

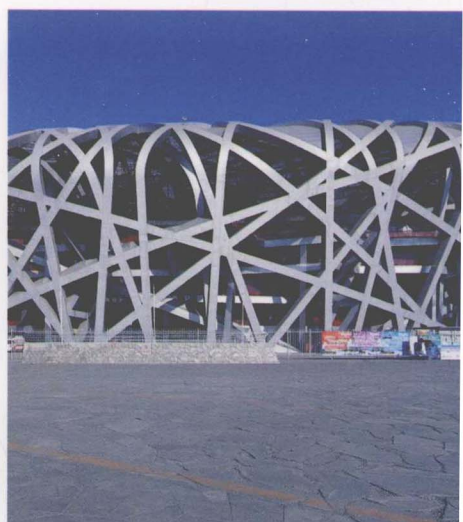
■ 高等学校交通运输与工程类专业规划教材
高等学校应用型本科规划教材

Civil Engineering Materials

土木工程材料

(第2版)

主编 / 张爱勤 王彦敏 副主编 / 朱 峰 李 晶 主审 / 黄政宇



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

高等学校应用型本科规划教材

土木工程材料

(第2版)

主 编 张爱勤 王彦敏

副主编 朱 峰 李 晶

主 审 黄政宇



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为高等学校应用型本科规划教材,适应土木工程专业宽口径的需求,满足应用型本科学生学习需要,涵盖了房屋、公路、桥梁、水工、地下等工程常见材料的基本知识。主要包括:绪论、建筑钢材、砂石材料、无机胶凝材料、水泥混凝土和建筑砂浆、砌体材料、无机结合料稳定材料、合成高分子材料、沥青材料、沥青混合料、建筑功能材料,以及土木工程材料基本试验。

本书可供应用型本科院校土木工程专业的学生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料 / 张爱勤, 王彦敏主编. — 2 版. —
北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.3
ISBN 978-7-114-15238-2

I. ①土… II. ①张… ②王… 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(2018)第 288967 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

高等学校应用型本科规划教材

书 名: 土木工程材料(第 2 版)

著 作 者: 张爱勤 王彦敏

责任编辑: 卢俊丽 张江成

责任校对: 张 贺

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 22

字 数: 532 千

版 次: 2009 年 1 月 第 1 版 2019 年 3 月 第 2 版

印 次: 2019 年 3 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 6 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15238-2

定 价: 58.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

第2版前言

本书编写以普通高等学校土木工程专业设置的土木工程材料课程教学大纲为依据,为适应土木工程专业的需求,涵盖了原来房屋、公路、桥梁、水工、地下等工程常见的基本材料。主要内容包括:绪论、建筑钢材、砂石材料、无机胶凝材料、水泥混凝土和建筑砂浆、砌体材料、无机结合料稳定材料、合成高分子材料、沥青材料、沥青混合料、建筑功能材料,以及土木工程材料基本试验。

本书的编写特色:

(1)在编写内容上突出与基本知识、基础理论和基本技能相应的知识点,层次清晰,重点突出。

(2)为便于学生学习和复习,每章编写了学习指导,并针对土木工程用主要材料编写了大量的工程示例,内容全面。

(3)结合国内外的新材料、新技术,以及我国新颁布的一系列国家和行业技术标准、技术规范,力求突出新内容,使学生了解该领域的新动态。

(4)教材编写形式新颖,增加了土木工程材料的发展历程、创新漫谈和源于实际工程的综合试验设计内容,以培养学生的学习兴趣,扩展学生的知识面,同时激发学生的创新意识。

本书由张爱勤、王彦敏任主编,朱峰、李晶任副主编。张爱勤负责全书的统稿工作,李晶、王彦敏、朱峰协助统稿。

本书编写分工:第1章、第3章、第5章由张爱勤(山东交通学院)编写;第2章、第4章由王彦敏(山东交通学院)编写;第6章、第9章由李晶(山东交通学院)编写;第7章、第11章由朱峰(山东交通学院)编写;第8章、第10章由郝秀红(山东交通学院)和桑春平(山东省泰安市公路局)共同编写;第12章由李志、孙式霜(山东交通学院)共同编写。

湖南大学黄政宇教授担任本书主审,对本书提出了许多宝贵意见。本书在编写过程中得到人民交通出版社股份有限公司的大力帮助。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大师生及读者提出宝贵意见。

