



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

# 土木工程材料

(第2版)

主编 王春阳

提供电子课件

- 采用最新国家标准和行业规范
- 注重理论联系实践和技能培训



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

## 土木工程材料(第 2 版)

主 编 王春阳  
副主编 朱 凯 王 仪 王继娜  
参 编 裴 锐 程国强



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书根据最新国家标准和行业规范,结合实际教学经验编写而成,主要内容包括土木工程材料的基本性质,气硬性胶凝材料、水泥、水泥混凝土等常用土木工程材料的基本组成、生产工艺、技术性质、检验及应用。本书章节结构安排合理,内容注重理论联系实际和对 学生技能的培养,教学环节丰富,便于教师教学和学生阅读。

本书可作为高等院校土木建筑类的专业教材,也可供土木施工单位的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/王春阳主编. —2 版. —北京:北京大学出版社,2013.8

(21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22926-2

I. ①土… II. ①王… 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 174815 号

书 名: 土木工程材料(第 2 版)

著作责任者: 王春阳 主编

策划编辑: 卢东 吴迪

责任编辑: 伍大维

标准书号: ISBN 978-7-301-22926-2/TU·0350

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博:@北京大学出版社

电子信箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.5 印张 620 千字

2009 年 8 月第 1 版

2013 年 8 月第 2 版 2013 年 8 月第 1 次印刷(总第 6 次印刷)

定 价: 50.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

## 第 2 版前言

本书是根据土木工程专业及其相关专业对土木工程材料基本知识和基本技能的教学需要进行编写的,体现了高等学校教材编写的指导思想、原则和特色,符合高等教育的方向和社会对应用型人才的需求。

近年来,许多重要的土木工程材料,如通用硅酸盐水泥、混凝土骨料、混凝土掺合料、混凝土外加剂、建筑砂浆、建筑钢材、墙体材料、沥青、防水材料、天然石材和装饰材料等产品质量标准陆续更新,同时本书第 1 版在使用过程中有读者提出了一些宝贵建议,作者在教学过程中也发现了一些不足之处,因此,有必要对第 1 版进行修订。

本书第 1、2、12 章由辽宁科技学院裴锐修订;第 3、9、13 章由河南城建学院王继娜修订;第 4、11、14、15 章由河南城建学院朱凯修订;第 5、6 章由河南城建学院王春阳修订;第 7 章由宁波工程学院程国强修订;第 8、10 章由河南城建学院王仪修订。

由于编者水平有限,书中的疏漏和不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月

# 第 1 版前言

本书是根据土木工程专业及其相关专业对土木工程材料基本知识和基本技能的教学需要进行编写的，体现了高等学校教材编写的指导思想、原则和特色，符合高等教育的方向和社会对应用型人才的需求。

本书突出一个“新”字，采用最新国家标准和行业规范，内容充实，知识精炼，行文深入浅出，阐述重点突出；此外，书中采用了一些实例图片，生动形象。全书注重与工程实践的结合对学生技能的培养，体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨，完全符合相关专业教学对学生能力的要求。

本书主要介绍了气硬性胶凝材料、水泥、水泥混凝土、建筑砂浆、建筑石材、墙体和屋面材料、金属材料、木材、沥青与沥青混合料、高分子合成材料、建筑功能材料以及建筑装饰材料的基本组成、生产工艺、技术性质、检验及应用等知识。本书前 14 章大都安排了教学目标与要求、本章小结、知识链接和本章习题，第 15 章介绍土木工程材料试验，便于学生查阅知识和掌握技能。通过对本书的学习，学生能够掌握土木工程材料的基本知识，并能正确认识、合理选择常用材料。

本书由河南城建学院王春阳和辽宁科技学院裴锐担任主编，由河南城建学院朱凯和宁波工程学院程国强担任副主编，由河南城建学院郭金敏和河南城建学院郭平功担任参编。本书具体编写分工是：第 1、2、12 章由裴锐编写；第 3、9、13 章由郭平功编写；第 4、11、14、15 章由朱凯编写；第 5、6 章由王春阳编写；第 7 章由程国强编写；第 8、10 章由郭金敏编写。全书由王春阳统稿。

