



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程材料

(第二版)

白宪臣 主 编
朱乃龙 主 审

中国建筑工业出版社

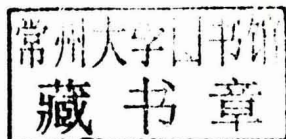
住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程材料

(第二版)

白宪臣 主编

朱乃龙 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程材料/白宪臣主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019. 9

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材 (按
高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

ISBN 978-7-112-23893-4

I. ①土… II. ①白… 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 (2019) 第 125640 号

本书是按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写的高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材, 是在第一版基础上修订而成。全书共十章, 内容包括土木工程材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土与砂浆、钢材、砌筑材料、木材、沥青及沥青混合料、合成高分子材料与建筑功能材料、土木工程材料试验。每章均列有主要知识点、重点内容和难点问题, 并附有思考与练习题。

本书适用于高等学校土木工程类相关本科专业教学用教材, 也可供从事土木工程勘测、设计、施工、监理、科研和管理等相关人员学习参考。

本书作者制作了配套的教学课件, 有需要的老师可发送邮件至: jiangongkejian@163.com 免费索取。

责任编辑: 吉万旺 王 跃

责任校对: 王 瑞

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材

(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程材料 (第二版)

白宪臣 主编

朱乃龙 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京京华铭诚工贸有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 字数: 397 千字

2019 年 8 月第二版 2019 年 8 月第八次印刷

定价: 49.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-23893-4

(34199)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本系列教材编审委员会名单

主 任：李国强

常务副主任：何若全

副 主 任：沈元勤 高延伟

委 员：（按拼音排序）

白国良 房贞政 高延伟 顾祥林 何若全 黄 勇
李国强 李远富 刘 凡 刘伟庆 祁 皓 沈元勤
王 燕 王 跃 熊海贝 阎 石 张永兴 周新刚
朱彦鹏

组 织 单 位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

近年来,我国高等学校土木工程专业教学模式不断创新,学生就业岗位发生明显变化,多样化人才需求愈加明显。为发挥高等学校土木工程学科专业指导委员会“研究、指导、咨询、服务”的作用,高等学校土木工程学科专业指导委员会制定并颁布了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《专业规范》)。为更好地宣传贯彻《专业规范》精神,规范各学校土木工程专业办学条件,提高我国高校土木工程专业人才培养质量,高等学校土木工程学科专业指导委员会和中国建筑工业出版社组织相关参与《专业规范》研制的专家编写了本系列教材。本系列教材均为专业基础课教材,共20本,已全部于2012年年底出版。此外,我们还依据《专业规范》策划出版了建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程、铁道工程四个主要专业方向的专业课系列教材。

经过五年多的教学实践,本系列教材获得了国内众多高校土木工程专业师生的肯定,同时也收到了不少好的意见和建议。2016年,本系列教材整体入选《住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》,为打造精品,也为了更好地与四个专业方向专业课教材衔接,使教材适应当前教育教学改革的需求,我们决定对本系列教材进行第二版修订。本次修订,将继续坚持本系列规划教材的定位和编写原则,即:规划教材的内容满足建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要方向的需要;满足应用型人才培养要求,注重工程背景和工程案例的引入;编写方式具有时代特征,以学生为主体,注意新时期大学生的思维习惯、学习方式和特点;注意系列教材之间尽量不出现不必要的重复;注重教学课件和数字资源与纸质教材的配套,满足学生不同学习习惯的需求等。为保证教材质量,系列教材编审委员会继续邀请本领域知名教授对每本教材进行审稿,对教材是否符合《专业规范》思想,定位是否准确,是否采用新规范、新技术、新材料,以及内容安排、文字叙述等是否合理进行全方位审读。

本系列规划教材是实施《专业规范》要求、推动教学内容和课程体系改革的最好实践,具有很好的社会效益和影响。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房城乡建设部人事司及主编所在学校和学院的大力支持,在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者继续提出宝贵意见和建议,以便我们在本系列规划教材的修订和再版中得以改进和完善,不断提高教材质量。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

第二版前言

本教材根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，按照大土木学科背景、应用型人才培养目标，以土木工程专业规范要求的材料科学基础知识领域中的知识单元和核心知识点进行编写。教材内容分为10章，第1章为土木工程材料的基本性质，第2~9章按土木工程材料的种类编排章节，第10章为土木工程材料试验。

