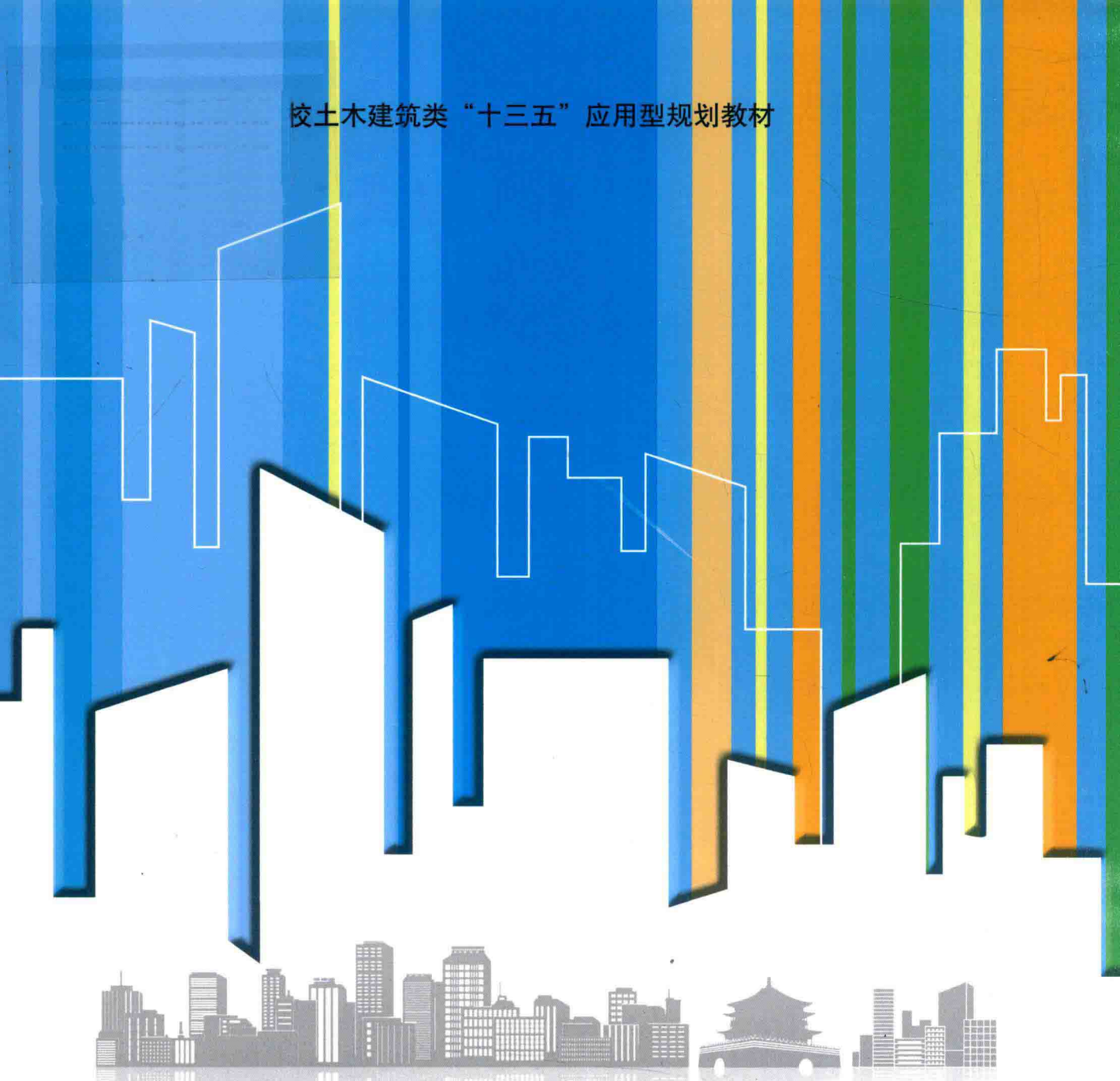


校土木建筑类“十三五”应用型规划教材



土木工程材料

(第二版)

林建好 林锦眉 © 主编

 哈尔滨工程大学出版社

普通高等学校土木建筑类“十三五”应用型规划教材

土木工程材料

(第二版)

