

高等学校土木建筑专业
|应用型本科系列规划教材|

土木工程 材料

余丽武 ◎ 主编

T U M U G O N G C H E N G
C A I L I A O



东南大学出版社
Southeast University Press

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材

土木工程材料

主 审 符 芳

主 编 余丽武

副主编 周淑春 叶翼翔 刘美景 缪汉良

参 编 吕恒林 董 祥 胡 阳

东南大学出版社

• 南京 •

内 容 提 要

本书以无机胶凝材料、混凝土和砂浆、钢材、沥青及沥青混合料为重点,分别介绍了这些土木工程材料的性能和应用,同时还介绍了木材、合成高分子材料、墙体材料以及功能材料等。教材还介绍了常用的土木工程材料的质量检测试验方法,以及新型土木工程材料的基本知识。全书共分 10 章,每章除附有复习思考题外,还设置创新思考题,供学生思考和讨论。

本书力求让学生在学习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工作打下必要的基础。

本书可作为高等院校土建类、工程管理类专业教材,也可供土木工程专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/余丽武主编. —南京:东南大学出版社,2010.12

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材
ISBN 978-7-5641-2566-0

I. ①土… II. ①余… 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(2010)第 259724 号

土木工程材料

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:史建农 戴坚敏

网 址:<http://www.seupress.com>

经 销:全国各地新华书店

印 刷:南京新洲印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:21.75

字 数:530 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-2566-0

印 数:1—5000 册

定 价:43.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真):025-83792328

高等学校土木建筑专业应用型本科系列
规划教材编审委员会

名誉主任	吕志涛			
主任	蓝宗建			
副主任	(以拼音为序)			
	陈蓓	陈斌	方达宪	汤鸿
	夏军武	肖鹏	宗兰	张三柱
秘书长	戴坚敏			
委员	(以拼音为序)			
	戴望炎	单法明	董祥	郭贯成
	胡伍生	黄炳生	黄春霞	李果
	李幽铮	廖东斌	刘桐	刘殿华
	刘子彤	龙帮云	吕恒林	陶阳
	王照宇	贾仁甫	徐德良	殷为民
	于习法	余丽武	喻骁	张靖静
	张敏莉	张伟郁	赵玲	赵冰华
	赵才其	赵庆华	郑廷银	周佶
	周桂云			

总前言

国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,要“适应国家和区域经济社会发展需要,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”;“学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺”。为了更好地适应我国高等教育的改革和发展,满足高等学校对应用型人才的培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等的要求,东南大学出版社携手国内部分高等院校组建土木建筑专业应用型本科系列规划教材编审委员会。大家认为,目前适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对于培养应用型人才的院校来说起点偏高,难度偏大,内容偏多,且结合工程实践的内容往往偏少。因此,组织一批学术水平较高、实践能力较强、培养应用型人才的教学经验丰富的教师,编写出一套适用于应用型人才培养的教材是十分必要的,这将有力地促进应用型本科教学质量的提高。

经编审委员会商讨,对教材的编写达成如下共识:

一、体例要新颖活泼。学习和借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法以及章节安排。摒弃传统工科教材知识点设置按部就班、理论讲解枯燥无味的弊端,以清新活泼的风格抓住学生的兴趣点,让教材为学生所用,使学生对教材不会产生畏难情绪。

二、人文知识与科技知识渗透。在教材编写中参考一些人文历史和科技知识,进行一些浅显易懂的类比,使教材更具可读性,改变工科教材艰深古板的面貌。

三、以学生为本。在教材编写过程中,“注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教”,充分考虑大学生人才就业市场的发展变化,努力站在学生的角度思考问题,考虑学生对教材的感受,考虑学生的学习动力,力求做到教材贴合学生实际,受教师和学生欢迎。同时,考虑到学生考取相关资格证书的需要,教材中还结合各类职业资格考试编写了相关习题。

