



21st CENTURY

实用规划教材

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

主 编 柯国军

副主编 严 兵 刘红宇

主 审 刘巽伯



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

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, 共分为 15 章, 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、沥青及沥青混合材料、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、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. —北京: 北京大学出版社, 2006.1

(21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10437-5

I. 土… II. 柯… 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(2005)第 158917 号

书 名: 土木工程材料

著作责任者: 柯国军 主编

策 划 编 辑: 吴 迪 李昱涛

责 任 编 辑: 吴 迪

标 准 书 号: ISBN 7-301-10437-5/TU · 0022

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://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

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

电子信箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 河北涿县鑫华书刊印刷厂

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 25.25 印张 582 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 彭少民

副主任 (按拼音顺序排名)

陈伯望 金康宁 李 忱 李 杰

罗迎社 彭 刚 许成祥 杨 勤

俞 晓 袁海庆 周先雁

委 员 (按拼音顺序排名)

邓寿昌 付晓灵 何放龙 何培玲

李晓目 李学罡 刘 杰 刘建军

刘文生 罗 章 石建军 许 明

严 兵 张泽平 张仲先

丛书总序

我国高等教育发展迅速,全日制高等学校招生人数至2004年达到420万人,毛入学率19%,步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招,教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体:一是学生,一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映,教材则是两个主体的媒介,属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出:“一些高校办学定位不明,盲目追求上层次、上规格,导致人才培养规格盲目拔高,培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温,应试学习倾向仍然比较普遍,导致各层次人才培养目标难于全面实现,大学生知识结构不够合理,动手能力弱,实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材,在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用,但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材,缺乏针对性强的实用教材。

近年来,我国房地产行业已经成为国民经济的支柱产业之一,随着本世纪我国城市化的大趋势,土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教学需求,从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书,并派出10多位编辑分赴全国近30个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上,规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会,在来自全国各地几十所高校的知名专家教授的共同努力下,不但成立了本丛书的编审委员会,还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的40多个选题,再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力,并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下,首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中,得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是,在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下,北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校,于2005年11月26日在长沙中南林学院召开了《21 实际全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》(第二批)组稿会,规划了①建筑学专业②城市规划专业③建筑环境与设备工程专业④给排水工程专业⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近60多个选题。至此,北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的6个专业,是近年全国高等教育出版界来唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材,并会于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格,从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等，并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲，由一批长期在教学第一线从事教学并有多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编，以定位“应用型人才培养”为目标而编撰，具有以下特点：

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案，注重提高学生综合素质和创新能力，注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构，不刻意追求理论研究型教材深度，内容取舍少而精，向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上，深入研究各课程之间的相互关系，各课程教材既要反映本学科发展水平，保证教材自身体系的完整性，又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生，单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法，要取得专门实践的成功是不够的，因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步，教材的编撰侧重培养学生透析理解教材中的基本理论、基本特性和性能，又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景，以不变应万变，这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程，系1999~2002年完成的修订，内容较大的取舍和更新，反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材，为培养学生毕业后获得注册执业资格，在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释绎。

(5) 当代土木工程设计，越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件，有些结构特殊要求，则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中，在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上，给出了设计方法的详细步骤，这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图，有助与培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观，从可持续发展的观念，根据课程特点，反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺，以社会发展和科技进步的新近成果充实。更新教材内容，尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式，以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者，没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践，要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台，为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生，不吝指正，随时给我们提出宝贵的意见，以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的PPT电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年1月

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、甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005.10