主 编 林建好 林锦眉
副主编 马 俊 吴力平 任晓辉
参 编 黄海荣 王淑志 田 飞 宋 娜

内容简介

本书系统地介绍了常用土木工程材料的基本成分、原料及生产工艺、技术性质、应用等基本理论及应用技术,内容包括绪论、土木工程材料的基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、金属材料、墙体材料、沥青及沥青混合料、防水材料、木材、高分子建筑材料、建筑装饰材料、绝热材料与吸声材料、新型建筑材料及其发展趋势。全书依据相关部门最新颁布的材料技术标准和规范进行编写,各章附有工程案例分析、习题。

本书适合作为应用型本科(专科)院校土木建筑类专业及其他相关专业的教学用书,也可作为土木建筑类科研、设计、管理和施工人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/林建好,林锦眉主编.—2版.—
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2017.8
ISBN 978-7-5661-1624-6

I.①土… II.①林… ②林… III.①土木工程—建
筑材料—教材 IV.①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第200691号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
地 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号
邮 编 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
开 本 850mm×1168mm 1/16
印 张 18.5
字 数 534千字
版 次 2017年8月第1版
印 次 2017年8月第1次印刷
定 价 49.00元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱 designartbook@126.com

随着建筑产业规模的不断发展,建筑行业已成为国民经济的支柱产业。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出“建设现代高效的城际城市交通”“加快城市群建设发展”“加快新型城市建设”“构建全方位开放新格局”等方针,既明确了建筑业未来的发展目标,也对建筑业的发展提出了更高的要求。

与此同时,“一带一路”战略提出的基础设施建设也给建筑业带来了机遇和挑战,新型城镇化进程中涌现出的建筑从业人员、建筑类新型服务人员的发展,进一步扩展了建筑行业教育的发展空间。在这种背景下,建筑产业现代化和信息化都需要培养大量的新型复合型人才,要求建筑业不断优化人才队伍结构,加强人才队伍建设。为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》及建筑业发展规划,进一步深化高等教育教学改革,提高土木与建筑专业人才培养质量,满足建筑业对人才的需求,我们在充分调研的基础上,联合高校及企业,共同策划出版了普通高等学校土木建筑类“十三五”应用型规划教材。

本系列教材的编写原则及特点为:

1. 充分体现土木与建筑专业的特色,结合建筑业发展趋势,融入“绿色建筑、节能建筑、科技创新、可持续发展”等行业理念,紧扣土木与建筑专业教育教学改革精神,培养高素质、高质量的专门人才和拔尖人才。
2. 以适应社会实际需要为宗旨,注重理论与实践结合,力求教材内容实用,重点突出,深入浅出;围绕高等教育的培养目标和教学要求,注重学生基本技能的培养。
3. 与建筑业相关执业资格考试紧密结合,与建筑业最新的标准、规范一致,突出应用型特点,围绕工程生产实际,紧扣当前行业需求,更好地为人才培养服务。
4. 理论知识体系完整,引用大量实例,根据不同课程需要设置学习目标、小结、思考题等,同时穿插“知识链接”“课堂讨论”“小提示”等栏目,激发学生的学习兴趣,增强趣味性。

本系列教材是为推动土木建筑类教材建设,体现教学改革成果及行业新理念,融合时代背景下行业发展新趋势的一种探索和尝试。希望本系列教材的出版,能促进土木与建筑专业教育的发展,为建筑业人才培养做出贡献。

土木工程材料是高等学校土木建筑类专业的一门专业基础课。本书根据土木建筑类专业培养目标和教学特点,突出应用性,着重讲述土木工程材料的组成、性能特点与应用、技术要求、检测方法等方面的知识。在编写过程中,力求采用最新技术标准与规范及试验方法,有代表性地介绍了土木工程材料新技术和发展方向,应用性强、适用面宽,可作为土木工程类及相关专业的教学用书,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。全书在内容组织上注重理论联系实际,突出应用性,符合对事物循序渐进的认知规律,便于读者更好地理解 and 掌握有关的学习内容。每章安排学习提示、学习要求、工程案例分析及习题,有助于读者抓住各章的学习要点及加深对土木工程材料基本理论和基本知识的理解与掌握,培养综合应用能力。近年来,土木工程材料的发展很快,社会上出现了大量新型材料,所以本书编写过程中引入了新型建筑材料及其发展趋势等相关内容,帮助读者了解新型建筑材料的发展状况。

