



普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材
国家应用型创新人才培养系列精品教材

www.jccbs.com
免费下载

土木工程材料

Construction Materials

主 编 杨中正 刘焕强 赵玉青



中国建材工业出版社

普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材
国家应用型创新人才培养系列精品教材

土木工程材料

主编 杨中正 刘焕强 赵玉青

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程材料/杨中正, 刘焕强, 赵玉青主编. —
北京: 中国建材工业出版社, 2017.5

普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材 国
家应用型创新人才培养系列精品教材

ISBN 978-7-5160-1834-7

I. ①土… II. ①杨… ②刘… ③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 (2017) 第 082175 号

内 容 提 要

本书着重介绍了土木工程材料的基本知识、组成、性能、技术要求、用途及检验方法等, 运用理论与试验相结合的方法, 对土木工程材料性能及其应用进行了较为深入的阐述, 并对重点内容辅以相应的试验作为指导, 把工程实践内容有机地组织到教材中, 加强了实践运用的力度, 以便读者学习。

全书内容包括土木工程材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、建筑石材、沥青及沥青混合料、墙体与屋面材料、聚合物材料、装饰材料、建筑功能材料和土木工程材料试验。

本书应用性强, 适用面宽, 可作为高等学校土木工程、工程管理、道路桥梁、水利、工程造价、建筑学及相关专业学生的教材或教学参考用书, 也可作为土木工程设计、施工、监理、科研和管理等相关人员的参考用书。

土木工程材料

主 编 杨中正 刘焕强 赵玉青

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 24.75

字 数: 610 千字

版 次: 2017 年 5 月第 1 版

印 次: 2017 年 5 月第 1 次

定 价: 62.80 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

本书是普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材，以“高等学校土木工程本科指导性专业规范”为指导，结合多年教学实践经验，立足材料在土木工程中的应用，合理借鉴国内外土木工程材料发展的新成果，针对土木工程领域技术发展和人才培养的需求，力图全面反映土木工程材料及其应用技术的发展现状与趋势，让学生在学习现代土木工程材料知识的同时培养创新精神，提高能力，增强素质，为进一步学习专业课以及毕业后从事专业相关工作打下必要的基础。

本书阐述了土木工程材料的基本知识，并介绍了常用土木工程材料的基本组成、生产工艺、材料性能、技术质量要求、用途及检验方法等，强调教学的实用性，注重反映和突出基础理论在工程实践中的应用，把工程实践内容有机地组织到教材中，加强了实践运用的力度，具有系统性、全面性和实用性等特点。本书内容较全面，包括土木工程材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、建筑石材、沥青及沥青混合料、墙体与屋面材料、聚合物材料、装饰材料、建筑功能材料和土木工程材料试验。每章也配有习题和相关的工程案例，更有利于学生掌握本章重点内容。

本书由华北水利水电大学教师合作编写，参加编写工作的有：杨中正教授（第1章、第2章、第3章、第7章、第14章的试验一及试验七）、刘焕强副教授（第4章、第5章、第9章、第11章、第13章、第14章的试验二至试验六）、赵玉青副教授（第6章、第8章、第10章、第12章）。

土木工程材料发展日新月异，新材料、新标准层出不穷，作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大师生和读者不吝批评指正。

编者
2017年1月

目 录

1 绪论	1
1.1 土木工程和土木工程材料	1
1.2 土木工程材料的分类	1
1.3 土木工程材料的技术要求	3
1.4 土木工程材料在国民经济中的地位和发展方向	7
1.5 土木工程材料的学习目的和要求	8
思考题	9
2 土木工程材料的基本性质	10
2.1 材料的组成、结构与构造	10
2.2 材料的物理性质	14
2.3 材料的力学性质	19
2.4 材料与水有关的性质	23
2.5 材料的热学性质	27
2.6 材料的耐久性	30
思考题	32
3 气硬性胶凝材料	34
3.1 石膏	34
3.2 水玻璃	39
3.3 石灰	41
3.4 镁质胶凝材料	49
思考题	53
4 水泥	54
4.1 硅酸盐水泥	55
4.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	64
4.3 其他品种水泥	69
4.4 水泥的储运与验收	76
思考题	79
5 混凝土	81
5.1 混凝土的组成材料	82