由于编者水平有限，书中的缺点和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	5.3 普通水泥混凝土的技术性质 .....	81
1.1 土木工程材料的定义和分类 .....	1	5.4 混凝土外加剂与掺合料 .....	98
1.2 土木工程材料在工程中的地位和作用 .....	3	5.5 普通水泥混凝土配合比设计 .....	106
1.3 土木工程材料的发展及趋势 .....	3	5.6 普通水泥混凝土的质量控制 .....	113
1.4 土木工程材料的技术标准 .....	5	5.7 路面水泥混凝土 .....	116
1.5 本课程的任务和学习方法 .....	6	5.8 其他功能混凝土 .....	122
本章小结 .....	7	本章小结 .....	138
知识链接 .....	7	知识链接 .....	138
本章习题 .....	7	本章习题 .....	139
<b>第 2 章 土木工程材料的基本性质</b> .....	8	<b>第 6 章 建筑砂浆</b> .....	140
2.1 材料的组成与结构 .....	8	6.1 概述 .....	140
2.2 材料的物理性质 .....	11	6.2 砌筑砂浆 .....	141
2.3 材料的力学性质 .....	21	6.3 抹面砂浆 .....	149
2.4 材料的耐久性 .....	25	6.4 装饰砂浆 .....	150
本章小结 .....	26	6.5 其他砂浆 .....	153
知识链接 .....	27	6.6 干拌砂浆 .....	156
本章习题 .....	27	本章小结 .....	157
<b>第 3 章 气硬性胶凝材料</b> .....	28	知识链接 .....	157
3.1 石灰 .....	29	本章习题 .....	158
3.2 石膏 .....	33	<b>第 7 章 建筑石材</b> .....	159
3.3 水玻璃 .....	37	7.1 天然石材 .....	159
3.4 菱苦土 .....	38	7.2 人造石材 .....	170
本章小结 .....	40	本章小结 .....	172
知识链接 .....	40	知识链接 .....	172
本章习题 .....	41	本章习题 .....	173
<b>第 4 章 水泥</b> .....	42	<b>第 8 章 墙体和屋面材料</b> .....	174
4.1 通用硅酸盐水泥 .....	43	8.1 砌墙砖 .....	175
4.2 其他品种的水泥 .....	58	8.2 砌块 .....	185
本章小结 .....	65	8.3 墙用板材 .....	192
知识链接 .....	65	8.4 屋面材料 .....	198
本章习题 .....	65	本章小结 .....	201
<b>第 5 章 水泥混凝土</b> .....	67	知识链接 .....	201
5.1 概述 .....	68	本章习题 .....	202
5.2 普通水泥混凝土的组成材料 .....	70		

<b>第9章 金属材料</b> .....	203	知识链接 .....	312
9.1 建筑钢材 .....	203	本章习题 .....	312
9.2 铝材及铝合金 .....	226	<b>第13章 建筑功能材料</b> .....	314
本章小结 .....	227	13.1 防水材料 .....	314
知识链接 .....	227	13.2 绝热材料 .....	330
本章习题 .....	228	13.3 吸声与隔声材料 .....	335
<b>第10章 木材</b> .....	229	本章小结 .....	337
10.1 木材的分类与构造 .....	229	知识链接 .....	338
10.2 木材的物理力学性质 .....	232	本章习题 .....	338
10.3 木材在工程中的应用 .....	236	<b>第14章 建筑装饰材料</b> .....	339
10.4 木材的等级与综合利用 .....	241	14.1 概述 .....	339
10.5 木材的防腐与防火 .....	245	14.2 壁纸与墙布 .....	342
本章小结 .....	248	14.3 建筑玻璃 .....	348
知识链接 .....	248	14.4 建筑陶瓷 .....	355
本章习题 .....	249	14.5 其他建筑装饰材料 .....	360
<b>第11章 沥青与沥青混合料</b> .....	250	本章小结 .....	361
11.1 石油沥青 .....	251	知识链接 .....	361
11.2 其他沥青 .....	259	本章习题 .....	362
11.3 沥青混合料 .....	264	<b>第15章 土木工程材料试验</b> .....	363
本章小结 .....	283	15.1 土木工程材料的基本性质试验 .....	363
知识链接 .....	283	15.2 水泥试验 .....	366
本章习题 .....	284	15.3 混凝土用砂、石试验 .....	376
<b>第12章 高分子合成材料</b> .....	285	15.4 普通混凝土性能试验 .....	382
12.1 高分子化合物基本知识 .....	285	15.5 建筑砂浆试验 .....	389
12.2 建筑塑料 .....	288	15.6 砌墙砖及砌块性能试验 .....	392
12.3 建筑涂料 .....	297	15.7 钢筋试验 .....	398
12.4 建筑胶粘剂 .....	306	15.8 石油沥青试验 .....	402
12.5 土工合成材料 .....	309	15.9 沥青混合料试验 .....	406
本章小结 .....	311	<b>参考文献</b> .....	411