编 者

2018年8月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 土木工程材料概述	1
1.2 土木工程材料的基本性质	3
1.3 土木工程材料的组成、结构与构造	14
1.4 土木工程材料的技术标准	16
1.5 学习目的和任务	17
习题	17
第2章 建筑钢材	18
2.1 钢材的分类与结构	18
2.2 建筑钢材的技术性质	20
2.3 建筑钢材的冷加工与热处理	23
2.4 钢材的锈蚀与防护	25
2.5 土木工程常用钢材	27
创新漫谈	40
习题	41
第3章 砂石材料	42
3.1 石料	42
3.2 集料	49
3.3 矿质混合料	59
创新漫谈	70
习题	72
第4章 无机胶凝材料	74
4.1 石灰	75
4.2 建筑石膏	78
4.3 水泥	81
创新漫谈	94
习题	96
第5章 水泥混凝土和建筑砂浆	98
5.1 普通水泥混凝土的技术性质	99
5.2 普通水泥混凝土的组成材料	114
5.3 水泥混凝土的配合比设计	128
5.4 普通水泥混凝土的质量控制与评定	144

5.5 其他功能混凝土	146
5.6 建筑砂浆	151
创新漫谈	157
习题	158
第6章 砌体材料	160
6.1 砖	160
6.2 砌块	169
6.3 墙用板材	177
创新漫谈	178
习题	180
第7章 无机结合料稳定材料	181
7.1 无机结合料稳定材料的分类	181
7.2 无机结合料稳定材料的技术性质	183
7.3 无机结合料稳定混合料的组成材料要求	190
7.4 无机结合料稳定材料的配合比设计	194
创新漫谈	201
习题	202
第8章 合成高分子材料	204
8.1 高聚物的基本概念	204
8.2 塑料	206
8.3 黏结剂	208
8.4 高聚物合金	210
创新漫谈	211
习题	212
第9章 沥青材料	213
9.1 石油沥青	213
9.2 其他沥青	226
创新漫谈	230
习题	231
第10章 沥青混合料	232
10.1 沥青混合料概述	232
10.2 热拌沥青混合料	234
10.3 其他沥青混合料	261
创新漫谈	266
习题	268
第11章 建筑功能材料	270
11.1 吸声材料	270
11.2 保温材料	272

11.3 防水材料..... 275

11.4 装饰材料..... 281

创新漫谈..... 289

习题..... 290

第 12 章 土木工程材料基本试验 291

12.1 钢筋试验..... 291

12.2 石料试验..... 294

12.3 集料试验..... 297

12.4 水泥试验..... 304

12.5 水泥混凝土试验..... 315

12.6 沥青试验..... 323

12.7 沥青混合料试验 328

综合应用创新设计 335

参考文献..... 337

第1章 绪 论

学习指导

本章重点介绍“土木工程材料”课程的性质、内容,土木工程材料应具备的技术性质和技术标准。要求学生重点学习和掌握的知识点有:土木工程材料的分类、应具备的技术性质和技术标准、技术标准分类。

1.1 土木工程材料概述

1.1.1 土木工程材料的定义

土木工程是指房屋、公路、铁路、桥梁、水工、港工、地下等工程的总称。土木工程材料则是用于土木工程中,直接构成各种工程实体的所有材料。常见的土木工程材料有砂石、石灰、水泥、水泥混凝土、无机结合料稳定材料、沥青、沥青材料和建筑钢材等。

1.1.2 学习土木工程材料的意义

“土木工程材料”是专门研究土木工程用各种材料的组成、性能和应用的一门课程。本课程介绍常见土木工程材料的基本组成、技术性质,混合料的组成设计方法,材料的工程应用方法和试验方法等内容。掌握本课程的知识,对土木工程施工中材料的合理选择、检测、设计、应用、研究,以及保证工程建设质量都具有重要的指导意义。

1.1.3 土木工程材料的分类

土木工程材料可以按照化学成分、材料性质和使用功能等多种方法进行分类。通常最基本的分类方法是采用化学成分分类,可以将土木工程材料划分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。其中,各类材料又包括了许多种不同的材料,具体分类方法如表 1-1 所示。

土木工程材料按化学成分分类 表 1-1

无机材料	金属材料	黑色金属:铁、建筑钢材等
		有色金属:铜、铝、铝合金等
	无机非金属材料	天然材料:石材、砂、碎石等 无机结合料:石灰、石膏、水泥等 烧结制品:砖、瓦、玻璃、陶瓷等

有机材料	植物材料	木材、竹材等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青等
	高聚物材料	塑料、橡胶、有机涂料、胶黏剂等
复合材料	无机非金属复合材料	水泥混凝土、砂浆、无机结合料稳定材料
	金属—无机非金属材料	钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	有机—无机非金属材料	聚合物混凝土、沥青混凝土等