本教材以各类土木工程材料的技术性质为核心知识内容，以学生能够很好地选用各类土木工程材料为出发点和落脚点，对重要知识点辅以必要的工程案例，同时结合土木工程材料研究新成果和国家及行业新标准（规范）更新变化情况，最大限度地满足专业规范设定的课程教学和人才培养要求。

本教材在编写过程中力求逻辑清晰、重点突出、语言简练、图文并茂。在每章的章首均列有本章的知识点、重点和难点，尤其是对一些繁琐复杂内容以及关键性内容，本教材采用了表格条目式的编写方法，使得一些纷杂和重要内容清晰突出，一目了然，不但方便教师的课堂教学，更加方便学生的学习、理解、总结和复习记忆。

本书由白宪臣主编，刘凤利、蔡基伟任副主编，参加编写的还有贺东青、岳建伟、李运华等课程组成员。限于作者水平，书中疏漏与不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2019年5月

第一版前言

本书根据新修订的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，按照大土木学科背景、应用型人才培养目标，围绕专业规范要求的材料科学基础知识领域中的核心知识单元和知识点，按土木工程材料种类编排章节，以各类材料的技术性质为中心内容，对重要知识点辅以必要的工程案例，同时结合土木工程材料研究新成果和国家及行业新标准（规范），力求语言简练、重点突出、图文并茂，以满足专业规范设定的课程教学要求。

本书由河南大学白宪臣教授主编，西安建筑科技大学尚建丽教授任副主编。各章编写人员为：白宪臣（绪论），尚建丽（第1章），白宪臣（第2章），尚建丽（第3章），贺东青（第4章），岳建伟（第5章），李运华（第6章、第7章），白宪臣（第8章、第9章），白宪臣、李运华（第10章）。

限于作者水平，书中疏漏与不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

目 录

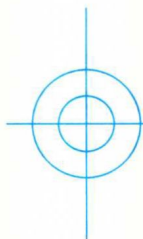
绪论	1	2.1.4 石灰的主要技术性质	25
0.1 土木工程材料与土木工程的关系	1	2.1.5 石灰的技术标准	25
0.1.1 土木工程材料是土木工程建设的质量基础与保证	1	2.1.6 石灰的主要用途	26
0.1.2 土木工程材料对土木建设的经济性具有重要影响	2	2.1.7 工程案例	27
0.1.3 土木工程材料与土木工程技术相互依存、相互促进	2	2.2 石膏	28
0.2 土木工程材料分类	3	2.2.1 石膏的生产	28
0.3 土木工程材料学习方法	4	2.2.2 建筑石膏的凝结硬化	29
第1章 土木工程材料的基本性质	5	2.2.3 建筑石膏的主要技术性质	29
1.1 材料的物理性质	5	2.2.4 建筑石膏的技术标准	30
1.1.1 与质量有关的性质	5	2.2.5 石膏的主要用途	30
1.1.2 与水有关的性质	9	2.3 水玻璃	31
1.1.3 与热有关的性质	13	2.3.1 水玻璃的生产	31
1.2 材料的力学性质	15	2.3.2 水玻璃的硬化	31
1.2.1 强度与比强度	15	2.3.3 水玻璃的技术性质特点	32
1.2.2 弹性与塑性	17	2.3.4 水玻璃的应用	32
1.2.3 脆性与韧性	17	思考与练习题	33
1.2.4 硬度与耐磨性	18	第3章 水泥	34
1.3 材料的耐久性	18	3.1 水泥的生产与种类	34
1.3.1 材料所受的环境作用	18	3.1.1 水泥的生产	34
1.3.2 材料耐久性的评定	19	3.1.2 水泥的种类	35
1.4 材料的组成与结构	19	3.2 硅酸盐水泥	36
1.4.1 材料的组成	19	3.2.1 硅酸盐水泥熟料的矿物组成	36
1.4.2 材料的结构	20	3.2.2 硅酸盐水泥的水化与凝结硬化	37
思考与练习题	21	3.2.3 硅酸盐水泥的特性与应用	43
第2章 气硬性胶凝材料	22	3.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	43
2.1 石灰	23	3.3.1 水泥混合材料	43
2.1.1 石灰的生产	23	3.3.2 掺混合材料的通用硅酸盐水泥	44
2.1.2 石灰的熟化	23	3.4 通用硅酸盐水泥的技术性质与选用	45
2.1.3 石灰的硬化	24	3.4.1 通用硅酸盐水泥的技术性质	45
		3.4.2 通用硅酸盐水泥的性能比较与	