5.2	混凝土的主要技术性质	97
5.3	混凝土的质量控制与强度评定	112
5.4	普通水泥混凝土的配合比设计	118
5.5	路面水泥混凝土	127
5.6	高性能混凝土	134
5.7	其他混凝土	138
	思考题	143
6	建筑砂浆	145
6.1	建筑砂浆的组成材料	145
6.2	建筑砂浆的技术性质	146
6.3	砌筑砂浆的配合比设计	148
6.4	抹面砂浆	151
6.5	其他砂浆	153
	思考题	154
7	建筑钢材	156
7.1	钢材的冶炼和分类	156
7.2	钢材的技术性能	168
7.3	钢材的腐蚀、防护和防火	176
7.4	土木工程用钢的品种和选用	178
	思考题	183
8	建筑石材	185
8.1	天然岩石的分类	185
8.2	天然岩石的技术性质	186
8.3	工程砌筑石材	189
	思考题	192
9	沥青及沥青混合料	193
9.1	石油沥青与煤沥青	193
9.2	改性沥青	214
9.3	沥青防水材料	216
9.4	沥青混合料	220
	思考题	253
10	墙体与屋面材料	254
10.1	砌墙砖	254
10.2	砌块	261

10.3	屋面材料	264
	思考题	266
11	聚合物材料	267
11.1	合成高分子材料概述	267
11.2	建筑塑料	270
11.3	建筑防水材料	274
11.4	建筑涂料与胶粘剂	279
11.5	合成橡胶与合成纤维	287
11.6	土工合成材料	290
	思考题	294
12	装饰材料	295
12.1	装饰材料的基本要求	295
12.2	常用建筑装饰材料	296
	思考题	308
13	建筑功能材料	309
13.1	吸声材料	309
13.2	隔声材料	312
13.3	保温隔热材料	313
13.4	防水材料	317
	思考题	325
14	土木工程材料试验	326
	试验一 土木工程材料基本物理性质试验	327
	试验思考题	332
	试验二 水泥试验	332
	试验三 混凝土拌合物性能试验	354
	试验四 混凝土物理力学性能试验	359
	试验五 石油沥青性能试验	367
	试验六 沥青混合料试验	373
	试验七 钢材力学性能试验	382
	试验思考题	384
	参考文献	385



内容提要

掌握土木工程材料的概念和土木工程材料的发展方向、化学组成、键型和主要特征；熟悉并了解土木工程材料试验中计算的算术平均值、标准差、变异系数所表达的含义；了解我国土木工程材料的标准。

1.1 土木工程和土木工程材料

土木工程是建造各类工程设施科学技术的统称，包括应用的材料、设备和进行的勘测、设计、施工、保养、维修等技术活动，以及工程建设的对象；也包括建造在地上或地下、陆上或水中、直接或间接为人类生活、生产、军事、科研提供服务的各种工程设施，例如建筑工程、桥梁工程、公路与城市道路工程、铁道工程、管道隧道工程、运河堤坝工程、港口工程、电站工程、飞机场工程、海洋平台工程、给水排水以及防护工程等。

土木工程材料包括广义的土木工程材料和狭义土木工程材料。广义的土木工程材料指土木工程中所有的材料，包括施工过程中的辅助材料以及建筑器材等。其中，建筑物材料包含砂石、水泥、石灰、混凝土、钢材、沥青、沥青混合料、装饰材料等；施工过程的辅助材料，包括脚手架、模板、卷扬机等；建筑器材，包含消防设备、给排水设备、网络通讯设备等。狭义土木工程材料指直接构成工程实体所有材料及制品的总称，它们是构成建筑物的最基本元素，是一切土木工程的物质基础。

1.2 土木工程材料的分类

土木工程材料可按不同原则进行分类。

1.2.1 按材料的化学成分分

金属材料是指以金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性材料的统称。包括纯金属、合金、金属材料金属间化合物和特种金属材料等。一般分为工艺性能和使用性能两类。所谓工艺性能是指机械零件在加工制造过程中，金属材料在特定的冷、热加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏，决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同，要求的工艺性能也就不同，如铸造性能、可焊性、可锻性、热处

理性能、切削加工性能等。所谓使用性能是指机械零件在使用条件下,金属材料表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能、化学性能等。金属材料使用性能的好坏,决定了它的使用范围与使用寿命。在机械制造业中,一般机械零件都是在常温、常压和非强烈腐蚀性介质中使用的,且在使用过程中各机械零件都能承受不同荷载的作用。金属材料在荷载作用下抵抗破坏的性能,称为力学性能(过去也称为机械性能)。金属材料的力学性能是零件设计和选材时的主要依据。外加荷载性质不同(例如拉伸、压缩、扭转、冲击、循环荷载等),对金属材料要求的力学性能也将不同。常用的力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等。

