



高等学校工程应用型土建类系列教材

土木工程材料

焦宝祥 主编
陈丽金 张利 郭金敏 副主编



高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材

土木工程材料

焦宝祥 主编

陈丽金 张利 郭金敏 副主编



高等教育出版社

内容提要

本书是根据我国高等教育改革和建设的现状,结合应用型本科教学特点而为土木工程类学生编写的。

全书分为13章,内容包括:绪论、土木工程材料的基本性质、金属材料、天然石材、无机胶凝材料、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑陶瓷与玻璃、合成高分子材料、木材、沥青与沥青混合料、其他材料及土木工程材料试验等。

本书可作为高等院校土木工程专业及其他土建类相关专业教材,同时也可供从事相关工程设计、施工、技术管理等人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/焦宝祥主编. —北京:高等教育出版社,
2009.1

ISBN 978-7-04-024556-1

I. 土… II. 焦… 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(2008)第151834号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 刘晓翔 责任绘图 尹莉
版式设计 张岚 责任校对 朱惠芳 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 21
字 数 510 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年1月第1版
印 次 2009年1月第1次印刷
定 价 28.40元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24556-00

高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

主任委员:

苏 群(黑龙江工程学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序):

汤放华(湖南城市学院)

张建勋(福建工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

黄双华(攀枝花学院)

委员(按姓氏笔画排序):

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王永春(青岛理工大学)

王用信(哈尔滨工业大学华德应用技术学院)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

司马玉洲(南阳理工大学院)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(吉林建筑工程学院建筑装饰学院)

石启印(江苏大学)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

何培玲(南京工程学院)

余跃心(淮阴工学院)

张文福(大庆石油学院)

张志国(内蒙古大学)

张国栋(三峡大学)

张季超(广州大学)
 张 奎(平顶山工学院)
 张新东(塔里木大学)
 李晓目(孝感学院)
 李 斌(内蒙古科技大学)
 李 毅(北华大学)
 杨伟军(长沙理工大学)
 汪仁和(安徽理工大学)
 沈小璞(安徽建筑工业学院)
 肖 鹏(扬州大学)
 陈 伟(攀枝花学院)
 陈伯望(湖南城市学院)
 姚金星(长江大学)
 荀 勇(盐城工学院)
 贺国京(中南林业科技大学)
 赵风华(常州工学院)
 赵永平(黑龙江工程学院)
 赵明耀(吉林建筑工程学院城建学院)
 夏军武(中国矿业大学徐海学院)
 徐新生(济南大学)
 高福聚(中国石油大学)
 常伏德(吉林建筑工程学院城建学院)
 董 黎(广州大学)
 窦立军(长春工程学院)
 蓝宗建(东南大学成贤学院)
 臧秀平(江苏科技大学)
 蔡雪峰(福建工程学院)
 谭宇胜(茂名学院)
 薛志成(黑龙江科技学院)
 薛 姝(湖南城市学院)

前 言

本书是根据我国高等教育改革和建设的现状,结合应用型本科教学特点而为土木工程类学生编写的。

针对应用型本科人才的培养层次和培养目标,坚持“基础宽泛,突出应用”的原则,适应人才培养模式的改革,本书着重从基本概念、基础理论和试验方法等方面培养学生的土木工程材料应用能力,具有以下特点:

1. 吸收了相关学科基本理论的研究成果,基本理论宽泛且易懂。
2. 注重工程的实用性,重点章节编写了工程实例,并进行了较为详细的分析,适应应用型本科教学要求。
3. 删除和缩减了已显陈旧的或不常用的一些传统材料,更新和补充了一些新型土木工程材料,并较多地反映了当代材料研究和应用的新趋势。
4. 全书按照国家 and 行业的最新标准、规范编写,并渗透了环保、节能的理念。

由于土木工程材料涉及面广,建筑工程、交通土建工程与水利工程等的材料标准和试验方法也不尽相同,编者根据土木工程材料的应用现状,将重点内容编入本书,同时根据土木工程材料的发展趋势,适当介绍了工程应用中的新材料。

