

21世纪全国应用型本科 土木建筑 系列实用规划教材

土木工程材料

〔第2版〕

主 编◎柯国军



- 有代表性地介绍土木工程材料的新技术和发展方向
- 全面采用土木工程材料的最新产品质量标准和试验方法



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

土木工程材料(第 2 版)

主 编	柯国军	
副主编	严 兵	刘红宇
参 编	杨建明	蔡顺德
	蒋俊玲	张新胜
	罗吉祥	许孝春
主 审	刘巽伯	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书讲述了常用土木工程材料的基本成分、原料、生产工艺、技术性质、应用、材料试验等基本理论及应用技术。本书主要内容包括绪论、土木工程材料的基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、金属材料、墙体材料、沥青及沥青混合料、防水材料、木材、高分子建筑材料、装饰材料、绝热材料和吸声材料、常用土木工程材料试验。

本书采用了最新技术标准,有代表性地介绍了土木工程材料的新技术和发展方向,应用性强、适用面宽,可作为土木工程类各专业的教学用书,也可供土木工程设计、施工、科研、工程管理和监理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/柯国军主编. —2版. —北京:北京大学出版社, 2012.9

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-17471-5

I. ①土… II. ①柯… III. ①土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 205648 号

书 名: 土木工程材料(第2版)

著作责任者: 柯国军 主编

策划编辑: 吴迪 卢东

责任编辑: 伍大维

标准书号: ISBN 978-7-301-17471-5/TU·0270

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 24印张 566千字

2006年1月第1版

2012年9月第2版 2012年9月第1次印刷(总第6次印刷)

定 价: 45.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

第 2 版前言

本书作为“21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材”，于 2006 年 1 月第 1 次出版，出版后，受到高校师生和专业人士的广泛认可，得到北京大学出版社的持续指导与帮助，因此曾多次重印。在此，对他们表示衷心的感谢！

近几年，许多重要的土木工程材料，如通用硅酸盐水泥、混凝土骨料、混凝土掺和料、混凝土外加剂、建筑砂浆、建筑钢材、墙体材料、沥青、防水材料、天然石材和装饰材料等产品质量标准陆续更新，同时第 1 版在使用过程中收到了读者提出的一些宝贵建议，作者在教学过程也发现了一些不足之处，因此，有必要对第 1 版进行修改。

本书第 2 版的第 9 章由杨建明教授修改，其余各章由柯国军教授修改。本书在修订过程中，全面采用了土木工程材料的最新产品质量标准和试验方法；调整了写作结构，如每章前增加了“教学目标”、“教学要求”和“引例”，习题类型更丰富、更联系实际；部分章节的结构做了较大修改，改动较大的章有第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 9 章和第 10 章。

本书第 2 版比第 1 版有更好的条理性、易读性和前沿性，做到了理论联系实际，突出了应用性，也希望得到高校师生和专业人士一如既往的关注与热爱。

由于作者水平有限，疏漏与不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。期望通过大家的不懈努力，使之不断完善并成为一部深受师生喜爱的好教材。

编 者

2012 年 8 月

第 1 版前言

本书以高等学校土木工程专业指导委员会编写的《土木工程材料教学大纲》为依据编写，讲述了常用土木工程材料的基本成分、原料及生产工艺、技术性质、应用、材料试验等基本理论及应用技术。通过认真学习，读者将能掌握主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法，并了解工程材料性质与材料结构的关系，以及性能改善的途径，能针对不同工程合理选用材料，了解材料与设计参数及施工措施选择的相互关系。

本书由南华大学柯国军教授主编，江西科技师范学院严兵副教授和山西大学刘红宇副教授担任副主编，同济大学刘巽伯教授主审。各章编写人员如下：柯国军编写绪论、第 5 章、各章教学提示及负责全书统稿，严兵编写第 1 章和第 4 章，刘红宇编写第 6 章和第 15 章，南华大学的杨建明编写第 9 章，三峡大学的蔡顺德编写第 10 章和第 12 章，湖北工业大学的蒋俊玲编写第 3 章和第 7 章，中南林业科技大学的张新胜编写第 11 章和第 13 章，南昌工程学院的罗吉祥编写第 14 章，孝感学院的许孝春编写第 2 章和第 8 章。

本书采用了最新技术标准，理论联系实际，突出应用性，并有代表性地介绍了土木工程材料新技术和发展方向，适用面宽，可作为土木工程类各专业的教学用书，也可供土木工程设计、施工、科研、工程管理、监理人员学习参考。

由于土木工程材料发展很快，新材料、新工艺层出不穷，各行业的技术标准不统一，加之我们的水平所限，编写时间仓促，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2005.10

北京大学出版社土木建筑系列教材(已出版)