无机非金属材料是由硅酸盐、铝酸盐、硼酸盐、磷酸盐、锆酸盐等原料和(或)氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、硫化物、硅化物、卤化物等原料经一定的工艺制备而成的材料。是除金属材料、高分子材料以外所有材料的总称。它与广义的陶瓷材料有等同的含义。无机非金属材料种类繁多,用途各异,目前还没有统一并完善的分类方法。一般将其分为传统的(普通的)和新型的(先进的)无机非金属材料两大类。传统的无机非金属材料主要是指由二氧化硅(SiO_2)及其硅酸盐化合物为主要成分制成的材料,包括陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料等。此外,搪瓷、磨料、铸石(辉绿岩、玄武岩等)、碳素材料、非金属矿(石棉、云母、大理石等)也属于传统的无机非金属材料。新型的(或先进的)无机非金属材料是用氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、硫化物、硅化物以及各种无机非金属化合物经特殊的先进工艺制成的材料。主要包括先进陶瓷、非晶态材料、人工晶体、无机涂层、无机纤维等。无机非金属材料具有高熔点、高硬度、耐腐蚀、耐磨损、高强度和良好的抗氧化性等基本属性还具有宽广的导电性、隔热性、透光性、良好的铁电性、铁磁性和压电性。

有机材料又称高分子材料,是指由一种或几种结构单元多次($10^3 \sim 10^5$)重复连接起来的化合物。它们的组成元素不多,主要是碳、氢、氧、氮等,但是相对分子质量很大,一般在10000以上,有的可高达几百万。因此才叫做高分子化合物。高分子化合物的基本结构特征使它们具有跟低分子化合物不同的许多宝贵的性能。例如机械强度大、弹性高、可塑性强、硬度大、耐磨、耐热、耐腐蚀、耐溶剂、电绝缘性强、气密性好等,使高分子材料具有非常广泛的用途。

综上所述,土木工程材料按化学成分分类见表1-1,材料的化学组成、键型和主要特征见表1-2。

表 1-1 土木工程材料按化学成分分类

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:如石材、砂、碎石等
		无机胶凝材料:如石灰、石膏、水玻璃、水泥等 硅酸盐制品:砖、瓦、玻璃、陶瓷 无机纤维材料:玻璃纤维、矿物纤维、氧化物纤维等
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	橡胶、塑料、涂料、油漆、胶黏剂等

续表

复合材料	非金属-非金属复合	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	轻质金属夹心板、PVC 钢板等

表 1-2 材料的化学组成、键型和主要特征

材料类别	化学组成	组合键	主要特征
金属材料	金属元素	金属键	光泽、塑性、较高强度、刚度、导热导电
无机非金属材料	氧、硅或其他金属的化合物、氮化物、碳化物等	离子键 共价键	耐高温、耐蚀、脆性
高分子材料	碳、氢、氧、氮、氟等	共价键 分子键	轻、比强度高、耐磨、耐蚀、易老化、刚度小
复合材料	两种或两种以上不同材料组成	—	比强度、比模量高、功能复合

1.2.2 按材料的来源划分

根据材料的来源，土木工程材料可分为天然材料及人造材料。

1.2.3 按材料的使用部位划分

根据材料的使用部位不同，土木工程材料可分为承重材料、墙体材料、屋面材料等。

1.2.4 按材料的功能划分

根据材料的功能，土木工程材料可分为两大类：

结构材料——主要用做承重的材料，如梁、板、柱所用材料。

功能材料——主要是利用材料的某些特殊功能，包括装饰、防水抗渗、绝热、耐热、防火、耐磨、耐腐蚀、防爆、防腐蚀材料等。

1.3 土木工程材料的技术要求

1.3.1 材料的性能检验方法

通常在实验室内进行材料的性能检测，包括结构检测，实验室内模拟现场修筑试验性能结构检测等。

检测性能的基本要求：

(1) 测试技术

取样：代表性。

仪器：仪器精度与试验要求一致。

试验：试件和试验严格按照试验规程进行。

结果和评定：结果满足精确度和有效数字的要求。一般取算术平均值作为结果。

(2) 试验条件

由于同种材料在不同条件下会得出不同结果，因此严格控制试验条件，保证结果可比性。具体如下：

温度：温度低，抗冲击强度低。

湿度：一般试件湿度越大，测得的强度越小。

试件尺寸与受荷面的平整度：小试件比大试件强度高，高度低的试件比高度高的试件强度高。

加荷速度：加荷速度越快，试件强度越高。

(3) 检测报告

包括试验名称、内容、目的与原理、试验编号、测试数据、计算结果评定与分析、实验条件与日期、试验人、校核人、技术负责人等。注意，试验报告需要整理、计算，不是原始记录。