本书绪论及第9、11、12章和8.1节由盐城工学院焦宝祥教授编写,第1、10、13章和8.2节由华北科技学院张利副教授编写,第3、4章由福建工程学院陈丽金副教授编写,第2、6、7章由平顶山工学院郭金敏副教授编写,第5章由盐城工学院杨建明高级工程师、蔡树元讲师编写。电子课件由陆洪彬(盐城工学院,讲师)、蔡树元和焦宝祥编制。全书由焦宝祥修改并统稿。由南京工业大学金钦华教授审稿。

本书编写过程中,得到了金钦华教授的指导,盐城工学院李玉寿、徐凤广老师为本书提供了标准和资料,本书吸收和借鉴了许多教材的优点,并引用了一些专家和学者的著作和文献,谨在此表示编者衷心的感谢。

由于编者水平所限,本书难免有不足之处,欢迎读者在使用过程中多提宝贵意见。

编 者

2008年3月

目 录

绪论	1	案例分析	67
0.1 土木工程材料的分类	1	本章小结	67
0.2 材料与土木工程建设	2	练习题(3)	68
0.3 土木工程材料的质量及其控制	3	第4章 无机胶凝材料	70
0.4 土木工程材料的学习目的和方法	4	4.1 气硬性胶凝材料	70
本章小结	5	4.2 水硬性胶凝材料	76
练习题(0)	5	案例分析	92
第1章 土木工程材料的基本性质	6	本章小结	93
1.1 材料的物理性质	6	练习题(4)	94
1.2 材料的力学性质	15	第5章 混凝土	97
1.3 耐久性	19	5.1 混凝土概述	97
1.4 材料的组成、结构对性质的影响	19	5.2 普通混凝土的组成材料	98
案例分析	21	5.3 混凝土浆体的性质	123
本章小结	22	5.4 混凝土硬化体的性质	131
练习题(1)	22	5.5 混凝土的质量控制与评定	144
第2章 金属材料	24	5.6 普通混凝土配合比设计	148
2.1 钢材的冶炼与分类	24	5.7 其他品种的混凝土	155
2.2 建筑钢材的力学性能与工艺性能	26	案例分析	164
2.3 钢材的组织 and 化学成分对钢材性能的影响	34	本章小结	166
2.4 常用建筑钢材的技术标准	35	练习题(5)	167
2.5 钢材的腐蚀与防护	48	第6章 建筑砂浆	169
2.6 钢的防火	50	6.1 砌筑砂浆	169
2.7 建筑装饰用钢材制品	51	6.2 抹面砂浆	176
2.8 铝及铝合金制品	53	6.3 特种砂浆	180
2.9 铜和铜合金	55	6.4 干拌砂浆	181
案例分析	56	案例分析	181
本章小结	56	本章小结	182
练习题(2)	57	练习题(6)	182
第3章 天然石材	58	第7章 墙体材料	183
3.1 岩石的形成与分类	58	7.1 砌墙砖	183
3.2 天然石材的技术性质	61	7.2 砌块	193
3.3 建筑装饰用饰面石材及其选用	64	7.3 建筑板材	200
		案例分析	203

本章小结	204	练习题(11)	268
练习题(7)	205	第12章 其他材料	270
第8章 建筑陶瓷与玻璃	206	12.1 防水材料	270
8.1 建筑陶瓷	206	12.2 保温隔热材料	278
8.2 建筑玻璃	209	12.3 吸声与隔声材料	282
本章小结	217	12.4 相变储能建筑材料	284
练习题(8)	217	本章小结	285
第9章 合成高分子材料	218	练习题(12)	286
9.1 合成高分子材料的概述	218	第13章 土木工程材料试验	287
9.2 建筑塑料	219	第一部分 基础性试验	287
9.3 建筑涂料	223	13.1 建筑材料的基本性质试验	287
9.4 胶粘剂	225	13.2 钢筋试验	289
本章小结	227	13.3 水泥试验	293
练习题(9)	227	13.4 混凝土用砂、石试验	300
第10章 木材	229	13.5 普通混凝土性能实验	304
10.1 木材的构造	229	13.6 建筑砂浆试验	309
10.2 木材的性质	231	13.7 烧结多孔砖和烧结空心砖抗压 强度试验	312
10.3 木材及其制品在建筑结构中的 应用	233	13.8 石油沥青试验	312
10.4 木材的防腐与防火	236	13.9 沥青混合料试验	316
本章小结	237	第二部分 综合性试验	322
练习题(10)	237	综合试验1 基于实际工程的混凝土 配合比设计试验	322
第11章 沥青与沥青混合料	238	综合试验2 基于实际工程的沥青 混合料配比试验	323
11.1 石油沥青	238	参考文献	325
11.2 沥青混合料	244		
案例分析	266		
本章小结	267		

