



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

土木工程材料

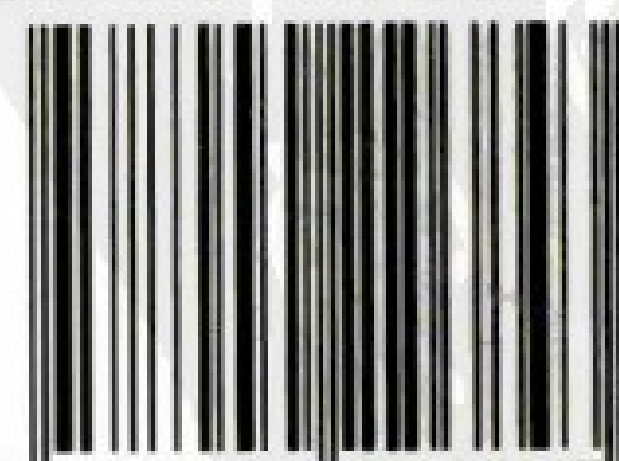
(第2版)

苏达根 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

ISBN 978-7-04-022684-3



9 787040 226843 >

定价 27.20 元



普通

TU5/77

2008

规划教材

土木工程材料

(第2版)

苏达根 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书根据土木工程专业的培养要求并在第1版的基础上修订而成。本书的指导思想不仅有利于学生学习知识,更重视培养学生的创新精神,提高分析、解决问题的能力,增强综合素质。

本书共11部分,包括:绪论,土木工程材料基本性质,建筑金属材料,无机胶凝材料,混凝土与砂浆,砌体材料,沥青和沥青混合料,合成高分子材料,木材,建筑功能材料及土木工程材料试验。除绪论、土木工程材料试验外,各章均有学习指导、历史回顾、创新能力培养、练习题,在书后附练习题参考答案;各节均有工程实例分析。

本书可作为高等学校土木工程专业及其他相关专业的本科教材,与《土木工程材料网络课程》或《土木工程材料CAI课件》配套使用效果更好。此外,本书还可供土木工程设计、施工、科研、管理和监理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料 / 苏达根主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-04-022684-3

I. 土… II. 苏… III. 土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第178299号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 王 唯 责任绘图 尹 莉
版式设计 王艳红 责任校对 张 颖 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 山东省高唐印刷有限责任公司

开 本 787×960 1/16
印 张 21.75
字 数 400 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>
版 次 2003年8月第1版
2008年1月第2版
印 次 2008年1月第1次印刷
定 价 27.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22684-00

第2版前言

本书第1版出版后已多次重印,被全国几十所高校选作教材,受到广大读者的欢迎。本书在保持原有特色的基础上加以修改,以更好地适应拓宽后的土木工程专业“大土木”的需要,实现“知识、能力、素质”的有机统一。为了加强创新能力、分析解决问题能力的培养,本书作了如下改进:

1. 每章之首增设置了“历史回顾”专栏。该专栏是介绍历史上一些与该章学习内容相关的实例,引导学生思考,以利于自主学习。

2. 每章原“创新漫谈”专栏改为“创新能力培养”专栏,把培养创新能力贯穿于土木工程材料的学习中。

3. 按我国有关的新标准、新规范对内容更新,并注意反映本学科国内外的新成就。

4. 本书对第1版的原有特色也予以强化:

(1) 每章均有学习指导,指出教学大纲所要求的教学目标,并提出学习建议;

(2) 每节均有工程实例分析,以引导学生理论联系实际,培养分析解决实际问题的能力;

(3) 实验部分提出了几项综合设计实验,并设置问题与讨论;

