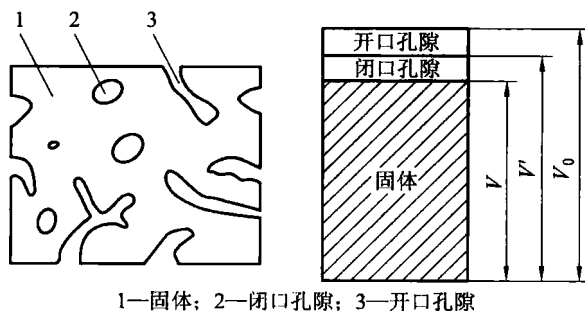
另外，工程上还经常使用相对密度。它用材料的质量与同体积水(4°C)的质量的比值表示，无单位，其值与材料密度相同。

2. 表观密度(体积密度)

表观密度是指材料在自然状态下单位体积(包括材料实体及其开口孔隙、闭口孔隙)的质量，俗称容重。表观密度可按下式计算：

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

式中： ρ_0 为材料的表观密度(kg/m^3 或 g/cm^3)； m 为材料的质量(kg 或 g)； V_0 为材料在自然状态下的体积(m^3 或 cm^3)，包括材料实体及其开口孔隙、闭口孔隙，见图 1-1。



1—固体；2—闭口孔隙；3—开口孔隙

图 1-1 自然状态下体积示意图

对于规则形状材料的体积，我们可使用量具测量，如加气混凝土砌块的体积是逐块量取长、宽、高三个方向的轴线尺寸，并计算其体积的。对于不规则形状材料的体积，可通过使用排液法或封蜡排液法来测量。

毛体积密度是指单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙、开口孔隙等颗粒表面轮廓线所包围的毛体积)物质颗粒的干质量。因其质量是指试件烘干后的质量，故也称干体

积密度。

3. 堆积密度

堆积密度是指单位体积(含物质颗粒固体及其闭口、开口孔隙体积及颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量,有干堆积密度及湿堆积密度之分。堆积密度可按下式计算:

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

式中: ρ'_0 为堆积密度(kg/m^3), m 为材料的质量(kg), V'_0 为材料的堆积体积(m^3)。

材料的堆积体积包括材料绝对体积、内部所有孔体积和颗粒间的空隙体积。材料的堆积密度反映散粒构造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、表观密度及堆积密度见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

材料名称	密度/(g/cm^3)	表观密度/(kg/m^3)	堆积密度/(kg/m^3)
钢材	7.8~7.9	7850	—
花岗岩	2.7~3.0	2500~2900	—
石灰岩	2.6~2.8	1800~2600	1400~1700(碎石)
砂	2.5~2.6	—	1500~1700
黏土	2.5~2.7	—	1600~1800
水泥	2.8~3.1	—	1200~1300
烧结普通砖	2.6~2.7	1600~1900	—
烧结空心砖	2.5~2.7	1000~1480	—
红松木	1.55~1.60	400~600	—

1.1.2 材料的密实度与孔隙率

1. 密实度

材料的密实度是指固体物质部分的体积占总体积的比例,说明材料体积内被固体物质所充填的程度,即反映了材料的致密程度。密实度可用如下公式表示:

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

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1,材料的很多性能(强度、吸水性、耐久性、导热性等)均与密实度有关。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料内部孔隙体积占自然状态下总体积的百分率。孔隙率可用如下公式表示:

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

孔隙率一般通过试验所确定的材料密度和体积密度而求得。

材料的孔隙率与密实度的关系为

$$P + D = 1$$

材料的孔隙率与密实度是相互关联的性质，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，密实度越小。

孔隙按构造可分为开口孔隙和封闭孔隙两种。材料孔隙率的大小、孔隙特征对材料的许多性质会产生一定影响，如材料的孔隙率较小，且连通孔较少，则材料的吸水性较小、强度较高、抗冻性和抗渗性较好。工程中对需要保温隔热的建筑物或部位，要求其所用材料的孔隙率要较大。相反，对要求高强或不透水的建筑物或部位，则其所用的材料孔隙率应很小。