序号	书名	主编	定价	序号	书名	主编	定价
1	建筑设备(第2版)	刘源全 张国军	46.00	53	土木工程材料	王春阳 裴 锐	40.00
2	土木工程测量(第2版)	陈久强 刘文生	40.00	54	结构抗震设计	祝英杰	30.00
3	土木工程材料(第2版)	柯国军	45.00	55	土木工程专业英语	霍俊芳 姜丽云	35.00
4	土木工程计算机绘图	袁 果 张渝生	28.00	56	混凝土结构设计原理	邵永健	40.00
5	工程地质(第2版)	何培玲 张 婷	26.00	57	土木工程计量与计价	王翠琴 李春燕	35.00
6	建设工程监理概论(第2版)	巩天真 张泽平	30.00	58	房地产开发与管理	刘 薇	38.00
7	工程经济学(第2版)	冯为民 付晓灵	42.00	59	土力学	高向阳	32.00
8	工程项目管理(第2版)	仲景冰 王红兵	45.00	60	建筑表现技法	冯 柯	42.00
9	工程造价管理	车春鹂 杜春艳	24.00	61	工程招投标与合同管理	吴 芳 冯 宁	39.00
10	工程招标投标管理(第2版)	刘昌明	30.00	62	工程施工组织	周国恩	28.00
11	工程合同管理	方 俊 胡向真	23.00	63	建筑力学	邹建奇	34.00
12	建筑工程施工组织与管理(第2版)	余群舟 宋会莲	31.00	64	土力学学习指导与考题精解	高向阳	26.00
13	建设法规(第2版)	肖 铭 潘安平	32.00	65	建筑概论	钱 坤	28.00
14	建设项目评估	王 华	35.00	66	岩石力学	高 玮	35.00
15	工程量清单的编制与投标报价	刘富勤 陈德万	25.00	67	交通工程学	李 杰 王 富	39.00
16	土木工程概预算与投标报价(第2版)	刘 薇 叶 良	37.00	68	房地产策划	王直民	42.00
17	室内装饰工程预算	陈祖建	30.00	69	中国传统建筑构造	李合群	35.00
18	力学与结构	徐吉恩 唐小弟	42.00	70	房地产开发	石海均 王 宏	34.00
19	理论力学(第2版)	张俊彦 赵荣国	40.00	71	室内设计原理	冯 柯	28.00
20	材料力学	金康宁 谢群丹	27.00	72	建筑结构优化及应用	朱杰江	30.00
21	结构力学简明教程	张系斌	20.00	73	高层与大跨建筑结构施工	王绍君	45.00
22	流体力学	刘建军 章宝华	20.00	74	工程造价管理	周国恩	42.00
23	弹性力学	薛 强	22.00	75	土建工程制图	张黎骅	29.00
24	工程力学	罗迎社 喻小明	30.00	76	土建工程制图习题集	张黎骅	26.00
25	土力学	肖仁成 俞 晓	18.00	77	材料力学	章宝华	36.00
26	基础工程	王协群 章宝华	32.00	78	土力学教程	孟祥波	30.00
27	有限单元法(第2版)	丁 科 殷水平	30.00	79	土力学	曹卫平	34.00
28	土木工程施工	邓寿昌 李晓日	42.00	80	土木工程项目管理	郑文新	41.00
29	房屋建筑学(第2版)	聂洪达 郝恩田	48.00	81	工程力学	王明斌 庞水平	37.00
30	混凝土结构设计原理	许成祥 何培玲	28.00	82	建筑工程造价	郑文新	38.00
31	混凝土结构设计	彭 刚 蔡江勇	28.00	83	土力学(中英双语)	郎煜华	38.00
32	钢结构设计原理	石建军 姜 袁	32.00	84	土木建筑CAD实用教程	王文达	30.00
33	结构抗震设计	马成松 苏 原	25.00	85	工程管理概论	郑文新 李献涛	26.00
34	高层建筑施工	张厚先 陈德方	32.00	86	景观设计	陈玲玲	49.00
35	高层建筑结构设计	张仲先 王海波	23.00	87	色彩景观基础教程	阮正仪	42.00
36	工程事故分析与工程安全	谢征勋 罗 章	22.00	88	工程力学	杨云芳	42.00
37	砌体结构	何培玲	20.00	89	工程设计软件应用	孙香红	39.00
38	荷载与结构设计方法(第2版)	许成祥 何培玲	30.00	90	城市轨道交通工程建设风险与保险	吴宏建 刘宽亮	75.00
39	工程结构检测	周 详 刘益虹	20.00	91	混凝土结构设计原理	熊丹安	32.00
40	土木工程课程设计指南	许 明 孟苗超	25.00	92	城市详细规划原理与设计方法	姜 云	36.00
41	桥梁工程(第2版)	周先雁 王解军	37.00	93	工程经济学	都沁军	42.00
42	房屋建筑学(上:民用建筑)	钱 坤 王若竹	32.00	94	结构力学	边亚东	42.00
43	房屋建筑学(下:工业建筑)	钱 坤 吴 歌	26.00	95	房地产估价	沈良峰	45.00
44	工程管理专业英语	王竹芳	24.00	96	土木工程结构试验	叶成杰	39.00
45	建筑结构CAD教程	崔钦淑	36.00	97	土木工程概论	邓友生	34.00
46	建设工程招投标与合同管理实务	崔东红	38.00	98	工程项目管理	邓铁军 杨亚频	48.00
47	工程地质	倪宏草 时向东	25.00	99	误差理论与测量平差基础	胡圣武 肖本林	37.00
48	工程经济学	张厚钧	36.00	100	房地产估价理论与实务	李 龙	36.00
49	工程财务管理	张学英	38.00	101	混凝土结构设计	熊丹安	37.00
50	土木工程施工	石海均 马 哲	40.00	102	钢结构设计原理	胡习兵	30.00
51	土木工程制图	张会平	34.00	103	土木工程材料	赵志曼	39.00
52	土木工程制图习题集	张会平	22.00				