1) 无机材料

(1) 建筑钢材

钢材是土木工程钢结构及钢筋混凝土结构的重要组成材料。按照不同的分类方法,钢材又可以分为多种。在土木工程结构中低碳钢和低合金钢应用较为广泛。

(2) 砂石材料

砂石材料包括天然砂、人工砂、碎石和石材等。天然砂是由地壳上层的岩石经自然风化得到的,如山砂、海砂、河砂等;人工砂和碎石是经人工开采或再经轧制得到的各种不同尺寸的粒料;石材是指经人工开采加工得到的、通常具有一定规则形状的石料。砂石材料在土木工程建筑中用量很大,可以直接用于铺筑路面,或砌筑各种建筑、桥梁结构物等,其中砂石材料的最大用量主要用作配制水泥混凝土、无机结合料稳定材料或沥青混合料的矿质集料。

(3) 无机结合料及其混合料

土木工程建筑中常用的无机结合料为石灰和水泥。水泥作为主要的胶结材料,广泛应用于水泥混凝土、砂浆中。石灰可以作为涂料、石灰砂浆、石灰土和三合土用于建筑、桥梁和道路等工程。近年来,随着路面基层材料的研究与发展,无机结合料作为半刚性基层稳定材料在道路工程建设中得到了很好的应用。

2) 有机材料

(1) 有机结合料及其混合料

目前,应用最为广泛的有机结合料主要指沥青类材料,如石油沥青、煤沥青、改性沥青和乳化沥青等。这些材料可以直接用作或生产制成各种制品用作土木工程建筑的防水材料,亦可与不同粒径的集料组配成各种类型的沥青混合料铺筑沥青路面。随着现代公路的建设与发展,沥青混合料已成为公路建设与养护中应用最为广泛的一种高级路面材料。

(2) 高聚物材料

随着我国化学工业的飞速发展,各种高聚物材料正在逐步应用于土木工程建设中,如各种涂料、塑料和橡胶等。高聚物改性材料的研究成果极大地推动了土木工程材料的发展,高聚物作为改性材料,可以达到改善和提高沥青混合料或水泥混凝土综合性能的目的,是一种有发展前景的新型材料。

3) 复合材料

复合材料是指两种或两种以上不同化学组成或组织相的物质,以微观和宏观的物质形式组合而成的材料。复合材料是新型材料的发展趋势,它可以克服单一材料的弱点,集中发挥各组成材料的优点,使其具备良好的综合性能。土木工程材料的研究任务不仅仅是要正确地使用好现有材料,而且还要进一步改善和创造新型材料。

1.1.4 土木工程材料的地位和发展

我国正处在经济建设迅猛发展的大好时期,各项土木工程建设的水平、施工质量和检测手段都在不断地提高,作为工程构筑物建设主体的土木工程材料在土木工程建设中起着重要的作用。

1) 材料是工程构筑物的物质基础

材料质量的优劣、选用是否得当、配制是否合理、检测是否规范等因素直接影响工程构筑物的质量,尤其是现代化技术的广泛应用,对土木工程材料提出的要求越来越高。如何根据建设要求合理选择、设计和使用材料,如何做好材料的试验检测,严格控制材料质量,是提高工程质量、降低工程造价的关键。如果忽视材料质量,不能严把材料质量程序,或偷工减料,就会导致“豆腐渣工程”,给国家造成巨大的经济损失。

2) 土木工程材料决定工程造价

在土木工程构筑物的修筑费用中,用于材料的费用占工程总造价的 50% 左右,在某些工程中甚至可达到 70% ~ 80%。所以,节约工程投资,降低工程造价,合理选配和应用材料是极其重要的一个环节。

3) 土木工程材料研究是土木工程技术发展的重要基础

土木工程建设中要实现新设计、新技术、新工艺,研制新型材料至关重要。新材料的诞生与发展必将促进和推动新技术的不断发展。因此,土木工程材料研究是土木工程技术发展的重要基础。

1.2 土木工程材料的基本性质

土木工程构筑物存在于各种自然环境中,会遭受各种复杂因素的综合作用。为使工程构筑物在长期的使用过程中,不致性能下降而产生破坏,构筑物应具有抵抗各种复杂应力作用下的综合力学性能,以及在各种自然因素的长期影响下力学性能的持久稳定性。因此,用于土木工程建筑的材料必须具备以下四个方面的技术性质。

