

普通高等教育土建类“十三五”规划教材

C O N S T R U C T I O N · M A T E R I A L S

主 编◎付明琴 龙雯珍

副主编◎马 魁 付小红 王 翔

建筑材料



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

建筑材料

主 编 付明琴 龙雯珍
副主编 马 魁 付小红 王 翔
参 编 万华刚 彭 娟 杨金凤



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料 / 付明琴, 龙雯珍主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-308-14979-2

I. ①建… II. ①付…②龙… III. ①建筑材料
IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 183253 号

建筑材料

付明琴 龙雯珍 主编

责任编辑 王 波
封面设计 续设计
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 德清县第二印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 20.25
字 数 512 千
版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-14979-2
定 价 40.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

为了满足土木工程类专业的教学需要,培养从事建筑工程施工、造价、管理高等技术人才,本教材在现行的建筑材料教材和建筑材料市场行情的基础上,对本课程教学内容、教学方法、教学手段等作了各方面的改革。

由于目前各大高校专业课时缩减,建筑材料的课堂教学质量也受到一定的影响,为了加强创新能力、分析解决问题能力的培养,本教材做了如下设置:

1. 每章之前都有知识目标和技能目标,并引入与本章内容有关的实例,引导学生思考,有利于学生自主学习。

2. 引入大量的工程实例,贯穿于建筑材料的学习中。

3. 收集采用了新的标准和规范,并强调推广使用节能环保绿色建筑材料。

4. 加强对建筑材料质量性能检测试验能力的培养,注意与工程实践相结合,增加了全国注册一级建造师、二级建造师、造价师等资格考试习题。每章习题附有答案,便于学生自主学习。

5. 在每章内容里穿插了许多相关图片,有助于增强学生的感性认识。

本教材分两部分,第一部分理论知识共8章,包括:绪论,建筑材料的基本性质,建筑钢材,无机胶凝材料,混凝土,建筑砂浆,墙体材料与屋面材料,沥青材料,建筑功能材料。第二部分试验操作,包括7个试验项目。

本书由武昌工学院付明琴、华中科技大学武昌分校龙雯珍担任主编,武昌工学院马魁、付小红以及华生房地产开发有限责任公司王翔(专业工程师)担任副主编。参加本教材编写的还有杨金风(新疆建设职业技术学院)、万华刚(中维世纪建设集团有限公司)、彭娟(武汉市群宇建筑有限公司)等,本书由付明琴最后统稿、定稿。

本书的编写及完成得益于众多学者先贤的研究成果和大力支持,在此深表谢意。由于建筑工程材料发展更新较快,且时间仓促、编者能力有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编者

2015年3月

目 录

C O N T E N T S

第一部分 理论知识

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 绪 论 | 3 |
| 0.1 建筑材料课程的性质、目的和任务 | 4 |
| 0.2 建筑材料的定义、分类以及在建筑工程中的地位与作用 | 5 |
| 0.3 建筑材料的技术标准 | 8 |
| 0.4 建筑材料的发展历史与发展趋势 | 8 |
| 0.5 建筑材料课程的学习方法和学习技巧 | 10 |
| 1 建筑材料的基本性质 | 11 |
| 1.1 土木工程材料的物理性质 | 12 |
| 1.2 材料与水有关的性质 | 15 |
| 1.3 建筑材料的力学性质 | 18 |
| 1.4 建筑材料的耐久性 | 23 |
| 1.5 材料的热工性质 | 24 |
| 1.6 材料的组成、结构与构造 | 25 |
| 2 建筑钢材 | 30 |
| 2.1 建筑钢材概述 | 31 |
| 2.2 建筑钢材的主要性能 | 37 |
| 2.3 建筑钢材的化学成分对钢材性能的影响 | 43 |
| 2.4 常用的建筑钢材技术标准与应用 | 45 |