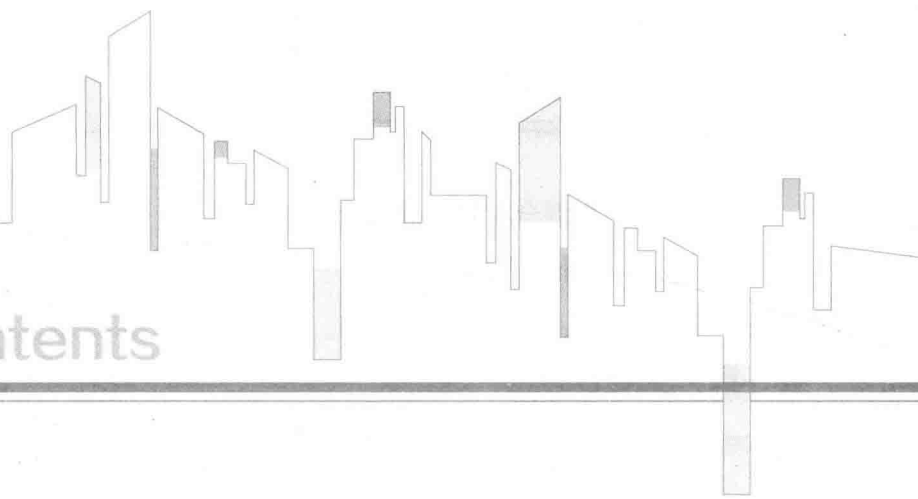
本书还配有试验内容,请读者扫描教材封底二维码,登录慧了APP,自行下载使用,也可扫码书中二维码查阅使用。

本书在编写过程中参考了有关文献,在此向文献作者表示衷心的感谢!同时感谢哈尔滨工程大学出版社的大力支持与帮助。

本书由黄淮学院林建好、广东工业大学华立学院林锦眉担任主编,黄淮学院马俊、杭州科技职业技术学院吴力平、临沂职业学院任晓辉担任副主编,临沂职业学院王淑志、田飞、宋娜以及浙江同济科技职业学院黄海荣参与编写。具体编写分工为:林锦眉编写绪论、第1章和第2章;马俊编写第3章和第4章;林建好编写第5章、第7章、第8章和第9章;吴力平编写第6章和第10章;任晓辉编写第11章和第12章;黄海荣编写第13章;王淑志、田飞和宋娜共同编写第14章和第15章。全书由林建好统稿和定稿。

由于土木工程材料发展很快,新材料、新工艺层出不穷,各行业的技术标准不统一,加之我们的水平有限,编写时间仓促,书中存在的不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

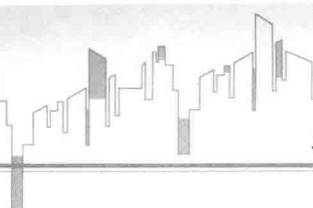


目录 Contents

绪论	1
0.1 土木工程材料的定义和分类	1
0.2 土木工程材料在土木工程中的作用	2
0.3 我国土木工程材料的发展	3
0.4 土木工程材料的检验与标准	4
0.5 本课程的学习目的和任务	4
第1章 土木工程材料的基本性质	6
1.1 材料的基本物理性质	6
1.2 材料的力学性质	14
1.3 材料的耐久性	17
1.4 材料的组成、结构与内部孔隙对性质的影响	17
第2章 天然石材	21
2.1 造岩矿物与岩石的分类	21
2.2 石材的技术性质	23
2.3 石材在土木工程中的应用	25
2.4 建筑石材的选用	28
第3章 气硬性胶凝材料	30
3.1 石膏	30
3.2 石灰	33
3.3 水玻璃	38
第4章 水泥	41
4.1 硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥	41

4.2	掺混合材料的硅酸盐系水泥	50
4.3	其他品种水泥	55
第 5 章	混凝土	64
5.1	普通混凝土的组成材料	65
5.2	混凝土拌合物的性能	83
5.3	硬化后混凝土的性能	87
5.4	混凝土质量控制与强度评定	102
5.5	普通混凝土配合比设计	106
5.6	轻混凝土	117
5.7	其他品种混凝土	120
第 6 章	建筑砂浆	137
6.1	砂浆的组成材料	137
6.2	砂浆的技术性质	138
6.3	砌筑砂浆	140
6.4	抹面砂浆	143
6.5	其他建筑砂浆	145
第 7 章	金属材料	148
7.1	钢的冶炼与分类	148
7.2	钢材的力学性能与工艺性能	150
7.3	钢的组织 and 化学成分对钢材性能的影响	156
7.4	建筑钢材的锈蚀与防护	158
7.5	建筑钢材的品种与选用	160
7.6	常用建筑钢材	169
7.7	铝合金及制品	174
第 8 章	墙体材料	178
8.1	烧结砖	178
8.2	蒸压蒸养砖	182

