



高等学校土木工程专业系列规划教材



Civil Engineering Materials

土木工程材料 (第2版)

· 平台课课程群 ·

■ 主编 杨 杨 钱晓倩
■ 主审 张亚梅



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社



高等学校土木工程专业系列规划教材

土木工程材料

(第2版)

主编 杨 杨 钱晓倩
主审 张亚梅



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/杨杨,钱晓倩主编.—2版.—武汉:武汉大学出版社,2018.7
高等学校土木工程专业系列规划教材
ISBN 978-7-307-20269-6

I. 土… II. ①杨… ②钱… III. 土木工程—建筑材料—高等学校—教材
IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 115593 号

责任编辑:郭芳 蔡巍 责任校对:方竞男 装帧设计:吴极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:22.5 字数:709千字

版次:2014年6月第1版 2018年7月第2版

2018年7月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-20269-6 定价:56.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

主要编写及审稿人员简介



■ **杨 杨**，教授，博士生导师。现任浙江工业大学建筑工程学院院长，浙江省工程结构与防灾减灾技术研究重点实验室主任，全国土木工程专业教学指导委员会委员，浙江省土木建筑学会建筑材料学术委员会主任委员。入选浙江省“151人才工程”、浙江省高校中青年学科带头人。主要研究方向：高强与高性能混凝土材料与结构、功能性土木工程材料、环境友好材料与结构。主持国家自然科学基金2项，省部级课题10余项，获住房和城乡建设部科技进步二等奖1项。发表学术论文120余篇，出版教材和学术著作5部，参与编写国家和行业标准4部，授权专利5项。



■ **钱晓倩**，教授，博士生导师。现任浙江大学建筑工程学院土木工程系主任，浙江大学建筑材料研究所所长。近年来完成国家自然科学基金项目、国家“十一五”支撑计划、国家“863”高技术项目、科技部中小企业创新基金项目、省重大科技计划项目多项。目前正在开展的项目有科技部“十二五”支撑计划等。获国家和省科技成果一、二、三等奖11项，发明专利8项，实用新型专利20余项。在国内外学术期刊发表论文70余篇，出版著作4部。主要学术兼职有浙江省建筑节能创新团队负责人、浙江省建设厅科学技术委员会建筑节能专业委员会副主任、中国土木工程学会高强与高性能混凝土学术委员、浙江省土木建筑学会学术委员、中国混凝土与水泥制品协会教育与人力资源委员会理事长、全国高等学校建筑材料学科研究会主任委员等。



■ **张亚梅**，教授，博士生导师。现任东南大学材料科学与工程学院副院长，先进土木工程协同创新中心副主任。担任教育部无机非金属材料工程专业教学指导分委员会委员，ACI/CC(美国混凝土学会中国分会)理事，SAC(中国国家标准委员会)注册ISO TC71专家，中国土木工程学会再生混凝土分会副主任委员，中国硅酸盐学会水泥化学分会委员，全国高校建筑材料研究会理事，中国混凝土与水泥制品协会教育与人力资源委员会常务理事。主要研究方向：高性能纤维增强水泥基复合材料、节能材料、功能材料、固体废弃物的资源化利用技术等。