选用	48	4.6.2 高性能混凝土	113
3.5 水泥石受环境的侵蚀与预防	49	4.6.3 纤维混凝土	114
3.5.1 水泥石受侵蚀类型	50	4.6.4 聚合物混凝土	115
3.5.2 水泥石受侵蚀的预防	52	4.7 砂浆	116
3.6 专用水泥、特性水泥与特种水泥	52	4.7.1 砂浆的组成材料	116
3.6.1 道路硅酸盐水泥	52	4.7.2 砌筑砂浆	118
3.6.2 白色硅酸盐水泥	53	4.7.3 抹面砂浆	122
3.6.3 铝酸盐水泥	54	4.7.4 其他砂浆	124
思考与练习题	56	思考与练习题	125
第4章 混凝土与砂浆	58	第5章 钢材	128
4.1 混凝土的分类与性能特点	58	5.1 钢的冶炼与分类	128
4.1.1 混凝土分类	58	5.1.1 钢的冶炼	128
4.1.2 混凝土性能特点	59	5.1.2 钢的分类	129
4.2 普通混凝土的组成材料及选用要求	59	5.2 钢材的主要技术性质	130
4.2.1 水泥	60	5.2.1 钢材的力学性能	130
4.2.2 骨料	60	5.2.2 钢材的工艺性能	134
4.2.3 混凝土用水	71	5.2.3 工程案例	136
4.2.4 混凝土矿物掺合料	71	5.3 钢中化学成分对其性能的影响	136
4.2.5 化学外加剂	75	5.4 土木工程用钢的技术标准与选用	138
4.3 普通混凝土的主要技术性质	77	5.4.1 土木工程常用钢种	138
4.3.1 混凝土拌合物的工作性	77	5.4.2 钢筋混凝土结构用钢材	142
4.3.2 混凝土强度	81	5.4.3 钢结构用钢材	147
4.3.3 混凝土的变形性能	88	5.4.4 钢材的选用	148
4.3.4 混凝土的耐久性	91	5.5 钢材的防锈与防火	149
4.4 混凝土的质量检验与评定	95	5.5.1 钢材的锈蚀及防护	149
4.4.1 混凝土的质量波动	95	5.5.2 钢材的防火	150
4.4.2 混凝土质量评定参数	95	思考与练习题	151
4.4.3 混凝土质量评定方法及标准	97	第6章 砌筑材料	152
4.5 普通混凝土配合比设计	98	6.1 砖	152
4.5.1 基本要求与资料准备	98	6.1.1 烧结砖	153
4.5.2 三个基本参数及确定原则	99	6.1.2 非烧结砖	160
4.5.3 配合比设计方法与步骤	99	6.2 砌块	162
4.5.4 混凝土配合比设计实例	104	6.2.1 混凝土砌块	162
4.5.5 有掺合料和减水剂时的混凝土配合比设计	107	6.2.2 蒸压粉煤灰空心砌块	165
4.6 特殊品种混凝土	111	6.2.3 蒸压加气混凝土砌块	166
4.6.1 轻质混凝土	111	6.3 砌筑石材	167
		6.3.1 天然石材	167

6.3.2 人造石材	169
思考与练习题	169
第7章 木材	171
7.1 木材的分类与构造	171
7.1.1 木材的分类	171
7.1.2 木材的构造	172
7.2 木材的主要性质与用途	173
7.2.1 木材的主要性质	173
7.2.2 木材及人造板材的用途	176
7.3 木材的防护	177
7.3.1 木材的干燥	177
7.3.2 木材的防腐	177
7.3.3 木材的防火	178
思考与练习题	178
第8章 沥青及沥青混合物料	179
8.1 沥青材料	179
8.1.1 石油沥青的组分与结构	179
8.1.2 石油沥青的主要技术性质	181
8.1.3 石油沥青的技术标准与 选用	183
8.1.4 沥青的掺配与改性	184
8.2 沥青混合物料	186
8.2.1 沥青混合物料组成材料的质量 要求与选用	187
8.2.2 沥青混合物料的结构与强度	189
8.2.3 沥青混合物料的技术性质	190
8.2.4 沥青混合物料技术性能指标	192
8.2.5 沥青混合物料配合比设计	193
思考与练习题	196
第9章 合成高分子材料与建筑 功能材料	198
9.1 合成高分子材料	198
9.1.1 塑料	199
9.1.2 胶粘剂	201
9.2 防水材料	202
9.2.1 防水卷材	202
9.2.2 防水涂料	207
9.2.3 密封材料	210
9.2.4 刚性防水材料	212