目 录

绪论	1	3.1.2 建筑石膏的水化与凝结硬化 ...	34
第 1 章 土木工程材料的基本性质	5	3.1.3 建筑石膏及其制品的技术 性质	34
1.1 材料的基本物理性质	5	3.1.4 建筑石膏的应用	35
1.1.1 材料的体积组成	5	3.2 石灰	36
1.1.2 材料的密度、表观密度 和堆积密度	7	3.2.1 石灰的种类和建筑石灰的 生产	36
1.1.3 材料的孔隙率与空隙率	8	3.2.2 石灰的水化与凝结硬化	37
1.1.4 材料与水有关的性质	9	3.2.3 石灰及其制品的技术性质	38
1.1.5 材料的热工性质	12	3.2.4 石灰的应用	39
1.2 材料的力学性质	14	3.3 水玻璃	40
1.2.1 材料受力状态	14	3.3.1 水玻璃的种类与生产	41
1.2.2 材料的强度	15	3.3.2 水玻璃的硬化与特性	41
1.3 材料的耐久性	18	3.3.3 水玻璃的应用	41
1.4 材料的组成、结构、构造与性质	18	3.4 思考题	42
1.4.1 材料的组成	18	第 4 章 水泥	43
1.4.2 材料的结构	19	4.1 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	44
1.4.3 材料内部孔隙与性质	21	4.1.1 硅酸盐水泥的生产	44
1.5 思考题	22	4.1.2 硅酸盐水泥的水化与硬化	45
第 2 章 天然石材	23	4.1.3 硅酸盐水泥、普通硅酸盐 水泥的技术性质	50
2.1 岩石的形成与分类	23	4.1.4 水泥石的腐蚀与防止	53
2.2 石材的技术性质	25	4.1.5 硅酸盐水泥、普通硅酸盐 水泥的特性、应用与存储	56
2.2.1 物理性质	25	4.2 掺混合材料的硅酸盐系水泥	57
2.2.2 力学性质	26	4.2.1 混合材料	57
2.2.3 工艺性质	27	4.2.2 掺混合材料的硅酸盐水泥 的水化硬化	58
2.3 石材在土木工程中的应用	27	4.2.3 矿渣硅酸盐水泥、火山 灰质硅酸盐水泥和粉煤灰 硅酸盐水泥	59
2.4 建筑石材的选用	31	4.2.4 复合硅酸盐水泥	62
2.5 思考题	31		
第 3 章 气硬性胶凝材料	32		
3.1 石膏	32		
3.1.1 石膏的种类和建筑石膏 的生产	33		

4.3 硅酸盐系特种水泥	64	5.3.3 影响混凝土强度的因素	114
4.3.1 白色与彩色硅酸盐水泥	65	5.4 混凝土的变形性能	118
4.3.2 快硬硅酸盐水泥	66	5.4.1 在非荷载作用下的变形	118
4.3.3 道路硅酸盐水泥	67	5.4.2 在荷载作用下的变形	120
4.3.4 膨胀硅酸盐水泥与自应力 硅酸盐水泥	68	5.5 混凝土的耐久性	121
4.3.5 低水化热硅酸盐水泥	70	5.5.1 混凝土的抗渗性	121
4.3.6 抗硫酸盐硅酸盐水泥	70	5.5.2 混凝土的抗冻性	122
4.3.7 砌筑水泥	71	5.5.3 混凝土的碳化	123
4.4 铝酸盐水泥	72	5.5.4 混凝土的抗侵蚀性	124
4.4.1 铝酸盐水泥的原料与组成	72	5.5.5 混凝土的碱-骨料反应	124
4.4.2 铝酸盐水泥水化与硬化	72	5.5.6 混凝土的表面磨损	125
4.4.3 铝酸盐水泥的性能与用途	73	5.6 混凝土质量波动与混凝土配制 强度	126
4.4.4 其他铝酸盐水泥	74	5.6.1 混凝土质量会产生波动	126
4.5 硫铝酸盐水泥	76	5.6.2 混凝土强度的波动规律 ——正态分布	126
4.5.1 硫铝酸盐水泥的组成与水化	76	5.6.3 衡量混凝土施工质量水平 的指标	127
4.5.2 硫铝酸盐水泥的特性与应用	76	5.6.4 混凝土配制强度的确定	129
4.5.3 硫铝酸盐水泥的主要品种	77	5.7 普通混凝土配合比设计	130
4.6 思考题	78	5.7.1 配合比设计的基本要求、 基本参数和符号含义	130
第5章 混凝土	80	5.7.2 普通混凝土配合比设计 方法	131
5.1 普通混凝土的组成材料	81	5.7.3 普通混凝土配合比设计 步骤	131
5.1.1 水泥	82	5.7.4 混凝土配合比设计实例	136
5.1.2 细骨料	82	5.8 混凝土的质量控制	142
5.1.3 粗骨料	87	5.8.1 混凝土质量控制的内容	142
5.1.4 水	90	5.8.2 混凝土质量控制图	143
5.1.5 外加剂	91	5.8.3 混凝土强度的合格评定	144
5.1.6 掺合料	100	5.8.4 结构实体混凝土的强度 和内部缺陷的检测	146
5.2 混凝土拌合物的和易性	104	5.9 粉煤灰混凝土	147
5.2.1 和易性的概念	104	5.9.1 粉煤灰的技术要求	147
5.2.2 和易性的测定	105	5.9.2 粉煤灰混凝土的性能	147
5.2.3 流动性(坍落度)的选择	106	5.9.3 粉煤灰最大掺量和取代 水泥率	148
5.2.4 影响和易性的主要因素	107		
5.2.5 混凝土拌合物的凝结时间	109		
5.3 混凝土的强度	109		
5.3.1 混凝土的结构和受压 破坏过程	109		
5.3.2 混凝土强度	111		