| | | |
|-----|---------------|-----|
| 2.5 | 建筑钢材的腐蚀与防护 | 48 |
| 3 | 无机胶凝材料 | 52 |
| 3.1 | 石灰 | 53 |
| 3.2 | 石膏 | 58 |
| 3.3 | 水玻璃 | 62 |
| 3.4 | 硅酸盐水泥 | 65 |
| 3.5 | 掺有混合材料的硅酸盐水泥 | 75 |
| 3.6 | 其他品种水泥 | 79 |
| 4 | 混凝土 | 87 |
| 4.1 | 概述 | 88 |
| 4.2 | 普通混凝土的组成材料 | 90 |
| 4.3 | 混凝土拌和物的性质 | 110 |
| 4.4 | 硬化混凝土的性质 | 115 |
| 4.5 | 混凝土的质量控制与强度评定 | 130 |
| 4.6 | 混凝土配合比设计 | 133 |
| 4.7 | 道路水泥混凝土 | 140 |
| 4.8 | 商品混凝土 | 143 |
| 4.9 | 特种混凝土 | 151 |
| 5 | 建筑砂浆 | 165 |
| 5.1 | 砌筑砂浆 | 166 |
| 5.2 | 抹面砂浆 | 175 |
| 5.3 | 装饰砂浆 | 176 |
| 5.4 | 特种砂浆 | 180 |
| 6 | 墙体材料与屋面材料 | 186 |
| 6.1 | 砌墙砖 | 187 |
| 6.2 | 砌块 | 199 |
| 6.3 | 墙用板材 | 205 |
| 6.4 | 屋面材料 | 214 |
| 7 | 沥青材料 | 221 |
| 7.1 | 石油沥青 | 222 |
| 7.2 | 乳化沥青 | 232 |
| 7.3 | 沥青基制品 | 234 |
| 7.4 | 沥青基防水卷材 | 234 |
| 7.5 | 沥青类防水涂料 | 237 |

| | |
|-----------------------|------------|
| 7.6 沥青混合料 | 238 |
| 8 建筑功能材料 | 257 |
| 8.1 建筑防水堵水材料 | 258 |
| 8.2 绝热材料 | 263 |
| 8.3 吸声隔声材料 | 265 |
| 8.4 装饰材料 | 267 |
| 8.5 建筑材料未来的发展 | 273 |

第二部分 试验操作

| | |
|-------------------------|-----|
| 试验 1 建筑材料基本物理性质试验 | 279 |
| 试验 2 水泥技术性能试验 | 282 |
| 试验 3 建筑用砂的筛分析试验 | 288 |
| 试验 4 普通混凝土性能试验 | 289 |
| 试验 5 普通混凝土配合比设计试验 | 293 |
| 试验 6 钢筋的拉伸试验 | 297 |
| 试验 7 石油沥青实验 | 300 |
| 习题参考答案 | 305 |
| 参考文献 | 312 |

第一部分
理论知识

绪 论



学习目标

知识目标

1. 明确学习建筑材料课程的性质、目的和任务；
2. 了解建筑材料的定义、分类及其对建筑业发展的作用；
3. 熟悉建材产品及其应用的技术标准；
4. 了解建筑材料的发展历史及发展趋势；
5. 了解建筑材料课程的学习方法和学习技巧。