高等学校土木工程专业系列规划教材

学术委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:周创兵

副主任委员:方志 叶列平 何若全 沙爱民 范峰 周铁军 魏庆朝

委员:王辉 叶燎原 朱大勇 朱宏平 刘泉声 孙伟民 易思蓉

周云 赵宪忠 赵艳林 姜忻良 彭立敏 程桦 靖洪文

编审委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:李国强

副主任委员:白国良 刘伯权 李正良 余志武 邹超英 徐礼华 高波

委员:丁克伟 丁建国 马昆林 王成 王湛 王媛 王薇

王广俊 王天稳 王曰国 王月明 王文顺 王代玉 王汝恒

王孟钧 王起才 王晓光 王清标 王震宇 牛荻涛 方俊

龙广成 申爱国 付钢 付厚利 白晓红 冯鹏 曲成平

吕平 朱彦鹏 任伟新 华建民 刘小明 刘庆潭 刘素梅

刘新荣 刘殿忠 闫小青 祁皓 许伟 许程洁 许婷华

阮波 杜咏 李波 李斌 李东平 李远富 李炎锋

李耀庄 杨杨 杨志勇 杨淑娟 吴昊 吴明 吴轶

吴涛 何亚伯 何旭辉 余锋 冷伍明 汪梦甫 宋固全

张红 张纯 张飞涟 张向京 张运良 张学富 张晋元

张望喜 陈辉华 邵永松 岳健广 周天华 郑史雄 郑俊杰

胡世阳 侯建国 姜清辉 娄平 袁广林 桂国庆 贾连光

夏元友 夏军武 钱晓倩 高飞 高玮 郭东军 唐柏鉴

黄华 黄声享 曹平周 康明 阎奇武 董军 蒋刚

韩峰 韩庆华 舒兴平 童小东 童华炜 曾珂 雷宏刚

廖莎 廖海黎 蒲小琼 黎冰 戴公连 戴国亮 魏丽敏

出版技术支持

(按姓氏笔画排名)

项目团队:王睿 白立华 曲生伟 蔡巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式转变为一次建设性、发现性的学习,从被动学习转变为主动学习,由教师传播知识到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,逐步配备基本数字教学资源,主要包括:

文本:课程重难点、思考题与习题参考答案、知识拓展等。

图片:课程教学外观图、原理图、设计图等。

视频:课程讲述对象展示视频、模拟动画,课程实验视频,工程实例视频等。

音频:课程讲述对象解说音频、录音材料等。

数字资源获取方法:

- ① 打开微信,点击“扫一扫”。
- ② 将扫描框对准书中所附的二维码。
- ③ 扫描完毕,即可查看文件。

更多数字教学资源共享、图书购买及读者互动敬请关注“开动传媒”微信公众号!



丛书序

土木工程涉及国家的基础设施建设,投入大,带动的行业多。改革开放后,我国国民经济持续稳定增长,其中土建行业的贡献率达到1/3。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长势头。土木工程行业的发展,极大地推动了土木工程专业教育的发展。目前,我国有500余所大学开设土木工程专业,在校生达40余万人。

2010年6月,中国工程院和教育部牵头,联合有关部门和行业协(学)会,启动实施“卓越工程师教育培养计划”,以促进我国高等工程教育的改革。其中,“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划”由住房和城乡建设部与教育部组织实施。

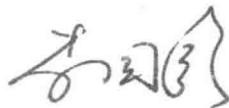
2011年9月,住房和城乡建设部人事司和高等学校土建学科教学指导委员会颁布《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,对土木工程专业的学科基础、培养目标、培养规格、教学内容、课程体系及教学基本条件等提出了指导性要求。

在上述背景下,为满足国家建设对土木工程卓越人才的迫切需求,有效推动各高校土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,促进高等学校土木工程专业教育改革,2013年住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会启动了“高等教育教学改革土木工程专业卓越计划专项”,支持并资助有关高校结合当前土木工程专业高等教育的实际,围绕卓越人才培养目标及模式、实践教学环节、校企合作、课程建设、教学资源建设、师资培养等专业建设中的重点、亟待解决的问题开展研究,以对土木工程专业教育起到引导和示范作用。

为配合土木工程专业实施卓越工程师教育培养计划的教学改革及教学资源建设,由武汉大学发起,联合国内部分土木工程教育专家和企业工程专家,启动了“高等学校土木工程专业系列规划教材”建设项目。该系列教材贯彻落实《高等学校土木工程本科指导性专业规范》《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准》,力图以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素养,培养学生的工程实践能力和工程创新能力。该系列教材的编写人员,大多主持或参加了住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会的“高等教学改革土木工程专业卓越计划专项”教改项目,因此该系列教材也是“土木工程专业卓越计划专项”的教改成果。

土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,需要校企合作,期望土木工程专业教育专家与工程专家一道,共同为土木工程专业卓越工程师的培养做出贡献!