请登陆 www.pup6.cn 免费下载本系列教材的电子书(PDF版)、电子课件和相关教学资源。

欢迎免费索取样书,并欢迎到北大出版社来出版您的大作,可在 www.pup6.cn 在线申请样书和进行选题登记,也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱,我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

联系方式:010-62750667, donglu2004@163.com, linzhangbo@126.com, 欢迎来电来信咨询。

目 录

绪论	1	3.1.2 建筑石膏的水化与凝结硬化	40
第 1 章 土木工程材料的基本性质	6	3.1.3 建筑石膏及其制品的技术性质	40
1.1 材料的基本物理性质	7	3.1.4 建筑石膏的应用	41
1.1.1 材料的体积组成	7	3.2 石灰	42
1.1.2 材料的密度、表观密度和堆积密度	8	3.2.1 石灰的种类和建筑石灰的生产	42
1.1.3 材料的孔隙率与空隙率	10	3.2.2 石灰的水化与凝结硬化	43
1.1.4 材料与水有关的性质	11	3.2.3 石灰及其制品的技术性质	44
1.1.5 材料的热工性质	13	3.2.4 石灰的应用	45
1.2 材料的力学性质	16	3.3 水玻璃	46
1.2.1 材料受力状态	16	习题	48
1.2.2 材料的强度	16	第 4 章 水泥	49
1.3 材料的耐久性	19	4.1 通用硅酸盐水泥	50
1.4 材料的组成、结构、构造与性质	20	4.1.1 通用硅酸盐水泥的生产	51
1.4.1 材料的组成	20	4.1.2 通用硅酸盐水泥的组成材料	52
1.4.2 材料的结构	21	4.1.3 通用硅酸盐水泥的水化	53
1.4.3 材料内部孔隙与性质	23	4.1.4 通用硅酸盐水泥的凝结硬化	56
习题	24	4.1.5 水泥石的腐蚀与防止	57
第 2 章 天然石材	26	4.1.6 通用硅酸盐水泥的技术性质	60
2.1 岩石的形成与分类	27	4.1.7 通用硅酸盐水泥的包装、标志、运输与储存	63
2.2 石材的技术性质	29	4.1.8 通用硅酸盐水泥的特性与应用	64
2.3 石材在土木工程中的应用	32	4.2 硅酸盐系特种水泥	66
2.4 建筑石材的选用	35	4.3 铝酸盐水泥	71
习题	35	4.4 硫铝酸盐水泥	74
第 3 章 气硬性胶凝材料	37	习题	76
3.1 石膏	38		
3.1.1 石膏的种类和建筑石膏的生产	38		