# 第1章

## 绪论

### 【教学目标】

通过本章学习，应达到以下目标。

- (1) 掌握土木工程材料的分类。
- (2) 了解土木工程材料在工程中的作用和地位。
- (3) 了解土木工程材料发展概况及趋势。
- (4) 掌握土木工程材料的技术标准。
- (5) 了解课程内容特点和学习方法。

### 【教学要求】

知识要点	能力要求	相关知识
土木工程材料的分类	(1) 理解土木工程材料的概念 (2) 掌握土木工程材料的分类	(1) 土木工程材料的概念 (2) 土木工程材料的分类
土木工程材料在工程中的作用和地位	了解土木工程材料在工程中的作用和地位	土木工程材料在工程中的作用和地位
土木工程材料发展概况及趋势	(1) 了解土木工程材料发展概况 (2) 了解土木工程材料发展趋势	(1) 土木工程材料发展概况 (2) 土木工程材料发展趋势
土木工程材料的技术标准	(1) 掌握我国土木工程材料常用的技术标准 (2) 了解土木工程材料相关的国际标准和外国标准	(1) 我国常用技术标准名称及代号 (2) 常用国际标准和外国标准名称及代号
课程内容特点和学习方法	(1) 了解本课程内容特点 (2) 了解本课程学习任务 (3) 了解本课程学习方法	(1) 本课程内容特点 (2) 本课程学习任务 (3) 本课程学习方法

## 1.1 土木工程材料的定义和分类

### 1.1.1 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用于构成建筑物或构筑物的各种材料的总称。如



水泥、钢材、木材、混凝土、石材、砖、石灰、石膏、建筑塑料、沥青、玻璃及建筑陶瓷等，其品种达数千种之多。

### 1.1.2 土木工程材料的分类

土木工程材料种类繁多、性能各异且用途不同。在工程中，常从不同角度对土木工程材料加以分类。

#### 1. 按材料的化学成分分类

按土木工程化学成分来分，材料分为无机材料、有机材料和复合材料 3 大类，见表 1-1。

表 1-1 土木工程材料按化学成分分类

土 木 工 程 材 料	无机材料	金属材料		钢、铁及其合金、铝及铝合金
		非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品
			烧土制品	砖、瓦、玻璃及陶瓷制品
			胶凝材料及制品	石灰、石膏、水泥、砂浆、混凝土及硅酸盐制品
	有机材料	植物材料		木材、竹材
		沥青材料		石油沥青、煤沥青及其制品
		合成高分子材料		塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶、部分混凝土外加剂、土工合成材料
	复合材料	有机材料与无机非金属材料复合		聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
		金属材料与无机非金属材料复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
金属材料与有机材料复合		有机涂层铝合金板、塑钢门窗等		

#### 2. 按材料的使用功能分类

按使用功能来分，土木工程材料分为结构材料、墙体材料和功能材料 3 大类。

(1) 结构材料：主要是指构成结构物受力构件，用于承受荷载的材料。如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件和结构等所用的材料，具体包括水泥、混凝土、石材、钢材以及砖混结构用于砌筑承重墙的砖。在现阶段，钢材、水泥以及钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土仍是我国土木工程中所采用的主要结构材料。

(2) 墙体材料：是指建筑物内、外及分隔墙体所采用的材料，分承重和非承重两类。目前，我国大量采用的墙体材料为砌墙砖、混凝土砌块及加气混凝土砌块等。此外，还有混凝土墙板、石膏板、金属板材和复合墙体等，特别是轻质多功能的复合墙板发展较快。

(3) 功能材料：是指具有某些特殊功能的材料，用于满足建筑物或构筑物的适用性。如防水材料、保温材料、隔音吸声材料、装饰材料、耐火材料、耐腐蚀材料以及防辐射材料等。这类材料品种繁多，形式多样，功能各异，正越来越多地应用于各种建筑物或构筑物上。