8.3 砌块	183
第 9 章 沥青及沥青混合料	189
9.1 沥青	189
9.2 沥青混合料	199
第 10 章 防水材料	223
10.1 防水材料的分类	224
10.2 防水卷材	224
10.3 防水涂料	232
10.4 防水密封材料	236
第 11 章 木材	239
11.1 木材的分类与构造	239
11.2 木材的性质	240
11.3 土木工程中常用木材及木质材料制品	244
11.4 木材的防腐与防火	245
第 12 章 高分子建筑材料	248
12.1 高分子材料基本知识	248
12.2 建筑塑料	250
12.3 建筑胶粘剂	254
12.4 建筑涂料	257
第 13 章 建筑装饰材料	260
13.1 装饰材料的基本要求	260
13.2 常用装饰材料	261
第 14 章 绝热材料与吸声材料	270
14.1 绝热材料	270
14.2 吸声材料	274



第 15 章 新型建筑材料及其发展趋势	281
15.1 建筑纳米材料	281
15.2 建筑智能材料	284
15.3 新型建筑材料的发展趋势	286
参考文献	288

绪 论

学习提示

土木工程材料是土木工程专业的一门专业基础课。本课程的任务是使学生具有常用土木工程材料的基本知识，在工程实践中具有合理选择与使用土木工程材料的能力，并为学习有关后续专业课程打下基础。学习时，应注意本课程的特点和学习方法，一般应从材料的基本成分、原料及生产工艺、技术性质和应用等几个方面来进行掌握，重点是材料的基本性质与应用。

学习要求

通过本章的学习，理解土木工程材料在专业学习中的重要性；了解我国在土木工程材料方面的创造、贡献；理解土木工程材料的定义、发展及其在土木工程中的作用；掌握土木工程材料的分类及其技术标准等知识。

0.1 土木工程材料的定义和分类

0.1.1 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。

0.1.2 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

按土木工程材料化学成分来分，土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，见表 0-1。

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三大类。

(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。

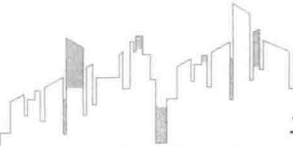


表 0-1 土木工程材料按化学成分分类

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)墙体材料：是指建筑物内、外及分隔墙体所采用的材料，分承重材料和非承重材料两类。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，其中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、隔声吸声材料、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。

0.2 土木工程材料在土木工程中的作用

随着历史的发展、社会的进步，特别是科学技术的不断创新，土木工程材料的内涵也在不断丰富。从人类文明发展早期的木材、石材等天然材料到近代以水泥、混凝土、钢材为代表的主体土木工程材料，进而发展到现代由金属材料、高分子材料、无机硅酸盐材料互相结合而产生的众多复合材料，形成了土木工程材料丰富多彩的大家族。纵观土木工程历史的长河，土木工程材料之所以日新月异，无疑是土木工程科学的发展起到了巨大的推动作用。

其一，土木工程材料是土木工程的物质基础，不论是高达 492m 的上海环球金融中心，还是普通的一幢临时建筑，都是由各种散体材料经过缜密的设计和复杂的施工最终构建而成的。土木工程材料的物质性还体现在其使用的巨量性，一幢单体建筑一般重达几百至数千吨，甚至可达数万、几十万吨，这形成了工程材料的生产、运输、使用等方面与其他门类材料的不同。其二，土木工程材料的发展赋予建筑物(构筑物)以时代的特性和风格。西方古典建筑的石材廊柱，中国古代以木结构为代表的宫廷建筑，当代以钢筋混凝土和型钢为主体材料的超高层建筑以及大型公共建筑，都呈现出鲜明的时代感。其三，工程设计理论不断进步和施工技术的革新，不仅受到材料发展的制约，同时也受到材料发展的推动。大跨度预应力结构、薄壳结构、悬索结构、空间网架结构、节能型特色环保建筑、绿色建筑、生态建筑的出现，无疑都是与新材料的产生密切相关的。其四，土木工程材料正确、节约、合理的运用，直接影响建设工程的造价和投资。目前，我国土木工程的总造价中，土木工程材料的费用占总费用的 50%~60%，而土木工程施工的全过程实质上是按设计要求把土木工程材料逐步变成建筑物(构筑物)的过程，特殊工程这一比例还要提高。对于中国这样一个发展中国家，对工程材料特性的深入了解和认识，最大限度地发挥其效能，进而达到最大的经济效益，具有非常重要的意义。

