



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

课程教学指导书

● 叶青 盛黎 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



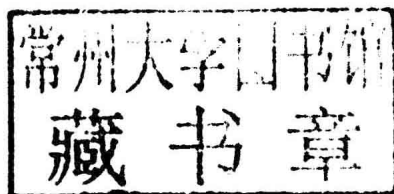


21 世纪高等学校规划教材

TUMU GONGCHENG CAILIAO KECHENG JIAOXUE ZHIDAOSHU

《土木工程材料》课程 教学指导书

叶 青 盛 黎 主编



中国质检出版社

中国标准出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

《土木工程材料》课程教学指导书/叶青, 盛黎主编. —北京: 中国质检出版社, 2013. 7

ISBN 978 - 7 - 5026 - 3814 - 6

I. ①土… II. ①叶… ②盛… III. ①土木工程 - 建筑材料 - 教学参考资料 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 081984 号

内 容 提 要

本书内容丰富, 简明扼要, 主要为配合《土木工程材料》教材而编写, 是一本让读者在短期内学好土木工程材料知识的教学辅导书。本书共有《土木工程材料》课程教学大纲、辅导材料、典型复习题、样卷、试题命题格式、期中试题及答案六个部分组成。其中辅导材料部分包括基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、聚合物材料、沥青材料和防水材料、沥青混合料、建筑钢材、墙体材料、木材、绝热材料和吸声隔声材料、材料试验等重要内容, 每章由重点知识介绍和典型例题组成。典型复习题部分由计算题、填空题、是非题和简答题等组成。

本书可作为土木工程类各专业的学习指导书, 还可供相关行业技术人员作为参考用书。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

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 8 字数 200 千字

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月第一次印刷

*

定价: 20.00 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)
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)
薛志成 (黑龙江科技学院)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 叶 青（浙江工业大学）

盛 黎（浙江树人大学）

副主编 孔德玉（浙江工业大学）

金小群（浙江树人大学）

序 言

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及其课程教学指导书势在必行。

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、大连水

产学院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 3 月

前言 FOREWORD

本书主要是配合《土木工程材料》(由浙江工业大学叶青教授和深圳大学丁铸教授担任主编)教材编写的,是一本帮助读者在短期内学好土木工程材料知识的教学辅导书。本书共有《土木工程材料》课程教学大纲、辅导材料、典型复习题、样卷、试题命题格式、期中试题及答案六个部分组成。其中辅导材料部分包括基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、聚合物材料、沥青材料和防水材料、沥青混合料、建筑钢材、墙体材料、木材、绝热材料和吸声材料、材料试验等重要内容,每章由重点知识介绍和典型例题组成。典型复习题部分由计算题、填空题、是非题和简答题等组成。内容丰富,简明扼要。

本书由浙江工业大学叶青和浙江树人大学盛黎担任主编,浙江工业大学孔德玉和浙江树人大学金小群担任副主编。各章编写人员如下:盛黎编写辅导材料中的气硬性胶凝材料、墙体材料、沥青材料和防水材料、聚合物材料、绝热材料和吸声材

料、土木工程材料试验等内容，孔德玉编写辅导材料中的水泥混凝土和建筑砂浆等内容，金小群编写辅导材料中的建筑钢材和木材等内容，其余部分主要由叶青编写。

本书可作为土木工程类各专业的学习指导书，还可供相关行业技术人员作为参考用书使用。

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

第一部分 《土木工程材料》课程教学大纲	(1)
第二部分 《土木工程材料》辅导材料	(4)
绪 论	(4)
第一章 土木工程材料的基本性质	(6)
第二章 天然石材	(12)
第三章 气硬性胶凝材料	(14)
第四章 水泥	(17)
第五章 水泥混凝土	(26)
第六章 砂浆	(47)
第七章 聚合物材料	(50)
第八章 沥青材料和防水材料	(56)
第九章 热拌沥青混合料	(62)
第十章 建筑钢材	(72)
第十一章 墙体材料	(78)
第十二章 木材	(81)
第十三章 绝热材料和吸声材料	(85)
第十四章 材料试验	(88)
第三部分 《土木工程材料》典型复习题	(96)
一、典型计算题	(96)
二、典型填空题	(98)
三、典型是非题	(104)
四、典型简答题	(107)
五、典型名词解释题	(108)
第四部分 《土木工程材料》样卷	(109)
第五部分 《土木工程材料》试题 命题格式	(111)
第六部分 《土木工程材料》期中试题及答案	(112)