四、理论讲解要简明扼要,文例突出应用。在编写过程中,紧扣“应用”两字创特色,紧紧围绕着应用型人才培养的主题,避免一些高深的理论及公式的推导,大力提倡白话文教材,文字表述清晰明了、一目了然,便于学生理解、接受,能激起学生的学习兴趣,提高学习效率。

五、突出先进性、现实性、实用性、操作性。对于知识更新较快的学科,力求将最新最前沿的知识写进教材,并且对未来发展趋势用阅读材料的方式介绍给学生。同时,努力将教学改革最新成果体现在教材中,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的知识点和关键点,突出实用性和可操作性。

六、强化案例式教学。在编写过程中,有机融入最新的实例资料以及操作性较强的案例素材,并对这些素材资料进行有效的案例分析,提高教材的可读性和实用性,为教师案例教学提供便利。

七、重视实践环节。编写中力求优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力,注重实践操作的训练,通过实际训练加深对理论知识的理解。在实用性和技巧性强的章节中,设计相关的实践操作案例和练习题。

在教材编写过程中,由于编写者的水平和知识局限,难免存在缺陷与不足,恳请各位读者给予批评斧正,以便教材编审委员会重新审定,再版时进一步提升教材的质量。本套教材以“应用型”定位为出发点,适用于高等院校土木建筑、工程管理等相关专业,高校独立学院、民办院校以及成人教育和网络教育均可使用,也可作为相关专业人士的参考资料。

高等学校土木建筑专业应用型
本科系列规划教材编审委员会
2010年8月

前 言

本书为高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材,以高等学校土木工程专业委员会 2001 年 11 月制定的《土木工程新材料教学大纲》为基本依据,适应宽口径的土木工程专业发展需求,并参考国家最新的标准和规范编写而成。

本书编写的指导思想是在内容上尽可能地反映本学科国内外的新成就和我国相关的新标准、新规范、新技术、新方法以及新材料;紧密结合应用型人才培养模式的需求特点,突出实用性,力求达到教材内容系统性、完整性、先进性和实用性的统一。本书具有以下特色:

(1) 通过整合将教材的章节适当进行精简,改变原先教材中相关章节细化而分散的特点,将相近材料的章节整合起来,有利于教学计划的编排。

(2) 在章节内容上适当增加了工程实例分析。通过理论联系实际,培养学生分析、解决实际问题的能力。

(3) 为适应土木工程行业材料日新月异的发展的需要,编写的内容中有选择性地补充了一些反映当今国内外新兴材料的内容介绍,让学生能适当了解本行业土木工程材料的最新动态,掌握最新知识。

(4) 每章除附有复习思考题外,还设置创新思考题,结合本章的知识内容,提出工程实际问题,供学生思考和讨论,目的是使得学生在掌握理论知识的同时,适当引导学生的创新思维或实际应用能力。

本书由余丽武主编,周淑春、叶翼翔、刘美景、缪汉良为副主编,由东南大学符芳教授主审。各章分工如下:绪论、第 2 章及第 3 章第 10 节由余丽武(南京工程学院)编写;第 1 章由缪汉良(南京工业大学)编写;第 3 章第 1~9 节由叶翼翔(华东交通大学)编写;第 4 章和第 9 章由刘美景(东南大学)编写;第 5 章由周淑春(中国矿业大学)编写;第 6 章由胡阳(金陵科技学院)编写;第 7 章由董祥(南京工程学院)编写;第 8 章和第 10 章由吕恒林(中国矿业大学)编写;土木工程材料试验部分由余丽武和叶翼翔共同编写。

本书由多所高校的教师联合编写,在编写过程中得到东南大学出版社的大力协助,在此一并表示感谢。由于编写时间仓促以及编者水平所限,书中如有不妥之处,敬请广大师生、读者提出宝贵意见。