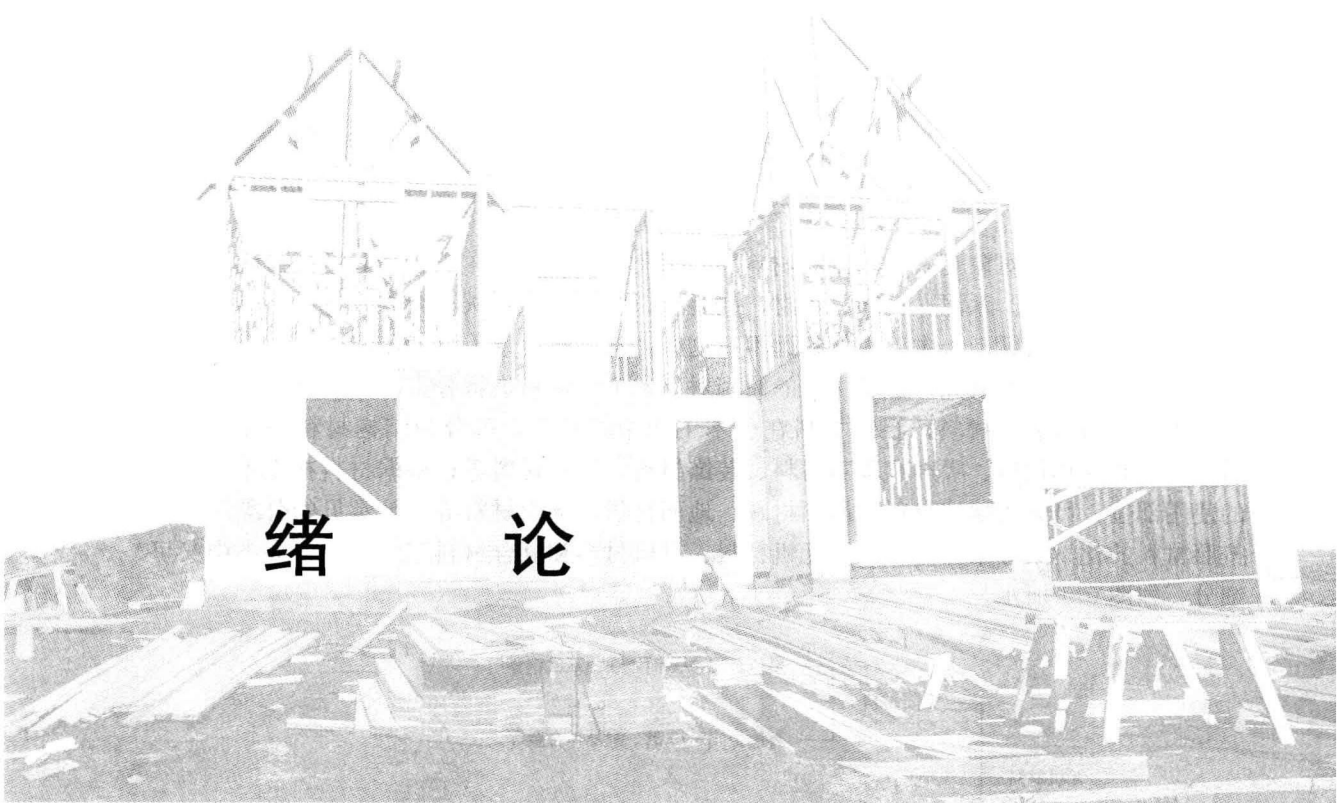


第5章 混凝土	78	5.8 粉煤灰混凝土	143
5.1 普通混凝土的组成材料	80	5.8.1 粉煤灰的技术要求	143
5.1.1 水泥	80	5.8.2 粉煤灰混凝土的性能	143
5.1.2 细骨料	81	5.8.3 粉煤灰最大掺量和 取代水泥率	144
5.1.3 粗骨料	86	5.8.4 粉煤灰混凝土配合比 设计	145
5.1.4 水	89	5.8.5 粉煤灰混凝土的应用	148
5.1.5 外加剂	90	5.9 轻骨料混凝土	149
5.1.6 掺合料	98	5.9.1 轻骨料	149
5.2 混凝土拌合物的和易性	103	5.9.2 轻骨料混凝土的技术 性能	152
5.2.1 和易性的概念	103	5.9.3 轻骨料混凝土配合比 设计	154
5.2.2 和易性的测定	103	5.9.4 轻骨料混凝土的应用	160
5.2.3 流动性(坍落度)的 选择	105	5.10 其他品种混凝土	160
5.2.4 影响和易性的主要 因素	105	5.10.1 防水混凝土	160
5.2.5 混凝土拌合物的凝结 时间	107	5.10.2 抗冻混凝土	162
5.3 混凝土的强度	107	5.10.3 高强混凝土	163
5.3.1 混凝土的结构和受压 破坏过程	107	5.10.4 高性能混凝土	164
5.3.2 混凝土强度	109	5.10.5 泵送混凝土	166
5.3.3 影响混凝土强度的 因素	112	5.10.6 道路混凝土	167
5.4 混凝土的变形性能	117	5.10.7 耐热混凝土	169
5.4.1 在非荷载作用下的 变形	117	5.10.8 耐酸混凝土	170
5.4.2 在荷载作用下的变形	118	5.10.9 纤维混凝土	170
5.5 混凝土的耐久性	120	5.10.10 聚合物混凝土	171
5.6 混凝土质量波动与混凝土配制 强度	126	5.10.11 防辐射混凝土	172
5.7 普通混凝土配合比设计	130	5.10.12 喷射混凝土	172
5.7.1 配合比设计的基本要求、 基本参数和符号含义	130	5.10.13 智能混凝土	173
5.7.2 普通混凝土配合比设计 方法	130	习题	173
5.7.3 普通混凝土配合比设计 步骤	131	第6章 建筑砂浆	177
5.7.4 混凝土配合比设计 实例	137	6.1 砂浆的组成材料	178
		6.2 砂浆的技术性质	179
		6.3 砌筑砂浆	181
		6.3.1 砌筑砂浆的技术条件	182
		6.3.2 砌筑砂浆配合比设计	182
		6.3.3 砂浆配合比设计计算 实例	185