是以为序。



2014年3月于同济大学四平路校区

第 2 版前言

本书自 2014 年出版以来,经过多所院校的使用,受到了广大教师和学生的的好评,同时也提出了一些宝贵的意见和建议。为了更好地满足学生学习的需要,通过 4 年的教学实践和总结,对本书第 1 版进行了修订。

本版本保留了第 1 版的风格和体系,对第 1 版中出现的错误进行了修订;替换了个别旧的规范;对第 11 章的部分实验进行了删减,补充了一些新的实验,如“混凝土拌和物湿表观密度实验”“混凝土试件的成型与养护”等;同时,结合最新的出版融合技术,将二维码嵌入纸质媒体,配置多种“数字资源”,打造“多媒体、立体化、互联网+”的全媒体图书,给不同的读者群体提供多样化的阅读体验。

本书由浙江工业大学杨杨和浙江大学钱晓倩担任主编;浙江大学孟涛和浙江工业大学孔德玉担任副主编;浙江科技学院张云莲,浙江工业大学叶青和施韬,浙江华威建材集团有限公司王章夫担任参编。浙江大学硕士研究生孟睿覃、王梦华、杨潮军参与了部分图片制作和文字录入等工作。

具体编写分工为:杨杨(前言、第 4 章),钱晓倩(第 6 章),孟涛(第 3 章、第 7 章、第 9 章、第 11 章),孔德玉(第 1 章、第 2 章),张云莲(第 10 章),叶青(第 5 章),施韬(第 8 章),王章夫(经典案例)。

本书采用国家与行业最新技术标准和规范,并介绍了相关材料最新研究进展和发展方向,应用性强、适用面宽,可作为土木工程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。

由于土木工程材料科学和技术发展很快,新材料、新工艺、新标准层出不穷,书中难免有不当、有待商榷、甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2018 年 4 月

第 1 版前言

本书以高等学校土木工程专业指导委员会编写的《土木工程材料教学大纲》为依据进行编写,系统地讲述了常用土木工程材料的基本组成及结构、生产工艺、技术性质、应用、材料实验等基本理论及应用技术。通过对本书的学习,读者可了解主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法,材料性质与材料组成和结构的关系以及性能改善的途径,材料与设计参数及施工措施选择的相互关系,能针对不同工程的要求合理选用材料。

本书由浙江工业大学杨杨和浙江大学钱晓倩担任主编;浙江大学孟涛和浙江工业大学孔德玉担任副主编;浙江科技学院张云莲,浙江工业大学叶青和施韬,浙江华威建材集团有限公司王章夫担任参编。浙江大学硕士研究生孟睿覃、王梦华、杨潮军参与了部分图片制作和文字录入等工作。

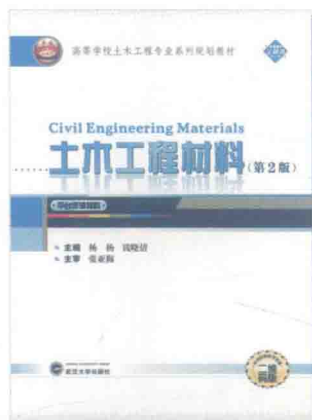
具体编写分工为:杨杨(前言、第 4 章),钱晓倩(第 6 章),孟涛(第 3 章、第 7 章、第 9 章、第 11 章),孔德玉(第 1 章、第 2 章),张云莲(第 10 章),叶青(第 5 章),施韬(第 8 章),王章夫(经典案例)。

本书采用国家与行业最新技术标准和规范,并介绍了相关材料最新研究进展和发展方向,应用性强、适用面宽,可作为土木工程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。

由于土木工程材料科学和技术发展很快,新材料、新工艺、新标准层出不穷,书中难免有不当、有待商榷、甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2014 年 3 月



Civil Engineering Materials 土木工程材料 (第2版)