编者

2010 年 11 月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 土木工程材料的含义	(1)
0.2 土木工程材料在土木工程建设中的意义	(1)
0.3 土木工程材料的分类	(2)
0.4 土木工程材料的发展史及发展趋势	(2)
0.5 土木工程材料的标准化	(5)
0.6 本课程的性质与任务	(6)
1 土木工程材料的基本性质	(7)
1.1 材料的组成、结构与构造	(7)
1.2 土木工程材料的物理性质	(9)
1.3 材料与水有关的性质	(12)
1.4 土木工程材料的力学性质	(15)
1.5 土木工程材料的耐久性	(18)
2 无机胶凝材料	(20)
2.1 胶凝材料的定义与分类	(20)
2.2 气硬性胶凝材料	(22)
2.3 水泥	(31)
3 混凝土和砂浆	(61)
3.1 概述	(61)
3.2 普通混凝土中各组成材料的性质指标及选择	(64)
3.3 普通混凝土的形成及特征现象	(82)
3.4 混凝土的技术性质	(87)
3.5 普通混凝土质量控制	(99)
3.6 普通混凝土的配合比设计	(102)
3.7 掺外加剂及粉煤灰的普通混凝土的配合比设计	(111)
3.8 高性能混凝土	(114)
3.9 其他混凝土	(119)
3.10 建筑砂浆	(122)
4 墙体材料及屋面材料	(139)
4.1 砖	(139)
4.2 砌块	(148)
4.3 其他墙体材料	(152)
4.4 屋面材料	(155)

5 金属材料	(159)
5.1 钢材的冶炼和分类	(159)
5.2 建筑钢材的主要技术性能	(162)
5.3 钢材的化学成分及组成结构	(167)
5.4 钢材的冷加工和热处理	(170)
5.5 钢材的标准与选用	(171)
5.6 钢材的锈蚀和防护	(185)
5.7 其他金属材料	(187)
6 木材	(190)
6.1 木材的分类和构造	(190)
6.2 木材的性质与应用	(192)
6.3 木材的腐蚀与防护	(201)
7 沥青与沥青混合料	(204)
7.1 石油沥青	(204)
7.2 其他沥青	(223)
7.3 沥青混合料	(230)
8 无机结合料稳定材料	(255)
8.1 无机结合料稳定材料的分类和应用	(256)
8.2 无机结合料稳定材料的技术性质	(259)
8.3 无机结合料稳定材料的配合比设计	(265)
9 合成高分子材料	(269)
9.1 概述	(269)
9.2 塑料的基本组成、分类及主要性能	(273)
9.3 土木工程中常用的其他高分子材料	(277)
10 功能材料及新型材料	(285)
10.1 概述	(285)
10.2 绝热材料	(286)
10.3 吸声、隔声材料	(291)
10.4 装饰材料的基本要求及选用	(294)
10.5 防水材料	(297)
10.6 新型土木工程材料及其发展趋势	(299)
附：土木工程材料试验	(301)
参考文献	(336)

0 绪论

0.1 土木工程材料的含义

土木工程材料指土木工程中使用的各种材料及制品,是一切土木工程的物质基础。土木工程材料可分为广义和狭义两种。广义上的土木工程材料是指用于土木工程中的所有材料,它包括三个部分:一是构成建筑物、构筑物本身的材料,如石灰、水泥、混凝土、钢材、墙体与屋面材料、防水材料、装饰材料等;二是施工过程中所需要的辅助材料,如脚手架、模板等;三是各种建筑器材,即给排水、暖通、消防、电气、网络通信设备等。狭义上的土木工程材料是指在基础、地面、墙体、承重结构(梁、柱、板等)、屋面、道路、桥梁、水坝等结构物中直接构成土木工程实体的材料,本课程中所涉及的材料即指这一类。

0.2 土木工程材料在土木工程建设中的意义

(1) 土木工程材料是保证工程质量的重要物质基础。任何一项工程建设,总是要取决于人力、机具和材料这三大要素,贯穿在整个施工过程中的人力组织和机具调配等环节,大多围绕着如何合理地运用各种材料和制品,以构成所需的工程实体。

(2) 土木工程材料在土木工程中不仅使用量大,而且有很强的经济性,其费用在工程总造价中占相当大的比例。目前,在我国土木工程的总造价中,土木工程材料的费用约占50%~60%。因此,是否合理运用土木工程材料,对降低材料费用及工程总造价有着重要的意义。