1.2.1 土木工程材料的物理性质

温度和湿度是影响材料力学性质的主要物理因素。人们通常采用热稳定性或水稳定性来表征材料强度受物理因素影响而变化的程度。对于优质材料,其强度随环境条件的变化应当较小。土木工程材料的物理性质是指反映材料内部组成结构状态的各种物理常数,以及与水和温度有关的性质。

1) 物理常数

常用的物理常数有密度、孔隙率和空隙率等。这些物理常数是反映材料内部组成结构状态的参数,与力学性质之间存在着一定的相依性,可以用于推断材料的力学性质。材料内部组成结构如图 1-1 所示。材料的内部组成结构由材料实体和孔隙所组成,孔隙又分为与外界大气连通的开口孔隙和不与外界大气连通的闭口孔隙。材料质量与体积的关系可见图 1-2。

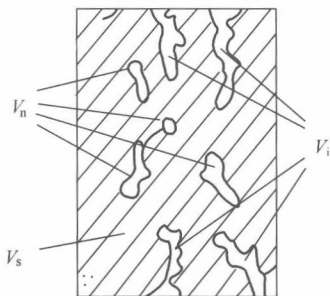


图 1-1 材料内部组成结构示意图

V_s -实体体积; V_n -闭口孔隙体积; V_i -开口孔隙体积

(1) 表示材料单位质量的几种密度

①密度。

密度是指材料在绝对密实状态下,单位实体体积的干质量,亦称为真密度,可按下式计算:

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

式中: ρ_t ——材料的密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的干质量, kg 或 g ;

V_s ——材料在绝对密实状态下的实体体积, m^3 或 cm^3 。

除钢材、玻璃等少数材料为致密材料外,绝大多数材料内部都含有一定的孔隙,如砂石、砖、混凝土等。测定致密材料的密度可采用直接排水法测定实体体积,计算获得材料密度;对于含有孔隙的材料密度,主要采用短颈瓶法或李氏比重瓶法测定,测定时需将材料磨成细粉,磨得越细,测得的实体体积越准确。

②表观密度。

表观密度是指材料单位表观体积(包括材料实体和闭口孔隙的体积)的干质量,亦称为视密度,可按下式计算:

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (1-2)$$

式中: ρ_a ——材料的表观密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的干质量, kg 或 g ;

V_a ——材料的表观体积, m^3 或 cm^3 , $V_a = V_s + V_n$ 。

材料的表观密度通常采用排水法或水中称量法测定。

③毛体积密度。

毛体积密度是指在规定条件下,材料单位毛体积(包括材料实体、闭口孔隙和开口孔隙的体积)的干质量,可按下式计算:

$$\rho_b = \frac{m}{V} \quad (1-3)$$

式中: ρ_b ——材料的毛体积密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的干质量, kg 或 g ;

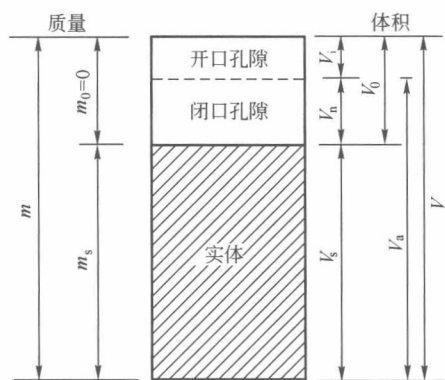


图 1-2 材料质量与体积关系示意图

V ——材料的毛体积, m^3 或 cm^3 , $V = V_s + V_n + V_i$ 。

材料毛体积密度的测定:对于规则形状的材料(如规则形状的石材、混凝土试块等),可测量其长、宽、高三个方向的轴线尺寸,计算毛体积,按式(1-3)获得毛体积密度;对于不规则形状的材料,其毛体积密度可采用水中称量法或蜡封法测定。

④表干密度。

表干密度是指在规定条件下,材料单位毛体积(包括材料实体、闭口孔隙和开口孔隙的体积)的饱和面干质量,亦称为饱和面干密度。可按下式计算:

$$\rho_s = \frac{m_f}{V} \quad (1-4)$$

式中: ρ_s ——材料的表干密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m_f ——材料的饱和面干质量(亦称表干质量), kg 或 g ;

V ——材料的毛体积, m^3 或 cm^3 。

测定材料的表干密度,首先应将材料浸水一定的时间,使其达到饱和面干状态(材料的开口孔隙吸水饱和,但表面又没有多余的水膜),采用水中称量法测定。

在水泥混凝土、沥青混合料的组成设计,以及其他工程的应用中,为方便起见,常常采用各种相对密度的概念,即材料的各种密度与 4°C 水的密度之比。

⑤堆积密度。

堆积密度指散粒状材料单位堆积体积(包括物质颗粒实体、闭口孔隙和颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量,可按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V_f} \quad (1-5)$$