内 容 简 介

本书系统讲述了常用土木工程材料的基本组成及结构、生产工艺、技术性质、应用、材料实验等基本理论及应用技术，共分为11章，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、混凝土、建筑砂浆、沥青与沥青混合料、建筑钢材、墙体与屋面材料、建筑功能材料、建筑装饰材料、土木工程材料实验。

目 录

1 土木工程材料的基本性质	(1)	2.3.2 水玻璃的性质	(30)
1.1 材料的物理性质	(2)	2.3.3 水玻璃的应用	(30)
1.1.1 材料的体积组成	(2)	2.4 镁质胶凝材料	(31)
1.1.2 材料与密度有关的物理参数	(2)	2.4.1 镁质胶凝材料的生产	(31)
1.1.3 材料与孔隙有关的物理参数	(5)	2.4.2 菱苦土	(31)
1.1.4 材料与空隙有关的物理参数	(5)	2.4.3 氯氧镁水泥	(32)
1.1.5 材料与水有关的性质	(6)	独立思考	(32)
1.1.6 材料与热有关的性质	(9)	参考文献	(32)
1.1.7 材料与火有关的性质	(10)		
1.1.8 材料与声音有关的性质	(11)	3 水泥	(33)
1.2 材料的力学性质	(12)	3.1 通用硅酸盐水泥的生产与分类	(34)
1.2.1 材料的强度及强度等级	(12)	3.1.1 硅酸盐水泥熟料的原材料与 生产工艺	(34)
1.2.2 材料的弹性与塑性	(15)	3.1.2 水泥混合材料	(34)
1.2.3 材料的脆性与韧性	(15)	3.1.3 通用硅酸盐水泥的定义与 分类	(35)
1.2.4 材料的硬度与耐磨性	(16)	3.2 通用硅酸盐水泥的水化	(36)
1.3 材料的耐久性	(17)	3.2.1 硅酸盐水泥熟料的水化	(36)
1.4 材料的组成与结构	(17)	3.2.2 活性混合材料的辅助胶凝 作用	(38)
1.4.1 材料的组成	(17)	3.2.3 硅酸盐水泥的凝结与硬化 机理	(39)
1.4.2 材料的结构	(18)	3.2.4 硬化水泥浆体的微结构	(40)
独立思考	(21)	3.2.5 影响水泥水化、凝结与硬化的 主要因素	(41)
参考文献	(21)	3.3 硬化水泥石的化学腐蚀与防护	(42)
2 气硬性胶凝材料	(22)	3.3.1 常见的化学腐蚀作用	(42)
2.1 石灰	(23)	3.3.2 硬化水泥石的防腐措施	(44)
2.1.1 石灰的生产与分类	(23)	3.4 通用硅酸盐水泥的技术指标与 要求	(44)
2.1.2 石灰的水化、凝结与硬化	(23)	3.4.1 细度	(44)
2.1.3 石灰的性质、技术要求和 应用	(24)	3.4.2 标准稠度用水量	(44)
2.2 石膏	(26)	3.4.3 凝结时间	(44)
2.2.1 石膏的生产与分类	(26)	3.4.4 体积安定性	(45)
2.2.2 建筑石膏的水化与硬化	(27)	3.4.5 强度与强度等级	(45)
2.2.3 建筑石膏的性质和技术要求	(28)		
2.2.4 建筑石膏的应用和储运	(29)		
2.3 水玻璃	(29)		
2.3.1 水玻璃的生产	(30)		

