

TUMU GONGCHENG CAILIAO



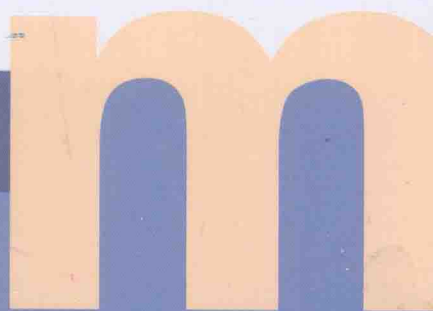
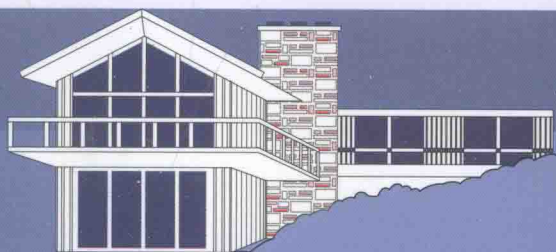
普通高等教育土木类专业“十二五”规划教材



土木工程材料

● 主编 邢振贤

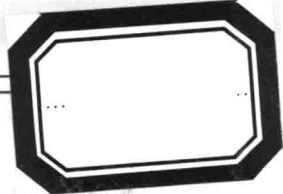
(第二版)



郑州大学出版社

TUMU GONGCHENG CAILIAO

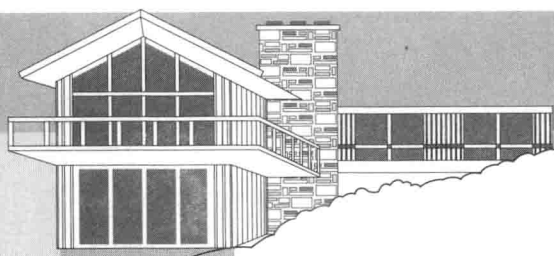
普通高等教育土木类专业“十二



土木工程材料

● 主编 邢振贤

(第二版)



郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/邢振贤主编. —2 版. —郑州:郑州大学出版社, 2013. 2

(普通高等教育土木类专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5645-1074-9

I. ①土… II. ①邢… 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 187162 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南省中景印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:24.5

字数:583 千字

版次:2013 年 2 月第 2 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2013 年 2 月第 7 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1074-9

定价:42.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编写指导委员会

The compilation directive committee

名誉主任 王光远

主任 高丹盈

委员 (以姓氏笔画为序)

王 锋 王新武 司马玉州 刘立新

刘希亮 关 罡 李广慧 李纪周

李晓峰 张 伟 张 玲 张国强

陈 淮 赵顺波 姚庆钊 祝彦知

夏锦红 原 方 钱文军 陶炳海

鲍 鹏

秘 书 崔青峰 刘 开

本书作者

Authors

主 编 邢振贤 王 玉 王 玉
副 主 编 张益华 黄学玉 王 玉
编 委 (以姓氏笔画为序) 王 玉

王 玉 王 玉 王 玉 王 玉 王 玉

张益华 林建好 赵玉青

黄学玉 程朝霞

王 玉 王 玉 王 玉 王 玉

王 玉 王 玉 王 玉 王 玉

王 玉

王 玉 王 玉 王 玉 王 玉

再版说明

Publication introduction

2006年以来,国家实施了“高等学校本科教学质量与教学改革工程”,进一步明确提出:提高质量是高等教育发展的核心任务;提高质量的核心是大力提升人才培养水平;提高质量的关键是明确人才培养目标,加快专业改革与建设步伐,加大课程改革与建设的力度。几年来,各院校在专业建设、课程建设方面取得了丰硕的成果,而教材既是教育教学成果的直接体现,也是深化教学内容和改革教学方法的重要推动力。为此,教育部要求加强新教材和立体化教材建设,提倡和鼓励根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格 and 特点的高质量教材。

为更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和推进高等教育改革与发展,服务高等教育事业,在前版的基础上,我们总结了各校教育教学改革成果,分专业多次召开了教育教学研讨和教材编写会议,组织学术水平高、教学经验丰富的一线教师,使用最新的规范标准编写了本版教材。

希望本版教材的出版对高等教育土木类专业教育教学改革和教学质量提高起到更大的推动作用,也希望使用本版教材的师生多提意见和建议,以便修订完善。

编写指导委员会

2011年8月

序

Preface

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教研研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王发运

2006年7月

前言 (第二版)