绪 论

本章提要

本章讨论了土木工程材料的定义与分类,分析了材料与土木工程建设的关系和发展趋势,介绍了土木工程材料的技术标准和质量控制基本方法。

本章重点:土木工程材料的发展趋势和质量控制的基本方法。

0.1 土木工程材料的分类

土木工程包括房屋、桥梁、道路、水工、环境工程等,它们是由各种建筑材料建成的,用于这些工程的建筑材料总称为土木工程材料。由于土木工程中所涉及的材料品种繁多,几乎涵盖了自然界中的所有材料,难以根据其组成或特点予以确切的定义。为了便于掌握规律,通常从不同的角度进行分类。

0.1.1 按材料化学组成分类

按材料化学组成分类,通常分为有机材料、无机材料和复合材料三类,如表 0-1 所示。

表 0-1 按化学组成分类时土木工程材料的类别

无机材料	金属材料	黑色金属:铁、碳素钢、合金钢等 有色金属:铝、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材:大理石、花岗石等 烧结制品:陶瓷、砖、瓦等 熔融制品:玻璃、玻璃棉、矿棉等 无机胶凝材料:石灰、石膏、水泥等 非烧结人造石:砂浆、混凝土、硅酸盐制品等
有机材料	植物材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	高分子材料	塑料、橡胶、涂料、胶粘剂等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品等
复合材料	有机-有机复合材料	复合木地板、橡胶改性沥青、树脂改性沥青等
	有机-无机非金属复合材料	沥青混合料、聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	有机-金属复合材料	金属增强塑料、金属增强橡胶
	金属-无机非金属复合材料	钢筋混凝土、钢纤维混凝土、夹丝玻璃
	无机非金属-无机非金属复合材料	普通混凝土、玻璃纤维增强石膏、玻璃纤维增强水泥、碳纤维增强混凝土
	有机-金属-无机非金属复合材料	混杂纤维增强混凝土等

有机材料具有密度小、加工性能好、易燃烧、易老化等特点;与有机材料相比,无机材料则具有难老化、不燃烧、组分构成相对稳定等一系列特性,但其物理力学性能受组成成分和结构的影

响而差别很大;复合材料则是由两种以上不同类别的材料按一定的组成结构所构成,它克服了单一材料的弱点而发挥各自材料的优点,达到取长补短的效果,成为目前土木工程应用最多的材料。

0.1.2 按材料在工程中的主要功能分类

按材料在工程中的主要功能分类,可分为结构材料和功能材料两类。结构材料主要指基础、柱、梁、板、墙和其他受力构件所用的建筑材料或围护材料,这些材料的性能优劣决定了工程结构的安全性和使用可靠性。功能材料主要是指防水材料、防火材料、装饰材料、绝热保温材料和吸声隔声材料等,这些功能材料的选择和使用是否合理,往往决定了工程的功能可靠性、适用性和美观效果。

0.1.3 按材料使用的工程及其使用部位分类

按材料使用的工程及其使用部位分类,可分为建筑结构材料、桥梁结构材料、水工结构材料、路面结构材料、建筑墙体材料,表面装饰与防护材料、屋面或地下防水材料等。

0.2 材料与土木工程建设

土木工程建筑物形成的过程,主要是根据材料的性能而设计成适当的结构形式,并按照设计要求将材料进行构筑或组合的过程。在此过程中,材料的选择与组合是否合理,材料的使用是否科学,材料的施工是否正确,不仅决定了土木工程的质量与使用性能,也直接影响工程的成本和资源消耗。因此,材料的性能决定工程质量和使用性能,也影响工程设计方法和准则,同时也事关建筑成本和生态环境。