3.4.6 碱含量	(46)	4.7.2 混凝土强度的波动规律—— 正态分布	(109)
3.4.7 水化热	(46)	4.7.3 强度波动的统计计算	(109)
3.5 通用硅酸盐水泥的性质与应用	(47)	4.7.4 混凝土强度合格评定	(110)
3.6 其他品种水泥	(49)	4.8 普通混凝土的配合比设计	(111)
3.6.1 特性硅酸盐水泥	(49)	4.8.1 混凝土配合比设计的基本 要求	(112)
3.6.2 特种水泥	(51)	4.8.2 混凝土配合比设计前的资料 准备	(112)
3.6.3 专用水泥	(54)	4.8.3 混凝土配合比设计中的三个 基本参数	(112)
独立思考	(56)	4.8.4 混凝土配合比设计步骤	(112)
参考文献	(56)	4.9 有特殊要求的混凝土及其配合比 设计	(120)
4 混凝土	(57)	4.9.1 预拌(泵送)混凝土	(120)
4.1 概述	(58)	4.9.2 高强混凝土	(121)
4.2 混凝土的组成材料	(59)	4.9.3 抗渗混凝土	(122)
4.2.1 胶凝材料	(59)	4.9.4 抗冻混凝土	(123)
4.2.2 骨料	(64)	4.9.5 自密实混凝土	(124)
4.2.3 水	(72)	4.10 轻混凝土	(128)
4.2.4 化学外加剂	(73)	4.10.1 轻骨料混凝土	(128)
4.3 混凝土拌和物的和易性	(81)	4.10.2 多孔混凝土	(129)
4.3.1 和易性的概念	(81)	4.10.3 大孔混凝土	(129)
4.3.2 和易性的测定方法	(82)	4.11 其他混凝土	(130)
4.3.3 流动性(坍落度)的选择	(83)	4.11.1 道路混凝土	(130)
4.3.4 影响拌和物和易性的因素	(83)	4.11.2 喷射混凝土	(130)
4.3.5 混凝土拌和物和易性的改善 措施	(86)	4.11.3 水下混凝土	(131)
4.4 硬化混凝土的强度	(86)	4.11.4 纤维增强混凝土	(131)
4.4.1 混凝土的受压破坏过程	(86)	4.11.5 聚合物混凝土	(131)
4.4.2 混凝土的强度指标	(87)	4.11.6 防辐射混凝土	(132)
4.4.3 影响混凝土强度的因素	(89)	4.11.7 再生骨料混凝土	(132)
4.4.4 提高混凝土强度的措施	(93)	独立思考	(133)
4.5 混凝土的变形性能	(94)	参考文献	(134)
4.5.1 在非荷载作用下的变形	(94)	5 建筑砂浆	(135)
4.5.2 荷载作用下的变形	(97)	5.1 砌筑砂浆	(136)
4.6 混凝土的耐久性	(98)	5.1.1 砌筑砂浆的组成材料	(136)
4.6.1 混凝土材料本身的耐久性 问题	(98)	5.1.2 砌筑砂浆的技术性能	(137)
4.6.2 与钢筋锈蚀相关的耐久性 问题	(105)	5.1.3 砌筑砂浆的配合比	(141)
4.6.3 提高混凝土耐久性的措施	(107)	5.2 抹面砂浆	(144)
4.7 混凝土的质量控制与评定	(109)		
4.7.1 混凝土的质量波动	(109)		