Preface

土木工程材料是高等学校土木类专业的一门技术基础课。近年来,随着科学技术的发展、社会的进步,人类越来越追求舒适、美好的生活环境,各种社会基础设施的建设规模日趋庞大,土木工程材料的重要地位越来越突出。同时,随着建筑设计、工程施工和材料工业的发展,新技术、新材料、新标准不断出现。为适应社会对人才需求的变化,使土木工程材料教科书具有科学性、先进性和前瞻性,更好地适应教育教学需要,我们对第一版《土木工程材料》进行了修订再版。

本书主要讲述了土木工程中常用建筑材料的成分、生产过程、技术性质、质量检验及运输保管等基本知识,其中又以材料的技术性质、质量检验与合理使用为重点。在编写过程中,注重教材内容的实用性,力求引用现行国标、部标和最新规范。为适应建筑科学的发展,增加了新型材料和功能材料的篇幅。为便于教学,在每章开篇增加了要点提示。为便于学生自学,在每章末附有适量的思考题,并增加了案例题,培养学生的综合应用能力。

本书可作为普通高等学校土木工程、工程管理、建筑学以及水利工程、岩土工程、交通工程等专业的教学用书,也可作为相关专业继续教育的培训教材。对从事实际工程建设的技术人员和管理人员,也是非常有益的专业参考书。

本书由华北水利水电学院邢振贤教授主编。各章编写人员分工为:第1章、第5章、第7章,邢振贤;第2章,程朝霞(河南理工大学);第3章、第9章,黄学玉(信阳师范学院);第4章,张益华(河南科技大学);第6章,赵玉青(华北水利水电学院);第8章,林建好(黄淮学院);第10章,王建伟(河南科技学院);第11章,王静(华北水利水电学院);华北水利水电学院研究生王雅楠参加了部分文字校对和图表绘制工作。最后,由邢振贤、赵玉青统稿和修编定稿。

本书在编写过程中,参考了近年来出版的土木工程材料教材、建筑材料教材以及部分科研生产单位的成果资料,在此表示诚挚的谢意!感谢郑州大学马彬、河南城建学院朱凯、黄河科技学院张安刚三位老师

在第一版编写过程中的辛勤劳动和协助。

特别要感谢郑州大学出版社的支持,使本书再版质量有更大提高。

虽经编者努力,但书中错误和缺点在所难免,敬请各位读者批评指正,不胜感激。

编者

2012年5月

前言 (第一版)

Preface

.....

土木工程材料是普通高等教育土木类专业的一门技术基础课。近年来,随着科学技术的发展、社会的进步,人类越来越追求舒适、美好的生活环境,各种社会基础设施的建设规模日趋庞大,土木工程材料的重要地位越来越突出。同时,随着建筑设计、工程施工和材料工业的发展,新技术、新材料、新标准不断出现,尤其是我国加入 WTO 后,建筑业也要与国际标准接轨。为适应社会对人才需求的变化,使土木工程材料教科书具有科学性、先进性的特点,满足好教好学的要求,我们编写了这本教材。

本书主要介绍了土木工程建设中常用建筑材料的成分、生产过程、技术性质、质量检验及运输保管等基本知识,其中又以材料的技术性质、质量检验与合理使用为重点。在编写过程中,注重教材内容的实用性,力求引用现行国标、部标和最新规范。为适应建筑科学的发展,增加了新型材料和功能材料的篇幅。为便于学生自学,在每章末设有适量的复习思考题。

本书由华北水利水电学院邢振贤教授主编,各章编写人员分工为:邢振贤第 1 章、第 5 章;朱凯(平顶山工学院)第 2 章、试验一;黄学玉(信阳师范学院)第 3 章;张益华(河南科技大学)第 4 章;赵玉青(华北水利水电学院)第 6 章、试验五、试验九;马彬(郑州大学)第 7 章、试验六、试验七;程朝霞(河南理工大学)第 8 章、试验四、试验八;张安刚(黄河科技学院)第 9 章、试验二;王建伟(河南科技学院)、崔巍(中国建筑第七工程局)第 10 章、试验三;华北水利水电学院研究生王静参加了部分文字校对和图表绘制工作。最后,由邢振贤统稿和修编定稿。

本书在编写过程中,参考了近年来出版的土木工程材料教材、建筑材料教材以及部分科研生产单位的成果资料,在此表示诚挚的谢意!同时还要感谢郑州大学出版社崔青峰、吴昕等同仁们的大力支持和帮助!