一般来说，建筑物或构筑物的安全可靠程度，主要取决于由结构材料组成的构件和结

构体系，而结构物的使用功能，则主要取决于功能材料。有时，单一的一种材料可能会具有多种功能。

## 1.2 土木工程材料在工程中的地位和作用

土木工程材料是土木工程的物质基础。首先，它是构成土木工程结构物的最基本元素。在土木工程总造价中，材料费用往往占60%以上，所以，经济合理地使用材料对于降低工程造价、节省基本建设投资意义重大。其次，土木工程材料的性能和质量还会影响和制约建筑设计与结构体系以及施工方法，如在钢筋混凝土材料出现以前，结构体系主要是砖石结构和木结构。新材料的出现与发展，会促使建筑形式、结构设计和施工方法产生新的突破和革新。如钢铁材料的生产和使用以及钢筋混凝土的出现使得高层和大跨度建筑成为现实，高效减水剂的使用使得泵送混凝土施工得以推广应用。特别是近年来高强度钢材和高性能混凝土的出现，使得土木工程技术水平继续向前迈进，如有了钢材Q460E，我们才会看到国家体育场鸟巢的风采。建筑设计师总是把他的艺术风格与材料的品质和特点紧密结合起来进行构思；结构设计师应根据材料的力学性能合理进行结构选型，确定构件尺寸；建造师应充分了解各种材料的性能，才能在施工中合理组织、合理使用，以确保工程质量。总之，土木工程材料的性能、质量和价格直接影响整个土木工程的质量和造价，材料在土木工程建设中的地位和作用是非常重要的。

## 1.3 土木工程材料的发展及趋势

土木工程材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的。古代土木工程起源于新石器时代，最初完全采用天然材料。如我国西安半坡遗址，房屋室内都采用木骨架和草泥抹墙来建造。古埃及新石器时代的住宅是用木材或卵石做墙基，用木材构架，芦苇束编墙或土坯砌墙，用圆木或芦苇束做屋顶。可见，当时都是采用取自当地的天然材料，如茅草、竹、芦苇、树枝、树皮和树叶、砾石及泥土等。当人类掌握了煅烧加工技术以后，就使用红烧土、白灰粉及土坯等建房，并逐渐懂得使用草筋泥和混合土等复合材料。大约自公元前3000年，开始出现经过烧制加工的瓦砖。中国在西周时代已出现陶制的瓦。此外，中国古代还曾利用黄土高原的黄土做材料建造夯土墙和夯土基础。中国古代房屋建筑主要采用木结构，后来发展为砖石结构，如河北的著名石拱桥——赵州桥(图1.1)和河南登封县的密檐砖塔——嵩岳寺塔(图1.2)就是典型例证。欧洲古代房屋建筑则主要以石材来建造，如古希腊的雅典卫城帕特农神庙就是全部采用白色大理石砌筑。此外，古罗马人还采用石灰和火山灰混合物做胶凝材料制成天然混凝土，用于下水道、隧道和渡槽等土木工程的建造。

从17世纪中叶到20世纪中叶的300年间，土木工程行业发展迅猛。在材料方面，表现为由木材、石料和砖瓦为主，到开始并日益广泛地使用铸铁、钢材、混凝土和钢筋混凝土，直至早期的预应力混凝土。18世纪下半叶，产业革命的发展促使土木工程以空前的速度向前迈进，土木工程新材料接连问世。英国人阿斯普丁于1824年发明了波特兰水泥。英国发明家贝塞麦于1856年发明转炉炼钢法，使得钢材越来越多地应用于土木工程。法国人莫尼埃

于1867年用铁丝加固混凝土制成花盆,并将该技术应用于工程中,建造了一座长16m的钢筋混凝土桥,从此创造了钢筋混凝土在工程中应用的开端。法国于1889年建成高300m的巴黎埃菲尔铁塔,使用熟铁8000t(图1.3)。19世纪,美国人杰克逊首次制作了预应力混凝土构件。法国工程师弗雷西内把高强钢丝用于预应力混凝土,并和比利时工程师马涅尔先后分别对预应力钢筋张拉和锚固技术进行了改进,使得预应力混凝土广泛应用于土木工程领域。与此同时,道路、桥梁的大规模建设使得沥青和混凝土开始用于高级路面工程。随着钢铁质量和产量的不断提高,使得建造大跨桥梁、工业厂房和高层建筑成为现实。