9.3 保温隔热材料	212
9.3.1 保温隔热材料的类别	212
9.3.2 常用保温隔热材料	213
9.3.3 保温隔热材料的选用	214
9.4 吸声隔声材料	214
9.4.1 吸声材料	214
9.4.2 隔声材料	216
思考与练习题	217
第10章 土木工程材料试验	219
10.1 水泥试验	219
10.1.1 水泥试验的一般规定	219
10.1.2 水泥密度试验	220
10.1.3 水泥细度检验	221
10.1.4 水泥标准稠度用水量和凝结 时间试验	224
10.1.5 水泥体积安定性检验	227
10.1.6 水泥胶砂强度试验	229
10.2 骨料试验	232
10.2.1 试验取样与缩分	233
10.2.2 砂筛分析试验	234
10.2.3 砂含泥量试验	235
10.2.4 砂中泥块含量试验	236
10.2.5 砂的坚固性试验	237
10.2.6 砂的近似密度试验	238
10.2.7 砂的堆积密度及空隙率 试验	239
10.3 混凝土拌合物试验	240
10.3.1 混凝土拌合物制备与取样	240
10.3.2 混凝土拌合物稠度试验	242
10.3.3 混凝土拌合物表观密度 测定	245
10.3.4 混凝土拌合物凝结时间 测定	246
10.4 混凝土强度试验	248
10.4.1 混凝土强度试验一般规定	248
10.4.2 混凝土抗压强度试验	249
10.4.3 混凝土静力受压弹性模量 试验	252
10.4.4 混凝土抗折强度试验	253

10.4.5 混凝土劈裂抗拉强度试验 ...	254	10.6.3 钢材冲击韧性试验	269
10.4.6 回弹法检测混凝土强度	256	10.7 沥青试验	271
10.5 砂浆试验	261	10.7.1 沥青针入度试验	272
10.5.1 新拌砂浆稠度试验	261	10.7.2 沥青延度试验	273
10.5.2 新拌砂浆分层度试验	262	10.7.3 沥青软化点试验	275
10.5.3 砌筑砂浆抗压强度试验	263	10.7.4 沥青闪点及燃点试验	276
10.6 钢筋试验	265	思考与练习题	279
10.6.1 钢筋拉伸试验	265	附录 实验报告样表	280
10.6.2 钢筋弯曲试验	268	参考文献	290



绪 论

房屋、道路、桥梁、隧道、港口、矿井等工程都是用各种材料按一定要求建成的。通常把土木工程建设中所使用的各种材料及其制品统称为土木工程材料，它是一切土木工程的物质基础，在土木工程建设中具有重要地位。

0.1 土木工程材料与土木工程的关系

0.1.1 土木工程材料是土木工程建设的质量基础与保证

百年大计，质量为本，所有土木工程建设项目的规划设计、生产施工、使用管理等环节都应以最优的工程质量为根本。土木工程材料既是土木工程建设物质基础，也是土木工程建设的质量基础与保证。从材料角度讲，土木工程的建造过程即是通过工程师的智慧，将土木工程材料进行设计、制作与应用的过程。在土木工程建设中，从材料的生产、检验评定、选择使用、贮存保管等任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷，甚至导致重大质量事故。优秀的设计师总是把精美的空间环境艺术与科学合理地选用工程材料融合在一起；结构工程师也只有在很好地了解工程材料的技术性能之后，才能根据工程力学原理准确计算并确定工程构件的形状与尺寸，从而创造先进的工程结构形式。因此，土木工程技术人员必须熟练地掌握土木工程材料的有关知识、理论与技能。