[工程实例分析 1-1]

孔隙对材料性质的影响

现象 某工程顶层欲加保温层，图 1-2 所示分别为两种材料的剖面。请问选择何种材料合适？

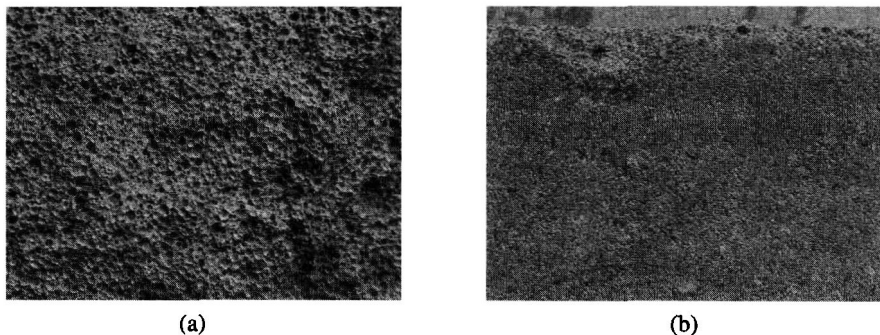


图 1-2 不同材料的孔隙图

(a) 多孔结构(A); (b) 密实结构(B)

原因分析 保温层的目的是减少外界温度变化对住户的影响。材料保温性能的主要描述指标为导热系数和热容量，其中导热系数越小越好。观察两种材料的剖面，可见材料 A 为多孔结构，材料 B 为密实结构。多孔材料的导热系数较小，故适于作保温层材料。

1.1.3 材料的填充率与空隙率

1. 填充率

填充率是指散粒材料在其堆积体积中，颗粒体积占其堆积体积的比例，用 D' 表示，可按下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\%$$

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料(如砂、石等)在其堆积体积中，颗粒之间的空隙体积占材料堆积体积的百分率，可用公式表示如下：

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

式中： ρ_0 为颗粒状材料的表观密度(kg/m^3)， ρ'_0 为颗粒状材料的堆积密度(kg/m^3)。

散粒材料的空隙率与填充率的关系为

$$P' + D' = 1$$

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材料的颗粒之间相互填充的程度。散粒状材料，其空隙率越大，填充率越小。在配制混凝土时，砂、石的空隙率是作为控制集料级配与计算混凝土砂率的重要依据。

1.1.4 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，可将其分为亲水性和憎水性两类。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。

当材料与水在空气中接触时，将出现如图 1-3 所示的两种情况。在材料、水、空气三相交点处，沿水滴的表面作切线，切线与水与材料接触面所成的夹角称为润湿角(用 θ 表示)。 θ 越小，表明材料越易被水润湿。一般认为，当 $\theta \leq 90^\circ$ 时，材料表面易吸附水分，能被水润湿，材料表现出亲水性；当 $\theta > 90^\circ$ 时，则材料表面不易吸附水分，不能被水润湿，材料表现出憎水性。

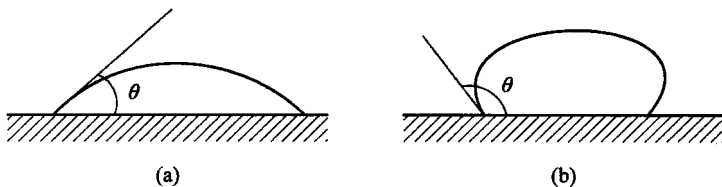


图 1-3 材料的润湿示意图

(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

亲水性材料易被水润湿，且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中，从而降低材料的吸水性。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作防水材料，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。吸水性的用吸水率表示，吸水率有两种表示方法：质量吸水率和体积吸水率。

(1) 质量吸水率。材料在吸水饱和时，所吸收水分的质量占材料干质量的百分率，可用公式表示如下：

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$