图 1.1 著名的隋代石拱桥——赵州桥

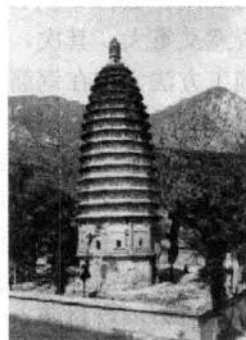


图 1.2 河南登封嵩岳寺塔



图 1.3 法国巴黎埃菲尔铁塔

第二次世界大战结束后,社会生产力出现了新的飞跃,土木工程的发展也进入一个新时代,这主要体现在材料方面,进一步实现轻质化和高强度。用低合金钢制成的高强度钢丝、钢绞线和粗钢筋得以大量生产和使用,大大节约了用钢量,并改善了结构性能。同时,高强度的水泥已在工程中普遍应用。轻集料混凝土和加气混凝土也已用于高层建筑。近年来,采用“双掺”技术配制的高性能混凝土正广泛应用于土木工程各领域,如澳大利亚、加拿大、日本、挪威和美国就采用高性能轻混凝土建造了海上钻井平台,日本采用自密实免振混凝土建造了明石大桥,加拿大和美国还在两座高层建筑中分别采用了90MPa和120MPa强度的高性能混凝土。我国上海、北京和沈阳已能供应C80以上的商品预拌混凝土,这些成就都标志着混凝土技术正向着高性能方向发展。此外,铝合金、镀膜玻璃、石膏板和合成高分子建材等工程材料发展迅速。特别是伴随着我国经济的崛起和奥运会的主办,土木工程领域新材料和新技术不断迈上新的台阶。如2008年6月30日,拥有世界第一跨径1088m的苏通大桥正式通车,这是中国建桥史上建设标准最高、技术最复杂且科技含量最高的特大型桥梁工程,创造了4项世界纪录,其中,大桥的斜拉索采用的近7000t高强镀锌钢丝全部采用国产钢丝,钢丝在力学韧性、抗拉强度和纯净度等综合指标上达到或超过了进口产品水平。再如,用钢铁编织成的国家体育场“鸟巢”(图1.4)作为世界最大的钢结构工程,其外部钢结构的钢材用量为 $4.2 \times 10^4$ t,整个工程包括混凝土中的钢材和螺纹钢等,总用钢量达到了 $11 \times 10^4$ t,全部为国产钢,其中,大厚度Q460E-Z35钢板属世界首创。奥运游泳馆“水立方”(图1.5)采用了国际上最先进的ETFE膜(乙烯-四氟乙烯共聚物)材料,这是一种轻质新型材料,具有有效的热学性能和透光性,可以调节室内环境,冬季保温、夏季隔热,而且还会避免建筑结构受到游泳中心内部环境的侵蚀。如果ETFE膜有一个破洞,不必更换,只需打上一块补丁,它便可自行愈合,过一段时间就会恢复原貌。这些实例都充分说明了现代土木工程材料飞速发展的成就。



图 1.4 国家体育场——“鸟巢”



图 1.5 国家游泳中心——“水立方”

但是，我国建材工业的发展在很大程度上是以能源、资源的过度消耗和环境污染为代价的。随着人类社会的进步和发展，更有效地利用地球上有限资源和能源，改善人类的生存环境和空间，从根本上改变长期以来我国建材工业存在的高投入、高污染、低效益的粗放式生产方式，选择资源节约型、污染最低型、质量效益型和科技先导型的发展方式，将建材工业的发展与保护生态环境、污染治理有机地结合起来，是 21 世纪我国建材工业的战略目标。因此，土木工程材料将有以下发展趋势。

(1) 在原材料方面，应尽可能少用天然资源，提倡使用那些可以循环使用和重复使用和再生使用的材料，如工业尾矿、废渣、垃圾和废液等废弃物，以减少资源浪费。

(2) 在性能方面，研究和开发高性能材料，如轻质、高强、高耐久性、多功能、智能化材料。如在工程中使用高强度水泥、高性能混凝土以及高强度钢材；对于装修材料，采用复合技术将环保、美观、耐用、易维护且施工简便等功能集于一身；智能化是将材料和产品的加工制造同以微电子技术为主体的高科技嫁接，从而实现各种功能的可控与可调。

(3) 在产品形式方面，积极发展预制技术，逐步提高构件化、单元化的水平。

(4) 在生产工艺和技术方面，应研发大型化、高科技的生产技术、绿色生产技术和设备，尽量降低能耗和原料消耗，大力减少环境污染。

(5) 大力发展绿色建材，保护人类健康。绿色建材又称生态建材、环保建材和健康建材等。它是指采用清洁生产技术、少用天然资源和能源、大量使用工业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性、有利于环境保护和人体健康的建筑材料。

## 1.4 土木工程材料的技术标准

土木工程材料的技术标准是对土木工程材料生产、使用及流通中需要协调统一的技术事项所制定的技术规定。它是从事材料生产、工程建设及商品流通的一种共同遵守的技术依据。它具体包括原材料质量、产品规格、等级分类、技术要求、检验方法、验收规则、包装及标志、运输和储存等内容。

产品标准化可以使设计、施工也相应标准化，既能合理选用材料，又能促进企业改善管理，提高生产技术和生产效率，更有利于加快施工进度，降低工程造价。

我国常用的标准主要有国家级、行业(或部级)、地方级和企业级 3 大类。国家标准由

国家标准局发布,行业标准由主管生产部(或总局)发布,两者都是国家指令性技术文件,全国通用。地方标准是由地方主管部门制定和发布的地方性指导技术文件,适用于本地区使用。凡是没有相应的国家、行业和地方标准的产品,均应制定企业标准,地方标准和企业标准所制定的相关技术要求应高于类似(或相关)产品的国家标准。

