



21 世纪高等学校规划教材

21Shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

土木工程材料

Tumu Gongcheng Cailiao

(第二版)

● 叶青 丁铸 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



21 世纪 高 等 学 校 规 划 教 材

21 Shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

Tumu Gongcheng Cailiao

土木工程材料

(第二版)

叶青 丁铸 主编

中国质检出版社

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程材料 (第二版) / 叶青, 丁铸主编. —2 版. —北京: 中国质检出版社, 2013. 9
21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5026-3834-4

I. ①土… II. ①叶… ②丁… 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 (2013) 第 108715 号

内 容 提 要

本书系统地讲述了常用土木工程材料的基本组成及结构、生产工艺、技术性质、应用和材料实验等基本理论及应用技术, 还介绍了土木工程材料的新技术和发展方向。全书共分为十五章, 内容包括绪论、材料的基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、聚合物材料、沥青及防水材料、沥青混合料、建筑钢材、墙体材料、木材、绝热材料和吸声材料、其他土木工程材料和材料实验。

本书采用了最新技术标准和规范、最新课程内容, 应用性强、适用面宽, 可作为高等院校土木工程类各相关专业的教材, 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。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 21.25 字数 511 千字

2013 年 9 月第二版 2013 年 9 月第五次印刷

*

定价: 42.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

编 审 委 员 会

- 顾 问 赵惠新 (黑龙江大学)
- 主 任 邓寿昌 (中南林业科技大学)
- 副主任 薛志成 (黑龙江科技学院)
- 刘殿忠 (吉林建筑工程学院)
- 姜连馥 (深圳大学)
- 高 潮 (大连海洋大学)
- 郦 伟 (惠州学院)
- 委 员 (按姓氏笔画排序)
- 丁 琳 (黑龙江大学)
- 叶 青 (浙江工业大学)
- 刘 东 (东北农业大学)
- 关 萍 (大连大学)
- 张兆强 (黑龙江八一农垦大学)
- 张季超 (广州大学)
- 张燕坤 (北方工业大学)
- 杨 璐 (沈阳工业大学)
- 侯 威 (内蒙古工业大学)
- 赵文军 (黑龙江大学)
- 郭宗河 (青岛理工大学)
- 原 方 (河南工业大学)
- 徐建国 (郑州大学)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 叶 青（浙江工业大学）

丁 铸（深圳大学）

副主编 孔德玉（浙江工业大学）

薛 辉（黑龙江八一农垦大学）

金小群（浙江树人大学）

编 委 盛 黎（浙江树人大学）

马成畅（浙江工业大学）

朱劲松（衢州学院）

伴随着近年来经济的空前发展和社会各项改革的不断深化，建筑业已成为国民经济的支柱产业和重要的经济增长点。该行业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用，尤其是房地产业和公路桥梁等各项基础设施建设的深入开展和逐步完善，也进一步促使整个国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时，建筑行业自身的结构性调整也在不断进行，这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求，因此，近年来教育部对高校土木工程类各专业的发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校土木工程类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重于理论的教育模式中脱离出来，真正成为为国家培养生产一线的高级技术应用型人才的教育，“十二五”期间，这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校土木工程类各专业所需教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社牵头组织了 21 世纪高等学校规划教材的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的土木工程、工程监理以及道路与桥梁等相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了中南林业科技大学、深圳大学、大连海

洋大学、浙江工业大学以及北方工业大学等多所相关高校、科研院所以及企业中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足土木工程类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高土木工程类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木工程类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将建筑领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习可以深入把握建筑行业发展的全貌，而且也将建筑行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国土木工程类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编审委员会

2013 年 6 月

第一版前言

• FOREWORD •

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》为依据进行编写，系统地讲述了常用土木工程材料的基本组成及结构、生产工艺、技术性质、应用和材料实验等基本理论及应用技术，还介绍了土木工程材料的新技术和发展方向。通过认真学习和阅读，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，并可了解材料性质与材料组成及结构的关系、以及性能改善的途径，了解材料与设计参数及施工措施选择的相互关系，能针对不同工程的要求进行合理选用材料。

本书由浙江工业大学叶青教授和深圳大学丁铸教授担任主编，浙江工业大学孔德玉副教授、黑龙江八一农垦大学薛辉副教授和浙江树人大学金小群副教授担任副主编。各章编写人员如下：叶青编写绪论、第一、第二、第四和第九章，丁铸编写第六、第七、第八和第十四章，孔德玉编写第五章，薛辉编写第十五章，金小群编写第十和十二章，浙江树人大学盛黎编写第三章，浙江工业大学马成畅编写第十一章，衢州学院朱劲松编写第十三章。