为了确保土木工程材料及土木工程生产建设质量，作为有关材料研究、生产、使用和管理等部门应共同遵循的工作依据，绝大多数土木工程材料均由专门机构制订并发布了相应的“技术标准”，对其产品规格、质量要求、检验方法、验收规则、运输与保管等作了明确规定。在我国，技术标准分为四级，即国家标准、行业标准/团体标准、地方标准和企业标准。国家标准是由国家标准局发布的全国性指导技术文件，包括强制性标准（代号 GB）和推荐性标准（代号 GB/T）。强制性标准是全国必须执行的技术指导文件，产品的技术指标必须满足标准规定的有关要求，推荐性标准在执行时也可采用其他相关标准的规定。行业标准是为了规范本行业产品质量而制定的技术标准，也属于全国性的技术指导文件，但它是各行业主管部门发布的，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）、石化行业标准（SH）等。团体标准是由专业团体组织发布的协会（或学会）标准，如中国材料与试验团体标准委员会标准（CSTM）、中国工程建设标准化

协会标准 (CECS)、中国土木工程学会标准 (CCES) 等。地方标准 (代号 DB) 是地方主管部门发布的地方性技术指导文件, 在本地区使用, 所制定的技术要求应高于国家标准。企业标准 (代号 QB) 是由企业制定发布的指导本企业生产的技术文件, 仅适用于本企业。凡没有制定国家标准和行业标准的產品, 均应制定企业标准, 且技术要求应高于类似或相关产品的国家标准。

近年来, 随着改革开放的不断深化, 涉外土建工程及国际合作项目逐渐增多, 因此, 工程技术人员和土建类大学生也应对国外的相关技术标准有所了解, 如世界范围统一使用的“ISO”国际标准、美国材料试验协会标准 (ASTM)、日本工业标准 (JIS)、德国工业标准 (DIN)、英国标准 (BS)、法国标准 (NF) 等。

0.1.2 土木工程材料对土木工程建设的经济性具有重要影响

土木工程材料种类繁多, 使用量很大, 按照有关技术标准合理地选择和使用工程材料, 不仅关系到工程建设的安全性、适用性和耐久性, 而且直接关系到工程建设的造价与成本, 对工程建设的经济性具有重要影响。在土木工程造价诸多构成因素当中, 材料是构成土木工程造价的主要内容, 材料费用在土木工程造价中占有较大比重, 一般情况下材料费用要占工程总造价的 50%~60%。我国作为发展中国家, 从当前及今后相当长一段时间来看, 社会需求持续旺盛, 土建基本建设量大面广, 任务繁重。因此, 为了降低工程造价, 节省投资, 应在材料生产、选用、运输、贮存以及管理过程中, 统筹考虑土木工程材料的技术性和经济性, 以最大限度地发挥土木工程材料的综合效能。

0.1.3 土木工程材料与土木工程技术相互依存、相互促进

土木工程材料的发展与土木工程技术的进步有着密切联系, 它们之间相互依存、相互促进。材料作为土木工程的物质基础, 在一定程度上决定土木工程的结构形式及施工方法。新型土木工程材料的研发与应用以及传统土木工程材料性能的改进与完善, 都将直接促使工程结构设计方法和施工技术的不断变化与革新, 而新颖的结构形式与施工方法又不断向工程材料提出更高的性能要求。如钢材、水泥的大量应用和性能改进, 取代了传统的土、木、石材料, 使高耸、大跨度、大体量的土木工程成为可能; 高性能、多功能、复合型土木工程材料的不断涌现, 使现代化的装配式工程施工技术成为主导。同时, 节能舒适、生态环保、安全高效的土木工程可持续发展要求, 对土木工程材料的研发与应用提出了许多崭新命题。目前, 具有自感知、自调节、自修复能力的土木工程材料研发以及各种机敏或智能材料, 在土木工程中的应用研究正蓬勃开展。碳纤维机敏混凝土、水泥基压电机敏复合材料对结构内部的应力状态进行自觉监测并消除有害应力, 仿生自愈合混凝土对结构中出现的损伤进行自觉修复等研究已经得到证实; 光纤材料、压电材料、形状记忆合金和电 (磁) 流变体等机敏或智能材料, 已尝试作为传感器或驱动器

应用于土木工程领域。

基于有限的地球物质资源和人类的持续发展需求，未来的土木工程必将在更加苛刻的环境条件下实现多功能化、智能化和生态化，土木工程材料也将在原材料提供、生产技术与工艺、产品形式与性能等诸方面，面临可持续发展和科学技术不断进步的严峻挑战。可以预见，材料与土木工程的关系将更加密切，土木工程材料的发展空间会更加广阔，对土木工程技术的支持与促进作用将会更加显著。