我国常用的标准分为以下 3 大类。

### 1. 国家标准

代号 GB 为国家强制性标准,代号 GB/T 为国家推荐性标准。

### 2. 行业(或部颁)标准

如中国建筑工业行业标准(代号 JG)、中国建筑材料行业标准(代号 JC)、中国黑色冶金行业标准(代号 YB)、中国建筑工程标准(代号 JZ)、中国测绘行业标准(代号 CH)和中国石油化工行业标准(代号 SH)。

### 3. 地方标准(代号 DB)和企业标准(代号 QB)

标准的一般表示方法是由标准名称、部门代号、标准编号和颁布年份等组成。例如:国家标准(强制性)《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007);建工行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006);辽宁省地方标准《矿渣混凝土砖建筑技术规程》(DB21/T 1479—2007)。

随着我国对外开放和加入世界贸易组织(WTO),常常还会涉及一些与土木工程材料相关的国际标准和外国标准,具体内容见表 1-2。

表 1-2 常用国际标准和外国标准名称及代号

标准名称	标准代号	标准名称	标准代号
国际标准化组织标准	ISO	意大利国家标准	UNI
国际标准化组织建议标准	ISO/R	欧洲标准化委员会标准	EN
美国材料试验协会标准	ASTM	俄罗斯国家标准	GOST
美国国家标准	ANSI	欧洲无损检测联盟标准	EFNDT
法国国家标准	NF	澳大利亚国家标准	AS
美国混凝土学会标准	ACI	加拿大国家标准	CSA STD
日本标准	JSA		

## 1.5 本课程的任务和学习方法

本课程是土木类专业的学科基础课,学习目的是为后续课程房屋建筑学、混凝土结构原理以及土木工程施工技术等专业课程的学习提供材料方面的基础知识,并为今后从事设计、施工、工程管理及材料检测等技术工作提供合理选择和使用土木工程材料方面的基本理论和基本技能。

课程的任务是使学生获得有关土木工程材料的技术性质及应用的基础知识和必要的基础理论,并获得主要土木工程材料性能检测和试验方法的基本技能训练。

本课程所涉及的材料种类繁多,内容庞杂,且各种材料自成体系。对于初学者来说,常常抓不住重点,不好掌握。针对本课程的内容特点,要想系统掌握,必须抓住重点,即材料的性能与应用。由于不同材料组成、结构不同而导致性能各异,所以,在学习时必须要注意区分把握不同材料之间所具有的共性和个性,了解决定材料性能的内在因素和影响材料性能的外部环境条件,把握变化规律,有效采取应对措施;还要学习和掌握材料检测技能和评定方法,培养和锻炼动手能力;最后,要结合当前形势把科学发展观理念融入课堂,从材料的生产、检测到工程应用,各个环节都力求降低资源和能源消耗,尽量利用工矿业或农业废料,产品的生产、使用对环境和人体无害,材料可以循环利用。

本课程具有很强的理论性和实践性,除了应抓住重点学好理论知识以外,还应重视实践环节,为此,本课程开设有多个学时的试验课,旨在通过动手实践,加深和巩固对理论知识的理解,培养和训练学生对土木工程材料的检测技能,培养应用型人才。

## 本章小结

土木工程材料是指在土木工程建设中用于构成建筑物或构筑物的各种材料的总称。按材料的化学成分来分,可分为无机材料、有机材料和复合材料3大类。

土木工程材料是土木工程的物质基础。土木工程材料的性能、质量及价格直接影响建筑设计、结构体系、施工方法以及工程造价。土木工程材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的。近年来,土木工程材料发展迅速,新材料层出不穷,正向着轻质、高强、多功能、低消耗、低污染和绿色环保方向发展。

本课程的任务是使学生掌握土木工程材料的基础知识及合理选择和使用的能力,并获得主要材料的检测和试验方法的基本技能训练。

## 知识链接

### 北京奥运场馆成为展示中国新材料新工艺精彩舞台

2008年北京奥运会主体育场——国家体育场“鸟巢”,这是目前世界上规模最大、用钢量最多、技术含量最高、结构最为复杂、施工难度空前的超大型钢结构体育设施工程。

“鸟巢”的钢结构在世界上是独一无二的。在“鸟巢”之前,国内从未生产过这种高强度的钢材。为推动国内钢铁生产企业技术创新,“鸟巢”工程的承建方北京城建集团专门拿出科研经费支持国内钢厂量身打造Q460高强钢板。在国家标准中,Q460的最大厚度只是100mm,而“鸟巢”这次使用的钢板厚度史无前例地达到110mm。