(4) 突出了土木工程材料的环保问题,以增强学生的环保意识。

(5) 每章设置练习题并在书后附参考答案,以方便学生学习。

本书由苏达根主编。绪论、第1章至第5章由苏达根(华南理工大学)修订;第6章由邹桂莲、苏达根(华南理工大学)修订;第7章由张志杰、黄承亚(华南理工大学)修订;第8章由林少敏(韩山师范学院)、柯昌君(长江大学)修订;第9章由钟明峰(华南理工大学)、何娟(广州大学)修订;试验部分由苏达根(华南理工大学)、程从密(广州大学)、张慧珍(广东工业大学)、苏倩(广州市市政工程维修处)修订。华南理工大学黎鹏平、区翠花、赵一翔、钟小敏、董桂洪、鲁建军、王功勋、袁秀霞、王小波、赵勇、许红金、唐正宇等也参加了部分工作或提出宝贵意见。

华南理工大学王端宜教授审阅了本书,并提出了宝贵意见;本书在编写过程中得到高等教育出版社、华南理工大学等的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于土木工程材料的品种繁多,新材料发展快,且各行业技术标准不完全一致,限于编者水平,书中如有不妥之处,尚祈广大师生、读者提出宝贵意见。

编 者

(E-mail: dgsu@scut.edu.cn)

2007年10月

第 1 版前言

本书是以高等学校土木工程专业委员会 2001 年 11 月制定的《土木工程材料教学大纲》为基本依据,适应原来建筑工程和交通土建工程等八个专业拓宽为土木工程专业的需求,参考国家现行的标准、规范和规程编著而成。与本书配套的教学资源有新世纪网络课程、CAI 课件、学习辅导书等。

编写本教材的指导思想不仅是在内容上尽可能反映本学科国内外的新成就和我国有关的新标准、新规范,更重要的是紧密结合人才培养模式的改革,不仅培养学生掌握有关的专业知识和基本技能,而且培养其分析、解决问题的能力,培养创新精神,提高综合素质,实现“知识、能力、素质”的有机统一,科技与人文教育结合。本书具有如下特点:

(1) 每节均有工程实例分析,以引导学生理论联系实际,培养分析解决实际问题的能力。

(2) 每章设有创新漫谈专栏,提出挑战性的问题,漫谈土木工程材料的发展应用,让学生思考讨论,以激发培养创新意识。

(3) 本书将学生的课程小论文引入教材,以激发学生的学习积极性。

(4) 本书将试验作为重要的组成部分。其中提出了几项综合设计试验,并设置问题与讨论,学生可根据需要选择。其目的不仅是培养学生掌握基本的试验技能,更重要的是培养其综合素质和能力。

(5) 全书突出了土木工程材料的环保问题,讨论了 2002 年实施的“室内装饰装修材料有害物质限量”10 项国家标准等,以增强学生的环保意识。

(6) 每章均有学习指导栏,指出了教学大纲所要求的教学目标,并提出学习建议;每章设置习题并附参考答案,以方便学生学习。

(7) 本书的内容适应拓宽后的土木工程专业的需要,并尽可能反映本学科国内外的新成就和有关的新标准、新规范。

本书由苏达根主编。清华大学朱金铨教授审阅了本教材,并提出了宝贵意见。绪论、第 2 章至第 6 章由苏达根(华南理工大学)编写;第 1 章由张志杰(华南理工大学)编写;第 7 章由张志杰、黄承亚(华南理工大学)编写;第 8 章由柯昌君(长江大学)、曹德光(广西大学)编写;第 9 章由林少敏(华南理工大学)、程从密(广州大学)、曹德光编写、试验部分由程从密、张慧珍(广东工业大学)、柯昌君(长江大学)编写。华南理工大学范志宏、刘艳红、陈中华、朱锦辉、陈懿懿、

孙涛、蔡宪功、宁丁力、丁焕朗和广西大学杨占印也参加了部分工作或提出宝贵意见。本书在编写过程中得到高等教育出版社、华南理工大学等的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于土木工程材料的品种繁多,新材料发展快,且各行业技术标准不完全一致,又由于限于编者水平有限,故书中如有不妥之处,尚祈广大师生、读者提出宝贵意见。