0.2 土木工程材料分类

由于土木工程的种类和土木工程材料的性质、功能及用途各不相同，因此，为了研究、论述、选用和管理方便，常从不同角度按一定原则对土木工程材料进行分类。

按照工程性质，土木工程材料可分为建筑工程材料、道路桥梁材料和岩土工程材料；根据材料来源，土木工程材料可分为天然材料和人工材料；按照使用功能，土木工程材料可分为结构材料、装饰材料、防水防腐材料、保温隔热材料和其他功能材料。目前，最常用的分类方法是根据材料的物质组成与化学成分进行分类，土木工程材料可分为无机材料、有机材料和复合材料，见表 0-1。无机材料、有机材料是指其化学组分分别为无机物质和有机物质的工程材料；复合材料是指由两种及两种以上的有机或无机材料按照一定的工艺制成的新材料，例如：聚合物混凝土、钢纤维混凝土、PVC 钢板、有机涂层铝合金板等。

土木工程材料分类 表 0-1

材料分类			材料实例
土木工程材料	无机材料	金属材料	黑色金属:钢、铁、不锈钢等
			有色金属:铝、铜等及其合金
		非金属材料	石材料:砂、石及各种石料制品
			烧土制品:砖、瓦、陶瓷、玻璃等
			胶凝材料:石膏、石灰、水泥、水玻璃等
			混凝土及硅酸盐制品:混凝土、砂浆及硅酸盐制品
			无机纤维材料:玻璃纤维、矿物棉等
	有机材料	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
		高分子材料	塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等
		植物质材料	木材、竹材等
	复合材料	无机非金属与有机材料复合	聚合物混凝土、沥青混合料、玻璃钢等
		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、钢管混凝土等
		金属材料与有机材料复合	PVC 钢板、有机涂层铝合金板、轻质金属夹芯板等

0.3 土木工程材料学习方法

本课程属于土木工程类的专业技术基础课,其教学任务主要是使学生获得有关土木工程材料的基本知识、基本理论和基本技能,掌握常用土木工程材料的技术性能和选用原则,熟悉土木工程材料的生产制造过程、组成结构与性能变化原理以及试验检测方法,了解土木工程材料的发展趋势,建构与土木工程学科专业相适应的土木工程材料知识体系,并为学习专业后续课程奠定扎实基础。

土木工程材料课程在土建类专业教学计划中是开设较早的专业基础课,书中的许多概念、名词及专业术语都是同学们第一次接触。另外,土木工程材料的品种繁多,内容庞杂,并涉及较多学科与课程,各章之间相对独立,内容以叙述为主,有些内容属于工程实践规律与经验的总结。因此,本课程的学习方法不同于同期的力学、数学等课程。

首先,要抓住“一个中心,两条线索”。就专业培养目标及建立课程知识体系而言,学习本课程的目的在于合理地应用各种土木工程材料,而应用的前提条件则是熟练掌握各种材料的技术性质。本教材按照土木工程材料的种类编排章节,各种土木工程材料的技术性质即为课程及各章的“中心内容”,当然也是学习的重点,应牢固掌握。土木工程材料的种类很多,其性质各异,且相差悬殊。材料的组成、结构和构造是材料技术性质的内在决定性因素,各类材料具有不同的技术性质的主要原因也正在于此,这是学习掌握土木工程材料技术性质的第一条线索。然而,材料的技术性能不是固定不变的,对同一种材料来讲,在不同的温度、湿度、压力等环境条件及使用工况下,还会表现出不同的性质与性状,这些外在的影响因素是学习掌握土木工程材料技术性质的第二条线索。所以,要想真正理解并掌握土木工程材料的技术性质,就必须深入探究材料性质与材料组成、结构、构造以及外在环境条件的关系。否则,只能知其然而不知其所以然,就会陷入死记硬背的学习教条。

其次,要运用对比的方法并密切联系工程实际。材料的种类很多,通过对比各种材料的组成、结构及性能特点等内容,罗列并理清它们之间的共性与个性,不仅可以提高学习效率,做到事半功倍,而且也将增强所学知识的综合运用能力,这在学习气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、沥青混合料等内容时尤为重要。土木工程材料是一门实践性很强的课程,学习时要注重理论联系实际,充分利用见习、实习等一切机会,细心观察周围已经建成或正在施工的各种土木工程,在生产、生活实践中寻求答案,并在实践中验证和补充所学的书本知识。实验也是本课程的重要教学环节,通过实验可以验证所学的基本理论,提高所学知识的扎实程度,并培养严谨求实的科学态度。