0.2.1 材料对土木工程质量的影響

土木工程之材料犹如生命之组织器官,土木工程的质量和寿命是由各种材料的性能和相互组合决定的,犹如生命的质量和寿命是由各组织的器官运转状态和相互协调能力决定的一样。材料是土木工程质量的基础,土木工程是各种材料的有机结合,工程质量的优劣与所采用材料的质量水平及使用的合理性有直接的关系。以往的工程实践表明,从材料的生产、选择、使用和检验评定,到材料的贮存、保管等任何环节都必须科学合理,而任何环节的失误都可能造成工程质量缺陷,甚至重大质量事故。因此,合格的土木工程技术人员必须准确、熟练地掌握有关材料的知识,能够正确选择与使用材料。

0.2.2 材料对土木工程造价和资源消耗的影响

在一般土木工程的总造价中,与材料有关的费用占 50% 以上。材料的选择、使用与管理对工程成本影响很大。在有些工程或工程的某些部位,可选择材料品种很多,它们在工程中最终所体现的效果相近,但是所需要的成本及其所消耗的资源或能源差别可能很大。为此,正确掌握并准确熟练地应用土木工程材料知识,可以优化选择和正确使用材料,充分利用材料的各种功能,在保证优质的同时,降低材料的资源消耗与能源消耗,节约与材料有关的费用。因此,从工程

技术经济及可持续发展的角度来看,正确选择与使用材料,努力做到材尽其能、物尽其用,对创造良好的经济效益和社会效益具有十分重要的意义。

0.2.3 材料对土木工程技术的促进作用

在土木工程建设过程中,工程的设计和施工方法都与材料密切相关。一种新的土木工程材料的出现,必将促进建筑形式的再创新,同时,结构设计和施工方法也将相应地进行改进或革新。例如,钢材和水泥的应用,取代了过去的砖、石、泥土和木材,使得钢筋混凝土结构占领了土木工程结构材料的主导地位;钢材和混凝土强度的提高,使同样承载力下构件的截面尺寸减小,自重随之降低,使得结构设计更容易,高层化建筑和大跨度桥梁正是材料技术进步的具体体现。

0.2.4 土木工程材料的发展趋势

新的建筑形式、复杂的结构布置、众多的功能要求、便利的施工维护,又会促进材料科学和技术的发展。现代化的摩天大楼需要高强轻质和抗震防火的结构材料、节能环保的墙体材料和美轮美奂的装饰材料;化学工业厂房、港口工程、海洋工程等需要耐化学腐蚀材料;建筑物地下结构、地铁和隧道工程需要高抗渗防水材料;严寒地区的工程需要高抗冻材料等;所有这些工程都期望施工机械化或自动化、维护智能化。这些建筑的要求和理念推动了材料向高强、轻质、耐久和功能多元化等方向发展,引导了材料向复合化、高性能化和智能化等高新技术领域发展。

传统的建(构)筑物消耗了大量的天然资源,也给生态带来严重的灾难。以往大量地采用木材、粘土砖瓦和天然石材等已经为社会可持续发展造成了沉重的负担。因此,采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工农业废弃物,生产无毒害、无污染、无放射性和回收利用的生态友好型土木工程材料成为新的发展方向。

0.3 土木工程材料的质量及其控制

质量是材料技术性能指标的综合体现。材料的质量对土木工程的质量与技术水平会产生十分重要的影响。因此,掌握与控制好材料的质量对于保证工程质量具有决定性的作用。然而,不同类别的工程或工程所处的部位,对于材料的技术指标会有所差别,这就需要针对不同的工程确定相适应的质量等级或技术指标。

材料的质量等级或技术指标取决于材料的组成与结构,形成于其生产、储运、使用等过程中,正确地选择和使用质量合格的材料,不仅要熟悉工程对其质量的具体要求,了解质量的形成过程,而且要正确掌握检测或鉴别材料质量的方法。

0.3.1 土木工程材料的技术标准

标准就是对重复性事物和概念所做的统一规定,它以科学技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面论证与协调,由主管部门批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。简而言之,标准就是对某项技术或产品实现统一的技术指标的要求或规定,任何技术或产品只有符