5.2.1 普通抹面砂浆	(145)	6.4.2 热拌沥青混合料的技术 标准	(183)
5.2.2 防水砂浆	(145)	6.5 热拌沥青混合料配合比设计	(184)
5.2.3 装饰砂浆	(146)	6.5.1 矿料配合比设计	(185)
5.3 预拌砂浆	(147)	6.5.2 确定沥青混合料的最佳沥青 用量	(186)
5.3.1 预拌砂浆所用原材料	(147)	6.6 其他沥青与沥青混合料	(194)
5.3.2 预拌湿砂浆	(147)	6.6.1 其他沥青材料	(194)
5.3.3 预拌干砂浆	(148)	6.6.2 其他沥青混合料	(197)
5.4 特种砂浆	(148)	独立思考	(199)
5.4.1 绝热砂浆	(148)	参考文献	(200)
5.4.2 吸声砂浆	(149)	7 建筑钢材	(201)
5.4.3 耐酸砂浆	(149)	7.1 钢材的冶炼与分类	(202)
5.4.4 防射线砂浆	(149)	7.1.1 钢材的冶炼	(202)
5.4.5 膨胀砂浆	(149)	7.1.2 钢材的分类	(202)
5.4.6 自流平砂浆	(150)	7.2 钢材的技术性质	(204)
5.4.7 聚合物砂浆	(150)	7.2.1 力学性能	(204)
5.4.8 水泥乳化沥青砂浆	(150)	7.2.2 工艺性能	(208)
独立思考	(151)	7.3 钢材的冷加工与热处理	(209)
参考文献	(151)	7.3.1 钢材的冷加工及时效处理	(209)
6 沥青与沥青混合料	(152)	7.3.2 钢材的热处理	(210)
6.1 石油沥青	(153)	7.4 钢材组织和化学成分对钢材性能的 影响	(210)
6.1.1 石油沥青的组分	(153)	7.4.1 钢材的基本组织对钢材性能的 影响	(210)
6.1.2 石油沥青的结构	(154)	7.4.2 钢材的化学成分对钢材性能的 影响	(212)
6.1.3 石油沥青的技术性质	(154)	7.5 土木工程常用钢材与技术要求	(213)
6.1.4 石油沥青的技术标准与 选用	(156)	7.5.1 土木工程中主要钢种	(213)
6.1.5 沥青的掺配	(159)	7.5.2 钢筋混凝土结构用钢	(218)
6.2 矿质混合料	(160)	7.5.3 钢结构用钢	(222)
6.2.1 矿质混合料的品种及分类	(160)	7.6 钢材的防护	(222)
6.2.2 矿质混合料的级配理论	(164)	7.6.1 钢材的腐蚀	(222)
6.2.3 矿质混合料的组成设计 方法	(167)	7.6.2 钢材的防火	(223)
6.3 沥青混合料的结构形成原理	(173)	独立思考	(224)
6.3.1 沥青混合料的定义与分类	(173)	参考文献	(224)
6.3.2 沥青混合料的组成与结构	(174)	8 墙体与屋面材料	(225)
6.3.3 沥青混合料的强度形成原理	(175)	8.1 墙体材料	(226)
6.3.4 影响沥青混合料抗剪强度的 因素	(176)	8.1.1 砌墙砖	(226)
6.4 沥青混合料的技术性质和技术 标准	(180)		
6.4.1 沥青混合料的技术性质	(180)		

8.1.2 砌块	(231)	10.2.3 木材的防护	(279)
8.1.3 墙用板材	(234)	10.2.4 木材的应用	(280)
8.2 屋面材料	(235)	10.3 建筑玻璃	(282)
8.2.1 钢丝网水泥波瓦	(235)	10.3.1 玻璃的基本知识	(282)
8.2.2 玻璃钢波形瓦	(235)	10.3.2 玻璃制品	(284)
8.2.3 聚氯乙烯波纹瓦	(235)	10.4 建筑陶瓷	(286)
8.2.4 彩色混凝土平瓦	(235)	10.4.1 陶瓷制品的分类	(286)
8.2.5 彩色油毡(沥青)瓦	(235)	10.4.2 陶瓷制品的表面装饰	(287)
8.2.6 琉璃瓦	(236)	10.4.3 建筑陶瓷制品的技术性能	(287)
独立思考	(236)	10.4.4 常用建筑陶瓷制品	(287)
参考文献	(236)	10.5 建筑装饰塑料	(289)
9 建筑功能材料	(237)	10.5.1 塑料的组成与分类	(289)
9.1 防水材料	(238)	10.5.2 常用塑料品种	(290)
9.1.1 防水卷材	(238)	10.5.3 塑料装饰制品	(291)
9.1.2 防水涂料	(241)	10.5.4 其他塑料装饰材料	(292)
9.1.3 胶黏剂	(246)	10.6 建筑装饰涂料	(293)
9.1.4 密封材料	(250)	10.6.1 建筑装饰涂料的组成	(293)
9.1.5 刚性防水材料	(253)	10.6.2 建筑装饰涂料的分类	(293)
9.2 保温隔热材料	(255)	10.7 金属装饰材料	(296)
9.2.1 保温隔热材料的作用原理	(255)	10.7.1 铝及铝合金装饰材料	(296)
9.2.2 影响材料保温隔热性能的 主要因素	(257)	10.7.2 装饰用钢材	(298)
9.2.3 常用保温隔热材料	(259)	10.7.3 其他金属装饰材料	(299)
9.2.4 保温隔热材料的选用及基本 要求	(261)	独立思考	(300)
9.2.5 常用保温隔热材料的技术 性能	(261)	参考文献	(300)
9.3 吸声与隔声材料	(262)	11 土木工程材料实验	(301)
9.3.1 吸声材料	(262)	11.1 材料基本性能实验	(302)
9.3.2 隔声材料	(265)	11.1.1 密度实验	(302)
独立思考	(266)	11.1.2 表观密度实验	(303)
参考文献	(267)	11.1.3 毛体积密度试验	(305)
10 建筑装饰材料	(268)	11.1.4 堆积密度实验	(306)
10.1 装饰石材	(269)	11.2 水泥实验	(307)
10.1.1 天然石材	(269)	11.2.1 水泥实验的一般规定	(308)
10.1.2 人造石材	(273)	11.2.2 水泥细度实验	(308)
10.2 木材	(274)	11.2.3 水泥标准稠度用水量的 测定	(309)
10.2.1 木材的分类和构造	(274)	11.2.4 水泥净浆凝结时间的测定	(311)
10.2.2 木材的主要性质	(276)	11.2.5 水泥胶砂流动度实验	(311)
		11.2.6 水泥体积安定性实验	(313)
		11.2.7 水泥胶砂强度实验	(313)
		11.3 砂石材料实验	(315)