国家游泳中心“水立方”是当今世界上最大的游泳馆,并且是世界上规模最大、构造最复杂、综合技术最全面的在建设中运用聚四氟乙烯(ETFE)立面装配系统的工程。

在“水立方”的墙体设计中,建设者大胆求新,突破了传统做法,首创以泡沫结构为基础分割出建筑的整体形状和各个内部空间,实现了从墙壁到天花板的整栋墙体结构连接顺畅自然、严丝合缝。这种泡沫式的设计看似不如传统结构结实,但实际上它非常坚固,在吸收地震能量方面也非常理想。

(新华网 2008年7月21日)

# 第2章

## 土木工程材料的基本性质

### 【教学目标】

通过本章学习，应达到以下目标。

- (1) 了解材料的组成、结构及对材料性能的影响。
- (2) 掌握材料物理性质的基本概念、表示方法及与工程的关系。
- (3) 掌握材料力学性质的基本概念及与工程的关系。
- (4) 掌握材料的耐久性所包含的内容，了解其影响因素。

### 【教学要求】

知识要点	能力要求	相关知识
材料的组成与结构	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 了解材料的组成及对材料性能的影响</li><li>(2) 了解材料的结构及对材料性能的影响</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 材料的组成</li><li>(2) 材料的结构</li><li>(3) 材料的组成、结构对材料性能的影响</li></ol>
材料物理性质	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 掌握材料物理性质的基本概念与表示方法</li><li>(2) 掌握材料物理性质与工程的关系</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 材料物理性质的基本概念</li><li>(2) 材料物理性质的表示方法</li><li>(3) 材料物理性质与工程的关系</li></ol>
材料力学性质	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 掌握材料力学性质的基本概念</li><li>(2) 掌握材料力学性质与工程的关系</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 材料力学性质的基本概念</li><li>(2) 材料力学性质与工程的关系</li></ol>
材料的耐久性	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 掌握材料的耐久性的基本概念</li><li>(2) 了解材料耐久性的影响因素</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 材料的耐久性的基本概念</li><li>(2) 材料耐久性的影响因素</li></ol>

土木工程材料的基本性质是指土木工程材料在实际工程使用中所表现出来的普遍的、最一般的性质，也是最基本的性质，由于材料本身的工作状态和所处的环境不同，外界对它的作用和影响方式也不同，使得材料表现出的性质也综合体现在多个方面，具体包括物理性质、力学性质和耐久性。这些性能在很大程度上决定了工程质量，因此，对于从事土木工程设计、施工和管理的工程技术人员来讲，了解和掌握土木工程材料的基本性质，是合理选择和使用材料的前提和基础。

## 2.1 材料的组成与结构

### 2.1.1 材料的组成

材料的组成是指组成材料的化学成分和矿物成分。

### 1. 化学组成

化学组成是指材料的化学成分，是构成材料的化学元素及化合物的种类及数量。金属材料以构成的化学元素含量来表示；无机非金属材料以组成它的氧化物的含量来表示；有机高分子聚合物是以有机元素链节的重复形式来表示。化学成分是决定材料化学性质、物理性质和力学性质的主要因素。

### 2. 矿物组成

矿物是指由地质作用所形成的天然单质或化合物。它们具有相对固定的化学组成，呈固态者还具有确定的内部结构，它们在一定的物理化学条件范围内稳定，是组成岩石和矿物的基本单元。

矿物组成是指构成材料的矿物种类和数量。许多无机非金属材料是由各种矿物组成的。如花岗岩的主要矿物成分有长石、石英和少量云母；硅酸盐水泥的矿物组成有硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙和铁铝酸四钙。某些材料的性能是由其矿物成分所决定的，如天然石材和各种水泥。材料的化学成分不同，则材料的矿物组成也不同。有时，即使是化学成分相同，但由于结构不同，使其矿物组成不同，会导致其性能有很大的差异。比如：在硅酸盐水泥中，硅酸三钙和硅酸二钙都含有  $\text{CaO}$  和  $\text{SiO}_2$  两种氧化物，化学成分相同，但是由于其矿物组成不同，导致两者的性质相差很大。由此可见，此时决定水泥性质的是它的矿物成分。

## 2.1.2 材料的结构

材料的性质除与材料组成有关外，还与其结构和构造有密切关系。材料的结构和构造是泛指材料各组成部分之间的结合方式及其在空间排列分布的规律。目前，材料不同层次的结构和构造的名称和划分，在不同学科间尚未统一。通常，按材料的结构和构造的尺度范围，可分为宏观结构、亚微观结构和微观结构。材料的结构是决定材料性能的重要因素之一。