技能目标

1. 学会判别使用建筑材料产品的技术标准；
2. 能够把建筑材料课程的学习方法和学习技巧应用在理论学习和工程实践中。

小案例

万里长城所用的建筑材料

万里长城(见图 0-1)飞越崇山峻岭,是我国古代劳动人民的杰作,也是建筑史上的丰碑。万里长城选用的建筑材料因地制宜,堪称典范。

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,则以当地芦苇或柳条与砂石间隔铺筑,共铺 20 层。

万里长城因地制宜使用建筑材料,展现了我国劳动人民的勤劳、智慧和创造力。

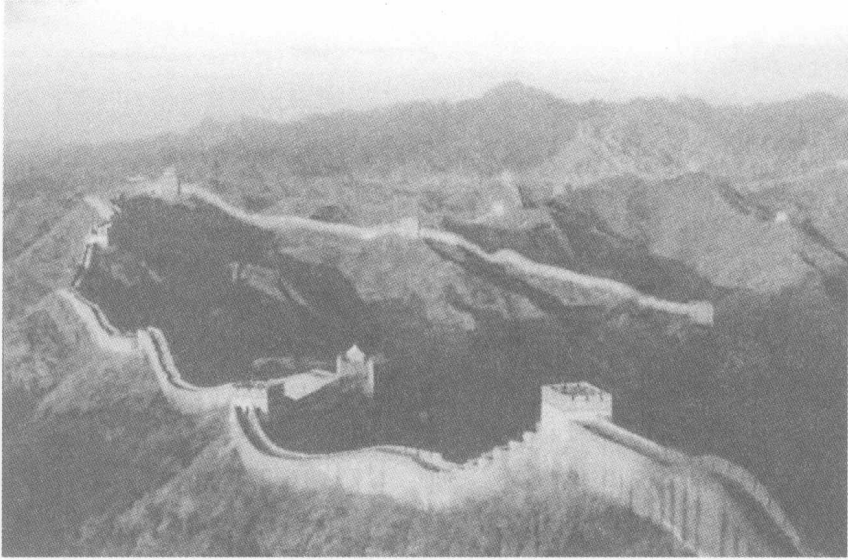


图 0-1 万里长城

0.1 建筑材料课程的性质、目的和任务

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,建筑材料课程也是建筑工程类专业的专业基础课程,是一门必修课程,该课程具有实践性强、突出动手能力培养的特点。通过本课程的学习,学生们可以掌握工程建设活动中常用建筑材料的基本组成、技术性能、工程的应用、质量检验、检测技能和使用方法;具备根据工程建设项目要求合理选择和正确使用土木工程材料的基本能力;为后续其他专业课程如建筑设计、建筑施工、工程造价、结构设计等专业课程以及毕业后从事土木工程的设计、施工和研究打下坚实基础。

本课程学习的任务是使学生掌握常用建筑材料的品种规格、性能及应用,熟悉材料储运及验收知识,合理选择和正确使用建筑材料;掌握常用建筑材料的组成、结构与性质的关系,了解主要建筑材料的原料及生产工艺过程对其性质的影响;熟悉常用建筑材料的试验原理,初步具备材料试验的基本技能及分析处理试验数据的能力;掌握混凝土配合比的设计和应用、掌握新型建筑材料的使用。

0.2 建筑材料的定义、分类以及在建筑工程中的地位与作用

0.2.1 建筑材料的定义

建筑材料是指构成建筑物本身所使用的材料。建筑材料的定义有广义和狭义两种。

1. 广义

广义的建筑材料包括三部分:第一,构成建筑物、构筑物实体的材料,如石灰、石膏、水玻璃、水泥、混凝土、建筑钢材、墙体与屋面材料以及装饰材料等;第二,建筑施工中必须消耗的辅助材料,如脚手架、模板、板桩等;第三,建筑物在使用前安装的配套设施的设备和器材,如给排水设备、网络通信设备、楼宇控制设备、供电供燃气设备、采暖通风空调、消防设备等。

2. 狭义

狭义的建筑材料是指直接构成建造建筑物构筑物、实体的材料,即建造地基、基础、梁、板、柱、墙体、屋面、地面以及装饰工程所使用的各种材料,如水泥、砂子、石灰、砖石、钢材、沥青等。

本书介绍的建筑材料主要是狭义的建筑材料。

0.2.2 建筑材料的基本要求

第一,必须具备足够的强度(strength),能够安全地承受设计荷载及自重。

第二,轻质(lightweight)。材料自身的质量以轻为宜(即表观密度较小),以减轻下部结构和地基的负荷。

第三,具有与使用环境相适应的耐久性(durability),以减少维修费用,尽量使用节能材料。

第四,美观(beautiful)。用于装饰的材料,应能美化建筑,产生一定的艺术效果。

第五,特定功能(multi-function)。用于特殊部位的材料,应具有相应的特殊功能,例如屋面材料能隔热、防水,楼板和内墙材料能隔声等。

总之,建筑材料既要满足建筑物和构筑物本身的技术性能要求,保证能正常使用,还要在其使用过程中,能抵御周围环境的影响与有害介质的侵蚀,保证建筑物和构筑物的合理使用寿命,同时也不能对周围环境产生危害。