11.3.1 砂石材料的取样方法	(315)	11.6 沥青实验	(332)
11.3.2 砂石材料筛分析实验	(315)	11.6.1 针入度实验	(332)
11.3.3 砂石材料的强度实验(压碎 指标法)	(317)	11.6.2 延度实验	(333)
11.3.4 砂石材料快速碱-硅酸反应性 实验	(318)	11.6.3 软化点实验(环球法)	(334)
11.4 混凝土实验	(320)	11.7 沥青混合料实验	(335)
11.4.1 混凝土拌和物实验室拌和 方法	(320)	11.7.1 沥青混合料的搅拌与成型 ...	(335)
11.4.2 混凝土和易性实验	(321)	11.7.2 沥青混合料的马歇尔稳定度 实验	(336)
11.4.3 混凝土拌和物湿表观密度 试验	(322)	11.7.3 车辙实验	(337)
11.4.4 混凝土试件的成型与养护 ...	(323)	11.8 钢材实验	(338)
11.4.5 混凝土立方体抗压强度实验 ...	(324)	11.8.1 钢材拉伸实验	(338)
11.4.6 混凝土劈裂抗拉强度实验 ...	(324)	11.8.2 钢筋冷弯实验	(340)
11.4.7 混凝土抗折强度实验	(325)	11.9 烧结砖与砌块实验	(340)
11.4.8 混凝土耐久性实验	(326)	11.9.1 烧结多孔砖的强度实验	(340)
11.5 砂浆实验	(328)	11.9.2 加气混凝土砌块抗压强度 实验	(341)
11.5.1 砂浆的拌和方法	(328)	11.10 混凝土无损与半破损检测	(342)
11.5.2 砂浆稠度实验	(328)	11.10.1 回弹法检测混凝土强度	(342)
11.5.3 砂浆分层度测试	(329)	11.10.2 超声回弹法检测混凝土 强度	(343)
11.5.4 砂浆抗压强度实验	(329)	11.10.3 取芯法检测混凝土强度	(345)
11.5.5 砂浆拉伸黏结强度测试	(330)	11.10.4 超声法检测混凝土均匀性和 缺陷	(346)



数字资源目录

土木工程材料的基本性质

课前导读

□ 内容提要

本章主要介绍土木工程材料的物理性质、力学性质、耐久性等基本参数和基本概念，并介绍了土木工程材料的物质组成、微观结构、宏观构造及其与材料性质之间的关系。

□ 能力要求

通过本章的学习，学生应熟练掌握土木工程材料基本物理参数的计算方法，掌握材料与水、热等有关基本物理性质的相关概念，了解材料组成、结构与构造之间的关系，能够根据材料组成、结构和构造推断材料基本特性的变化规律。