第一部分

《土木工程材料》课程教学大纲

一、课程的性质、目的和任务

本课程是土木工程类专业学生的专业基础课,与公共基础课及专业紧密衔接,起着承上启下的作用。

本课程的教学目的在于使学生掌握主要土木工程材料的性质、用途、使用方法以及检测和质量控制方法,并了解土木工程材料的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。

二、考试目的与要求

主要检验对土木工程材料基本性质及各项特性的掌握程度,以及对材料性质的影响因素,合理选用土木工程材料的要求及实验检验方法的掌握程度。

要求:概念明确;分析讨论切题;基本计算方法准确,数据处理符合标准。每一章节中要求“(重点)掌握”部分为重点,占考试内容的主要部分。“一般掌握”部分以基本概念为主。“了解”部分主要是拓宽土木工程材料的知识面。

三、课程的基本要求

1. 绪论

了解土木工程材料的发展、地位、分类和标准等。熟练掌握数值修约规则。

2. 土木工程材料的基本性质

- ①熟练掌握土木工程材料的基本力学性质。
- ②掌握土木工程材料的基本物理性质、测定和计算方法。
- ③掌握土木工程材料的耐久性基本概念。
- ④了解土木工程材料的基本组成、结构和构造,了解组成、结构和构造与材料性能的关系。

通过材料基本性质的学习,要求了解材料科学的一些基本概念,并掌握材料各项基本力学性质、物理性质、化学性质、耐久性质等材料性质的意义,以及它们之间的相互关系和在工程实践中的意义。

3. 天然石材

- ①了解岩石的形成与分类,了解常用的天然岩石。
- ②了解岩石的技术性质、加工类型和选用原则。

4. 气硬性胶凝材料

- ①了解石膏、石灰、水玻璃等气硬性胶凝材料的硬化机理、性质及使用要点。
- ②了解石膏、石灰、水玻璃的主要用途。

5. 水泥

①熟悉硅酸盐水泥熟料的矿物组成及其与水泥性能之间的关系,了解通用硅酸盐水泥的水化、凝结和硬化机理,熟练掌握通用硅酸盐水泥的技术性能要求、检测方法及选用原则。

②了解其他水泥品种及其性质和使用特点。(自学)

6. 水泥混凝土

①掌握普通混凝土组成材料的品种、技术要求及选用(包括砂、石、水泥、水、掺合料及外加剂);熟练掌握各种组成材料各项性质的要求,测定方法及对混凝土性能的影响。

②熟练掌握混凝土拌和物的性质及其测定和调整方法。

③熟练掌握硬化混凝土的力学性质,变形性质和耐久性质及其影响因素。

④熟练掌握普通混凝土的配合比设计方法。

⑤了解混凝土技术的新进展及其发展趋势。(自学)

⑥了解其他品种混凝土的特性及应用。(自学)

7. 砂浆

①掌握砌筑砂浆的性质、组成、检测方法及其配比设计方法。

②熟悉抹面砂浆的主要品种性能要求。了解其他砂浆。

8. 聚合物材料(建筑塑料、涂料与胶粘剂)

①熟悉合成聚合物材料的性能特点及主要聚合物材料的品种。

②熟悉土木工程中合成聚合物材料的主要制品及应用(包括塑料及其型材、涂料、粘结剂等)。

9. 沥青材料和防水材料

①掌握沥青材料的基本组成,工程性质及测定方法,了解沥青的改性及主要沥青制品及其用途。

②掌握防水材料的主要类型及性能特点。

10. 热拌沥青混合料

熟悉沥青混合料的组成材料、组成结构、矿质混合料的组成设计、热拌沥青混合料的配合比设计。

11. 建筑钢材

①了解建筑钢材的冶炼、加工与分类。

②重点掌握建筑钢材的力学性能和工艺性能,掌握化学成分对钢材性能的影响。

③了解建筑钢材的强化机理及强化方法。

④重点掌握土木工程中常用建筑钢材的分类及其选用原则。

12. 墙体材料

①掌握常用砌体材料(烧结普通砖、多孔砖和空心砖)的性质和应用特点。

②了解其他墙体与屋面材料。

13. 木材(自学)

①了解木材的宏观结构。

②掌握木材的物理、力学性能,了解防腐、防火措施。

③了解木材的应用。

14. 绝热材料与吸声材料

①了解保温、隔热材料的主要类型及性能特点。

②了解吸声、隔声材料的主要类型及性能特点。

15. 其他土木工程材料

①掌握装饰材料的基本功能与选择。

②了解装饰用面砖、板材、玻璃、卷材和涂料。

16. 土木工程材料试验(下列试验必做)