0.2.3 建筑材料的分类

建筑材料的来源非常广泛,种类繁多,分类的方法也多种多样,为了区分和帮助记忆,从不同角度对建筑材料进行分类。

1. 按化学成分分类

这是最基本的分类方法,按化学成分分类可以将建筑材料分为无机材料、有机材料和由

建筑材料

无机材料与有机材料复合而形成的复合材料。具体的分类如表 0-1 所示。

表 0-1 建筑材料按化学成分分类

| 分 类 | | 实 例 | |
|-----------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 无机材料 | 金属材料 | 黑色金属 | 铁、钢、合金钢等 |
| | | 有色金属 | 铝、铜、锌及其合金等 |
| | 非金属材料 | 天然石材 | 砂、石及各种石材制品 |
| | | 烧结制品 | 陶瓷、砖、瓦、琉璃制品 |
| | | 玻璃及熔融制品 | 玻璃、岩棉、矿棉、玻璃纤维 |
| | | 胶凝材料 | 气硬性:石灰、石膏、水玻璃、菱苦土 水硬性:各种水泥 |
| 混凝土及硅酸盐制品 | 混凝土、砂浆、砌块、蒸养砖、碳化板 | | |
| 有机材料 | 植物质材料 | 木材、竹材、植物纤维及其制品 | |
| | 沥青材料 | 石油沥青、煤沥青、沥青制品 | |
| | 合成高分子材料 | 合成橡胶、涂料、橡胶、塑料、胶黏剂 | |
| 复合材料 | 无机非金属—有机材料 | 玻璃纤维增强塑料、聚合物水泥混凝土、沥青混凝土 | |
| | 金属—有机材料 | 轻金属夹芯板、彩色涂层钢板制品等 | |
| | 金属—无机非金属材料 | 钢筋混凝土、钢纤维增强混凝土 | |

2. 按使用功能分类

按照使用功能不同可以将建筑材料分为建筑结构材料、围护结构材料和建筑功能材料三种,如表 0-2 所示。

表 0-2 建筑材料按使用功能分类

| 分 类 | 定 义 | 基本要求 | 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 | 足够的强度、耐久性 | 砖、石材、钢材、钢筋混凝土、木材等 |
| 围护结构材料 | 构成建筑物围护结构的材料 | 具有一定的强度、耐久性和保温隔热等性能 | 石材、砖、各种砌块、混凝土墙板瓦、石膏板及复合墙板等 |
| 建筑功能材料 | 不作为承重荷载,且具有某种特殊功能的材料 | 具备功能性要求的材料 | 防水材料:沥青及其制品、树脂基防水材料 采光材料:各种玻璃 防腐材料:涂料、煤焦油 装饰材料:石材、陶瓷、玻璃等 保温隔热材料:岩棉、矿棉、膨胀珍珠岩等 |

3. 按所处部位分类

按照建筑材料在建筑物中的所处部位进行分类,可以将其分为基础材料、主体材料、屋面材料、地面材料等。

0.2.4 建筑材料在建筑工程中的地位与作用

建筑材料是建筑工程的物质基础,其性能、质量和价格直接关系到建筑产品的适用性、安全性、经济性和美观性。每一种新型、高效能材料的出现和使用,都会推动着建筑结构在设计、施工生产和使用功能方面的进步和发展。因此,建筑材料在建筑工程中具有极其重要的地位和发挥着举足轻重的作用。

1. 地位

无论是高达 420.5m 的上海金茂大厦,还是普通的一栋临时建筑,都是由各种散体建筑材料经过缜密的的设计和复杂的施工最终构建而成的。建筑材料的发展赋予了建筑物以时代的特性和风格,西方古典建筑的石材廊柱、中国古代以木架为代表的宫廷建筑、当代以钢筋混凝土和型钢为主体材料的超高层建筑,都呈现了鲜明的时代感。

在建筑工程造价中,材料费用所占的比例很大,在我国,一般建筑工程的材料费用要占到总投资的 50%~60%,在特殊工程中这个比例还要提高。因此,能够经济合理地使用建筑材料,减少浪费和损失,就可以降低工程成本,提高建设效益。

