



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

土木工程材料

Civil Engineering Materials

总主编 李宏男
主 编 吕 平 赵亚丁
主 审 彭小芹



大连理工大学出版社

TU5
279

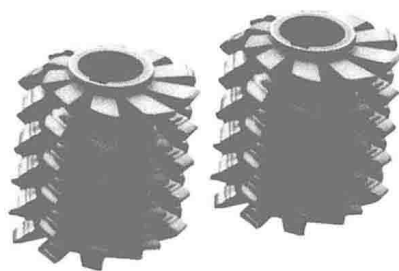


新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

土木工程材料

Civil Engineering Materials

总主编 李宏男
主 编 吕 平 赵亚丁
副主编 陈渊召 高小建 刘 杏
主 审 彭小芹



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料 / 吕平, 赵亚丁主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2015. 8

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

ISBN 978-7-5611-9967-1

I. ①土… II. ①吕… ②赵… 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(2015)第 158655 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84708943 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连业发印刷有限公司印刷

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 18.75 字数: 455 千字

印数: 1~2000

2015 年 8 月第 1 版

2015 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 王晓历

责任校对: 狄源硕

封面设计: 张莹

ISBN 978-7-5611-9967-1

定 价: 39.00 元

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材编审委员会

主任委员:

李宏男 大连理工大学

副主任委员(按姓氏笔画排序):

于德湖 青岛理工大学

牛狄涛 西安建筑科技大学

年廷凯 大连理工大学

范 峰 哈尔滨工业大学

赵顺波 华北水利水电大学

贾连光 沈阳建筑大学

韩林海 清华大学

熊海贝 同济大学

薛素铎 北京工业大学

委员(按姓氏笔画排序):

马海彬 安徽理工大学

王立成 大连理工大学

王海超 山东科技大学

王崇倡 辽宁工程技术大学

王照雯 大连海洋大学

卢文胜 同济大学

司晓文 青岛恒星学院

吕 平 青岛理工大学

朱伟刚 长春工程学院

朱 辉 山东协和学院

任晓菴 同济大学

刘 明 沈阳建筑大学

刘明泉 唐山学院

刘金龙 合肥学院

许成顺 北京工业大学

苏振超	厦门大学
李伙穆	闽南理工学院
李素贞	同济大学
李哲	西安理工大学
李晓克	华北水利水电大学
李帼昌	沈阳建筑大学
何芝仙	安徽工程大学
张玉敏	济南大学
张金生	哈尔滨工业大学
张鑫	山东建筑大学
陈长冰	合肥学院
陈善群	安徽工程大学
苗吉军	青岛理工大学
周广春	哈尔滨工业大学
周东明	青岛理工大学
赵少飞	华北科技学院
赵亚丁	哈尔滨工业大学
赵俭斌	沈阳建筑大学
郝冬雪	东北电力大学
胡晓军	合肥学院
秦力	东北电力大学
贾开武	唐山学院
钱江	同济大学
郭莹	大连理工大学
唐克东	华北水利水电大学
黄丽华	大连理工大学
康洪震	唐山学院
彭小云	天津武警后勤学院
董仕君	河北建筑工程学院
蒋欢军	同济大学
蒋济同	中国海洋大学

前 言

《土木工程材料》是新世纪普通高等教育教材编审委员会组编的土木工程类课程规划教材之一。

本教材以高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业培养目标、培养规格以及课程设置方案为指导原则,土木工程专业指导委员会审定的《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》为依据,结合现阶段土木工程专业教学改革要求,参考现行最新国家标准和规范编写而成。

本教材吸纳青岛理工大学“土木工程材料”国家资源共享课程和国家双语示范课程之精华,反映国内外课程体系、教学内容、教学方法和教学手段等方面改革最新研究成果和学科最新进展。将土木工程材料的基础性、系统性、先进性、技能性、前沿性和国际化融于一体。注意强化专业基础,拓宽知识面,优化知识结构,满足厚基础、大专业的要求。本教材每章均设置“学习目标”“发展趋势”“习题案例及分析”等栏目,以帮助学生加深对各类土木工程材料的理解,培养学生独立思考、发现问题、解决问题的能力。

本教材介绍常用土木工程材料的种类与组成、技术性能与要求、检测方法与应用,以及发展新趋势等。本教材包括:绪论;土木工程材料的基本性质;气硬性胶凝材料;水泥;普通混凝土;砂浆;建筑钢材;高分子材料;沥青及沥青混合料;木材;砌体材料;建筑功能材料;土木工程材料试验。