①水泥标准稠度用水量测定、安定性检验和水泥胶砂强度。

②砂的筛分析、表观密度和堆积密度试验。

③混凝土的拌制、和易性、体积密度、抗压强度和配合比确定试验。

④砖抗压强度试验(演示)。

⑤钢筋拉伸试验(演示)。

⑥沥青三大指标试验。

⑦沥青混合料(演示)。

第二部分

《土木工程材料》辅导材料

绪 论

一、重点知识介绍

1. 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,是土木工程的物质基础。

2. 土木工程材料的分类

按材料的使用性能,可分为承重结构材料、非承重结构材料、功能材料。

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。详见教材表 0-1。

3. 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、部颁标准、地方标准 DB 和企业标准 QB。企业标准的要求指标要高于国家标准和部颁标准等。

土木工程材料的技术标准是确定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。对于使用部门,则按照标准可进行选材、设计和施工,并按标准验收产品。

二、例题

例题绪-1:全数值比较法和修约值比较法的示例与比较

项目	极限数值	测定值或其计算值	按全数值比较是否符合要求	修约值	按修约值比较是否符合要求
中碳钢的硅的质量分数(%)	≤ 0.5	0.452	符合	0.5	符合
		0.500	符合	0.5	符合
		0.549	不符合	0.5	符合
		0.551	不符合	0.6	不符合
盘条直径/mm	10.0 ± 0.1 (不含 -0.1)	9.94	符合	9.9	不符合
		9.86	不符合	9.9	不符合
		10.06	符合	10.1	符合
		10.05	符合	10.0	符合

例题绪-2:现测得普通水泥的 28d 抗折破坏荷载分别为:3330N、3800N、4000N。试计算抗折强度。(已知:试件的宽度和高度均为 40mm,试验时跨度为 100mm)。

解:

	抗折强度(计算精确至 0.1MPa)测定结果取三块试样的平均值,当三个强度值中有超过平均值的 $\pm 10\%$ 时,应剔除后再取平均值作为抗折强度试验结果。		
F_t/N	3330	3800	4000
f_t/MPa	7.8	8.9	9.4
	$f_{3\text{平均}} = 8.7$ 。(9.4 - 8.7)/8.7 = 8.04% = 8% < 10%, (8.7 - 7.8)/8.7 = 10.34% = 10% $\leq$ 10%。没有超过 10%		
结果	28d 抗折强度 = 8.7MPa		
	$f_t = 1.5FL/(bh^2) = 1.5F \times 100/(40 \times 40^2) = 1.5 \times 3330 \times 100/(40 \times 40^2) = 7.8\text{MPa}$		

第一章 土木工程材料的基本性质

一、重点知识介绍

1. 材料的物理性质

(1) 材料的含水状态及其质量

亲水材料的含水状态主要有湿润状态、饱和面干状态、气干状态和干燥状态四种,其对应的质量按大小排列为湿润状态质量(m_{wet} 或 $m_{\text{湿}}$) > 饱和面干状态质量或表干质量(m_{ssd} 或 m_{b}) > 气干状态质量(m_{ad}) > 干燥质量(m_{od} 或 m)。

(2) 材料的含孔状态及其体积

大多数材料内部都含有孔隙,孔隙的特征多少对材料的性能均会产生影响。若把开口孔和闭口孔的体积分别记为 V_K 和 V_B ,则材料的孔隙体积 $V_P = V_K + V_B$ 。

①材料绝对密实体积,用 V 表示。是指不包括材料内部孔隙体积的固体物质的实体体积。

②材料绝对密实体积+闭口孔隙体积,用 $V + V_B = V' = V_{\text{排}}$ 表示。是指包括了材料内部闭口孔隙体积的固体物质本身的体积。他等于干燥状态粒状或块状材料的排水体积($V_{\text{排}}$)。因为水不能进入闭口孔,故常用排水法测定该体积。

③自然状态下的体积,用 $V_0 = V + V_P = V + V_K + V_B$ 表示。是指材料的实体体积与材料所含全部孔隙体积之和,即包括材料实体体积和内部孔隙的外观几何形状的体积。

④散粒状材料的总体积,用 $V_0' =$ 各单个颗粒外观几何形状的体积之和+颗粒之间的空隙体积 $= V + V_P + V_V = V + V_K + V_B + V_V$ 表示。

(3) 材料质量与体积有关的性质

将所有密度概括为密度*,即通式为 $\rho^* = m^*/V^*$ 。

密度 $\rho^* = m^*/V^* = m/V = \rho$;