(3) 土木工程材料的性能、质量、品种和规格,直接影响着土木工程的结构形式和施工方法,进而也决定了土木工程的造价和安全、寿命。新材料的出现,导致建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新,因此一个合格的工程技术人员必须准确熟练地掌握有关材料的知识,而且,应使所用的材料都能最大限度地发挥其效能,并合理、经济地满足土木工程上的各种需要。

0.3 土木工程材料的分类

土木工程材料种类繁多,为了便于研究及使用,常从不同角度对土木工程材料进行分类。根据材料的化学成分,可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类(见表 0-1);根据土木工程材料在工程中的使用部位,可分为基础材料、结构材料、围护材料、屋面材料、地面材料、饰面材料等;根据材料在土木工程结构中的承载情况,大体上可分为承重材料、非承重材料和功能材料(如装饰材料、防水材料、绝热材料、吸声材料等)。

表 0-1 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	钢、铁及其合金等
		有色金属	铝、铜、铅及其合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及其石材制品等
		烧土制品	黏土砖、瓦、陶瓷制品等
		胶凝材料	石灰、石膏、水泥等
		混凝土及硅酸盐制品	混凝土、砂浆、灰砂砖、混凝土砌块等
		其他无机矿物材料及制品	石棉制品、玻璃纤维等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青材料		石油沥青、煤沥青及制品等
	合成高分子材料		塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等
复合材料	有机与无机材料复合		沥青混合料、聚合物混凝土、玻璃钢等
	金属与非金属材料复合		钢筋混凝土、彩色涂层钢板、钢纤维增加塑料等

0.4 土木工程材料的发展史及发展趋势

材料是人类赖以生存和得以发展的重要物质基础,是人类文明的里程碑。正是材料的使用、发现和发明,才使人类在与自然界的斗争中,走出了混沌蒙昧的时代,发展到科学技术高度发达的今天。因此,人类的文明史可以说就是材料的发展史,不同特征的材料成为划分人类历史时期的标志,诸如石器时代、青铜器时代、铁器时代、高分子时代等。统计表明,至 1976 年底,全世界正式注册的材料有 25 万种,并以每年约 5%的速度递增。因此可以推算,目前全世界的材料总数已经超过 100 万种。

对建筑结构的发展起关键作用的,要数作为工程物质基础的土木工程材料,每当出现新的优良的土木工程材料时,建筑结构就会有飞跃式的发展。

原始社会,我们的祖先在与猛兽和大自然的斗争中,由于没有工具,只能住在洞穴里;旧石器时代,有了简单的工具,人们伐木搭建草棚,居住条件得到一定的改善,但此时人们仍处于“穴居巢处”的落后时代。远在距今 4 000~10 000 年的新石器时代,由于石器工具的进步,劳动生产力提高,人们以土、木和石等天然材料为主建设自己的家园。这时人们主要使用黏土来抹砌简易的建筑物,有时还掺入稻草、稻壳等植物纤维加筋增强,有的甚至经过烧烤处理。火的使用,使烧土制品如砖、瓦和石灰等成为可能。于是,土木工程材料由单纯的天然进入到人工生产阶段。砖、瓦和石灰的出现被认为是建筑结构的第一次飞跃。与土相比,砖、瓦和石灰具有更优越的力学性能,其用于房屋的建造,牢固性大大增强,且可以隔绝潮气。从此,人们开始大量、广泛地修建房屋、水利和防御工程。所以说,砖、瓦和石灰的出现是人类建筑结构史上的一个里程碑。在长达三千多年的时间里,砖、瓦和石灰一直是土木工程领域的重要建筑材料,为人类文明作出了伟大的贡献。