6.4 抹面砂浆	185	9.2.3 沥青混合料组成材料的技术性质	250
6.5 其他建筑砂浆	188	9.2.4 沥青混合料的配合比设计	252
习题	189	习题	258
第7章 金属材料	190	第10章 防水材料	261
7.1 钢的冶炼与分类	191	10.1 防水材料的分类	263
7.2 钢材的力学性能与工艺性能	193	10.2 防水卷材	263
7.2.1 力学性能	193	10.2.1 沥青基防水卷材	264
7.2.2 工艺性能	197	10.2.2 合成高分子防水卷材	270
7.3 钢的组织 and 化学成分对钢材性能的影响	200	10.3 防水涂料	271
7.4 建筑钢材的锈蚀与防护	201	10.4 防水密封材料	275
7.5 建筑钢材的品种与选用	204	习题	278
7.6 常用建筑钢材	208	第11章 木材	279
7.6.1 钢筋	208	11.1 木材的分类与构造	280
7.6.2 型钢	211	11.2 木材的性质	282
7.7 铝合金及制品	213	11.2.1 物理性质	282
习题	214	11.2.2 力学性质	283
第8章 墙体材料	216	11.3 土木工程中常用木材及木质材料制品	285
8.1 烧结砖	217	11.4 木材的防腐与防火	286
8.1.1 烧结普通砖	217	11.4.1 木材的腐朽与防腐	286
8.1.2 烧结多孔砖和烧结空心砖	220	11.4.2 木材的燃烧与防火	288
8.2 蒸压蒸养砖	222	习题	289
8.3 砌块	224	第12章 高分子建筑材料	290
习题	228	12.1 高分子材料基本知识	291
第9章 沥青及沥青混合料	229	12.2 高分子建筑材料	295
9.1 沥青	230	12.3 建筑粘接剂	301
9.1.1 石油沥青	230	12.4 建筑涂料	304
9.1.2 煤沥青	237	习题	307
9.1.3 改性沥青	238	第13章 装饰材料	308
9.2 沥青混合料	241	13.1 装饰材料的基本要求	309
9.2.1 沥青混合料的组成结构与强度	241	13.2 常用装饰材料	310
9.2.2 沥青混合料的技术性质和技术标准	247	13.2.1 装饰石材	310
		13.2.2 玻璃	313



13.2.3 陶瓷	315	15.2.1 水泥细度测定	338
13.2.4 塑料	316	15.2.2 水泥标准稠度用水量 测定	339
13.2.5 金属材料	317	15.2.3 水泥净浆凝结时间 测定	340
13.2.6 木材与竹材	318	15.2.4 水泥安定性的测定	340
13.2.7 涂料	319	15.2.5 水泥胶砂强度检验	342
习题	321	15.3 骨料试验	343
第14章 绝热材料和吸声材料	322	15.4 普通混凝土试验	348
14.1 绝热材料	323	15.4.1 普通混凝土拌合物 试样制备	348
14.1.1 绝热材料的作用及 影响因素	323	15.4.2 拌合物稠度试验	348
14.1.2 常用绝热材料	324	15.4.3 表观密度试验	350
14.1.3 绝热材料的选用及 基本要求	327	15.4.4 抗压强度试验	351
14.1.4 常用绝热材料的技术 性能	328	15.5 建筑砂浆试验	352
14.2 吸声材料	329	15.6 墙体材料试验	355
习题	334	15.7 钢筋试验	356
第15章 常用土木工程材料试验	335	15.8 沥青材料试验	359
15.1 材料的基本物理性质试验	336	15.9 沥青混合料试验	363
15.2 水泥试验	338	15.10 综合设计试验	369
		参考文献	375



教学目标

本章介绍了土木工程材料的定义、分类及其在土木工程建设中的地位与作用，土木工程材料的发展状况与标准化，讲述了本课程的学习目的、特点和学习方法。通过本章的学习，应达到以下目标。

- (1) 掌握土木工程材料的含义和在土木工程建设中的地位与作用，土木工程材料的标准化。
- (2) 了解土木工程材料的分类、发展阶段与发展趋势。
- (3) 熟悉本课程学习目的、特点和学习方法。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
土木工程材料的基本概念	土木工程材料的含义和分类方法	土木工程材料的定义、分类
土木工程材料的地位与作用	土木工程材料地位与作用的具体体现	(1) 土木工程材料的地位与作用 (2) 建筑、材料、结构和施工四要素之间的关系 (3) 土木工程材料的发展阶段与发展趋势
土木工程材料的技术标准	土木工程材料技术标准的表示方法	(1) 土木工程材料技术标准的作用 (2) 土木工程材料技术标准的表示方法
本课程特点	(1) 本课程的学习目的 (2) 本课程的特点 (3) 本课程的学习方法	(1) 本课程的学习目的 (2) 本课程的特点 (3) 本课程的学习方法