编 者

2003 年 6 月

目 录

绪论	1
0.1 土木工程材料的范畴和分类	1
0.2 土木工程与材料的关系	2
0.3 土木工程材料的学习方法与要求	3
第 1 章 土木工程材料基本性质	4
【历史回顾】万里长城所用的建筑材料	4
1.1 材料的物理性质	4
1.1.1 密度、表观密度、体积密度和堆积密度	4
1.1.2 材料的孔隙率和空隙率	7
1.1.3 材料与水有关的性质	8
1.1.4 材料的热工性质	11
1.2 材料的力学性质	13
1.2.1 强度	13
1.2.2 弹性和塑性	15
1.2.3 脆性和韧性	15
1.2.4 硬度和耐磨性	15
1.3 材料的耐久性与环境协调性	16
1.3.1 材料的耐久性	16
1.3.2 材料的环境协调性	17
1.4 材料的组成、结构、构造及其对性能的影响	18
1.4.1 材料的组成及其对材料性质的影响	18
1.4.2 材料的结构及其对性质的影响	18
1.4.3 材料的构造及其对性能的影响	21
【创新能力培养】月球上的建筑材料	21
练习题(1)	22
第 2 章 建筑金属材料	23
【历史回顾】广州市海珠桥的钢材	23
2.1 钢材的分类	23
2.1.1 钢材按化学成分分类	23
2.1.2 按品质分类	24

2.1.3 按冶炼时脱氧程度分类	24
2.2 建筑钢材的主要技术性能	25
2.2.1 抗拉性能	25
2.2.2 冲击韧性	28
2.2.3 耐疲劳性	29
2.2.4 工艺性能	29
2.3 钢材的组成结构及对性能的影响	31
2.3.1 钢材的晶体结构	31
2.3.2 钢材的基本晶体组织	32
2.3.3 钢材的成分对性能的影响	32
2.4 钢材的强化与加工	33
2.4.1 冷加工强化	33
2.4.2 时效处理	34
2.4.3 热处理	35
2.5 土木工程常用金属材料的性质及应用	36
2.5.1 建筑常用钢种	36
2.5.2 钢结构用钢	42
2.5.3 混凝土结构用钢	43
2.5.4 铝合金及其制品	46
2.6 钢材的腐蚀与防护	47
2.6.1 钢材的腐蚀	47
2.6.2 钢材的防护	48
【创新能力培养 2-1】钢结构建筑的防火、防袭击	50
【创新能力培养 2-2】建桥用的金属材料漫谈	50
练习题(2)	51
第 3 章 无机胶凝材料	52
【历史回顾】金字塔所用的胶凝材料	52
3.1 石灰	53
3.1.1 石灰的生产及分类	53
3.1.2 石灰的熟化与硬化	54
3.1.3 石灰的性质与技术要求	54
3.1.4 石灰的应用	56
3.2 石膏	58
3.2.1 石膏的种类	58
3.2.2 建筑石膏的水化硬化	59
3.2.3 建筑石膏的性质与技术要求	60
3.2.4 建筑石膏的应用	61
3.3 其他气硬性胶凝材料	62

3.3.1 水玻璃	62
3.3.2 菱苦土	64
3.4 通用硅酸盐水泥的组成与技术要求	64
3.4.1 通用硅酸盐水泥的定义、分类及生产概况	64
3.4.2 通用硅酸盐水泥的组成材料	66
3.4.3 通用硅酸盐水泥的技术要求	67
3.5 通用硅酸盐水泥的水化硬化与性能	69
3.5.1 硅酸盐水泥的水化硬化	70
3.5.2 通用硅酸盐水泥的性能特点及应用	72
3.5.3 通用硅酸盐水泥石的腐蚀与预防	73
3.6 特性水泥和专用水泥	75
3.6.1 铝酸盐水泥	75
3.6.2 快硬硫铝酸盐水泥	77
3.6.3 道路硅酸盐水泥	77
3.6.4 其他水泥	78
【创新能力培养3-1】新型无机胶凝材料——土聚水泥	81
【创新能力培养3-2】如何改善无机胶凝材料的脆性?	82
练习题(3)	82
第4章 混凝土与砂浆	83
【历史回顾】钢筋混凝土诞生漫谈	83
4.1 普通混凝土的组成材料	84
4.1.1 水泥	84
4.1.2 集料	85
4.1.3 混凝土拌和及养护用水	94
4.1.4 混凝土外加剂	95
4.1.5 混凝土掺合料	100
4.2 混凝土拌合物的性能	104
4.2.1 和易性	104
4.2.2 新拌混凝土的凝结时间	110
4.3 硬化后混凝土的性能	111
4.3.1 混凝土强度	111
4.3.2 混凝土的变形性能	118
4.3.3 混凝土的耐久性	121
4.4 普通混凝土的配合比设计及质量控制	126
4.4.1 混凝土的基本要求与质量控制	126
4.4.2 普通混凝土的配合比设计	127
4.5 其他种类混凝土及其新进展	136
4.5.1 高性能混凝土	136