0.3 我国土木工程材料的发展

材料科学和材料(含土木工程材料)本身都是随着社会生产力和科技水平的提高而逐渐发展的。

在上古时期,人类居于天然山洞或树巢中,“垒石为穴,构木为巢”,以后逐步采用黏土、石、木等天然材料建造房屋。我国劳动人民在 3000 年前已能烧制石灰、砖瓦等人造建筑材料,冶铜技术亦相当高超。到战国时期,筒瓦、板瓦已广泛使用,并出现了大块空心砖和墙壁装修用砖。在公元前 850—前 221 年,已有铁器应用。

我国劳动者在土木工程材料的生产和使用方面曾经取得了许多重大成就。如始建于公元前 7 世纪的万里长城,所使用的砖石材料就达 1 亿立方米;福建泉州的洛阳桥是 900 多年前用石材建造的,其中一块石材达 200 余吨;山西五台山木结构的佛光寺大殿已有千余年历史仍完好无损,等等。这些都有力地证明中国人民的土木工程材料生产、施工和使用方面的智慧和技巧。

在欧洲,用天然火山灰、石灰、碎石拌制天然混凝土用于建筑,在公元前 2 世纪已有应用,直到 19 世纪初,开始采用人工配料,再经煅烧、磨细制造水泥,因为它凝结后与英国波特兰岛的石灰石颜色相似,故称波特兰水泥,即我国的硅酸盐水泥。此项发明于 1824 年由英国人阿斯普丁(J. Aspdin)取得专利,并于 1925 年用于修建泰晤士河水下公路隧道工程。钢材在建筑工程中的应用也是 19 世纪中叶的事。1850 年,法国人郎波制造了第一艘钢筋混凝土小船;1872 年,纽约出现了第一所钢筋混凝土房屋。水泥和钢材这两种新材料的问世,为建造高层建筑和大跨度桥梁提供了物质基础。

新中国成立以来,特别是改革开放以后,我国土木工程材料生产得到了更迅速的发展。我国已跻身世界生产大国之列;水泥工业已由年产量不足百万吨的单一品种,发展为品种齐全,年产量突破数十亿吨的水平;陶瓷材料也由过去的单一白色瓷器发展到有上千种花色品种的陶瓷产品,而且生产的高档配套建筑卫生陶瓷已可满足高标准建筑的需要;我国的玻璃工业也发展很快,普通玻璃已由新中国成立初期年产仅 108 万标箱发展到数亿余标箱,且能生产功能各异的新品种;随着生活水平的提高和住房条件的改善,装饰材料更是丰富多彩,产业蓬勃兴旺。

我国道路沥青的生产从无到有,目前有三个方面的生产力量:①中国石化总公司系统所属的炼油厂是主要的沥青供应渠道,生产的沥青约占全国的 3/4,其中道路沥青占 2/3。②中国石油天然气总公司系统的沥青厂,分属于各个油田,主要是几个稠油处理厂。10 年来沥青总产量增长了 10 倍,道路沥青增长了 20 倍,已占全国的 1/3。③地方化工部门及其他沥青厂(包括辽宁交通厅所属盘锦市沥青厂)。