1.3.2 材料性能检测的数据处理与分析

在进行具体的数字运算前，按照一定的规则确定一致的位数，然后舍去某些数字后多余尾数的过程称为数字修约，指导数字修约的具体规则称为数字修约规则。现在广泛使用的数字修约规则主要有“四舍五入”规则和“四舍六入五单双法”规则。

当尾数为5，而尾数后面的数字均为0时，应看尾数“5”的前一位，若前一位数字此时为奇数，就应向前进一位；若前一位数字此时为偶数，则应将尾数舍去。数字“0”在此时应被视为偶数。当尾数为5，而尾数“5”的后面还有任何不是0的数字时，无论前一位在此时为奇数还是偶数，也无论“5”后面不为0的数字在哪一位上，都应向前进一位。

负数修约，按上述进行，最后在修约值前面加上负号。

1.3.3 平均值、标准差以及变异系数

数据有两种变化趋势，集中趋势和离散趋势。表示数据集中趋势的指标有多个，如算术平均数、中位数、几何平均数、调和平均数等，使用最多的是算术平均数。表示数据离散趋势的指标有多个，如极差、平均离差、方差与标准差，使用最多的是方差与标准差。

1. 平均数

算术平均数是指资料中各观察值的总和除以观察值的个数所得的商，简称平均数或均值，记为 $\bar{x}$ 。平均数是统计学中最常用的统计量，用来表明资料中各观测值相对集中较多的中心位置。设某一资料包含 n 个观测值： x_1 、 x_2 、 $\cdots$ 、 x_n ，则样本算术平均数可通过式(1-1)计算：

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1-1)$$

2. 中位数

将资料内所有观测值从小到大依次排列, 位于中间的那个观测值, 称为中位数, 记为 M_d 。当所获得的数据资料呈偏态分布时, 中位数的代表性优于算术平均数。中位数的计算方法因资料是否分组而有所不同。对于未分组资料, 先将各观测值从小到大依次排列, 当观测值个数 n 为奇数时, $(n+1)/2$ 位置的观测值, 即 $M_d = x_{(n+1)/2}$ 为中位数; 当观测值个数 n 为偶数时, $n/2$ 和 $(n/2+1)$ 位置的两个观测值之和的 $1/2$ 为中位数, 即 $M_d = \frac{x_{n/2} + x_{(n/2+1)}}{2}$ 。已分组资料中位数的计算方法。若资料已分组, 编制成次数分布表, 则可利用次数分布表来计算中位数, 其计算公式见式 (1-2):

$$M_d = L + \frac{i}{f} \left(\frac{n}{2} - c \right) \quad (1-2)$$

式中 L ——中位数所在组的下限;

i ——组距;

f ——中位数所在组的次数;

n ——总次数;

c ——小于中数所在组的累加次数。

3. 几何平均数

n 个观测值相乘之积开 n 次方所得的方根, 称为几何平均数, 记为 G 。它主要应用于生产动态分析, 畜禽疾病及药物效价的统计分析。如动物生产中增长率, 抗体的滴度, 药物的效价, 疾病的潜伏期等, 或当资料中的观察值呈几何级数变化趋势, 或计算平均增长率, 平均比率等时用几何平均数比用算术平均数更能代表其平均水平, 其计算公式见式 (1-3)。为了计算方便, 可将各观测值取对数后相加除以 n , 得 $\lg G$, 再求 $\lg G$ 的反对数, 即得 G 值, 见式 (1-4):

$$G = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdots x_n} = (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdots x_n)^{\frac{1}{n}} \quad (1-3)$$

$$G = \lg^{-1} \left[\frac{1}{n} (\lg x_1 + \lg x_2 + \cdots + \lg x_n) \right] \quad (1-4)$$