建筑材料在建筑工程中的地位可以用图 0-2 表示。建筑材料的发展与建筑工程技术的进步有着相互依存、相互制约和相互推动的关系。

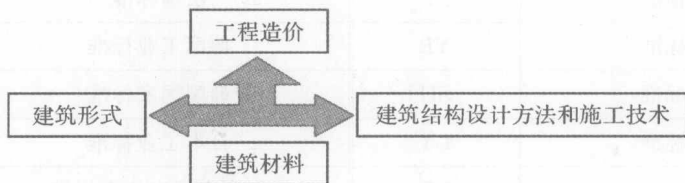


图 0-2 建筑材料在建筑工程中的地位

新型、高效能材料的诞生和应用,必将推动建筑结构设计方法和施工技术的进步;而新的结构设计方法和施工技术又对建筑材料的品种、质量和功能提出更高和更多样化的要求。如:水泥、钢材的大量应用、性能的改善,将砖、木、石材取代,在建筑结构中处于主导地位的就是钢筋混凝土结构;在装修过程中,亮丽多彩的建筑物应用大量的现代陶瓷、玻璃、不锈钢、塑料、涂料等装饰性的材料。总而言之,材料是基础,材料决定了建筑结构设计方法和施工技术,新材料的出现促使了建筑形式、结构设计和施工技术的革新。

2. 作用

建筑材料的质量直接影响到建筑物的安全性和耐久性。在工程建设过程中,从材料的选择、储运、检测试验到生产使用等,任何环节的失误都会造成工程质量的缺陷,甚至会造成重大质量事故。因此,正确选择和合理使用建筑材料是工程技术人员必须熟练掌握的一项重要的技能。建筑材料无论是在建筑结构形式和施工方法还是工程造价方面都起着很大的作用,其作用的影响力也是不容忽视的,如推动了设计和技术的革新,赋予了建筑的时代特征和风格,等等。

0.3 建筑材料的技术标准

技术标准是生产质量的技术依据,建筑材料的技术标准是生产和使用单位进行检验、确证产品质量是否合格的技术文件,其内容包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存注意事项等方面。根据建筑材料标志的适用领域和有效范围,我国将建筑材料的技术标准分为四个等级:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准,随着国家经济的迅速发展和对外技术交流的增加,我国还引入了不少国外技术标准。常用的标准及代号见表 0-3。

表 0-3 国家/行业/地方/企业标准代号、国际组织及几个主要国家标准

| 国家/行业/地方/企业标准名称 | 代 号 | 国际标准名称 | 代 号 |
|-----------------|-----|---------------|-------|
| 国家标准 | GB | 国际标准 | ISO |
| 建材行业标准 | JC | 国际材料与结构试验研究协会 | RILEM |
| 建工行业标准 | JG | 美国材料试验协会标准 | ASTM |
| 铁道部标准 | TB | 英国标准 | BS |
| 交通行业标准 | JT | 法国标准 | NF |
| 冶金行业标准 | YB | 德国工业标准 | DIN |
| 石化行业标准 | SH | 韩国国家标准 | KS |
| 林业行业标准 | LY | 日本工业标准 | JIS |
| 地方标准 | DB | 加拿大标准协会标准 | CSA |
| 企业标准 | QB | 瑞典标准 | SIS |

0.4 建筑材料的发展历史与发展趋势

0.4.1 建筑材料的发展历史

建筑材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。

1. 中国

自古以来,我国劳动者在建筑材料的生产和使用方面就取得了许多巨大成就。

发展历史:天然山洞或树巢(18000年前)→木骨泥墙、陶器(西安半坡遗址,6000年前)→土瓦,三合土(石灰、黄砂、黏土混合)抹面的土坯墙,石灰、砖瓦(3000年前的西周)→大块空心砖和墙壁装修砖(2500—2300年前的战国)→铁器(战国)→现代水泥混凝土、钢筋、预应力钢筋混凝土。

在改革开放以后,我国建筑材料工业得到了迅速的发展。比如钢材、水泥、平板玻璃、卫生陶瓷等产量一直位居世界第一。

2. 国外

国外的建筑材料的生产和使用最先始于天然石材,自从有了钢铁、水泥、混凝土等主体结构材料,根据建筑物的使用要求和功能,出现了许多具有代表性的建筑物,如1989年的埃菲尔铁塔,就是钢材构筑物的代表作。