到 2015 年止,我国的水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷和石墨、滑石等部分非金属矿产品的年产量已跃居世界第一。2015 年,我国的水泥产量 23.5 亿吨,平板玻璃产量 7.4 亿重量箱,建筑陶瓷产量 101.8 亿平方米,卫生陶瓷产量 2.18 亿件,是名副其实的土木工程材料生产大国。但是,必须看到,我国土木工程材料企业的总体科技水平、管理水平还是比较落后的。主要表现在:能源消耗大;劳动生产率低;产业结构落后、环境污染严重;集约化程度低;市场应变能力差,等等。因此,我国土木工程材料工业还处于“大而不强”的状态。针对这种情况,我国土木工程材料主管部门提出了土木工程材料工业“由大变强,靠新出强”的发展战略,其总目标是:从现在起力争用 30~40 年时间,逐步把建筑业建设成具有国际竞争能力,适应国民经济高度发展的现代化原材料及制品工业,与交通及建筑工程一起,成为国民经济的支柱产业。这个总目标的内容包括:①建设我国特色的现代化的新技术结构,着力发展新技术、新工艺、新材料;②建设高效益的新产业结构,实现由一般产品向高质量产品,低档产品向中、高档产品,单一产品向配套产品的转变,使产品结构适应需求变化;③建设新的现代化管理体制;④塑造一支适应现代化建设要求的新队伍。我国的土木工程材料必将更快发展,其产品的品种、质量和产量也将极大地满足我国建设事业蓬勃发展的需要。

0.4 土木工程材料的检验与标准

“标准”一词广义上讲是指对重复事物和概念所做的统一规定，它以科学、技术和实践的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管部门批准发布，作为共同遵守的准则和依据。

与土木工程材料的生产和选用有关的标准主要有产品标准和工程建设标准两类。产品标准是为保证工程材料产品的适用性，对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准，其中包括品种、规格、技术性能、试验方法、检验规则、包装、储藏、运输等内容。工程建设标准是对工程建设中的勘察、规划、设计、施工、安装、验收等需要协调统一的事项所制定的标准，其中结构设计规范、施工及验收规范中有与工程材料的选用相关的内容。

实行标准化对经济、技术、科学及管理等社会实践有着重要的意义，能对重复性事物和概念达到统一认识。以工程材料性能试验方法为例，如果不实行标准化，不同的部门或单位采用不同的试验方法，则所得的试验结果就无可比性，其获得的试验数据将毫无意义。所以，没有标准化，则工程设计、产品的生产及质量的检验就失去了共同的依据和准则。由此可见，标准化为生产技术和科学发展建立了最佳秩序，并带来了社会效益。

目前，我国常用的标准主要有国家级、行业或部级、地方级和企业级四类，它们分别由相应的标准化管理部门批准颁布。国家质量技术监督局是国家标准化管理的最高机构。国家标准和行业标准是国家指令性技术文件，全国通用，各级有关部门必须执行。地方标准是在地方主管部门制定和发布的地方性技术文件，适合于地区使用。凡是没有相应的国家、行业和地方标准的产品，生产中应按企业标准执行，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。各级标准的相应代号如下。

(1)国家标准。GB为国家强制性标准，全国必须执行，产品的技术指标不得低于标准中规定的要求。GB/T为国家推荐性标准。

(2)行业或部级标准。如建筑行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、水利行业标准(代号 SL)、交通行业标准(代号 JT)、黑色冶金行业标准(代号 YB)、铁路行业标准(代号 TB)等。

(3)地方标准(代号 DB)和企业标准(代号 QB)。

标准一般由标准名称、部门代号(以汉语拼音字母表示)、标准编号和标准颁布年份四部分组成。如《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)、《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107—2010)、《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)等(有关工程建设方面的技术标准代号，应在部门代号后加 J)。

我国加入 WTO 后，采用和参考国际通用标准和先进标准是加快我国土木工程材料工业与世界步伐接轨的重要措施，对促进建材工业的科技进步，提高产品质量和标准化水平，扩大土木工程材料的对外贸易有着重要作用。

常见的国际标准有以下几类：

- (1)美国材料与试验协会标准(ASTM)等，属于国际团体和公式标准。
- (2)德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN)等，属于区域性国家标准。
- (3)国际标准化组织标准(ISO)等，属于国际性标准化组织的标准。

0.5 本课程的学习目的和任务

0.5.1 本课程学习的目的与主要任务

土木工程材料是土木工程或其他有关专业的一门基础技术课，并兼有专业课的性质。课程的任务是学

生通过学习,获得土木工程材料的基础知识,掌握土木工程材料技术性能和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,为后续专业课程的学习以及今后的工作实践中能正确选择与合理使用土木工程材料打下良好的基础。

本书各章主要讲述各类土建结构的品种、基本组成、组成设计、技术性能和技术指标。为了教学方便,将按下述顺序对各种常用的土木工程材料进行讲授:土木工程材料的基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、金属材料、墙体材料、沥青及沥青混合料、防水材料、木材、高分子建筑材料、建筑装饰材料、绝热材料和吸声材料、新型建筑材料及其发展趋势。