合相关标准和规定的条件才允许使用。为在工程中正确地选择、验收和使用材料,必须掌握材料的技术标准。

我国常用标准有三大类:一是国家标准,包括强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T);二是行业标准,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;三是地方标准(代号 DB)和企业标准(代号 QB)。对于强制性国家标准,任何产品不得低于其规定的要求;推荐性国家标准也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准,对于国家尚未制定而执行的新产品企业标准要注意参照国外标准要求。

工程中还可能采用国际标准和其他先进的国家的国外技术标准,如世界范围内统一使用的是 ISO 国际标准、美国国家标准(ANS)、美国材料与试验学会标准(ASTM)、英国标准(BS)、德国工业标准(DIN)、日本工业标准(JIS)和法国标准(NF)等。

在材料质量控制和管理过程中,必须按相应的标准抽样、贮运和检验。按试验标准(或规程)对材料进行检测,才能与相应的标准相对照,判定其质量水平,从而对材料的质量做出正确的评价。

0.3.2 土木工程材料的质量控制

为满足工程设计要求的技术性能和使用条件,所用材料的质量必须达到相应的要求。工程中对材料质量控制的方法主要有:

- (1) 通过对材料有关的质量文件(书面检验报告)的检查初步确定其来源及其质量状况。
- (2) 对工程拟采用的材料进行抽样检验,根据检验的技术指标判定其实际质量,只有相关指标达到标准规定的要求时,才允许其在工程中使用。
- (3) 在使用过程中,监测材料的使用行为,监测半成品和成品的技术性能,从而评定材料在实际工程中的实际技术性能。
- (4) 在使用过程中,材料性能未能达到相应指标要求时,应根据材料的有关知识判定其原因,并采取相应的措施避免其对工程质量造成的不良影响。

0.4 土木工程材料的学习目的和方法

土木工程材料是土木工程专业的专业基础课。它是以数学、力学、物理、化学等课程为基础,而又为学习建筑、结构、施工等后续专业课程提供材料方面的基本知识,同时它为今后从事工程实践打下必要的专业基础。

本课程实用性强,内容繁杂。学习重点是掌握材料的基本性能和学会合理选用材料。学习时,要注意对各种材料性能进行比较与分析,只有这样才能做到合理选择材料,同时在繁杂的内容中找到学习的规律。另外,对重点章节进行材料的组成、结构、性能和应用的分析,促进自己分析问题和解决问题能力的提高,培养自己的创新意识。

实验课是本课程的重要教学环节之一。通过实验课的学习,掌握有关材料的检验标准、检验方法、实验数据整理和分析等过程,从而学会对材料进行合格性判断和验收。



本章小结

土木工程材料通常按化学成分、使用的主要功能和工程结构部位等进行分类。按化学成分分类时,材料性质较为明确,分类较为科学。按主要功能分类和按工程结构部位分类时,材料使用性能和部位较为明确,分类较为实用。

材料对土木工程的影响主要表现为三个方面:工程质量的优劣与所采用材料的质量水平及使用的合理性有直接的关系;材料的选择、使用与管理不仅对工程成本影响很大(在一般土木工程的总造价中,占50%以上),而且对资源 and 环境等社会效益影响重大;工程的设计和施工方法都与材料密切相关。

现代土木工程中新的建筑形式、复杂的结构布置、众多的功能要求、便利的施工和维护推动了土木工程材料向高强、轻质、耐久和功能多元化等方向发展,引导了土木工程材料向复合化、高性能化和智能化等高新技术领域发展。社会的可持续发展要求土木工程材料向生态友好型方向发展。

我国土木工程材料执行的标准有 ISO 标准、国家标准和行业性标准。对土木工程材料的质量控制主要依据材料来源的书面检验报告、材料抽样报告和实际使用过程中技术性能测定数据。



练习题 (0)

- 0-1 试分析材料的选择与应用对土木工程建设的影响。
- 0-2 简述土木工程建设中控制材料质量的方法与过程。
- 0-3 综述土木工程建设与社会发展对材料的要求,并分析土木工程材料的发展前景。