本教材可作为土木工程、材料科学与工程、建筑学、建筑工程管理等本科专业的教学用书,也可作为建材、建筑工程等领域从事设计、科研、施工、管理及生产技术与应用人员的参考用书。

本教材由青岛理工大学吕平(国家资源共享课程和国家双语示范课程负责人)和哈尔滨工业大学赵亚丁(黑龙江省精品课程《土木工程材料》负责人之一)任主编,华北水利水电大学陈渊召、哈尔滨工业大学高小建和青岛理工大学



刘杏任副主编,哈尔滨工业大学李学英、周春圣,青岛理工大学罗建林参与了编写。具体编写分工如下:吕平编写了绪论、第4章、第7章和第11章;赵亚丁编写了第3章;陈渊召编写了第8章、第10章和第12章;高小建编写了第1章;刘杏编写了第5章;李学英编写了第2章;周春圣编写了第6章;罗建林编写了第9章。重庆大学彭小芹审阅了书稿并提出了修改建议,在此谨致谢忱。

与本教材配套的课程资源在爱课程网站面向全国资源共享(http://www.icourses.cn/coursestatic/course_2839.html),其中课程基本资源包括教学要求、知识点、重点难点、教学设计、评价考核、教材内容、知识点注释、教学录像、演示文稿、习题、试卷、教学课件、例题、电子教材(英文版)、实验/实训/实习等16个课程基本资源。欢迎广大读者在学习过程中参考使用。

本教材在编写过程中,参考、借鉴了许多专家、学者的相关著作,对于引用的段落、文字尽可能一一列出,谨向各位专家、学者一并表示感谢。

限于水平,书中也许仍有疏漏和不妥之处,敬请专家和读者批评指正,以使教材日臻完善。

编 者
2015年8月

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84708462 84708445



第 0 章 绪 论	1
0.1 土木工程材料的含义与分类	1
0.2 土木工程材料在建设工程中的作用与发展趋势	2
0.3 本课程学习方法与要求	3
0.4 相关规范与标准	4
第 1 章 土木工程材料的基本性质	7
1.1 材料的组成与结构	7
1.2 材料的基本物理性质.....	11
1.3 材料的基本力学性质.....	19
1.4 材料的耐久性与环境协调性.....	21
第 2 章 气硬性胶凝材料	25
2.1 建筑石膏.....	25
2.2 石 灰.....	32
2.3 水玻璃.....	37
第 3 章 水 泥	42
3.1 水泥的生产与性能.....	43
3.2 通用硅酸盐水泥.....	50
3.3 通用硅酸盐水泥性能检测与评价.....	54
3.4 特种水泥.....	57
第 4 章 普通混凝土	64
4.1 普通混凝土的特点及分类.....	64
4.2 普通混凝土的组成材料.....	66
4.3 普通混凝土的技术性质.....	80
4.4 普通混凝土应满足的基本要求和质量控制	97
4.5 普通混凝土的配合比设计	100
第 5 章 砂 浆	112
5.1 砂浆的分类及组成材料	112
5.2 砌筑砂浆	114
5.3 抹面砂浆	118
5.4 砂浆的性能检测与评价	120

第 6 章 建筑钢材	122
6.1 钢材的冶炼与分类	123
6.2 建筑钢材的主要技术性能	125
6.3 钢材的化学成分及晶体组织	131
6.4 钢材的冷加工与热处理	134
6.5 建筑钢材的标准及选用	135
6.6 钢材的防锈与防火	143
6.7 建筑钢材的性能检测与评价	144
第 7 章 高分子材料	150
7.1 概 述	150
7.2 高分子材料的主要性能	152
7.3 建筑塑料	155
7.4 建筑涂料	159
第 8 章 沥青及沥青混合料	172
8.1 沥青材料	172
8.2 沥青混合料	186
第 9 章 木 材	204
9.1 木材的分类、构造与化学组成.....	205
9.2 木材的主要技术性质	206
9.3 木材的干燥、防腐与防火.....	211
9.4 木材的应用	212
9.5 常用建筑木材的性能评价与检测	214
第 10 章 砌体材料	216
10.1 砌墙砖.....	216
10.2 砌块.....	224
10.3 砌筑石材.....	229
第 11 章 建筑功能材料	238
11.1 建筑装饰材料.....	238
11.2 建筑防水材料.....	252
11.3 建筑绝热材料.....	261
第 12 章 土木工程材料试验	267
12.1 水泥性能试验.....	267
12.2 混凝土骨料试验.....	277
12.3 水泥混凝土拌和物性能试验.....	279
12.4 水泥混凝土物理力学性能试验.....	282
12.5 钢筋力学与机械性能试验.....	284
参考文献	291