混凝土的大量应用是建筑结构的第二次飞跃。19 世纪 20 年代,波特兰水泥制成后,混凝土开始大量应用于建筑结构。混凝土中砂、石可以就地取材,混凝土构件易于成型,这是混凝土能广泛应用于结构物的得天独厚的条件。19 世纪中叶以后,钢铁生产激增,随之出现了钢筋混凝土这种复合建筑材料,其中钢筋承担拉力,混凝土承担压力,发挥了各自的优点,从此,钢筋混凝土广泛地应用于建筑结构。20 世纪 30 年代,预应力混凝土的出现,更是弥补了钢筋混凝土结构抗裂性能、刚度和承载能力差的缺点,因而用途更为广阔。

钢材的大规模应用是建筑结构的第三次飞跃。人们在 17 世纪 70 年代开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋,到 19 世纪中期,冶金业生产出强度高、延性好、质量均匀的建筑钢材,随后又生产出高强度钢丝、钢索。于是,钢结构得到蓬勃发展,并逐渐应用于新兴的桁架、框架、网架和悬索结构,出现了结构形式百花争艳的局面。建筑物的跨径随之从砖结构、石结构、木结构的几米、几十米发展到百米、几百米,直到现代的千米以上。于是,在地面上建造起摩天大楼和高耸铁塔,在大江、海峡上架起大桥,甚至在地面下铺设铁路,创造出史无前例的奇迹。

从建筑结构经历的三次大飞跃可以看出,土木工程材料的技术水平决定着建筑结构的发展。如今,各种混凝土外加剂的生产和应用,使得高强混凝土、自密实混凝土、高性能混凝土的配制和施工应用易如反掌,加之钢材与混凝土组合形式的多样化,土木工程材料的内涵不断丰富,极大地促进了土木工程技术的发展。

随着社会的进步,环境保护和节能降耗的需要对土木工程材料提出了更多更高的要求,因此,今后一段时间内,土木工程材料将向以下几个方向发展。

(1) 轻质高强型材料

随着城市化进程加快,城市人口密度日趋加大,城市功能日益集中和强化,需要建造高层建筑以解决众多人口的居住问题和行政、金融、商贸、文化等部门的办公空间。然而现今钢筋混凝土结构材料自重大,限制了建筑物向高层、大跨度的延伸,因此要求结构材料向轻质高强方向发展。

(2) 高耐久性

传统建筑物的寿命一般是 50~100 年。现代社会基础设施的建设日趋大型化、综合化,例如超高层建筑、大型水利设施、海底隧道等大型工程,耗资巨大,建设周期长,维修困难,因

此对其耐久性的要求越来越高。目前主要的开发目标有高耐久性混凝土、防锈钢筋、陶瓷质外壁贴面材料、防虫蛀材料、耐低温材料,以及在地下、海洋、高温等恶劣环境下能长久保持性能的材料。

(3) 多功能化

进入 20 世纪后,由于社会生产力突飞猛进以及材料科学与工程学的形成和发展,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,以有机材料为主的化学建材异军突起,一些具有特殊功能的新型土木工程材料,如绝热材料、吸声隔声材料、各种装饰材料、耐热防火材料、防水抗渗材料以及耐磨、耐腐蚀、防爆和防辐射材料等应运而生。据预测,21 世纪从食品和医疗方面发展起来的抗菌剂将应用于日常生活和新型建筑材料方面,发展成为兼有抗菌和净化功能的生态建材。它以传统的建筑材料为载体,采用催化剂和抗菌剂使之功能化;这些外加剂又选用新的催化剂来提高各种新型建筑材料的二次催化新功能,从而将开发出一系列生态建材,主要有:具有大气净化功能的外墙材料及涂料;具有抗菌、防霉、防污、除臭功能的室内装饰材料;具有除臭、抗菌、防射线的镀膜调光节能功能的玻璃窗;具有除臭、抗菌、净化空间功能的卫生间;具有空气净化功能的内墙材料及涂料等。通过在建筑材料配料中掺加一些特殊的功能性物质,科学家们已经可以制作光致变色、自调湿、灭菌、处理汽车尾气等具有各种功能的材料。