第1章

土木工程材料的基本性质

本章知识点

【知识点】 材料密度、表观密度、堆积密度、孔隙率、空隙率、密实度、填充率等物理性质的概念及表征，亲水性、憎水性、吸湿性、吸水性、耐水性、抗渗性、抗冻性等材料与水有关性质的概念与区别，材料强度、比强度、弹性、塑性、脆性、韧性、硬度、耐磨性等力学性质的概念与计算，材料耐久性的环境作用及评定。

【重点】 材料基本性质的概念含义、公式表达，各性质之间的区别与联系，材料性质与其组成、结构、构造以及环境因素的关系，材料强度的计算与测定。

【难点】 材料基本性质的影响因素及其作用机理。

在土木工程建设中，工程的类型、功能、施工方法、环境条件等众多因素的影响与作用，都对工程建设所使用的各类材料提出了多样化的性能要求，如用于工程结构的材料须具有抵抗外力作用而不破坏的能力；当建筑物或构筑物受到周围化学介质（水、腐蚀性气体、液体等）及物理环境（干湿、冻融交替等）作用时，材料须具有抵抗介质物理化学作用的能力。由于土木工程材料的种类很多，每种材料的技术性质体现在很多方面，而材料的基本性质则是反映其技术性能的基本状态参数。因此，为了营建安全可靠、美观舒适、节能环保、经久耐用的各类建筑物和构筑物，必须掌握土木工程材料的基本性质。

1.1 材料的物理性质

1.1.1 与质量有关的性质

1. 密度、表观密度与堆积密度

(1) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积所具有的质量。密度用下式计算：

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

式中 ρ ——密度, 精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

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 (称为绝对体积或实体积) (cm^3)。

材料密度的大小主要取决于材料的物质组成与结构。材料的组成物质不同, 其密度一般不同; 材料的物质组成相同, 当材料的结构与构造不同时, 其密度往往也不同, 甚至会有较大差异。如钢材的密度为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$, 水泥的密度为 $2.80\sim 3.20\text{g}/\text{cm}^3$, 红松木的密度为 $2.50\text{g}/\text{cm}^3$ 。常用土木工程材料的密度见表 1-1。

在自然界和现实工程中, 绝对密实状态的材料是不存在的, 有些材料 (如钢材、玻璃等) 可视为接近绝对密实, 而绝大多数材料内部都含有一定量的孔隙。因此, 当测量含有孔隙材料 (图 1-1) 的密度时, 须将其磨成细粉 (粒径小于 0.20mm) 以排除材料内部的孔隙体积, 经干燥后用李氏密度瓶测定其绝对体积。材料磨得越细, 受测材料内部的孔隙体积排除越彻底, 测得的实体积就越接近绝对体积, 所得到的密度值就越精确。

对于某些结构致密而形状不规则的散粒材料, 在测定其密度时, 可以不磨成细粉, 直接用排水置换法测其绝对体积的近似值 (因颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除), 按式 (1-1) 计算所求得的密度称为近似密度。混凝土用砂、石等散粒状材料常按此法测定其近似密度。

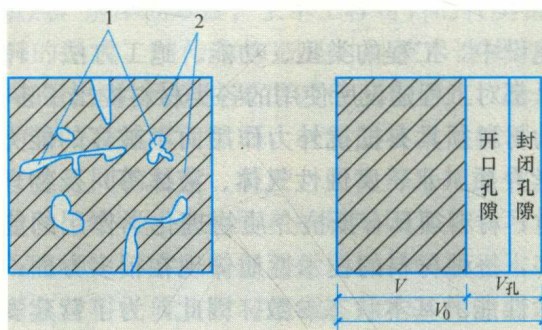


图 1-1 材料组成示意图

1—孔隙; 2—固体物质

(2) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下, 单位体积所具有的质量。表观密度用下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, 精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$;

m ——材料的质量 (kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3), 简称自然体积或表观体积, 包括材料的实体积和所含孔隙体积。

对于形状规则材料的自然状态体积, 可直接测量其外观尺寸, 用几何公