1. 土木工程材料的分类

土木工程材料这门课是土木工程专业学生必修的专业基础课,学习的目的是为了配合后续专业课程的学习,为专业设计、施工和科研工作提供合理地选择和使用材料的基本知识。

这门课讨论的对象是“土木工程材料”,所谓土木工程材料是指用于建筑物或构筑物的所有材料的总称。水泥、钢筋、木材、混凝土、砌墙砖、石灰、沥青、瓷砖等是常见的土木工程材料,实际上土木工程材料远不只这些,其品种达数千种之多。

为了方便使用和研究,常按一定的原则对土木工程材料进行分类。根据材料来源,可分为天然材料和人工材料;根据材料在土木工程中的功能,可分为结构材料和非结构材料、保温和隔热材料、吸声和隔声材料、装饰材料、防水材料等;根据材料在土木工程中的使用部位,可分为墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料等。最常见的分类原则是按照材料的化学成分来分类,分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,各大类中又可细分,如图0.1所示。

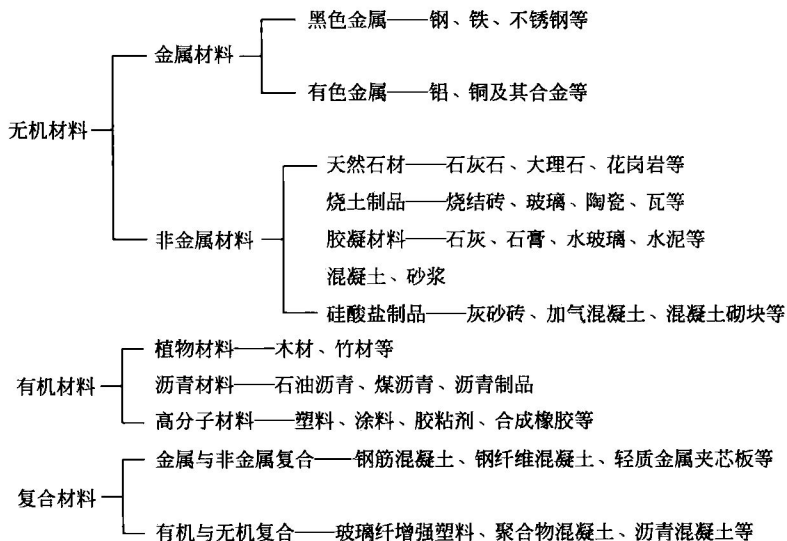


图0.1 土木工程材料的分类

2. 土木工程材料在土木工程建设中的地位

任何一种建筑物或构筑物都是用土木工程材料按某种方式组合而成的,没有土木工程材料,就没有土木工程,因此土木工程材料是一切土木工程的物质基础。土木工程材料在土木工程中应用量巨大,材料费用在工程总造价中占有40%~70%。如何从品种门类繁多的材料中,选择物优价廉的材料,对降低工程造价具有重要意义。土木工程材料的性能影响到土木工程的坚固、耐久和适用,不难想象木结构、砌体结构、钢筋混凝土结构和砖混结构的建筑物性能之间的明显差异。例如,砖混结构的建筑物,其坚固性一般优于木结构和砌体结构建筑物,而舒适性不及后者。对于同类材料,性能也会有较大差异,例如,用矿渣水泥制作的污水管较普通水泥制作的污水管耐久性好。因此选用性能相适的材料是土

本工程质量的重要保证。

任何一个土木工程都由建筑、材料、结构、施工 4 个方面组成,这里的“建筑”指建筑物(构筑物),它是人类从事土木工程活动的目的,“材料”、“结构”、“施工”是实现这一目的的手段。其中,“材料”决定了结构的形式,如木结构、钢结构、钢筋混凝土结构等,结构形式一经确定,施工方法也随之而定。土木工程中许多技术问题的突破,往往依赖于土木工程材料问题的解决,新材料的出现,将促使建筑设计、结构设计和施工技术产生革命性的变化。例如,粘土砖的出现,产生了砖木结构;水泥和钢筋的出现,产生了钢筋混凝土结构;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;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与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土木工程材料来开展的生产活动,土木工程材料是土木工程的基础和核心。

3. 土木工程材料的发展

土木工程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,大致分为 3 个阶段。

(1) 天然材料。天然材料是指取之于自然界,进行物理加工的材料,如天然石材、木材、粘土、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,居于天然山洞或树巢中,即所谓“穴居巢处”。进入石器、铁器时代,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,比天然巢穴进了一步。进入青铜器时代,出现了木结构建筑及“版筑建筑”(指墙体用木板或木棍作边框,然后在框内浇注粘土,用木杵夯实之后将木板拆除的建筑物),建造出了舒适性较好的建筑物。