(4) 智能化材料

随着电子信息技术和材料科学的不断进步,社会及其各个组成部分,如交通系统、办公场所、居住社区等正在向智能化方向发展,作为最主要的建筑材料的混凝土材料也是如此。作为混凝土材料发展的高级阶段,研究和开发具有主动、自动地对结构进行自诊断、自调节、自修复、自恢复的智能混凝土已成为结构—功能一体化的发展趋势。国内外学者于 20 世纪 80 年代中后期提出了机敏材料与智能材料概念。机敏材料能够感受外界环境的变化,而智能材料要求材料体系集感知、驱动和信息处理于一体,形成类似于生物材料那样的具有智能属性的材料,具有自感知、自诊断、自修复等功能。1989 年,美国的 D. D. L. Chung 发现将一定形状、尺寸和掺量的短切碳纤维掺入到混凝土中,可以使混凝土具有自感知内部应力、应变和损伤程度的功能。将碳纤维应用于机场跑道、桥梁路面等工程中,利用混凝土的电热效应,可实现自动融雪和除冰功能。

(5) 低碳节能材料

在全球气候变暖的背景下,以低能耗、低污染为基础的“低碳经济”成为全球热点。欧美发达国家大力推进以高能效、低排放为核心的“低碳革命”,着力发展“低碳技术”,并对产业、能源、技术、贸易等政策进行重大调整,以抢占先机和产业制高点。低碳经济的争夺战,已在全球悄然打响。这对中国而言,是压力,也是挑战。新能源、新材料产业是转变经济发展方式和调整经济结构中要大力发展的战略性新兴产业。

(6) 绿色环保材料

世界上用量最多的材料是建筑材料,特别是墙体材料 and 水泥,其原料来源于绿色大地,每年约有 5 亿平方米的土地遭到破坏。同时,工业废渣、建筑垃圾和生活垃圾的堆放也占用大量的绿色土地,造成了地球环境的恶化。绿色材料是指采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工业、农业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性,达到使用周期后可回收利用,有利于环境保护和人体健康的建筑材料,是人类历史上继天然材

料、金属材料、合成材料、复合材料、智能材料之后又一新概念材料。随着时代的发展和社会文明的进步,材料的环境性能将成为材料的一个基本性能,结合资源保护、资源综合利用,对不可再生资源的替代和再资源化研究将成为材料产业的一大热门,各种绿色环保材料的开发将成为材料产业发展的方向。

基础学科及相关工程学科的发展为土木工程材料的高性能、多功能、智能化和绿色生态化创造了越来越充分的条件,日新月异的土木工程设计理念和建造技术对土木工程材料的发展提出了越来越多的新课题。作为土木工程的物质基础,土木工程材料必将成为多项技术的复合体,继续发挥其不可替代的作用。

0.5 土木工程材料的标准化

材料的性质对保证土木工程质量具有决定性作用。然而,不同类型的工程或工程所处的部位不同,对于材料的技术指标或要求会有所差别。因此,土木工程材料要实现现代化的科学管理,必须对材料产品的各项技术制定统一的执行标准。这些标准涉及产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存等方面内容。

根据技术标准的发布单位与使用范围,可分为国家标准、行业标准、企业和地方标准三级。

(1) 国家标准

通常由国家标准主管部门委托有关单位起草,由有关部委提出报批,经国家技术监督局会同有关部委审批,并由国家技术监督局发布。国家标准在全国范围内适用,分为强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。

(2) 行业标准

行业标准是指全国性的某行业范围的技术标准,由中央部委标准机构制定,有关研究院所、大专院校、工厂、企业等单位提出或联合提出,报请中央部委主管部门审批后发布,因此又被称为部颁标准,最后报国家技术监督局备案。例如建工行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、交通行业标准(代号 JT)等。

(3) 企业标准(代号 QB)和地方标准(代号 DB)

企业和地方标准是指只能在某地区内或某类企业内使用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准,可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准,经报请本地区或本行业有关主管部门审批后,在该地区或行业中执行。凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。