本书采用了最新技术标准 and 规范、最新课程内容，理论联系实际，突出应用性，应用性强、适用面宽，可作为高校土木工程类各专业的教材，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。

由于土木工程材料科学和技术发展很快，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

2010 年 8 月

第二版前言

• FOREWORD •

《土木工程材料》第一版于2010年9月发行，是原中国计量出版社（现中国质检出版社）“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）系列之一。经过3年的使用，相关院校反映较好。根据各个院校使用者的建议、有关规范与标准的发展以及出版社的要求，我们对本书进行了修订。

本次修订在原书基本框架基础上，由浙江工业大学叶青教授对本教材进行了部分修订（主要内容为混凝土配合比、砂浆配合比和材料试验等），并经深圳大学丁铸教授进行了审阅。

本书由浙江工业大学叶青教授和深圳大学丁铸教授担任主编，浙江工业大学孔德玉副教授、黑龙江八一农垦大学薛辉副教授和浙江树人大学金小群副教授担任副主编。各章编写人员如下：叶青编写绪论、第一、第二、四和九章，丁铸编写第六、七、八和十四章，孔德玉编写第五章，薛辉编写第十五章，金小群编写第十和十二章，浙江树人大学盛黎编写第三章，浙江工业大学马成畅编写第十一章，衢州学院朱劲松编写第十三章。

由于土木工程材料科学和技术发展很快，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

2013年4月

目 录 CONTENTS

绪 论	(1)
第一章 土木工程材料的基本性质	(6)
第一节 材料的物理性质	(6)
第二节 材料的力学性质	(17)
第三节 材料的耐久性	(21)
第四节 组成、结构和构造对材料性质的影响	(22)
第二章 天然石材	(28)
第一节 岩石的形成与分类	(28)
第二节 石材的技术性质	(29)
第三节 天然石材的加工类型和应用	(31)
第三章 气硬性胶凝材料	(37)
第一节 石灰	(37)
第二节 石膏	(41)
第三节 水玻璃	(44)
第四节 镁质胶凝材料	(45)
第四章 水泥	(48)
第一节 通用硅酸盐水泥的概述	(48)
第二节 通用硅酸盐水泥的水化与耐腐蚀能力	(56)
第三节 其他水泥	(63)
第五章 水泥混凝土	(72)
第一节 概述	(72)

第二节	混凝土的组成材料与技术要求	(73)
第三节	混凝土拌合物的和易性	(90)
第四节	混凝土的强度	(97)
第五节	混凝土的变形性能	(106)
第六节	混凝土的耐久性	(110)
第七节	混凝土的质量控制与评定	(116)
第八节	混凝土的配合比设计	(119)
第九节	其他混凝土	(132)
第六章	砂浆	(143)
第一节	砂浆的组成材料	(143)
第二节	砌筑砂浆的技术性能	(145)
第三节	砌筑砂浆的配合比	(148)
第四节	抹面砂浆与特种砂浆	(152)
第五节	预拌砂浆	(155)
第七章	聚合物材料	(158)
第一节	聚合物材料的基本知识	(158)
第二节	塑料	(160)
第三节	胶粘剂	(163)
第四节	建筑涂料	(167)
第八章	沥青材料和防水材料	(171)
第一节	沥青	(171)
第二节	防水材料	(179)
第三节	建筑密封材料	(185)
第九章	热拌沥青混合料	(188)
第一节	概述	(188)
第二节	沥青混合料组成材料的技术性质	(189)
第三节	沥青混合料的组成结构和强度理论	(193)
第四节	沥青混合料的技术性质和技术标准	(195)
第五节	沥青混合料用矿质混合料的组成设计	(199)
第六节	热拌沥青混合料配合比设计方法	(206)

第十章 建筑钢材	(214)
第一节 钢的冶炼和分类	(214)
第二节 建筑钢材的技术性能	(215)
第三节 钢材的组织 and 化学成分	(221)
第四节 土木工程常用的钢材	(223)
第五节 钢材的腐蚀与防护	(239)
第十一章 墙体材料	(242)
第一节 砌墙砖	(242)
第二节 砌块	(247)
第十二章 木材	(251)
第一节 木材的分类和构造	(251)
第二节 木材的主要性质	(253)
第三节 木材的腐蚀与防火	(256)
第四节 木材的应用	(257)
第十三章 绝热材料和吸声材料	(260)
第一节 绝热材料	(260)
第二节 吸声材料	(263)
第十四章 其他土木工程材料	(267)
第一节 装饰材料	(267)
第二节 纤维材料	(272)
第三节 纤维增强聚合物复合材料	(277)
第四节 水泥沥青砂浆	(281)
第五节 土工合成材料	(283)
第十五章 材料试验	(287)
第一节 材料基本性质与骨料试验	(287)
第二节 水泥试验	(292)
第三节 建筑砂浆基本性能试验	(299)
第四节 混凝土试验	(302)
第五节 沥青试验	(308)