5.9.4 粉煤灰混凝土配合比设计	148	6.3.2 砌筑砂浆配合比设计	184
5.9.5 粉煤灰混凝土的应用	152	6.3.3 砂浆配合比设计计算实例	187
5.10 轻骨料混凝土	153	6.4 抹面砂浆	187
5.10.1 轻骨料	153	6.4.1 普通抹面砂浆	187
5.10.2 轻骨料混凝土的技术性能	156	6.4.2 装饰砂浆	189
5.10.3 轻骨料混凝土配合比设计	157	6.4.3 防水砂浆	190
5.10.4 轻骨料混凝土的应用	163	6.5 其他建筑砂浆	191
5.11 其他品种混凝土	164	6.5.1 保温砂浆	191
5.11.1 防水混凝土	164	6.5.2 吸声砂浆	191
5.11.2 抗冻混凝土	165	6.5.3 耐酸砂浆	191
5.11.3 高强混凝土	167	6.5.4 防辐射砂浆	191
5.11.4 高性能混凝土	168	6.6 思考题	191
5.11.5 泵送混凝土	169	第 7 章 金属材料	192
5.11.6 道路混凝土	170	7.1 钢的冶炼与分类	192
5.11.7 耐热混凝土	173	7.1.1 钢的冶炼	192
5.11.8 耐酸混凝土	173	7.1.2 钢的分类	193
5.11.9 纤维混凝土	174	7.2 钢材的力学性能与工艺性能	194
5.11.10 聚合物混凝土	175	7.2.1 力学性能	194
5.11.11 防辐射混凝土	176	7.2.2 工艺性能	198
5.11.12 喷射混凝土	176	7.3 钢的组织和化学成分对钢材性能的影响	201
5.11.13 智能混凝土	176	7.3.1 钢的组织及其对钢材性能的影响	201
5.12 思考题	177	7.3.2 钢的化学成分对钢材性能的影响	202
第 6 章 建筑砂浆	180	7.4 建筑钢材的锈蚀与防护	203
6.1 砂浆的组成材料	180	7.4.1 钢材锈蚀机理	203
6.1.1 胶凝材料	180	7.4.2 钢筋混凝土中钢筋锈蚀	203
6.1.2 细骨料	180	7.4.3 钢材锈蚀的防止	204
6.1.3 掺加料	181	7.4.4 钢的防火	204
6.1.4 水	181	7.5 建筑钢材的品种与选用	205
6.1.5 外加剂	181	7.5.1 碳素结构钢	205
6.2 砂浆的技术性质	182	7.5.2 低合金高强度结构钢	207
6.2.1 新拌砂浆的和易性	182	7.5.3 优质碳素结构钢	208
6.2.2 砂浆的强度	183	7.6 常用建筑钢材	209
6.2.3 砂浆的粘结力	183	7.6.1 钢筋	209
6.2.4 砂浆的变形	183	7.6.2 型钢	213
6.2.5 砂浆的抗冻性	184		
6.3 砌筑砂浆	184		
6.3.1 砌筑砂浆的技术条件	184		