随着我国对外开放和加入世贸组织(WTO),常常还涉及一些与土木工程材料关系密切的国际标准或国外标准,其中主要有国际标准(代号 ISO)、美国材料试验学会标准(代号 ASTM)、日本工业标准(代号 JIS)、德国工业标准(代号 DIN)、英国标准(代号 BS)、法国标准(代号 NF)等。

0.6 本课程的性质与任务

本课程是土木工程等专业的一门技术基础课,并兼有专业课的性质。课程的目的是使学生通过学习,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和应用方法以及实验检验技能,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能正确选择与合理使用土木工程材料,也为进一步学习其他有关的专业课打下基础。

本课程主要涉及各种常用土木工程材料的原料生产、组成与结构、性质与应用、技术要求及检验、运输与储存等方面内容。从本课程目的出发,应着重掌握各种材料的性质与应用,以及工程上对材料的技术要求。

土木工程材料种类繁多,课程内容繁杂,因而要学好本门课程,掌握良好的学习方法是至关重要的。在学习过程中,要注意了解事物的本质和内在联系,还应当知道形成这些性质的内在原因和性质之间的相互关系。对于同一类属的材料,不但要学习它们的共性,更重要的是要了解它们各自的特性和具备这些特性的原因。为了保证工程的耐久性和控制材料在使用前的变质问题,还必须了解引起变化的外界条件和材料本身的内在原因,从而了解变化的规律。土木工程材料各方面内容的相互联系如图 0-1。

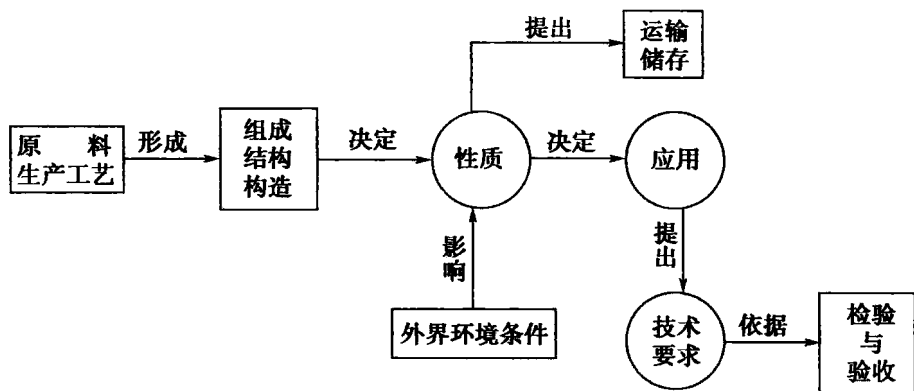


图 0-1 土木工程材料各方面内容的联系

此外,本课程是一门以生产实践和科学实验为基础的实践性很强的课程,因而实验课是本课程的重要教学环节。通过实验,可以使学生对理论知识的理解,掌握材料基本性能的试验检验和质量评定的方法,培养学生的实践技能、综合素质和创新能力,为日后从事相关的技术工作打下基础,因此必须重视实验课。在实验课的学习过程中,要求学生必须具备严谨的科学态度和实事求是的工作作风,通过亲自动手进行实验来增加对材料的感性认识,并结合实验操作和结果评定的过程,检验对已学的有关材料基本知识、检验和评定材料质量方法的掌握程度。

1 土木工程材料的基本性质

在土木工程各类建(构)筑物中,使用的所有材料都将受到物理、化学、力学和生物等因素单独的或综合的作用。例如工业与民用建筑物中的承重构件(梁、板、柱等)要受到各种力(自重、风荷载、雨雪荷载、地震)的作用;水工建筑要受到江、河、湖、海水的长期浸润作用;室外的道路、桥梁工程要受到冻融、温度变化引起的膨胀收缩、大气的长期侵蚀作用;金属材料的锈蚀、有机材料的老化、竹木材料的腐朽等,都说明了工程结构中所使用的材料在使用过程中受到多样和复杂的破坏作用。因此,对土木工程材料性质的要求也是多样且是严格的。