第 0 章 绪 论

0.1 土木工程材料的含义与分类

0.1.1 含义

土木工程材料是指用于建筑工程中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。社会基础设施包括应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高速公路、道路桥梁、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、宾馆建筑、文化娱乐设施和卫生体育设施;用于官方需要的军事设施、安全保卫设施等。

对于土木工程材料的定义,可以从广义和狭义两个角度理解。从广义角度讲,土木工程材料是指在土木建筑工程中所应用的各种材料的总称,应包括:

- (1)构成建筑物本身的材料,如钢材、木材、水泥、石灰、砂石、红砖、玻璃、防水材料等。
- (2)施工过程中所用的材料,如钢、木模板及脚手杆、跳板等。
- (3)各种建筑器材,如给水排水设备、采暖通风设备、电气、电信、消防设备等。

从狭义角度讲,土木工程材料是指构成建筑物本身的材料,本书中主要介绍构成建筑物本身所使用的各种材料。

土木工程材料作为一切土木工程的物质基础,有着“建筑业粮食”之称,其质量、功能以及价格对于房屋建筑工程的质量、功能和价格具有重要的影响,因此作为土木工程材料应具有适用、耐久、量大和价廉四大特点。

0.1.2 分类

土木工程材料的种类繁多,按照化学成分,通常可以分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,见表 0-1。

表 0-1 土木工程材料的分类

无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁、不锈钢等
		有色金属	铝、铜及其合金等
	非金属材料	天然石材	砂石料及石制品
		烧土制品	砖、瓦、玻璃、陶瓷等
		胶凝材料	石灰、石膏、水泥等
		硅酸盐制品	混凝土、砂浆及硅酸盐制品
有机材料	植物材料		木材、竹材等
	沥青材料		石油沥青、煤沥青、沥青制品
	高分子材料		塑料、涂料、合成橡胶等
复合材料	非金属材料与非金属材料复合		水泥混凝土、砂浆等
	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

按材料来源,可分为天然材料及人造材料;按其使用性能,可分为承重结构材料、非承重结构材料及功能材料等;根据其功能,可分为结构材料、装饰材料、围护材料。

0.2 土木工程材料在建设工程中的作用与发展趋势

0.2.1 材料在建设工程中的作用

1. 材料质量是保证土木工程质量的基礎

土木工程材料是土木工程建设的重要物质基础,对土木工程的质量、造价以及土木工程技术具有重大的影响。

土木工程材料的品种、组成、构成、规格及使用方法等对土木工程的结构安全性、坚固耐久性和适用性等工程质量指标都有直接的影响。大量的工程实践表明,从材料选择、生产、使用、检验评定,到材料贮运、保存等环节都必须做到科学合理,否则任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷或引发质量事故。

2. 材料对土木工程造价的影响显著

土木工程材料的选择、使用与管理是否合理对工程的经济性影响非常大。在一项工程中,采用不同的材料或不同的材料使用方法,可能达到的工程效果是一致或接近的,但是需要的成本或消耗的资源却有很大的差别。因此,要在确保质量的基础上达到最佳的经济性,就要求优化选择和正确使用材料,充分利用材料的各种功能,在满足工程使用要求的条件下,降低材料的资源消耗或能源消耗,节约与材料有关的费用。从工程技术经济的角度来看,正确地选择和使用材料,在土木工程建设工作中对于创造良好的经济效益与社会效益具有十分重要的意义。

3. 新材料推进建筑工程技术进步

土木工程材料品种、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。通常情况下,结构设计形式或设计方法的创新都必须以适应于充分发挥材料的性能为前提。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。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。

0.2.2 发展趋势

随着现代化建设的发展,人类要求现代化的土木工程具有更高的安全性、舒适性、美观性、耐久性及经济实用性。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、材料循环利用等优点,研究开发和应用新型土木工程材料已成必然。遵循可持续发展战略,土木工程材料呈现以下发展趋势:

(1)多功能、高性能化:例如研制轻质、高强、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料,以及充分利用和发挥各种材料的特性,采用复合技术,制造出具有特殊功能的复合材料。

(2)再生利用:充分利用地方材料,尽量减少天然资源,大量使用尾矿、废渣、垃圾等废弃物作为生产土木工程材料的资源,以及保护自然资源和维护生态环境的平衡,产品可循环再生和回收利用,无污染废弃物,以防止二次污染。