虽经编者努力,但书中错误和缺点在所难免,敬请各位读者批评指正,不胜感激。

编者

2006 年 5 月

目录

CONTENTS

▷▷▶ 1

第1章 绪论	1
1.1 土木工程材料的概念与分类	1
1.2 土木工程材料在工程建设中的地位	2
1.3 土木工程材料的发展现状与未来	3
1.4 土木工程材料性能检测与技术标准	4
1.5 本课程的基本要求和学习方法	8
第2章 土木工程材料的基本性质	10
2.1 材料的组成和结构	10
2.2 材料的物理性质	13
2.3 材料的力学性质	22
2.4 材料的流变性能	25
2.5 材料的装饰性、安全性与耐久性	27
第3章 无机胶凝材料	31
3.1 气硬性胶凝材料	31
3.2 硅酸盐水泥	41
3.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	50
3.4 其他水泥	53
第4章 普通混凝土	63
4.1 混凝土概述	63
4.2 普通混凝土的组成材料	65
4.3 普通混凝土的技术性质	92
4.4 普通混凝土的质量控制与强度评价	117
4.5 普通混凝土的配合比设计	122
第5章 新型混凝土	136
5.1 高强高性能混凝土	136
5.2 泵送混凝土	139
5.3 其他品种混凝土	143

第 6 章 砌筑材料与新型建筑墙体材料	157
6.1 砌筑砂浆	157
6.2 砌墙砖	174
6.3 砌块	181
6.4 天然石材	185
6.5 新型建筑节能墙体材料	191
第 7 章 沥青与沥青混合料	197
7.1 石油沥青	197
7.2 沥青混合料	206
第 8 章 建筑钢材	212
8.1 钢材生产的基本知识	212
8.2 钢材的主要技术性能	215
8.3 钢材的组织、化学成分及其对性能的影响	221
8.4 钢材的冷加工和热处理	224
8.5 土木工程常用钢材	227
8.6 建筑装饰用钢材制品	245
8.7 钢材的防护	247
第 9 章 木材与塑料	250
9.1 木材	250
9.2 塑料	259
第 10 章 建筑功能材料	263
10.1 防水堵水材料	263
10.2 绝热材料	283
10.3 吸声、隔音材料	288
10.4 装饰材料	293

第 11 章 土木工程材料试验	305
11.1 土木工程材料的基本性质试验	305
11.2 水泥试验	308
11.3 混凝土骨料试验	326
11.4 普通混凝土试验	335
11.5 建筑砂浆性能试验	349
11.6 石油沥青材料基本性能试验	354
11.7 沥青混合料试验	361
11.8 钢筋力学与机械性能试验	370
参考文献	378

第 1 章 绪 论

1.1 土木工程材料的概念与分类

土木工程材料是指用于土木工程建设的各种材料及其制品,它是一切社会基础设施建设的物质基础。社会基础设施,包括用于工业生产的厂房、仓库、电站、采矿、采油设施;用于农业生产的堤坝、渠道、灌溉排涝设施;用于交通运输和人们出行的道路桥梁、高速铁路、城市地铁、海港码头、机场车站设施;用于人们生活需要的住宅、商场、办公楼、宾馆、文化娱乐设施、卫生体育设施;用于提高人民生活质量的输水、输气、送电管线设施,网络通信设施,排污净化设施;用于国防需要的军事设施、安全保卫设施等。社会基础设施的建设,与工农业生产和人们的日常生活息息相关。社会基础设施的安全运行,关乎人民的生活水平和生命质量。因此,土木工程材料质量的提高,新型土木工程材料的开发利用,直接影响到社会基础设施建设的质量、规模和效益,进而影响到国民经济的发展和人类社会文明的进步。

土木工程材料种类繁多,为了方便大家学习、研究和使用,常从不同的角度对土木工程材料进行分类。最常用的是按化学成分和材料在工程中的作用来分类。根据材料的化学成分,土木工程材料可以分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如表 1.1 所示。

表 1.1 土木工程材料的分类

	金属材料	黑色金属:钢、铁及其合金 有色金属:铝、铜等及其合金
	无机材料	天然石材:砂石料及石材制品
	非金属材料	烧土制品:砖、瓦、玻璃等 胶凝材料:石灰、石膏、水泥等
	植物材料	木材、竹材等
	有机材料	沥青材料 石油沥青、煤沥青及沥青制品
	高分子材料	塑料、合成橡胶等
	非金属材料与非金属材料复合	水泥混凝土、砂浆等
	复合材料	无机非金属材料与有机材料复合 玻璃纤维增强塑料、聚合物水泥混凝土、 沥青混合料等
	金属材料与无机非金属材料复合	钢纤维增强混凝土等
	金属材料与有机材料复合	轻质金属夹芯板等