1.1 材料的组成、结构与构造

1.1.1 材料的组成

材料的组成是决定材料性质的最基本因素。材料的组成包括材料的化学组成、矿物组成和相组成。

1) 化学组成

化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类和数量。当材料与环境或其他物质接触时,它们之间必然按化学规律发生作用或反应。如水泥混凝土类材料的腐蚀,金属材料的锈蚀,木材、有机材料的高温燃烧等,都是由材料的化学组成所决定的。

2) 矿物组成

材料中具有特定的晶体构造、具有特定的物理力学性能的组织结构称为矿物。矿物组成是指构成材料的矿物种类和数量。如天然石材、无机胶凝材料等,其矿物组成是决定材料性质的主要因素。

3) 相组成

材料中具有相同物理、化学性质的均匀部分称为相。凡由两相或两相以上物质组成的材料称为复合材料。土木工程材料大多数是多相固体,可看作复合材料。例如,混凝土可认为是骨料颗粒(骨料相)分散在水泥浆基体(基相)中所组成的两相复合材料。两相之间称为界面,即“界面相”,影响这类材料的主要因素是原材料的品质及配合比例。

1.1.2 结构与构造

材料的结构和构造是决定材料性质的重要因素。材料的结构可分为宏观结构、细观结构和微观结构。

1) 宏观结构

宏观结构是指用肉眼或放大镜就可分辨的毫米级组织。分类及特点如下:

(1) 致密结构

具有致密结构的材料可以看作为无孔隙的材料,如钢材、玻璃、塑料、致密天然石材等,这类材料强度和硬度高、吸水性小、抗冻性和抗渗性好。

(2) 多孔材料

多孔材料是指材料内部有均匀分布的孔隙,孔隙率高。例如,加气混凝土、泡沫塑料、烧土制品、石膏制品等。这类材料质量轻,保温隔热、吸声隔声性能好。

(3) 纤维结构

材料内部质点排列具有方向性,其平行纤维方向、垂直纤维方向的强度和导热性等性质具有明显的方向性,即各向异性,如木材、石棉、玻璃纤维、钢纤维混凝土等。

(4) 层状结构

天然形成或人工黏结等方法将材料叠合而成层状的材料结构,如胶合板、纸面石膏板、蜂窝夹心板、各种节能复合墙板等。这类结构能提高材料的强度、硬度、保温及装饰等性能,扩大了材料使用范围。

2) 细观结构(亚微观结构)

细观结构是指用光学显微镜能观察到的微米级组织,如分析金属材料的金相组织,观察木材的木纤维、导管、髓线、树脂道等组织,以及观察混凝土内的微裂缝等。

材料内部各种组织的性质各不相同,这些组织的特性、数量、分布及界面之间的结合情况等,都对材料性质有重要的影响。

3) 微观结构

微观结构是指用电子显微镜或X射线衍射仪等手段来研究的材料的原子、分子级的结构,其分辨程度可达埃($\text{\AA}$)级($1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$)。材料的许多物理性质(如强度、硬度、熔点、导热、导电性)都是由微观结构所决定的。

材料在微观结构层次上可分为晶体、玻璃体、胶体。

(1) 晶体

晶体是质点(离子、原子、分子)在空间上按特定的规则呈周期性排列所形成的。晶体具有特定的几何外形、各向异性,固定的熔点和化学稳定性好等特点。根据组成晶体的质点及化学键的不同可分为:

① 原子晶体。中性原子以共价键结合而成的晶体。其强度、硬度、熔点均较高,而密度小,如石英等。

② 离子晶体。正负离子以离子键结合而成的晶体。其强度、硬度、熔点也较高,密度中等,不耐水,如石膏等。

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。其强度、硬度、熔点较低,密度小,如有机化合物等。

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金属键结合而成的晶体。其强度、硬度变化大,密度大,如钢材等。

晶体材料在外力作用下具有弹性变形的特点,但因质点的密集程度不同而具有许多滑移面,当外力达到一定限度时,则易沿着滑移面产生塑性变形。