第六节	沥青混合料马歇尔稳定度试验·····	(311)
第七节	建筑钢材试验·····	(313)
第八节	烧结砖及砌块试验·····	(318)
第九节	混凝土强度无损检测试验·····	(320)
第十节	混凝土外加剂对水泥浆性能的影响·····	(322)
参考文献 ·····		(325)

绪 论

一、土木工程材料的定义

土木工程材料是指在土木工程建设中所使用的各种材料及其制品的总称,它是土木工程的物质基础。土木工程材料种类繁多,应用广泛,品种达数千种之多。随着社会生产力和科技水平的发展,依次主要有土、石块、木材、砖瓦、石灰、石膏、铸铁、钢、水泥、钢筋、混凝土、预应力混凝土、合金结构钢、塑料和橡胶等土木工程材料。

二、土木工程材料的分类

按材料的使用性能,可分为:①承重结构材料,主要是指梁、柱、板、桩、墙体和其他受力构件所用的材料,最常用的有钢材、混凝土、砖和石材等;②非承重结构材料,主要是指框架结构的填充墙、内隔墙和其他围护等所用的材料;③功能材料,主要有防水材料、防火材料、装饰材料、保温材料、吸声(隔声)材料和采光材料等。

按材料的使用部位,可分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料和饰面材料等。

按工程类别,可分为建筑材料、道路建筑材料、港工材料、水工材料和核工业材料等。

按材料的化学组成,可分为无机材料、有机材料和复合材料,见表 0—1。

表 0—1 按材料的化学组成分类的土木工程材料

分 类		实 例
无机材料	金属材料	黑色金属:铁、建筑钢材
		有色金属:铜、铝、铝合金
	无机非金属材料	天然材料:石材、砂、碎石
		无机胶凝材料:石灰、石膏、水泥
		硅酸盐制品:砖、瓦、玻璃、陶瓷
有机材料	植物材料	木材、竹材等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青等
	高聚物材料	塑料、橡胶、有机涂料、胶粘剂
复合材料	无机非金属复合材料	水泥混凝土、砂浆、无机结合料稳定混合料
	金属-无机非金属材料	钢筋混凝土、钢纤维混凝土
	有机-无机非金属材料	玻璃钢、聚合物混凝土、沥青混凝土
	金属-有机材料	轻质金属夹芯板

三、土木工程材料的发展简史

在原始社会,土木工程材料以天然材料为主,如土、草、竹、木、石材、土坯和石灰等。最早的人工材料主要为烧土制品,如砖、瓦和陶瓷等。近代土木工程材料主要有钢、水泥、混凝土、平板玻璃、粘结剂和人造板材等,而且发展较快。现代新型土木工程材料主要有聚合物、铝合金、合金钢、高性能混凝土、新型墙体材料、装饰材料和节能材料等。

材料科学的发展标志着人类文明的进步。人类的历史由史前的石器时代,经过青铜器时代、铁器时代,发展到今天的人工合成材料时代。同样,材料的发展也标志着土木工程建设事业的进步。高层建筑、大跨度结构和海洋工程等,无一不与材料的发展紧密相连。

四、土木工程材料的现状

由目前我国的材料现状来看,普通水泥、普通钢材、普通混凝土和普通防水材料仍是最主要的土木工程材料。这是因为这一类材料已有比较成熟的生产工艺和应用技术,使用性能尚能满足目前的消费需求。

虽然近十年来土木工程材料工业有了较大的进步和发展,但与发达国家相比,还存在着品种较少、质量档次较低、生产和使用能耗较大及浪费严重等问题。因此,如何发展和应用新型土木工程材料已成为现代化建设急需解决的关键问题。

随着现代化建筑向高层、大跨度、节能、美观、舒适等方向的发展和人民生活水平与国民经济实力的提高,特别是基于新型土木工程材料的自重轻、抗震性能好、能耗低和大量利用工业废渣等的优点,研究开发和应用土木工程新材料已成为必然。

五、未来土木工程材料的发展趋势

土木工程材料的发展,必须遵循可持续发展的方针,大力发展低能耗、无污染、环境友好型的绿色材料产品,积极采用高技术成果,全面推进材料工业的现代化。材料的发展要求主要为:轻质、高强、大尺寸和高性能等。因此,主要发展下列材料:

轻质高强型材料。目前的主要目标仍然是开发高强度钢材和高强度混凝土,同时探讨由碳纤维及其他纤维材料与混凝土和聚合物等复合制成的轻质高强度结构材料。

高耐久性材料。到目前为止,普通建筑物和构筑物的设计使用年限一般为 50 ~ 100 年。现代社会设施的建设,例如超高层建筑、水利设施等大型工程,耗资巨大、建设周期长、维修困难,因此对其结构物的耐久性要求越来越高。所以应注重开发高耐久性的材料。

新型墙体材料和建筑节能新材料。墙体材料的改革已成为国家保护土地资源、节省建筑能耗的一个重要环节。灰砂砖、加气混凝土砌块和板材等将更广泛地用作墙体材料。外墙外保温、新型节能门窗等节能技术和产品也将被普遍推广和使用。

环保型材料。为了实现可持续发展、保护环境和生态平衡的目标,将土木工程材料对环境造成的负面影响控制在最小限度之内,需要开发研究环保型土木工程材料。

智能化材料。即材料本身具有自我诊断、预告破坏、自我调节、自我修复的功能。当内部发生某种异常变化时,这类材料能将材料的内部状况,例如位移、变形、开裂等情况反映出来,以便在破坏前采取有效措施。

路面材料。提高路面材料的抗冻性、抗裂性,开发耐久性高、并具有可再生利用的路面

材料是今后的发展方向。还应开发和应用具有透水性、排水性、透气性的路面材料。

六、材料在土木工程中的重要地位

土木工程材料是土建工程的物质基础。没有材料,也就没有建筑。材料的费用约占土建工程总投资的60%,因此材料的价格直接影响到建设投资。

土木工程材料与建筑、结构和施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。例如,大跨度结构、预应力结构的大量应用,要求提供更高强度的混凝土和钢材,以减小构件截面尺寸、减轻建筑物自重。同样,泵送和高强混凝土的推广与应用,要求发展新的钢筋混凝土结构设计和施工技术。

建筑物的功能和使用寿命在很大程度上取决于土木工程材料的性能。如装饰材料的装饰效果、钢材的锈蚀、混凝土的劣化、防水材料的老化等问题,无一不是材料问题,也正是这些材料的特性构成了建筑物的整体性能。因此,由强度设计理论向耐久性设计理论的转变,关键在于材料耐久性的提高。

建设工程的质量,在很大程度上取决于材料质量的控制。如钢筋混凝土结构的质量(除配筋外)主要取决于混凝土强度、密实度和是否产生裂缝。在材料的选择、生产、储运、使用和检验评定过程中,任何环节的失误,都将可能导致土木工程的质量事故。事实上,在国内外土木工程建设中的质量事故,绝大部分都与材料的质量缺损有关。

建筑物可靠度的评价,在很大程度上取决于材料可靠度的评价。材料信息参数是构成构件和结构性能的基础,在一定程度上“材料-构件-结构”组成了宏观上的“本构关系”。因此,作为一名土木工程技术人员,无论是从事设计、施工或管理工作,均必须掌握土木工程材料的基本知识,并做到合理选材、正确使用、重视维护和保养等。

在土木工程建设中材料、建筑、结构、施工四者是密切相关的。从根本上说,材料是基础,它决定了建筑形式和施工方法。新材料的开发,可以促使建筑形式的变化、结构设计和施工技术的革新。土建工程的发展和需要又推动了材料的发展。例如,秦时,阿房宫由石材、木材、砖瓦等建成。那时肯定也想到要建一个十层二十层的阿房宫,但是由于生产力和科技水平的低下,秦砖汉瓦是不适合建造高楼大厦的。但那时的人们已想到了要建仙山琼阁。又如,开发月球,到月球上造建筑物,就必须要了解月球环境,在材料、建筑、结构和施工等方面按照月球的变化规律去研制材料。

七、土木工程材料的技术标准

在我国,技术标准分为四级:国家标准 GB、行业标准、地方标准 DB 和企业标准 QB。国家标准是由国家标准化管理委员会发布的全国性的指导技术文件。行业标准也是全国性的指导技术文件,但它由各行业主管部门发布,其代号按各部门名称而定,如建材标准代号为 JC,建工标准为 JG,交通标准 JT、石油标准 SY、化工标准 HG、水电标准 SD、冶金标准 YJ 和中国工程建设标准化协会标准 CECS 等。地方标准是地方主管部门发布的地方性指导技术文件。企业标准则仅适用于本企业;凡没有制定国家标准、行业标准和地方标准的产品,均应制定相应的企业标准。与土木工程材料关系密切的国际或外国标准,主要有国际标准 ISO、美国材料试验协会标准 ASTM、日本工业标准 JIS、德国工业标准 DIN、英国标准 BS 和法国标准 NF 等。熟悉有关的技术标准,并了解制定标准的科学依据,也是十分必要的。