(3)节约能源:采用低能耗、无环境污染的生产技术,优先开发、生产低能耗的材料以及能降低建筑物使用能耗的节能型材料。

(4)绿色环保:材料生产中不使用有损人体健康的添加剂和颜料,如甲醛、铅、镉、铬及其化合物等,同时开发对人体有益的材料,如抗菌、灭菌、除臭、除霉、防火、调温、消磁、防辐射、抗静电等。

(5)智能化:即要求土木工程材料具有自感知、自调节、自修复的功能。目前,如自清洁、混凝土裂缝自修复等智能土木工程材料已经在土木工程中得到很好的应用。

0.3 本课程学习方法与要求

各种土木工程材料在原材料、生产工艺、结构及构造、性能及应用、检验及验收、运输及储存等方面既有共性,也有各自的特点,因此,全面掌握土木工程材料的知识,需要学习和研究的内容范围很广。对于从事土木工程设计、施工、科研和管理的专业人员,掌握各种土木工程材料的性能及其适用范围以及如何选择最合适的土木工程材料最为重要。除了要对在施工现场直接配置或加工的材料(如泥子、混凝土、金属焊接等)深入学习其原材料、生产工艺以及它们与材料的结构和性能的关系外,对于以产品形式直接在施工现场使用的材料,也需要了解其原材料、生产工艺及结构、构造的一般知识,以便了解这些因素对材料性能的影响及如何产生影响。

土木工程材料与建筑设计、建筑结构、建筑施工及建筑经济一样,是建筑工程学科的一个分支,是土木工程、建筑学和工程管理等专业的重要基础课程。本课程的目的为其他专

业课程(如房屋建筑学、建筑施工、砖混结构、钢结构等)提供土木工程材料的基本知识;为从事技术工作,能合理地选用土木工程材料打下基础。因此,课程的任务就是使学生获得常用土木工程材料的性质与应用的基本技能训练。本课程中涉及常用的土木工程材料如砖、石灰、石膏、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、防水材料、塑料等,主要讨论这些材料的原料与生产;组成、结构与性质的关系;性质与应用;技术要求与检测;运输、验收与储存等方面的内容。

本课程具有内容繁多、涉及面广、可实践性强等特点,学生们在初学时要正确理解与全面掌握这些知识的难度较大。因此,在学习过程中,应在首先掌握材料基本性质和相关理论的基础上,再熟悉常用材料的主要性能、技术标准及应用方法,并结合工程案例灵活运用所学知识和试验、测试手段。为了帮助学生更快地达到上述目的,本教材在每章前面设置了“学习指导”和“历史回顾”,在大部分章节主体内容中设置了“工程案例与分析”。其中,“学习指导”明确了学生学习时应了解、熟悉、掌握的材料的相关内容,“历史回顾”简单概述了本章所介绍材料的历史起源和发展。通过“学习目标”和“历史回顾”的学习,有助于理清学习思路并提升学习兴趣。“案例分析”从实际工程案例出发提出与所学知识有关的问题,有助于加深学生们对所学知识的理解并提升理论联系实际的能力。

本课程是一门以生产实践和科学实验为基础的学科,因而实验课是本课程的重要教学环节。实验课的任务是验证基本理论,加深对课本知识的了解,学习试验方法和技术,培养动手能力和科学研究能力及严谨的科学态度。本课程的实验是根据课程的重点、难点和土木工程材料的发展趋势所设计的,由基本实验和开放实验组成。其中基本实验包括五项验证型实验和两项设计型实验,要求学生们在老师的指导下完全掌握并独立完成。做实验时必须严肃认真,应特别了解实验条件对实验结果的影响,并对实验结果做出正确的分析和判断。

与本教材配套的本课程教学资源分为课程基本资源和课程拓展资源二大部分。课程基本资源包括:教学要求、知识点、重点难点、教学设计、评价考核、教材内容、知识点注释、教学录像、演示文稿、习题作业、试卷、教学课件、例题、电子教材(英文版)、实验/实训/实习等 16 个课程基本资源,而且还包括土木工程材料中英文双语课程、技术前沿库、试验库、工程软件系统、土木工程材料师生互动平台等课程拓展资源。鉴于编者负责国家精品资源共享课程建设,上述课程教学资源面向全国资源共享。