7.7 铝合金及制品	214	10.2.2 合成高分子防水卷材	277
7.7.1 铝合金	214	10.3 防水涂料	280
7.7.2 常用的装饰用铝合金制品	214	10.3.1 沥青类防水涂料	280
7.8 思考题	216	10.3.2 其他品种防水涂料	283
第 8 章 墙体材料	217	10.4 防水密封材料	284
8.1 烧结砖	217	10.4.1 非定形防水密封材料	285
8.1.1 烧结普通砖	218	10.4.2 定形防水密封材料	286
8.1.2 烧结多孔砖和烧结空心砖	220	10.5 思考题	287
8.2 蒸压蒸养砖	222	第 11 章 木材	288
8.2.1 蒸压灰砂砖	222	11.1 木材的分类与构造	288
8.2.2 蒸压(养)粉煤灰砖	223	11.1.1 木材的分类	288
8.2.3 煤渣砖	223	11.1.2 木材的构造	288
8.3 砌块	224	11.2 木材的性质	290
8.3.1 普通混凝土小型砌块	224	11.2.1 物理性质	290
8.3.2 轻骨料混凝土小型空心 砌块	226	11.2.2 力学性质	292
8.3.3 蒸压加气混凝土砌块	227	11.3 土木工程中常用木材及木质 材料制品	294
8.4 思考题	229	11.3.1 常用木材	294
第 9 章 沥青及沥青混合料	230	11.3.2 木质材料制品	294
9.1 沥青	230	11.4 木材的防腐与防火	295
9.1.1 石油沥青	230	11.4.1 木材的腐朽与防腐	295
9.1.2 煤沥青	240	11.4.2 木材的燃烧与防火	297
9.1.3 乳化沥青	241	11.5 思考题	298
9.1.4 改性沥青	245	第 12 章 高分子建筑材料	299
9.2 沥青混合料	248	12.1 高分子材料基本知识	299
9.2.1 沥青混合料的组成结构与 强度	249	12.1.1 高分子化合物结构	299
9.2.2 沥青混合料的技术性质和 技术标准	256	12.1.2 高分子化合物性能	300
9.2.3 沥青混合料组成材料的 技术性质	260	12.2 高分子建筑材料	303
9.2.4 沥青混合料的配合比设计	263	12.2.1 高分子建筑材料特性	303
9.3 思考题	268	12.2.2 建筑塑料及制品	304
第 10 章 防水材料	270	12.3 建筑粘接剂	309
10.1 防水材料的分类	270	12.3.1 建筑粘接剂的特点	309
10.2 防水卷材	271	12.3.2 粘接机理	309
10.2.1 沥青基防水卷材	271	12.3.3 常用建筑粘接剂	310
		12.4 建筑涂料	313
		12.4.1 涂料的组成	313
		12.4.2 常用建筑涂料	313
		12.5 思考题	315

第 13 章 装饰材料	316	第 15 章 常用土木工程材料试验	341
13.1 装饰材料的基本要求.....	316	15.1 材料的基本物理性质试验.....	341
13.1.1 材料的颜色、光泽、 透明性.....	316	15.1.1 密度试验.....	341
13.1.2 质感.....	316	15.1.2 表观密度试验.....	342
13.1.3 形状和尺寸.....	317	15.1.3 吸水率试验.....	343
13.1.4 立体造型.....	317	15.2 水泥试验.....	343
13.1.5 环保要求.....	317	15.2.1 水泥细度测定.....	343
13.1.6 满足强度、耐水性、热工、 耐腐蚀、防火性要求.....	317	15.2.2 水泥标准稠度用水量测定... 344	
13.2 常用装饰材料.....	317	15.2.3 水泥净浆凝结时间测定..... 345	
13.2.1 装饰石材.....	317	15.2.4 水泥安定性的测定.....	346
13.2.2 玻璃.....	320	15.2.5 水泥胶砂强度检验.....	348
13.2.3 陶瓷.....	322	15.3 骨料试验.....	349
13.2.4 塑料.....	323	15.3.1 样品的缩分.....	349
13.2.5 金属材料.....	324	15.3.2 砂的筛分析试验.....	350
13.2.6 木材与竹材.....	325	15.3.3 砂的表观密度试验.....	351
13.2.7 涂料.....	326	15.3.4 砂的堆积密度试验.....	351
13.3 思考题.....	327	15.3.5 石子筛分析试验.....	352
第 14 章 绝热材料和吸声材料	329	15.3.6 石子表观密度试验 (广口瓶法).....	353
14.1 绝热材料.....	329	15.3.7 石子堆积密度试验.....	353
14.1.1 绝热材料的作用及影响 因素.....	329	15.4 普通混凝土试验.....	354
14.1.2 常用绝热材料.....	330	15.4.1 普通混凝土拌合物试样 制备.....	354
14.1.3 绝热材料的选用及基本 要求.....	333	15.4.2 拌合物稠度试验.....	355
14.1.4 常用绝热材料的技术性能.....	334	15.4.3 表观密度试验.....	357
14.2 吸声材料.....	335	15.4.4 抗压强度试验.....	358
14.2.1 吸声材料的作用原理.....	335	15.5 建筑砂浆试验.....	359
14.2.2 吸声材料的类型及其结构 形式.....	336	15.5.1 砂浆拌合物试样制备.....	359
14.2.3 吸声材料的选用及安装 注意事项.....	338	15.5.2 砂浆稠度试验.....	359
14.2.4 常用吸声材料及吸声系数.....	338	15.5.3 砂浆分层度试验.....	360
14.2.5 关于隔声材料的概念.....	340	15.5.4 砂浆抗压强度试验.....	361
14.3 思考题.....	340	15.6 墙体材料试验.....	362
		15.6.1 烧结普通砖的抗压强度 试验.....	362
		15.6.2 蒸压加气混凝土砌块.....	363
		15.7 钢筋试验.....	364
		15.7.1 钢筋拉伸试验.....	364
		15.7.2 钢筋冷弯试验.....	366