(2) 烧土制品。到了人类能够用粘土烧制砖、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”、描金漆绘装饰艺术、造型优美的石塔和石拱桥的辉煌,但实际上在这一时期,生产力发展停滞不前,使用的结构材料不过是砖、石和木材而已。

(3) 钢筋混凝土。18、19 世纪,随着资本主义的兴起,大跨度厂房、高层建筑和桥梁等土木工程建设需要,旧有材料在性能上满足不了新的建设要求,土木工程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。近几十年来,随着科学技术的进步和土木工程发展的需要,一大批新型土木工程材料应运而生,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),但当代主要结构材料仍为钢筋混凝土。

随着社会的进步、环境保护和节能降耗的需要,对土木工程材料提出了更高、更多的要求。因而,今后的一段时间内,土木工程材料将向以下几个方向发展。

(1) 轻质高强。现今钢筋混凝土结构材料自重大(每立方米重约 2 500kg),限制了建筑物向高层、大跨度方向进一步发展。通过减轻材料自重,以尽量减轻结构物自重,可提高经济效益。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。土木工程材料的生产能耗和建筑物使用能耗,在国家总能耗中一般占20%~35%,研制和生产低能耗的新型节能土木工程材料,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、建筑垃圾生产土木工程材料,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。土木工程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,这对提高建筑物的使用功能、经济性及加快施工速度等有着十分重要的作用。

(6) 绿色化。产品的设计是以改善生产环境、提高生活质量为宗旨,产品具有多功能性,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;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。

4. 土木工程材料的标准化

目前我国绝大多数土木工程材料都有相应的技术标准,这些技术标准涉及产品规格、分类、技术要求、验收规则、代号与标志、运输与储存及抽样方法等内容。

土木工程材料的技术标准是产品质量的技术依据。对于生产企业,必须按照标准生产,控制其质量,同时它可促进企业改善管理,提高生产技术和生产效率。对于使用部门,则按照标准选用、设计、施工,并按标准验收产品。

土木工程的技术标准分为国家标准、行业标准、企业标准和地方标准,各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。技术标准代号按标准名称、部门代号、编号和批准年份的顺序编写,按要求执行的程度分为强制性标准和推荐标准(在部门代号后加“/T”表示“推荐”)。

与土木工程材料技术标准有关的部门代号有:GB——国家标准,GBJ——建筑工程国家标准,JGJ——建设部行业标准(曾用BJG),JG——建筑工业行业标准,JC——国家建材局标准(曾用“建标”),SH——石油化学工业部或中国石油化学总公司标准(曾用SY),YB——冶金部标准,HG——化工部标准,ZB——国家级专业标准,CECS——中国工程建设标准化协会标准,DB——地方性标准,Q——企业标准等。

国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)。部门代号为GB,编号为175,批准年份为2007年,为强制性标准。

国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)。部门代号为GB,编号为700,批准年份为2006年,为推荐性标准。

现行部分建材行业标准有两个年份,第一个年份为批准年份,随后括号中的年份为重新校对年份。如《粉煤灰砖》[JC 239—1991(1996)]。

技术标准是根据一定时期的技术水平制订的,因而随着技术的发展与使用要求的不断提高,需要对标准进行修订,修订标准实施后,旧标准自动废除。如国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)已废除。

工程中使用的土木工程材料除必须满足产品标准外,有时还必须满足有关的设计规

范、施工及验收规范或规程等的规定。这些规范或规程对土木工程材料的选用、使用、质量要求及验收等还有专门的规定(其中有些规范或规程的规定与土木工程材料产品标准的要求相同)。如混凝土用砂,除满足《建设用砂》(GB/T 14684—2011),还须满足《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)的规定。

无论是国家标准还是部门行业标准,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。在学习有关标准时应注意到黑体字标志的条文为强制性条文。

工程中有时还涉及美国标准 ASTM、英国标准 BS、日本标准 JIS、德国标准 DIN、前苏联标准 ГОСТ、国际标准 ISO 等。

5. 本课程的学习目的、特点和学习方法

本课程包括理论课和实验课两个部分。学习目的在于使学生掌握主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法,并了解工程材料性质与材料结构的关系,以及性能改善的途径。通过本课程的学习,应能针对不同工程合理选用材料,并能与后续课程密切配合,了解材料与设计参数及施工措施选择的相互关系。

本课程的内容庞杂,各章之间的联系较少;以叙述为主,名词、概念和专业术语多,没有多少公式的推导或定律的论证与分析;与工程实际联系紧密,有许多定性的描述或经验规律的总结;讨论的内容涉及土木工程专业并不开设的课程。为了学好土木工程材料这门课,学习时应从材料科学的观点和方法及实践的观点出发,从以下几个方面来进行。