根据材料在房屋建筑工程中的作用,土木工程材料大体上也可以分为三大类,即结构承重材料、墙体围护材料和建筑功能材料。结构承重材料是指构成建筑物受力构件和结构所用材料,如梁、板、柱、基础等所用的材料,这类材料要有比较好的强度和耐久性。根据我国国情,现在和将来相当长的时期内,钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土将是我国工程建设的主要结构材料,近年来,钢材作为承重材料,在高层建筑和大跨度构筑物的建设中也发挥着越来越大的作用。墙体围护材料在建筑中起围护、分隔和承重作用。这类材料一是要有必要的强度,二是要有较好的绝热性能和隔音吸声效果。我国目前限制普通黏土烧结砖的生产和使用,大力提倡开发和使用混凝土大墙板、复合墙板、空心黏土砖、炉渣砖、煤矸石砖、粉煤灰砖等新型墙体材料,因为这些材料具有工业化生产水平高、施工速度快、绝热性能好、节省资源能源、保护耕地的特点。建筑功能材料是指担负某些建筑功能的非承重材料。这些材料在某些方面要有特殊功能,如防水、防火、绝热、吸声、隔音、采光、装饰等。

一般来讲,建筑物的安全性与可靠度主要取决于结构承重材料,而建筑物的使用功能与建筑质量水平取决于建筑功能材料。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,人们将更加重视建筑物的使用功能。因此,建筑功能材料也是今后土木工程材料的一个主要开发和研究方向。

1.2 土木工程材料在工程建设中的地位

1.2.1 土木工程材料对工程造价的影响

土木工程材料是各项工程建设的重要物质基础,一项工程中用于材料购买与加工的费用,通常占工程总造价的比例高达 60% 以上。实际工程建设中,在满足相同技术指标和质量要求的前提下,选择不同的材料,可能对工程的成本构成产生较大影响;即使选择了相同的材料,使用方法不同,也可能产生不同的经济效果;此外,材料的仓储、运输管理不当,也可能造成很大的浪费。因此,业主或承包商只有通过合理地选择、管理和使用材料,才能最大限度地获得投资效益。同时,监理工程师也不容许承包商或者业主盲目地使用材料,以免降低工程质量。

1.2.2 土木工程材料对工程质量的影响

在工程建设领域,有一句响亮的口号,叫作“百年大计,质量第一”。建造质量合格的工程,是对承包商最基本的要求;建设质量优秀的工程,是业主、承包商和监理工程师共同追求的目标。工程质量的优劣,通常与采用材料的好坏以及材料使用得合理与否有直接的关系。多年的工程实践表明,要想保证工程质量,就要从材料的选择、生产、运输、保管,到材料的出库、检测和使用,每个环节都严格按照国家相关标准,尤其是强制性标准进行科学管理。否则,任何环节的失误,都有可能造成工程质量缺陷,甚至引起重大质量事故和安全事故。因此,从事土木工程建设,就必须准确熟练地掌握材料知识,正确地选择和

使用土木工程材料。

1.2.3 土木工程材料对工程技术的影响

土木工程材料的品种、质量及规格,直接影响着各项建筑工程的坚固、耐久、适用、美观和经济性,并在一定程度上影响着工程结构的设计形式与施工方法。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;而新的土木工程材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。例如,混凝土外加剂的出现,使混凝土科学和以混凝土为基础的结构设计和施工技术有了快速发展。混凝土减水剂,尤其是高效减水剂的问世与使用,使混凝土强度等级由 C25 左右迅速提高到 C60 ~ C80,甚至 C100 以上。混凝土的高强度化,使混凝土建筑的层高由五、六层猛增到五六十层,促进了结构设计的发展。同时,高效减水剂的推广应用,可使混凝土流动度大大提高,以此为基础发展起来的喷射混凝土、泵送混凝土,近年来在隧道工程和高层建筑施工中发挥着愈来愈大的作用,带动了施工技术的革新。因此,土木工程材料生产及其科学技术的迅速发展,对于工程技术的进步,具有重要的推动作用。