0.4 相关规范与标准

作为有关生产、设计应用、管理和研究等部门应共同遵循的依据,对于绝大多数常用土木工程材料,均由专门的机构制定并发布相应的“技术标准”对其质量、规格和验收方法等作了详尽明确的规定。在我国,技术标准分为四级:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家标准是由国家质量监督检验检疫总局发布的全国性指导技术文件,其代号为 GB;行业标准也是全国性的指导技术文件,但它由主管生产部门(或总局)发布,其代号按部名而定。如建材行业标准,其代号为 JC,建工行业标准,其代号为 JG,交通行业标准,其代号为

JT,其他行业标准还有:铁道部标准(TB),冶金行业标准(YB),石化行业标准(SH),林业行业标准(LY);地方标准是地方主管部门发布的地方性指导技术文件,其代号为DB;企业标准仅适用于本企业,其代号为QB。凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定相应的企业标准。随着我国对外开放和加入世界贸易组织(WTO),常常涉及一些与土木工程材料关系密切的国内、国外标准,如国际标准(ISO)、美国材料试验标准(ASTM)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。

本课程讲述了建筑工程中常用的几种材料,本节结合后续各章节讲述的内容,简述各章节中涉及的主要国家标准。

第一章讲述土木工程材料的基本性质,涉及的国家标准有《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—1993)、《建筑材料放射性核素限量》(GB 6566—2010)。

第二章讲述气硬性胶凝材料,主要是建筑石膏和石灰,要求了解常用气硬性胶凝材料的性质与应用。涉及的标准有《建筑石膏》(GB/T 9776—2008)、《建筑石膏一般试验条件》(GB/T 17669.1—1999)、《天然石膏》(GB/T 5483—2008)、《建筑生石灰》(JC/T 479—2013)、《建筑石灰试验方法 第1部分:物理试验方法》(JC/T 478.1—2013)、《建筑消石灰》(JC/T 481—2013)等。

第3章讲述水泥,阐述了硅酸盐水泥熟料矿物的组成及其特性、硅酸盐水泥水化产物及其特征和硅酸盐水泥的性质与应用。涉及的国家标准有《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)、《水泥细度检验方法筛析法》(GB/T 1345—2005)、《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)、《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671—1999)等。

第四章讲述普通混凝土,本章是重点章节,介绍混凝土的定义、材料组成、性质、强度、技术要求和配合比设计等内容。涉及的标准有《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)、《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)等。

第五章介绍砂浆,主要是建筑砂浆技术性能的概念及测定方法、砌筑砂浆配合比设计和砂浆的应用等内容,相关的国家标准为《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ/T 98—2010)、《建筑砂浆基本性能试验方法标准》(JGJ/T 70—2009)等。

第六章介绍建筑钢材,讲述建筑钢材的基本力学性能及其工艺性能和建筑钢材的合理选用。涉及的标准有《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)、《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》(GB/T 228.1—2010)、《金属材料弯曲试验方法》(GB/T 232—2010)等。

第七章讲述高分子材料,包括基本概念、常用材料和高分子材料的组成与性能。相关的标准有《建筑材料及制品燃烧性能分级》(GB 8624—2012)、《塑料门窗工程技术规程》(JGJ 103—2008)、《聚氨酯防水涂料》(GB/T 19250—2013)等。

第八章介绍沥青及沥青混合料的相关内容,包括石油沥青、改性沥青和沥青混合料的组成、结构、性质与技术标准,以及沥青混合料的配合比设计。相关的标准有《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)、《建筑石油沥青》(GB/T 494—2010)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)等。

第九章简单介绍木材的分类、构造、物理力学性质和木材的干燥、防腐与防火方法。涉及的标准有《木材含水率测定方法》(GB/T 1931—2009)、《木材密度测定方法》(GB/T 1933

—2009)、《木材抗弯强度试验方法》(GB/T 1936.1—2009)等。

第十章介绍目前常用砌体材料,包括砖、砌块、石材的相关内容。有关的标准有《烧结多孔砖和多孔砌块》(GB 13544—2011)、《烧结空心砖和空心砌块》(GB/T 13545—2014)、《普通混凝土小型砌块》(GB/T 8239—2014)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)等。

第十一章讲述常用建筑功能材料,包括建筑装饰材料、建筑防水材料 and 建筑绝热材料的内容。相关的标准有《建筑玻璃应用技术规程》(JGJ 113—2009)、《弹性体改性沥青防水卷材》(GB 18242—2008)、《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)等。

第十二章介绍本课程中涉及的实验,明确工程材料性能试验与质量试验,是确保建设工程质量和安全的重要保证。要加强学生试验技能的培训,掌握基本的试验方法,为毕业后从事材料质量的试验与控制工作奠定基础。涉及的标准有《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671—1999)、《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)、《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》(GB/T 228.1—2010)等。