4.5.2 高强混凝土	137
4.5.3 抗渗混凝土	137
4.5.4 纤维混凝土	139
4.5.5 聚合物混凝土	139
4.5.6 粉煤灰混凝土	140
4.5.7 泵送混凝土	140
4.6 砂浆	141
4.6.1 砂浆的分类、组成材料及技术性质	141
4.6.2 砌筑砂浆的配合比设计	145
4.6.3 抹面砂浆	149
【创新能力培养 4-1】钢筋混凝土海水腐蚀与防治	151
【创新能力培养 4-2】自愈混凝土	152
练习题(4)	152
第 5 章 砌体材料	154
【历史回顾】中国现存最早的砖塔	154
5.1 砖	155
5.1.1 烧结普通砖	155
5.1.2 蒸压灰砂砖	158
5.1.3 烧结空心砖	159
5.1.4 烧结多孔砖	159
5.2 砌块及墙体材料的发展	161
5.2.1 砌块的定义与分类	161
5.2.2 常用砌块的性能与应用	161
5.2.3 新型墙体材料的发展	164
5.3 砌筑石材	166
5.3.1 砌筑石材的分类	166
5.3.2 砌筑石材的性质及技术要求	167
【创新能力培养 5-1】提高灰砂砖与砂浆粘结强度问题	169
【创新能力培养 5-2】墙体材料革新与建筑节能	169
练习题(5)	169
第 6 章 沥青和沥青混合料	171
【历史回顾】沥青的使用	171
6.1 沥青材料	172
6.1.1 沥青的分类与基本组成结构	172
6.1.2 沥青的主要性能及测试	175
6.1.3 沥青的技术要求与选用	183
6.1.4 沥青的掺配、改性及主要沥青制品	188

6.2 沥青混合料	195
6.2.1 沥青混合料的分类及组成结构	195
6.2.2 沥青混合料的性质和测试方法	200
6.2.3 沥青混合料的配合比设计	202
【创新能力培养】沥青路面的再生技术	215
练习题(6)	216
第 7 章 合成高分子材料	218
【历史回顾】高分子材料在土木工程中的应用	218
7.1 合成高分子材料的分子特征及性能特点	219
7.1.1 合成高分子材料的分子特征	219
7.1.2 合成高分子材料的性能特点	219
7.2 高分子材料在土木工程中的应用	221
7.2.1 建筑塑料	221
7.2.2 胶粘剂	226
7.2.3 高分子材料在土木工程中的其他应用	228
【创新能力培养】既非玻璃亦非钢的玻璃钢	229
练习题(7)	230
第 8 章 木材	231
【历史回顾】应县木塔千年不倒之谜	231
8.1 木材的分类与构造	232
8.1.1 树木的分类	232
8.1.2 木材的构造	232
8.2 木材的性能及应用	233
8.2.1 木材的性能	233
8.2.2 木材及其制品的应用	235
8.3 木材的防护与防火	237
8.3.1 木材的腐朽与防腐	237
8.3.2 木材的防虫	237
8.3.3 木材的防火	238
【创新能力培养】木材的防火改性	238
练习题(8)	239
第 9 章 建筑功能材料	240
【历史回顾】建筑防水	240
9.1 建筑防水堵水材料	241
9.1.1 防水材料的分类与组成	241
9.1.2 防水材料的性能与选用	241