□ 数字资源



重难点

1.1 材料的物理性质

1.1.1 材料的体积组成

在土木工程常用材料中,绝大多数材料的表面和内部均含有孔隙(pore,图 1-1)。材料中的孔隙多少和孔隙特征对材料性质影响很大。根据孔隙与外界是否连通的特性,可将材料孔隙分为与外界连通的开口孔隙(open pore)和与外界隔绝的闭口孔隙(closed pore);按孔隙尺寸大小,可将材料孔隙分为大孔隙(macro-pore)、毛细孔隙(micro-pore or capillary pore)和纳米孔隙(nano-pore)三种。

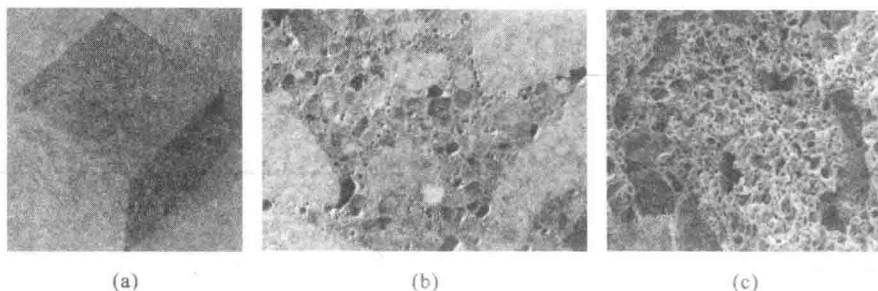


图 1-1 材料中的孔隙

(a)混凝土表面的孔隙;(b)混凝土内部的孔隙;(c)轻骨料内部的孔隙

对于开口孔隙,大孔隙中水分和溶液易于渗入,但不易被充满;纳米孔隙中水分和溶液易于渗入,但不易在其中流动;而介于两者之间的毛细孔隙,水分和溶液既易于渗入,又易于被充满,故对材料的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性均有不利影响。

由于闭口孔隙中水分和溶液不易侵入,故闭口孔隙的存在对材料的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性无不利影响,反而具有改善材料保温性和耐久性等作用。

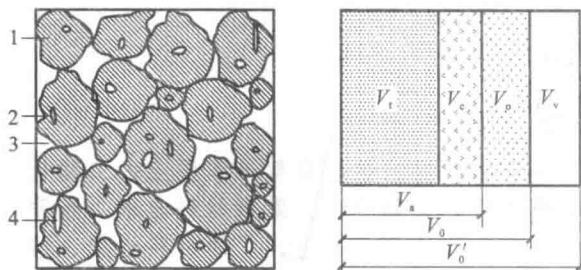


图 1-2 含孔材料堆积状态与体积组成示意图

1—固体物质;2—闭口孔隙;3—空隙;4—开口孔隙

将材料中开口孔隙和闭口孔隙的体积分别记为 V_o 和 V_c ,则材料的孔隙体积 $V_p = V_o + V_c$ 。若将材料中实物质的体积记为 V_t ,则材料的总体积(一般将该体积称为材料的毛体积) $V_0 = V_t + V_o + V_c$;另外将材料中实物质的体积和闭口孔隙体积之和称为材料的表观体积(apparent volume),记为 V_a 。对于散粒状材料,如砂石材料、水泥等,当颗粒堆积在一起时,颗粒之间存在大量空隙(void),其空隙体积记为 V_v 。含孔材料颗粒的堆积体积组成如图 1-2 所示,其堆积总体积用 V_0' 表示。

1.1.2 材料与密度有关的物理参数

1.1.2.1 真实密度

材料在绝对密实状态下单位体积的质量称为材料的真实密度(density)。用公式表示为:

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} \quad (1-1)$$

式中 ρ_t ——密度, g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g ;

V_t ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。