第1章 土木工程材料的基本性质

学习目标

1. 熟悉本课程中经常涉及的各种材料性质的基本概念；
2. 了解材料的组成与结构，以及它们与材料性质间的关系；
3. 掌握材料的各种物理性质和力学性质的基本概念及表示方法，并能较熟练地运用；
4. 了解材料耐久性的基本概念。

发展趋势

土木工程材料是土木工程的物质基础，为满足安全、健康、生态、舒适的土木工程的需要，土木工程材料应具备绿色化、高性能、多功能、长寿命及智能化的发展特点。

土木工程材料在实际使用中需要承受不同的力学荷载和环境条件作用（如温度和湿度变化、冻融循环、盐类侵蚀等），因此不同气候环境条件、不同建筑结构形式中所使用的土木工程材料要求具备不同的性质。土木工程材料的种类繁多，性质差异很大，只有熟悉和掌握各种材料的基本性质，才能在工程设计与施工中正确选择和合理使用材料。

1.1 材料的组成与结构

材料的组成和结构是决定材料性质的内在因素，要掌握材料的性质，必须先了解材料的组成、结构与材料性质之间的关系。

1.1.1 材料的组成

材料的组成即材料的成分，可由化学组成、矿物组成两个层次来表征。

1. 化学组成

化学组成是指材料的化学成分。无机非金属材料通常以各种氧化物含量的百分数来表示，金属材料以各化学元素的含量来表示，有机材料则以各化合物的含量来表示。

材料的化学成分是决定材料性质的主要因素之一，它影响材料的密度、耐水性、耐火性、

保温性和化学稳定性等一系列性质。

2. 矿物组成

矿物组成是指构成材料的矿物种类和相对含量。矿物是具有固定化学组成和特定内部结构的单质或化合物。矿物组成是决定无机非金属材料化学性质、物理性质、力学性能和耐久性的重要因素。

材料的化学组成不同时,矿物组成一定不同;化学组成相同时,材料的矿物组成有可能不同,从而表现出不同的性质。例如,同是碳元素组成的石墨和金刚石,同是碳酸钙组成的方解石和霏石;虽然它们化学组成相同,但由于矿物组成不同,表现出的物理性质和力学性质完全不同。另外,硅酸盐水泥的主要化学组成是 CaO 、 SiO_2 ,形成的两种主要矿物为硅酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)和硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$),前者强度增长快,放热量大,后者强度增长缓慢,放热量小。因此,在已知材料化学组成条件下,进一步掌握材料矿物组成对于判断材料性质具有重要作用。

1.1.2 材料的结构

材料的结构是决定材料性质的重要因素之一。根据研究尺度不同,材料结构可以分为宏观结构、细观结构和微观结构三种。

1. 结构层次

(1) 宏观结构

宏观结构是指用肉眼或放大镜能够观察到的材料组织和构造状况(mm级以上)。该层次结构主要研究材料组成的基本单元形状、分布状态、空隙与裂纹大小及数量等。例如,混凝土中的砂、石、气泡、纤维数量及分布状态等属于材料的宏观结构状态。材料的宏观结构主要有以下几种类型:

① 致密结构

致密结构指材料中的宏观孔隙及裂缝量很少或接近于零,如钢材、玻璃、沥青和部分塑料等材料,其主要特性为:吸水率低、抗渗性好、强度较高等。

② 多孔结构

多孔结构指材料中的孔隙含量较高,这些孔隙或连通或封闭,如石膏制品、加气混凝土、多孔砖、泡沫混凝土、泡沫塑料等材料,其主要特性为:质轻、吸水率高、抗渗性差,但保温、隔热、吸声性能好。

③ 纤维结构

纤维结构指由纤维状物质构成的材料结构,纤维之间通常存在相当多的孔隙,如木材、钢纤维、玻璃纤维、岩棉等材料,其主要特性为:平行纤维方向的抗拉强度较高,且大多数具有轻质、保温、吸声性质。

④ 粒状结构

粒状结构指材料呈松散颗粒状结构,如砂、石子、粉煤灰及各种粉状材料,常用于各类混凝土及保温材料的原材料。

⑤ 聚集结构

聚集结构指材料中的颗粒通过胶结材料彼此牢固地结合在一起,如各类混凝土、建筑陶瓷、砖、某些天然岩石等材料,其主要特性为:强度较高,脆性高。