1.3 土木工程材料的发展现状与未来

1.3.1 土木工程材料的历史

土木工程材料的发展,经历了从天然材料到人工材料、从手工业生产到工业化生产几个阶段。

在原始社会,原始人还没有能力建造居所,只能利用天然的洞穴,或者“构木为巢”,以应付风寒雨雪和猛兽虫蛇的侵害。这一时期的“巢居”和“穴居”,只是一种非常简单的利用天然条件借以栖身的办法。进入新石器时代,人类学会了使用木、竹、苇、草、泥等天然材料,建造一些半地穴式房屋。到公元前 16 世纪的青铜器时代,我国已开始使用夯土成墙的“版筑技术”来修建房屋。

进入封建社会,随着“秦砖汉瓦”和石灰、石膏的烧制,土木工程材料由天然材料进入人工生产材料的阶段,为较大规模的房屋建造创造了基本条件,但是这个时期土木工程材料的发展缓慢。进入 18、19 世纪,工业革命的兴起促进了工商业和交通运输业的蓬勃发展,原有的土木工程材料已经不能满足社会的需要,在其他科学技术的推动下,土木工程材料进入了一个新的发展时期,钢铁、水泥和混凝土这些具有优良性能的无机材料相继问世,为现代的大规模工程建设奠定了基础。

1.3.2 土木工程材料的现状

如果说 19 世纪钢材和混凝土作为结构材料的出现,使建筑物的规模产生了飞跃性的发展的话,那么 20 世纪出现的高分子有机材料、新型金属材料和各种复合材料,则使建筑物的功能和外观发生了根本性的变革。进入 20 世纪,社会生产力的提高和高新科学技术



的进步,尤其是材料科学与工程学的形成与发展,使无机材料的性能和质量不断改善,品种不断增加,特别是以有机材料为主的化学建材的异军突起,使高性能和多功能的新型材料有了长足的发展。化学建材解决人类的居住问题,已经提到日程上来。铝合金、不锈钢等新型金属材料,成为现代建筑理想的门窗以及住宅设备材料,其应用极大地改善了建筑物的密封性、美观性与清洁性,提高了人们的居住质量。

20 世纪材料科学的另一个明显的进步,就是各种复合材料的出现和使用,大大地改善了材料的工程性能。例如,纤维增强混凝土,提高了混凝土的抗拉强度和抗冲击韧性,改善了混凝土材料脆性大、容易开裂的缺点,使混凝土材料的适用范围得到扩大;聚合物混凝土制造的仿大理石台面,既有天然石材的质地和纹理,又具有良好的加工性;利用含水钙硅酸盐、玻璃纤维和高分子材料制造的硅钙板,不仅可以替代天然木材,解决木材资源不足的问题,而且这种材料耐高温,尺寸稳定,加工性好。

我国土木工程材料业的发展,促进了建筑技术的进步。例如,以水泥混凝土为基础发展起来的泵送混凝土成功地应用在高层建筑和大跨度桥梁的施工上,喷射混凝土在隧洞衬砌工程中发挥着重要作用,碾压混凝土取代传统塑性混凝土,成为坝工建设的热门材料,使筑坝工期缩短 $1/3$,同时还减少了大体积混凝土的水化热。

1.3.3 土木工程材料的发展趋势

根据我国国情,今后我国土木工程材料的发展趋势是,在原材料方面,要充分利用再生资源及工农业废渣废料,生产再生混凝土、炉渣砖、煤矸石砖、灰砂砖,保护土地资源;在生产工艺方面,要大力引进现代技术,改造和淘汰陈旧设备,降低原材料及能源消耗,减轻地球与生态系统的负荷,减少环境污染,维护社会的可持续发展;在性能方面,要力求产品轻质、高强、耐久、美观和高性能化、多功能化,以适应高层建筑和大跨度构筑物的建设需要,降低维修费用,给人们创造一个舒适、美观、洁净的居住环境;在产品形式方面,要积极发展预制装配技术,逐步提高构件尺寸和单元化水平;在研究方向方面,要积极研究和开发化学建材、复合材料、环保型材料、路面材料、景观材料、防火材料和智能化材料,以便提高人民的生活质量和生命质量,创造温馨、舒适、健康的生存环境,构建人与居所友好相处的和谐社会。

1.4 土木工程材料性能检测与技术标准

1.4.1 土木工程材料性能检测的重要性

质量责任重于泰山。土木工程材料质量的优劣,直接影响到建筑物的质量和安全。因此,工程材料性能试验与质量检测,是从源头抓好建设工程质量管理工作,确保建设工程质量和安全的重要保证。

为了确保建设工程质量,就要设立各级工程质量,尤其是工程材料质量的检测机构,培养从事工程材料性能和质量检验的专门人才。对高等学校来说,就是加强学生试验技