9.1.3 建筑堵水材料的种类与用途	246
9.2 绝热材料	249
9.2.1 绝热材料的性能要求	249
9.2.2 绝热材料的种类及使用要点	249
9.3 吸声隔声材料	251
9.3.1 吸声材料	251
9.3.2 隔声材料	253
9.4 建筑装饰及复合功能材料	254
9.4.1 建筑装饰材料的分类与基本要求	254
9.4.2 建筑玻璃及建筑陶瓷	256
9.4.3 建筑涂料	259
9.4.4 其他建筑装饰材料	260
9.5 建筑功能材料的新发展	262
9.5.1 绿色建筑功能材料	262
9.5.2 复合多功能建材	263
9.5.3 智能化建材	263
【创新能力培养9-1】绿色建材与健康家居	264
【创新能力培养9-2】吸声混凝土	265
练习题(9)	265
土木工程材料试验	266
综合设计试验1 普通混凝土配合比设计试验	266
综合设计试验2 泵送混凝土配合比设计试验	268
综合设计试验3 热拌沥青混合料目标配合比设计试验	270
试验1 土木工程材料基本物理性质试验	271
试验2 建筑钢材试验	274
试验3 水泥技术性能试验	278
试验4 建筑用砂石试验	287
试验5 普通混凝土试验	295
试验6 砂浆试验	301
试验7 加气混凝土力学性能试验	304
试验8 石油沥青试验	306
试验9 公路工程集料筛分试验	310
试验10 沥青混合料试验	315
练习题参考答案	324
参考文献	331

绪 论

0.1 土木工程材料的范畴和分类

1. 土木工程材料的范畴

土木工程材料可分为广义土木工程材料和狭义土木工程材料。广义土木工程材料是指用于建筑工程中的所有材料,包括三个部分:一是构成建筑物、构筑物的材料,如石灰、水泥、混凝土、钢材、防水材料、墙体与屋面材料、装饰材料等;二是施工过程中所需要的辅助材料,如脚手架、模板等;三是各种建筑器材,如消防设备、给水排水设备、网络通信设备等。狭义土木工程材料是指直接构成土木工程实体的材料。本书所介绍的土木工程材料是指狭义土木工程材料。

2. 土木工程材料的分类

(1) 按化学组成分类

土木工程材料种类繁多,分类方法多样。最基本的分类方法是根据组成物质的化学成分分类,将土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。各大类又可细分为许多小类,具体分类如表 0-1 所示。

表 0-1 土木工程材料按化学组成分类

无机材料	金属材料	黑色金属:铁、碳素钢、合金钢等 有色金属:铝、铜等及其合金等
	非金属材料	天然石材:石板、碎石、砂等 烧结制品:陶瓷、砖、瓦等 玻璃及熔融制品:玻璃、玻璃棉、矿棉等 胶凝材料:石灰、石膏、水泥等
有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	高分子材料	有机涂料、橡胶、胶粘剂、塑料
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
复合材料	金属-非金属材料	钢纤维混凝土、钢筋混凝土等
	无机非金属-有机材料	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土等

(2) 按使用功能分类

通常分为承重结构材料和非承重结构材料及功能材料三大类。

① 承重结构材料。主要指梁、板、基础、墙体和其他受力构件所用的建筑材料。最常用的有钢材、混凝土、砖、砌块等。

② 非承重结构材料。主要包括框架结构的填充墙、内隔墙和其他围护材料等。

③ 功能材料。主要有防水材料、防火材料、装饰材料、绝热材料、吸声隔声材料等。

0.2 土木工程与材料的关系

1. 材料是保证土木工程质量的基礎

材料是构成土木工程建(构)筑物的物质基础,当然也是其质量基础。在土木工程中,从材料的生产、选择、使用和检验评定,到材料的贮存、保管,任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷,甚至导致重大质量事故。因此,合格的土木工程技术人員必須准确熟练地掌握有关材料的知识。