第1章

土木工程材料的基本性质

本章提要

本章阐明了土木工程材料各种基本性质的概念、表示方法及影响因素;介绍了土木工程材料不同层次的组成及内部结构,以及它们与材料基本性质的关系。

本章重点:土木工程材料的基本物理力学性质。

本章难点:材料的抗冻机理;材料组成、结构对材料性质的影响。

材料作为土木工程性质的载体,在一定程度上决定了工程的性能。各种土木工程对材料的选择与要求,实际上就是对材料性质的选择与要求。土木工程材料的性质是多方面的,某种材料应具备何种性质,必须根据它在建筑物及构筑物中的作用和所处的环境来决定。土木工程材料的基本性质是指处于不同使用条件或使用环境的土木工程中,通常必须考虑的最基本的、共有的性质。为在工程中合理地利用材料,必须掌握有关材料的基本性质,以及决定或影响这些性质的因素与规律。科学地认识材料组成、结构、构造与性能的关系,则能更好地理解材料各种性质的含义以及不同性质的相互联系,从而获得材料改性的方法,提高材料在土木工程中应用的效能。

土木工程材料的性能主要包括物理性质、力学性质、热工性质和耐久性等,现分别讨论如下。

1.1 材料的物理性质

1. 与质量有关的性质

自然界中的材料由于其单位体积所含的空(孔)隙的程度不同,其单位体积的质量也有差别,通常将其分述为:

(1) 密度

密度指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,按下式计算:

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

式中 ρ ——密度(g/cm^3);

m ——材料的质量(g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3),简称为绝对体积或实体积。

材料密度的大小取决于其组成物质的原子量和分子结构。原子量越大,分子结构越紧密,材料的密度则越大。

土木工程材料中除少数材料(钢材、玻璃等)接近绝对密实外,绝大多数材料内部都包含有一些孔隙。在自然状态下含孔块体材料的体积(V_0)是由固体物质的体积(即绝对密度状态下材料的体积)(V)和孔隙体积(V_k)两部分组成的(图 1.1)。

在测定含孔块体材料的密度时,需将其磨成细粉(粒径小于 0.2 mm)以排除其内部孔隙,经干燥后用李氏密度瓶测定其绝对体积。材料磨得越细,受测材料孔隙排除越充分,测得的实体体积越接近绝对体积,所得到的密度值越精确。

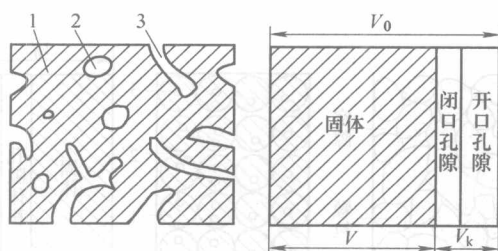


图 1.1 材料组成示意图

1—固体;2—闭口孔隙;3—开口孔隙

对于某些较为致密但形状不规则的散粒材料,在测定其密度时,可以不必磨成细粉,而直接用排水法(如用广口瓶)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),这时所求得的密度为近似密度。混凝土所用砂、石等散粒状材料常按此法测定其密度。

利用材料的密度可以初步了解材料的品质,并可用它进行材料的孔隙率计算和混凝土配合比计算。

(2) 表观密度

表观密度指材料在自然状态下,单位体积的质量。按下式计算:

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

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

表观密度的大小除取决于密度外,还与材料孔隙率及孔隙的含水程度有关。材料孔隙越多,表观密度越小;当孔隙中含有水分时,其质量和体积均有所变化。因此,在测定表观密度时,须注明含水情况,没有特别标明时常指气干状态下的表观密度,在进行材料对比试验时,则以绝对干燥状态下测得的表观密度值(干表观密度)为准。

工程上可以利用表观密度推算材料用量,计算构件自重,确定材料的堆放空间。

(3) 堆积密度

堆积密度指散粒状或粉状材料,在自然堆积状态下单位体积的质量,用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度 (kg/m^3);

m ——材料的质量 (kg);

V'_0 ——材料的自然堆积体积,包括了颗粒体积和颗粒之间空隙的体积(图 1.2),也即按一定方法装入容器的容积。

材料的堆积密度取决于材料的表观密度及测定时材料的装填方式和疏密程度。松堆积方式测得的堆积密度值要明显小于紧堆积时的测定值。工程中通常采用松散堆积密度,确定颗粒状材料的堆放空间。