4. 调和平均数

资料中各观测值倒数的算术平均数的倒数, 称为调和平均数, 记为 H , 见式 (1-5):

$$H = \frac{1}{\frac{1}{n} \left(\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \cdots + \frac{1}{x_n} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum \frac{1}{x}} \quad (1-5)$$

5. 标准差

用平均数作为样本的代表, 其代表性的强弱受样本资料中各观测值变异程度的影响。仅用平均数对一个资料的特征作统计描述是不全面的, 还需引入一个表示资料中观测值变异程度大小的统计量, 为此引入标准差记 S , 计算公式见式 (1-6) 和式 (1-7):

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-6)$$

$$\text{或} \quad S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}} \quad (1-7)$$

标准差可以反映绝对离散程度。

6. 变异系数

当资料所带单位不同或单位相同但平均数相差较大时,不能直接用标准差比较各样本资料的变异程度大小。变异系数是衡量资料中各观测值变异程度的另一个统计量。标准差与平均数的比值称为变异系数,记为 C_v , 见式 (1-8):

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1-8)$$

变异系数可以消除单位和(或)平均数不同对两个或多个资料变异程度的影响,反映相对离散程度。

此外,还有可疑值、极端值和异常值。当对同一样品进行多次重复测定时,常发现一组分析数据中某一、两个测定值比其他测定值明显地偏大或偏小,我们将其视为可疑值。可疑值可能是测定值随机波动的极端表现,即极端值(包括极大和极小值),它们虽然明显地偏离多数测定值,但仍处于统计上所允许的误差范围之内,与多数测定值属于同一总体。当然有些可疑值可能与多数测定值并非属于同一总体内,这样的可疑值称为异常值。样本异常值是指样本中的个别值,其数值明显偏离它所在样本的其余观测值。

1.3.4 技术标准

产品标准化是现代工业发展的产物,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。为了适应现代化生产科学管理的需要,专门的机构必须对土木工程材料产品的各项技术制定统一的执行标准,对其产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收方法、验收规则、标志、运输和贮存等方面作出详尽而明确的规定,作为有关生产、设计应用、管理和研究等部门共同遵循的依据。

目前,世界各国对土木工程材料的标准化都非常重视,均有自己的国家标准。随着我国对外开放和加入世界贸易组织(WTO),常常会涉及这些标准,其中主要有,世界范围统一使用的国际标准,代号为 ISO; 美国材料试验学会标准,代号为 ASTM; 德国工业标准,代号为 DIN; 英国标准,代号为 BS; 法国标准,代号为 NF; 日本工业标准,代号为 JIS 等。熟悉相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。国外产品在我国境内使用时,如无特别许可,必须符合我国国家标准。

《中华人民共和国标准化法》将我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准、企业标准四级,我国国家技术监督局是国家标准化管理的最高机关。对于生产企业,必须按标准生产合格的产品,同时它可促进企业改善管理,提高生产率,实现生产过程合理化。国家标准和部门行业标准都是通用标准,是国家指令性技术文件,各级生产、设计、施工等部门,均必须严格遵照执行。凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。

1. 国家标准

国家标准是指由国家标准化主管机构批准发布,对全国经济、技术发展有重大意义,且在全国范围内统一的标准。国家标准有强制性标准(代号为 GB)、推荐性标准(代号为 GB/T)。

2. 行业标准

行业标准也是全国性的标准,但是它是由主管生产部(或总局)发布,如建材行业标

准（代号为 JC），建工行业标准（代号为 JG），冶金行业标准（代号为 YB），交通行业标准（代号为 JT）。

3. 地方标准

地方标准是地方主管部门发布的地方性标准（代号为 DB）。

4. 企业标准

企业标准则仅适用于本企业（代号为 QB）。凡没有制定国家标准、行业标准的产品，均应制定企业标准。

标准的一般表示方法，是由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成。例如：《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082—2009）。对于强制性国家标准，任何技术（或产品）不得低于其规定的要求；对推荐性国家标准，表示也可以执行其他标准的要求；地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

1.4 土木工程材料在国民经济中的地位和发展方向

1.4.1 土木工程材料在国民经济中的地位

1. 建筑业的物质基础

材料质量的优劣，选用是否适当，配制是否合理等因素直接影响结构物的造价和质量。

2. 土木工程材料决定工程造价

在工程修筑费用中，材料费用约占 30%~70%，某些重要工程甚至可达到 70%~80%。如材料费用一般占建筑工程总造价的 50%~70%，水利工程材料的费用占 30%~40%。材料质量的优劣，配制是否合理，选用是否恰当直接影响建筑工程质量。所以节约工程投资，降低工程造价，合理选配和应用材料是极其重要的一个环节。