为了确保土木工程的质量,必须实行土木工程材料的标准化。世界范围统一使用的是 ISO 国际标准。我国的常用标准有三大类:一是国家标准,包括强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T);二是行业标准,如建工行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、交通行业标准(代号 JT)等;三是地方标准(代号 DB)和企业标准(代号 QB)。

对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于其规定的要求;对推荐性国家标准,表示也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

2. 材料对土木工程造价的影响

在一般土木建筑工程的总造价中,与材料有关的费用占 50% 以上,而在实际工程中,材料的选择、使用及管理,对工程成本影响很大。学习并准确熟练地掌握土木建筑工程材料知识,可以优化选择和正确使用材料,充分利用材料的各种功能,在优质的同时显著降低工程成本。因此,从工程技术经济的角度来看,学好本课程也十分重要。

3. 材料对土木建筑工程技术进步起促进作用

在土木建筑工程建设过程中,工程的设计方法、施工方法都与材料密切相关。从根本上说,材料是基础,是决定土木建筑工程结构设计形式和施工方法的主要因素。因此,材料性能的改进,材料应用技术的进步都会直接促进土木建筑工程技术的进步,例如,钢材及水泥的大量应用和性能改进,取代了过去的砖、

石、土木,使得钢筋混凝土结构已占领了土木工程结构材料的主导地位。现代玻璃、陶瓷、塑料、涂料等新型材料的大量应用,又把许多建筑物装扮得绚丽多彩。

0.3 土木工程材料的学习方法与要求

1. 按主线有重点地点面结合学习

“土木工程材料”是一门实用性较强的课程,学习时需以材料组成、结构、性能与应用为主线。重点是掌握性能与应用,而对材料的生产只作一般性的了解。土木工程材料种类繁多,需要学习和研究的内容范围很广。因此,对其学习不必面面俱到,平均分配力量,而应有重点地、点面结合地进行学习。

本书每章均有学习指导,指出了教学大纲所要求的学习目标、学习难点,并提出了学习建议。本书在内容安排上根据轻重已作了详略的处理,如墙体材料突出了新型墙体材料,而对普通粘土烧结砖予以淡化等。

本课程的学习重点是掌握土木工程材料的性能及其应用。但不可满足于知道该材料具有哪些性质、有哪些表象,重要的是理解形成这些性质的内在原因、外部原因和这些性能之间的相互关系,从而更好地应用,并注意对各材料的性能比较,注意其异同点,具体的数据懂得查找即可。

2. 知识、能力和素质的有机统一

学习本课程不仅仅是为了掌握有关的专业知识和基本技能,更重要的是培养分析、解决问题的能力,培养创新精神,提高综合素质。

本书每节均有工程实例分析,这是为引导学生理论联系实际,培养分析、解决实际问题的能力而设置的。建议在阅读案例的基本情况后,先联系有关的知识独立思考,然后阅读其原因分析,且应当多观察身边的工程实际问题,理论联系实际地学习。本书所选案例中有些是往届学生的课程小论文,相信对同学们的学习也会有所启迪。

在学习完每一章后,对习题与讨论亦应认真思考,并可对照所附参考答案。这些习题大多源自工程实际,在此过程中不仅可加深基本原理、基本知识的理解,而且有利于分析解决工程实际问题能力的培养。

本书每章设有创新能力培养专栏,提出挑战性的问题,漫谈土木工程材料的发展与应用,供学生思考讨论,以激发、培养其创新意识。

实验部分为综合设计实验,其目的是不仅掌握基本的实验技能,更重要的是培养综合素质,为日后的科技工作打下基础。

学习本课程还需充分注意土木工程材料的环保问题,强化环保意识,提高工程综合素质。