### 1. 宏观结构(构造)

宏观结构(构造)是指用肉眼或放大镜可分辨出的结构和构造状况，其尺度范围在毫米级以上。如材料内部的粗大孔隙、裂纹、岩石的层理及木材的纹理等。材料的某些性能是由宏观构造所决定的。材料的宏观构造包括以下 7 种。

(1) 致密结构：指结构致密，无宏观尺度的孔隙的材料，如钢材、玻璃和沥青等。它的特点是不吸水，强度较高。

(2) 多孔结构：指材料结构不密实，孔隙率较大的结构，如石膏制品、加气混凝土和烧结普通砖等。它的特点是保温、隔热性较好。

(3) 纤维结构：由纤维状物质构成的结构，如木材、玻璃纤维和岩棉等。它的特点是抗拉强度较高，多数材料保温隔热且吸声性能较好。

(4) 聚集结构：由骨料与胶结材料凝结而成的结构，如混凝土、砂浆和陶瓷制品等。它的特点是强度较高，综合性能较好。

(5) 层状结构：由多层材料叠合构成，如胶合板、纸面石膏板和 GRC 等复合墙板等。



它的特点是各层材料性质不同,但叠合后综合性能较好。

(6) 散粒结构:由松散颗粒状材料构成,如砂石材料、膨胀蛭石和膨胀珍珠岩等。砂石材料可以作为普通混凝土的骨料;膨胀蛭石、膨胀珍珠岩可以作为轻混凝土或轻砂浆的骨料。

(7) 纹理结构:指天然材料在形成过程中自然形成有天然纹理的结构,如木材和天然大理石板材等。由于这些天然纹理呈现不同的颜色以及花纹图案,因此这些材料具有很好的装饰性。

## 2. 亚微观结构

亚微观结构是指用光学显微镜和一般扫描透射电子显微镜所能观察到的结构,是介于宏观和微观之间的结构。其尺度范围在 $10^{-9}\sim 10^{-3}\text{m}$ 。亚微观结构根据其尺度范围,还可分为显微结构和纳米结构。其中,显微结构是指用光学显微镜所能观察到的结构,其尺度范围在 $10^{-7}\sim 10^{-3}\text{m}$ 。土木工程材料的显微结构,应根据具体材料分类研究。对于水泥混凝土,通常是研究水泥石的孔隙结构及界面特性等;对于金属材料,通常是研究其金相组织、晶界及晶粒尺寸等;对于木材,通常是研究木纤维、管胞和髓线等组织结构。材料在显微结构层次上的差异对材料的性能有显著的影响。例如,钢材的晶粒越小,钢材的强度越高。又如混凝土中毛细孔的数量越少,孔径越小,则混凝土的强度和耐久性越高。因此,从显微结构层次上研究并改善土木工程材料的性能十分重要。

材料的纳米结构是指一般扫描透射电子显微镜所能观察到的结构。其尺度范围在 $10^{-9}\sim 10^{-7}\text{m}$ 。由于纳米微粒和纳米固体有小尺寸效应、表面界面效应等基本特性,赋予了纳米材料许多奇异的物理和化学特性,也使得纳米技术迅速发展,在土木工程领域也得到了应用,如纳米涂料等。

## 3. 微观结构

微观结构是指材料物质分子或原子层次的结构,需要用电子显微镜或X射线衍射仪来分析和研究的结构特征。材料的许多物理性质是由其微观结构所决定的,如强度、硬度、熔点和导电性等。

按材料组成质点的空间排列或连接方式不同,材料可分为晶体、玻璃体和胶体3类。

### 1) 晶体

晶体是质点在空间上按特定的规则呈周期性排列的固体,具有特定的几何外形和固定的熔点和化学稳定性,且由于质点在各个不同方向排列的方式不同表现为单晶体呈各向异性的特点。但是实际应用的材料常常是由大量排列不规则的多晶粒组成的,又导致其呈现各向同性的性质。根据晶体的质点和化学键的不同,晶体可分为以下几类。

(1) 原子晶体:中性的原子以共价键结合而成的晶体,如石英和金刚石等。

(2) 离子晶体:正负离子以离子键结合而成的晶体,如氯化钠和硫酸钠等。

(3) 分子晶体:以分子间的范德华力即分子键结合而成的晶体,如有机化合物。

(4) 金属晶体:以金属阳离子为晶格,由自由电子与金属阳离子间的金属键结合而成的晶体,如钢铁材料。

从键的结合力来看,共价键和离子键最强,金属键较强,分子键最弱。所以,同样是