3. 材料的研究是土木工程技术发展的重要基础

工程建设中要实现新设计、新技术、新工艺，因此研制新材料至关重要。新材料的出现又会推动新技术的发展。土木工程材料的发展与土木工程建造技术的进步有着不可分割的联系，它们相互制约、相互依赖和相互推动。新型土木工程材料的诞生推动了土木工程设计方法和施工工艺的变化，而新的土木工程设计方法和施工工艺对土木工程材料品种和质量提出了更高的多样化要求。一种新型土木工程材料的出现，必将促进土木工程结构设计和施工技术的革新。提高土木工程材料的强度，则在相同承载力下，构件的截面尺寸可以减小，自重也随之降低。材料的重量减轻，不仅构件自重小，而且在相同的运输能力下，构件和制品的数量就可增大。如果采用轻质大板、空心砌块取代传统的烧结普通砖，既减轻了墙体自重，又改善了墙体的保温性能。采用轻质高强土木工程材料可以使整个建筑物的重量大大降低，从而使建筑物的下部结构和地基的负荷相应减少，抗震能力增强。同时，也有利于机械化施工，加快工程施工进度。

随着社会生产力的发展和人民生活水平的提高，对土木工程材料在功能方面提出新要求，反过来又将促进土木工程材料的发展。例如，现代高层建筑和大跨度结构需要高强轻

质材料；化学工业厂房、港口工程、海洋工程等需要耐化学腐蚀材料；建筑物下部结构、地铁和隧道工程等需要高抗渗防水材料；建筑节能需要高效保温隔热材料；严寒地区的工程需要高抗冻性材料；核工业发展需要防核辐射材料；为使建筑物满足美观的需求，则需要各种绚丽多彩的装饰材料等。因此，在土木工程中，按照建筑物对材料功能的要求及其使用时的环境条件，正确合理地选用材料，做到材尽其能，物尽其用，这对于节约材料，降低工程造价，提高基本建设的技术经济效益具有重大的意义。

一般来说，优良的土木工程材料必须具备足够的强度，能够安全地承受设计荷载；自身的重量（表观密度）以轻为宜，以减少下部结构和地基的负荷；具有与使用环境相适应的耐久性，以便减少维修费用；用于装饰的材料，应能美化房屋并能产生一定的艺术效果；用于特殊部位的材料，应具有相应的特殊功能，如屋面材料要能隔热、防水，楼板和内墙材料要能隔声等。除此之外，土木工程材料在生产过程中还应尽可能保证低能耗、低物耗及环境友好。

1.4.2 土木工程材料的发展方向

土木工程材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。随着社会生产力的发展，人类最从早穴居巢处，进入能制造简单工具的石器、铁器阶段，如万里长城（200 B.C.）采用条石、大砖、石灰砂浆等，金字塔（2000—3000 B.C.）采用石材、石灰、石膏等材料，罗马圆形剧场（70—80 A.D.）采用石材、石灰砂浆等；18世纪中叶进入钢材、水泥等材料的阶段，19世纪进入钢筋混凝土（1890—1892）阶段；20世纪进入预应力混凝土、高分子材料的时代；进入21世纪后，土木工程材料不仅性能和质量不断改善，而且品种不断增加，一些具有特殊功能的新型土木工程材料应运而生，如轻质、高强、节能、高性能绿色建材等。

随着生产的发展、科学技术的进步，土木工程材料的发展更迅速，传统材料朝着轻质、高强、美观、复合化和多功能化、绿色化方向发展。主要表现在原料、工艺、性能、形式和研究方向上。

① 在原材料上，利用再生资源，如工农业废渣、废料，保护土地资源。

② 在工艺上，引进新技术，改造、淘汰旧设备，降低原材料与能耗，减少环境污染，维护社会可持续发展。

③ 在性能上，力求产品轻质、高强、耐久、美观并具有高性能化和多功能化。

④ 在形式上，发展预制装配技术，提高构件尺寸和单元化水平。

⑤ 在研究方向上，研究和开发化学建材和复合材料，促进新型建材的发展。

1.5 土木工程材料的学习目的和要求

土木工程材料是一门实用性很强的专业基础课。它以数学、力学、物理、化学等课程为基础，并为学习有关的后续专业课程提供材料基本知识，同时还为学生从事工程实践和科学研究打下必要的基础。该课程的基本任务是使学生通过学习，获得土木工程材料的基础知识，掌握土木工程材料的技术性能、应用方法及其试验检测技能，同时对土木工程材