表观密度(如砂的表观密度) $\rho^* = m^*/V^* = m/(V + V_B) = m/V_{\text{排}} = \rho'$;

体积密度[如砖的体积(或表观)密度] $\rho^* = m^*/V^* = m^*/V_0 = m^*/(V + V_B + V_K) = \rho_0$;

松堆密度 $\rho^* = m^*/V^* = m^*/V_{\text{筒}} = m^*/(V + V_B + V_K + V_V) = \rho_0'$ 。

材料的密度 > 表观密度 > 体积密度 > 松堆密度。

(4) 材料孔隙率与空隙率

$$P^* = 1 - \rho_0^*/\rho^*$$

材料内部孔隙体积占总体积的百分率称为材料的孔隙率 $P = 1 - \rho_0/\rho$ 。

散粒材料堆积体积中,颗粒间空隙体积[还应包括(部分)开口孔体积]所占总体积的百分率称为空隙率 $P' = 1 - \rho_0'/\rho'$ 。

体积吸水率约等于开口孔隙率。 $W_V = (m_b - m)/(V_0 \rho_w) = W_m \rho_0/\rho_w \approx P_K$ 。

一般而言,孔隙率较小且连通孔较少的材料,其吸水性较小、强度较高、抗渗性与抗冻性较好。空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间相互填充的密实程度。

(5) 材料与水有关的性质

① 亲水性和憎水性

当材料与水之间的分子亲合力大于水本身分子间的内聚力时,材料表现为亲水性。当材料与水之间的分子亲合力小于水本身分子间的内聚力时,材料表现为憎水性。亲水性材料易被水润湿,且水能通过毛细管作用而渗入材料内部,表现为毛细管水上升。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中,从而降低材料的吸水性,表现为毛细管水下降。憎水性材料常被用作防水材料。

② 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性,用含水率表示。含水率是指材料内部所含水质量占材料干质量的百分率。材料中所含水分与周围空气的湿度相平衡时的含水率,称为平衡含水率。当材料吸湿达到饱和状态或极限时的含水率即为吸水率。

含水率(广义):材料试样在 105°C 温度下烘至恒量时所失去的水的质量与试样干质量的比值,以百分数表示。

③ 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性用吸水率表示,有以下两种表示方法:

a. 质量吸水率是指材料在吸水饱和时,其内部所吸收水分的质量占材料干质量的百分率。

b. 体积吸水率是指材料在吸水饱和时,其内部所吸收水分的体积占干燥材料自然体积的百分率,即为开口孔隙率。体积吸水率 = 质量吸水率 $\times$ 体积密度/水的密度。

对于细微连通的孔隙,孔隙率愈大,则吸水率愈大。封闭的孔隙内水分进不去,而开口的大孔虽然水分易进入,但不易保留,只能润湿孔壁,所以吸水率仍然较小。材料吸水后会导其自重增大、导热性增大、强度与耐久性下降。干湿交替还会引起材料形状和尺寸的改变而影响使用。

④ 耐水性

材料长期在饱和水作用下,强度不显著降低的性质称为耐水性,用软化系数表示。

土木工程中将 $K_{\text{软}} > 0.85$ 的材料,称为耐水材料。在设计长期处于水中或潮湿环境中的重要结构时,必须选用 $K_{\text{软}} > 0.85$ 的材料。用于受潮较轻或次要结构物的材料,其值不宜小于 0.75。

⑤ 抗渗性

材料抵抗压力水(或溶液)渗透的性质称为抗渗性。材料的抗渗性通常用渗透系数 K 表示。 K 值愈大,表示渗透通过材料的水量愈多,即抗渗性愈差。

材料的抗渗性也可用抗渗等级表示。抗渗等级是以规定的试件,在标准试验条件下所能承受的最大水压力来确定。例如,混凝土抗渗等级以符号“ P_n ”表示, P_8 表示在标准试验条件下 150mm 厚的混凝土材料能承受 0.8MPa 的水压而不渗水。

⑥ 抗冻性

材料在吸水饱和状态下,经受多次冻融循环作用而质量损失不大,强度也无显著降低的性质称为材料的抗冻性,用抗冻等级表示。抗冻等级是以规定的试件,在规定的试验条件下,测得其强度(慢冻法)[或相对动弹性模量(快冻法)]降低和质量损失不超过规定值时所能经受的冻融循环次数,用符号“ F_n ”表示,其中 n 即为最大冻融循环次数,如 F_{50} 、 F_{100} 等。

材料受冻融破坏主要是因其孔隙中的水结冰所致。掺入引气剂可以提高混凝土的抗冻性。