15.8 沥青材料试验	366	15.9.4 沥青混合料车辙试验	377
15.8.1 沥青针入度试验	366	15.10 综合设计试验	382
15.8.2 沥青延度试验	368	15.10.1 普通混凝土配合比设计	
15.8.3 沥青软化点试验	370	试验	382
15.9 沥青混合料试验	371	15.10.2 掺外加剂或掺合料的	
15.9.1 沥青混合料试件制作方法		混凝土配合比设计试验	382
(击实法)	371	15.10.3 沥青混合料的配合比设计	
15.9.2 压实沥青混合料密度试验		试验	383
(水中重法)	373	参考文献	385
15.9.3 沥青混合料马歇尔稳定度			
试验	375		

绪论

教学提示：“土木工程材料”这门课是土木工程专业的一门专业基础课，本课程的任务是使学生具有常用土木工程材料的基本知识，在工程实践中具有合理选择与使用土木工程材料的能力，并为学习有关后续专业课程打下基础。学习时，注意这门课的特点和学习方法，一般从材料的基本成分、原料及生产工艺、技术性质和应用等几个方面来进行掌握，重点放在材料的基本性质与应用上。

教学要求：掌握土木工程材料的定义，土木工程材料在土木工程中的地位与作用，土木工程材料的分类，土木工程材料的标准化。了解土木工程材料的发展，本课程的学习目的、特点和学习方法。

0.1 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、瓷砖等是我们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。

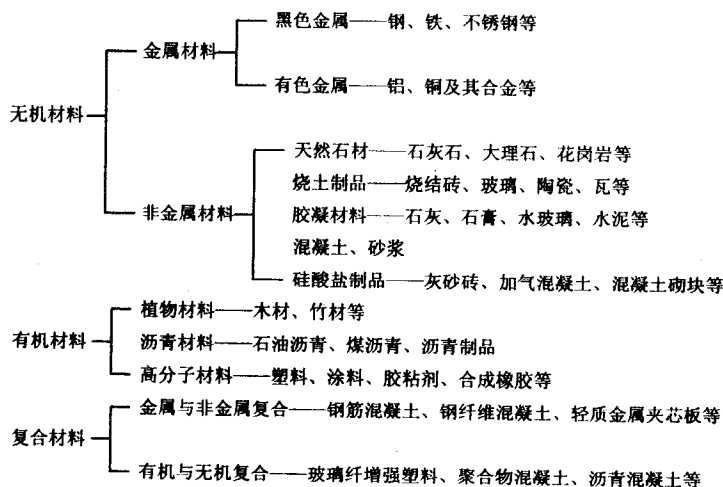


图 0.1 土木工程材料的分类

0.2 土木工程材料在土木工程中的地位

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,不难想像木结构、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木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、施工四个方面组成,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设计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。

0.3 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,大致分为三个阶段。

(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,生产力发展停滞不前,使用的结构材料不过砖、石和木材而已。

(3) 钢筋混凝土。18、19 世纪,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(每立方米重约 2500kg),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,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。

0.4 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,这些技术标准涉及到产品规格、分类、技术要求、验收规则、代号与标志、运输与贮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《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB 175—1999。部门代号为 GB, 编号为

175, 批准年份为 1999 年, 为强制性标准。

国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—88。部门代号为 GB, 编号为 700, 批准年份为 1988 年, 为推荐性标准。

现行部分建材行业标准有 2 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—91(96)。

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—1992 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《建筑用砂》GB/T 14684—2001, 还须满足《普通混凝土用砂的质量标准及检验方法》JGJ 52—92 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。

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

0.5 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; 讨论的内容涉及到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, 必须静下心来反复阅读, 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, 使读书“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。