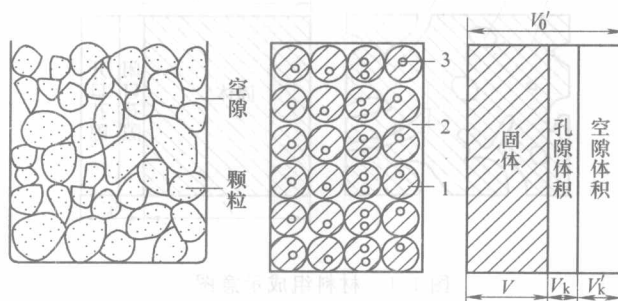


图 1.2 散粒材料堆积及体积示意图

1—固体物质;2—空隙;3—孔隙

2. 与构造状态有关的性质

(1) 孔隙率与孔隙特征

孔隙率是指材料内部孔隙体积占材料总体积的百分率,以 P 表示,可用下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 P ——材料的孔隙率 (%);

V_0 ——材料的自然堆积体积 (m^3);

V ——材料的绝对体积 (m^3)。

材料孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度,其大小取决于材料的组成、结构及制造工艺。材料的许多工程性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等都与材料的孔隙有关。这些性质不仅取决于孔隙率的大小,还与孔隙的大小、形状、分布、连通与否等构造特征密切相关。

通常,材料的孔隙特征主要指孔隙的连通性,据此孔隙又分为开口孔隙(简称开孔)和闭口孔隙(简称闭孔)。开孔是指那些彼此相通并且与外界相通的孔隙,如常见的毛细孔。材料内部开口孔隙增多会使材料的吸水性、吸湿性、透水性、吸声性提高,抗冻性和抗渗性变差。闭孔是指那些彼此不连通而且与外界隔绝的孔隙。材料内部闭口孔隙的增多会提高材料的保温隔热性能和耐久性。

(2) 空隙率

空隙率指散粒或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率,用 P' 表示:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 P' ——材料的空隙率(%);

V'_0 ——自然堆积体积(m^3);

V_0 ——材料的表观体积(m^3)。

空隙率的大小,反映了散粒或粉状材料的颗粒之间相互填充的紧密程度。空隙率在配制混凝土时可作为控制混凝土粗、细集料配料及计算混凝土含砂率的依据。

由上可见,材料的密度、表观密度、堆积密度、孔隙率及空隙率等是了解材料性质与应用的重要指标,常称之为材料的基本物理性质。表 1-1 为一些常用建筑材料的基本物理性质参数。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率 $P/\%$
石灰岩	2.40 ~ 2.60	1 800 ~ 2 600	1 400 ~ 1 700 (碎	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2 500 ~ 2 800	石)	0.5 ~ 3.0
砂	2.50 ~ 2.60	—	—	—
粘土	2.50 ~ 2.80	—	1 450 ~ 1 650	—
普通粘土砖	2.50 ~ 2.70	1 600 ~ 1 800	1 600 ~ 1 800	16 ~ 40
粘土空心砖	2.60 ~ 2.70	1 600 ~ 1 900	—	—
水泥	2.80 ~ 3.10	—	—	—
普通混凝土	—	2 100 ~ 2 600	1 200 ~ 1 300	5 ~ 20
轻集料混凝土	1.55	800 ~ 1 900	—	—
木材	7.85	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.80 ~ .90	7 850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—
玻璃	2.55	2 450 ~ 2 550	—	—

3. 与水有关的性质

(1) 亲水性与憎水性

材料在使用过程中经常会与水接触,那么首先遇到的问题就是材料能否被水所润湿。所谓润湿就是水被材料表面吸附的过程,它和材料本身的性质有关。根据材料被水润湿的程度,可将材料分为亲水性与憎水性两大类。

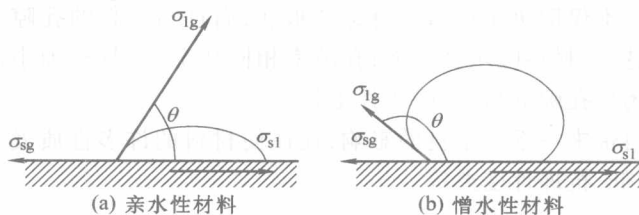


图 1.3 材料的润湿示意图