料的储运和保护也有所了解,以便在今后的工作实践中正确选择与合理使用土木工程材料。

1.5.1 学习的目的

该课程对土木工程中材料的合理选择、设计、存储、研究和发展,以及保证工程建设质量都具有重要的指导意义。学习重点应是根据材料的性质合理选用材料。要达到这一点,就必须了解各种材料的特性,在学习时,不仅要了解每一种土木工程材料具备哪些性质,而且应对不同类型、不同品种材料的特性进行相互比较,只有掌握其特点,才能做到正确合理选用材料。同时,还应知道材料具备某种工程性质的基本原理,以及影响工程性质变化的外界条件。

1.5.2 学习要求

重点掌握常用土木工程材料的技术性能、组配方法及检验方法,以及各种材料的内部组成结构及其与技术性能之间的关系,学会合理选用材料。熟悉常用材料的测试仪器,掌握测试方法和技术。了解材料的产源,加工工艺对其性能的影响,材料存在的问题和改善方法及保管和运输材料等问题。

重视试验课的学习。试验课是重要教学环节,可加深了解材料的性能和掌握试验方法,培养科学研究能力以及严谨的科学态度。通过试验,一方面要学会利用各种常用土木工程材料的检验方法,对土木工程材料进行合格性判断和验收;另一方面可提高实践技能,能对试验数据、试验结果进行正确的分析和判别,培养科学认真的态度和实事求是的工作作风。因此,结合课堂讲授的内容,加强对材料实验的实践是十分必要的。

思考题

1. 什么是土木工程和土木工程材料?
2. 木工程材料按化学成分分哪几类?
3. 什么是算术平均值、标准差、变异系数?
4. 《中华人民共和国标准化法》将我国标准分为哪几类?
5. 土木工程材料在国民经济中的地位?
6. 土木工程材料的发展方向?

土木工程材料的基本性质



内容提要

掌握材料的基本组成、结构、物理性质和基本力学性质，熟悉材料的密度、表观密度和堆积密度间的关系；了解材料与水 and 热有关的性质；掌握材料的耐久性能。重点是掌握材料的基本物理性质、力学性质和耐久性，难点是材料的耐久性及其影响因素。

土木工程材料的基本性质，是指材料处于不同的使用条件和使用环境时，通常具有的最基本的、共有的性质。建筑物是由各种土木工程材料建造而成的，这些土木工程材料在建筑物各个部位的功能不同、使用环境不同，人们对材料的使用功能要求就不同，对材料性质的要求也就有所不同，因而要求土木工程材料必须具有相应的基本性质。例如，用于结构部位的材料需要承受不同外力作用，因此应具有所需的力学性能；用于基础的材料除了受建筑物的荷载作用外，还可能受地下水侵蚀或冰冻作用；用于建筑物外墙的材料，要求具有防水、耐腐蚀的特点；对于长期暴露在大气中的材料则要求其能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻引起的温度变化、湿度变化及反复冻融引起的破坏。为了保证在工程设计与施工中能够正确地选择和合理地使用土木工程材料，必须了解土木工程材料的主要性能，掌握对材料质量的评定指标。

2.1 材料的组成、结构与构造

环境条件是影响材料性质的外因，材料的组成、结构和构造是影响材料性质的内因。内因对材料的性质起着决定性的作用。

2.1.1 材料的组成

材料的组成，包括材料的化学组成、矿物组成和相组成。它们不仅影响材料的化学性质，而且也是影响材料物理力学性质的主要因素。

1. 化学组成

化学组成是指组成材料的化学元素或单质与化合物的种类和数量。其中，金属材料以各化学元素含量表示，无机非金属材料以各氧化物含量表示，有机材料以各化合物的含量表示。当材料与外界自然环境及各类物质相接触时，它们之间必然要按照化学变化规律发生作用，如钢材的腐蚀等。材料有关这方面的性质都是由材料的化学组成决定的。例如，钢材中四种矿物相所含的化学元素是：Fe、C及其他微量元素（Cr、Mn、Ni等）；生石灰的