(1) 凝神静气,反复阅读。这门课的特点与力学、数学等完全不同,初次学习难免产生枯燥无味之感,但必须克服这一心理状态,静下心来反复阅读,适当背记,背记后再回想和理解,正如小学生学习乘法口诀表一样,先记忆后理解。

(2) 及时总结,发现规律。这门课虽然各章节之间自成体系,但材料的组成、结构、性质和应用之间有内在的联系,通过分析对比,掌握它们的共性。每一章节学习结束后,及时总结,使书“由厚到薄”。

(3) 观察工程,认真试验。土木工程材料是一门实践性很强的课程,学习时应注意理论联系实际,为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的土木工程,在实践中理解和验证所学内容。试验课是本课程的重要教学环节,通过实验可验证所学的基本理论,学会检验常用建筑材料的实验方法,掌握一定的试验技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断,这对培养学习与工作能力及严谨的科学态度十分有利。

第 1 章

土木工程材料的基本性质

教学目标

本章讲述了材料的基本物理性质、与水有关的性质和力学性质，介绍了材料的热工性质和耐久性的基本概念，介绍了材料的基本组成、结构和构造及其与材料基本性质的关系。通过本章的学习，应达到以下目标。

- (1) 掌握材料基本性质中各指标的含义及其检测方法。
- (2) 掌握材料与水有关的性质及其表示方法。
- (3) 掌握材料强度的含义、计算方法和影响材料检测结果的主要因素。
- (4) 了解材料的热工性质、弹性与塑性、脆性与韧性、硬度与耐磨性。
- (5) 了解材料耐久性的基本概念。
- (6) 了解材料的基本组成、结构和构造及其与材料基本性质的关系。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
材料基本物理性质	(1) 密度、表观密度和堆积密度的区别及各自检测原理 (2) 密度、表观密度和堆积密度的计算方法 (3) 孔隙率与空隙率的计算方法	(1) 材料的密度、表观密度和堆积密度的含义及其基本检测方法 (2) 材料孔隙率与空隙率的含义与计算方法 (3) 材料孔隙率与基本物理性质之间的关系
材料与水有关的性质	(1) 材料与水有关的性质产生的本质 (2) 材料与水有关的性质的表示方法	(1) 材料吸水性和吸湿性的含义与表示方法 (2) 材料耐水性、抗渗性和抗冻性的含义和表示方法 (3) 材料产生渗透和冻融破坏的原因 (4) 材料孔隙特征与吸水性、抗渗性和抗冻性之间的关系
材料力学性质	(1) 强度计算方法 (2) 影响材料强度检测结果的因素及其应用	(1) 材料强度的含义、计算方法、影响强度检测结果的主要因素 (2) 材料弹性与塑性、脆性与韧性、硬度与耐磨性的基本概念



引例

2011年11月8日,湖南省衡阳市某混凝土搅拌站急需 85m^3 河砂和 120m^3 卵石,要求3小时内到货。实验室技术人员根据砂子和卵石堆积密度,并测算载重量5t卡车从混凝土搅拌站至砂石场往返需要1小时,于是与生产科联系,决定安排4辆5t卡车来运输河砂,5辆5t卡车来运输卵石,结果顺利地完成了生产任务。

在土木工程实践中,选择、使用、分析和评价材料,通常以其性质为基本依据。土木工程材料的性质,可分为基本性质和特殊性质两大部分。基本性质是指土木工程中通常必须考虑的最基本的、共有的性质;特殊性质则是指材料本身的不同于别的材料的性质,是材料的具体使用特点的体现。

1.1 材料的基本物理性质

1.1.1 材料的体积组成

大多数土木工程材料的内部都含有孔隙,孔隙的多少和孔隙的特征对材料的性能均产生影响,掌握含孔材料的体积组成是正确理解和掌握材料物理性质的起点。

孔隙特征指孔尺寸大小、孔与外界是否连通两个内容。孔隙与外界相连通的叫开口孔,与外界不相连通的叫闭口孔。

含孔材料的体积组成如图1.1所示。从图1.1可知,含孔材料的体积包括以下3种。

(1) 材料绝对密实体积。用 V 表示,是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积。

(2) 材料的孔体积。用 V_P 表示,指材料所含孔隙的体积,分为开口孔体积(记为 V_K)和闭口孔体积(记为 V_B)。

(3) 材料在自然状态下的体积。用 V_0 表示,是指材料的实体积与材料所含全部孔隙体积之和。

上述几种体积存在以下的关系。

$$V_0 = V + V_P \quad (1-1)$$

$$\text{其中} \quad V_P = V_K + V_B \quad (1-2)$$

散粒状材料的体积组成如图1.2所示。其中 V'_0 表示材料堆积体积,是指在堆积状态下的材料颗粒体积和颗粒之间的间隙体积之和, V_j 表示颗粒与颗粒之间的间隙体积。散粒状材料体积关系如下。

$$V'_0 = V_0 + V_j = V + V_P + V_j \quad (1-3)$$