0.5.2 本课程的理论学习任务

学习时,可把相关内容分成三个层次。

第一层次是土木工程材料基础理论知识。所谓基础理论知识,是指每类材料的生产工艺、材料的组成、结构、构造。该部分要重点领会其对材料性能的影响。

第二层次是土木工程材料的基本性质。这一层次要求学生能运用已有的理论知识对基本性质的改善进行分析,并能结合工程实际,正确选用材料。对于现场制作的材料,要能根据材料性能要求设计计算材料配合比。

第三层次是土木工程材料质量检验的内容。要结合试验理解基本技术性质要求的意义。

0.5.3 本课程的试验学习任务

试验课是本课程的重要教学环节。通过试验,学生可验证所学的基础理论,增加感性认识,加深对理论知识的理解,熟悉试验鉴定、检验和评定材料质量的方法,掌握一定试验技能。这对培养学生分析与判断问题的能力、试验工作能力以及严谨的科学态度十分有益,也为今后从事既有材料的改性、新材料的研制以及材料方面的科学研究奠定基础。

为了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,必须结合课堂学到的内容,加强对材料试验的实践。为此,本课程开设多个学时的试验课,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。



习题

1. 简述土木工程材料的定义。
2. 土木工程材料是如何分类的?
3. 目前我国常用的土木工程材料的标准主要有哪些?
4. 如何学好“土木工程材料”这门课程?

第 1 章 土木工程材料的基本性质

学习提示

材料的基本性质是材料最基本的、共同的性质。材料的基本性质包括材料的基本物理性质、材料的力学性质、材料的耐久性等。材料的基本组成、结构和构造决定了材料的性质。

学习要求

通过本章的学习,掌握材料物理性质的基本概念、表示方法及与工程的关系;掌握材料力学性质的基本概念及与工程的关系;掌握材料的耐久性所包含的内容,了解其影响因素;了解材料的组成、结构及对材料性质的影响。

1.1 材料的基本物理性质

1.1.1 材料的体积组成

大多数材料的内部含有孔隙,孔隙的多少和孔隙的特征对材料的性能均产生影响,掌握含孔材料的体积组成是正确理解和掌握材料物理性质的起点。

孔隙特征指孔尺寸大小、孔与外界是否连通两个内容。孔隙与外界相连通的叫开口孔,与外界不相连通的叫闭口孔。

含孔材料的体积组成如图 1-1 所示。从图 1-1 可知,含孔材料的体积包括以下三种。

(1)材料绝对密实体积:用 V 表示,是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积。

(2)材料的孔体积:用 V_p 表示,指材料所含孔隙的体积,分为开口孔体积(记为 V_k)和闭口孔体积(记为 V_b)。

(3)材料在自然状态下的体积:用 V_0 表示,是指材料的实体与材料所含全部孔隙体积之和。

上述几种体积存在以下的关系:

$$V_0 = V + V_p \quad (1-1)$$

其中
$$V_p = V_k + V_b \quad (1-2)$$

散粒状材料的体积组成如图 1-2 所示。其中 V'_0 表示材料堆积体积,是指在堆积状态下的材料颗粒体积和颗粒之间的间隙体积之和, V_j 表示颗粒与颗粒之间的间隙体积。散粒状材料体积关系如下:

$$V'_0 = V_0 + V_j = V + V_p + V_j \quad (1-3)$$

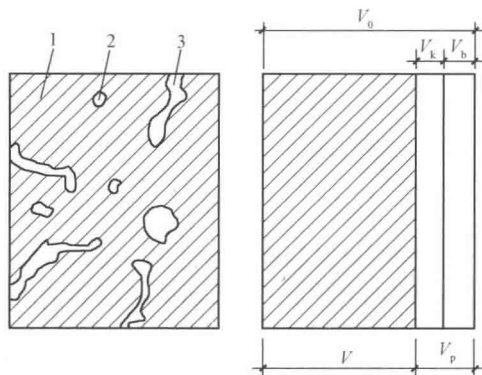


图 1-1 含孔材料体积组成示意图
1—固体物质；2—闭口孔；3—开口孔

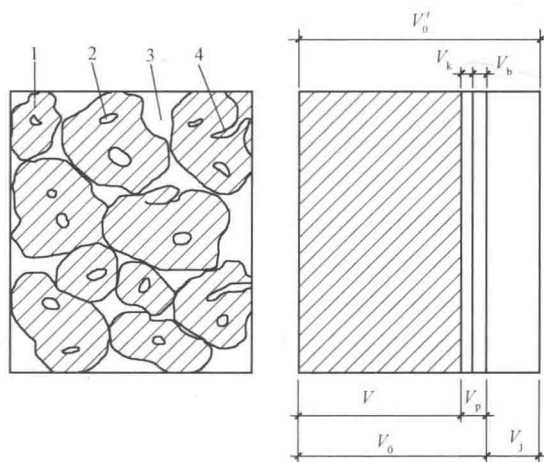


图 1-2 散粒材料堆积体积组成示意图
1—颗粒的固体物质；2—颗粒的闭口孔隙；
3—颗粒间的间隙；4—颗粒的开口孔隙

1.1.2 材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

密度是指物质单位体积的质量，单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。由于材料所处的体积状况不同，故有真实密度、表观密度和堆积密度之分。

真实密度是指材料在规定条件 $[(105 \pm 5)^\circ\text{C}]$ 烘干至恒重，温度 20°C 绝对密实状态下（绝对密度状态是指不包括任何孔隙在内的体积）单位体积所具有的质量，按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

式中 ρ ——真实密度 (g/cm^3)；

m ——材料在干燥状态下的质量 (g)；

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (cm^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。通常认为除钢材、玻璃等少数接近于真实密度的材料外，绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时，应把材料磨成细粉（粒径小于 0.20mm ），经干燥后，用密度瓶（李氏瓶）测定其实体体积。用李氏瓶测得的体积可视为材料绝对密实状态下的体积。材料磨得越细，测定的密度值越精确。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积（含材料的实体矿物及不吸水的闭口孔隙，但不包括能吸水的开口空隙在内的体积）所具有的质量，按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-5)$$

式中 ρ_0 ——表观密度 (g/cm^3 或 kg/cm^3)；

m ——材料在干燥状态下的质量 (g)；

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (cm^3)。

材料在自然状态下的体积又称表观体积，是指包含材料内部孔隙在内的体积。几何形状规则的材料，可直接按外形尺寸计算出表观体积；几何形状不规则的材料，可用排液法测量其表观体积，然后按式(1-5)计算出表观密度。

3. 堆积密度

堆积密度是指散状材料或粉状材料、粒状材料或纤维材料在堆积状态下，单位体积所具有的质量，按下式计算：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$
 (1-6)

式中 ρ'_0 ——堆积密度(g/m³)；
 m ——材料的堆积质量(g)；
 V'_0 ——材料的堆积体积(cm³)。

材料的堆积体积包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙。测定材料的堆积密度时，按规定的方法将散粒材料装入一定容积的容器中，材料质量是指填充在容器内的材料质量，材料的堆积体积则为容器的容积。

在土木工程中，计算材料用量、构件自重、配料计算及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用土木工程材料的有关数据见表 1-1。

表 1-1 常用土木工程材料的密度、表观密度、堆积密度

材料	密度 ρ /(g · cm ⁻³)	表观密度 ρ_0 /(kg · m ⁻³)	堆积密度 ρ'_0 /(kg · m ⁻³)
石灰岩	2.48~2.76	1 800~2 600	—
花岗石	2.70~3.00	2 500~2 900	—
碎石(石灰岩)	2.60	2 300~2 700	1 400~1 700
砂	2.50~2.60	—	1 450~1 650
黏土	2.60	—	—
普通黏土砖	2.50~2.70	1 600~1 900	—
黏土空心砖	2.50	1 000~1 400	—
水泥	2.80~3.10	—	1 200~1 300
普通混凝土	3.10	2 100~2 600	—
轻集料混凝土	—	800~1 900	—
木材	1.55~1.60	400~800	—
钢材	7.85	7 850	—
泡沫塑料	—	20~50	—
玻璃	2.45~2.55	2 450~2 550	—

1.1.3 材料的密实度与孔隙率及填充率与空隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度，也就是固体物质的体积占总体积的比例。密实度反映了材料的致密度，以 D 表示：

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$
 (1-7)

式中 V ——材料的绝对密实体积(cm³ 或 m³)；
 V_0 ——材料在自然状态下的体积(cm³ 或 m³)；
 ρ ——材料的密度(g/cm³)；
 ρ_0 ——表观密度(g/cm³)。