发展历史:石材→天然火山灰、石灰、碎石拌制的天然混凝土(公元前2世纪)→波特兰水泥/钢材→钢筋混凝土→预应力钢筋混凝土。

建筑材料的进步伴随着生产力水平的提高,促使了建筑物规模尺寸的增大、结构形式的改变和使用功能的改善。

0.4.2 建筑材料的发展趋势

在近几年以来,随着科学技术的进步和建筑工程技术的发展,新的建筑材料尤其是高分子有机材料、各种复合材料、新型金属材料的产生,使建筑物的外观发生了根本性的变化,同时对建筑材料今后的发展也相应地提出了更高的要求。建筑材料今后的发展方向分别为:

1. 高性能材料

高性能材料是朝易于机械化施工和更有利于提高施工生产效率的方向发展,性能、质量更加优异,轻质、高强、多功能和更加耐久、更富有装饰效果的材料。

2. 新型的绿色建筑材料

根据建筑物的使用功能要求研发新型的绿色建筑材料。建筑物的使用功能是随着社会的发展、人民生活水平的不断提高而不断丰富的,从最基本的由结构设计和结构材料的性能来保证材料的安全性、由建筑设计和功能材料的性能来保证材料的适用性,一直到如今研制使用高强轻质、无毒害、无污染、无放射性、节能环保等具有新功能要求的绿色建筑材料,这种新型的绿色建筑材料是今后研发的可持续发展的重点对象。

3. 应用日益广泛的高分子材料

高分子建筑材料的发展和应用在很大程度上是由石油化工工业的发展和高分子材料本身优良的工程特性所决定的。广泛应用于建筑物的塑料上下水管、树脂砂浆、黏结剂、塑铝门窗、塑钢、高分子有机涂料、新型高分子防水材料使建筑物具有更多的新功能和更高的耐久性。

以上涉及的三种发展趋势中,绿色建筑材料在未来将占主导地位,这也是今后建筑业发展的必然趋势,因为其符合以人为本的思想原则。

0.5 建筑材料课程的学习方法和学习技巧

0.5.1 建筑材料课程的学习方法

1. 重点掌握材料的基本理论、基本知识和基本技能

在建筑材料课程的理论学习方面,需要理清思路。本课程的常用材料和主要材料有:

常用材料——水泥、混凝土、石灰、石膏、玻璃、钢材、木材、沥青;

主要的材料——水泥、混凝土、钢材。

对于每一种材料需要了解和掌握的重点分别为:

每种材料:原料→生产工艺→组成成分→构造→性质→应用→检验→储存以及它们之间的相互关系;

重点:各种材料的性质和应用、质检的基本原理(引起材料性能变化的内因和外因)。

2. 重视学好试验

(1)学习常用建筑材料的检验方法——合格性判断和验收;

(2)对实验数据、试验结果进行分析判别;

(3)培养从事科学研究的能力。

3. 积极参与课外建筑材料市场调查

为了增强建筑材料课程学习的积极性和兴趣,市场调查这个环节必不可少,它是学生了解市场和消费者需求以及了解材料品种、性能和要求的重要手段。做好各种建筑材料市场资料的收集和整理从而为学生所用,是本课程建筑材料市场调查的主要目的。通过建筑材料市场调研和撰写调研报告(也可以通过认识实习),让学生们直接面对建筑材料,更加清楚了解建筑市场的各种建筑材料和建筑产品,了解建筑材料的品种、规格、价格和性能要求等全面的建筑材料市场信息,为理论课程的学习打下基础。

0.5.2 建筑材料课程的学习技巧

建筑材料品种繁多,涉及物理、化学、材料应用等多方面的基础知识,所以若要学好本课程,需要掌握好理论知识和实践认识两者之间的关系。

在理论知识的学习方面,重点掌握的知识点在学习方法里提到了,各种材料的学习都遵循这一主线来学习,理论知识掌握了,才能更好地在实践认识中体现和应用。

在实践认识方面,注意市场调查和认知环节的学习,在试验室做试验前,认真预习,观看试验录像;做试验过程中,在老师的指导下,一丝不苟、严肃认真、细致、有耐心地完成试验任务,以实事求是和严谨科学的态度高质量完成本课程的学习。