式中: ρ ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_f ——材料的堆积体积, m^3 。

测定散粒状材料的堆积密度,通常采用一定体积的容器,将散粒材料填满。此时,容器的容积即为材料的堆积体积。由于材料的堆积密度有干堆积密度和湿堆积密度之分,因此,必须注明材料的含水率。材料的堆积密度按颗粒排列的松紧程度不同,又可分为自然堆积密度与振实(或紧装)堆积密度。

(2) 孔隙率和空隙率

①孔隙率。

材料的孔隙率是指材料中的孔隙体积占其总体积的百分率。材料的孔隙率可按式求得:

$$P = \frac{V_0}{V} \times 100 = \frac{V - V_s}{V} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (1-6)$$

式中: P ——材料的孔隙率, %;

V_0 ——材料的孔隙(包括开口和闭口孔隙)体积, m^3 或 cm^3 ;

V ——材料的总体积,即毛体积, m^3 或 cm^3 ;

ρ_b, ρ_t ——意义同前。

密实度是与孔隙率相对应的概念,是指材料体积内被固体物质填充的程度,以 D 表示,按

百分率计。其计算公式如下：

$$D = \frac{V_s}{V} \times 100 = \frac{\rho_b}{\rho_t} \times 100 \tag{1-7}$$

②空隙率。

材料的空隙率是指散粒状材料在堆积体积状态下，颗粒间空隙体积（包括开口孔隙体积和颗粒之间的间隙体积）占总体积的百分率，可按下式计算：

$$P' = \frac{V_f - V_a}{V_f} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a} \right) \times 100 \tag{1-8}$$

式中： P' ——材料的空隙率，%；

V_f 、 V_a 、 ρ 、 ρ_a ——意义同前。

空隙率的大小反映了散粒材料颗粒相互填充的致密程度，是一项重要的控制指标。如配制水泥混凝土，水泥浆可以进入石子的开口孔隙，应考虑空隙率，以达到节约水泥和改善性能的目的。在沥青混合料的组成设计中，应严格控制空隙率，以获得良好的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、抗滑性和施工和易性等综合性能。

2) 与水有关的性质

水是影响材料物理性质的主要因素之一，根据材料在所处环境中受水影响的不同程度，可以通过以下不同方面来反映材料与水有关的物理性质。

(1) 亲水性与憎水性

当材料与水接触时，不同的材料，其表面被水润湿的情况是不同的。有的材料表面易被水润湿，通常称之为亲水性材料；而有的材料表面则不易被水润湿，称之为憎水性材料。

材料表面受水润湿的难易程度，与材料分子同水分子之间的作用力和水分子之间内聚力的大小有关。如果材料分子与水分子之间的作用力大于水分子之间的内聚力，材料表现出亲水性；反之，若水分子之间的内聚力大于材料分子与水分子之间的作用力时，则表现出憎水性。

材料的亲水性与憎水性可以采用润湿角表示。如图 1-3 所示，当材料与水接触时，在材料、水和空气三相交点处，沿水滴表面的切线与水与材料接触面所形成的夹角 θ ，称为润湿角。润湿角越小，润湿性越好。当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时，水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的吸引力，此种材料称为亲水性材料，如图 1-3a) 所示。其中， θ 为零时，则表示材料完全为水所润湿。当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时，水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力，材料表面不会被水润湿，此种材料称为憎水性材料，如图 1-3b) 所示。

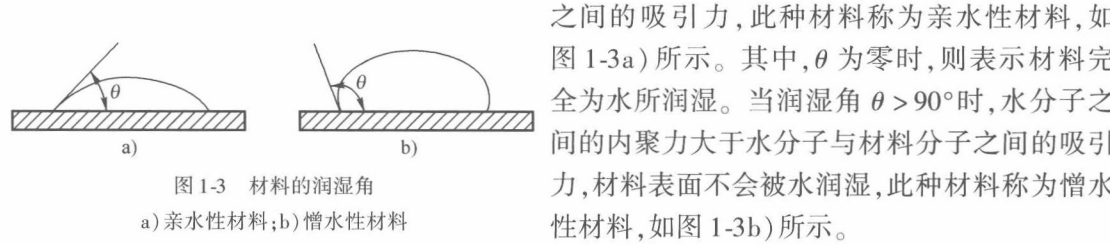


图 1-3 材料的润湿角

a) 亲水性材料；b) 憎水性材料

土木工程材料中，金属材料、石料、水泥混凝土等无机材料和部分木材等属于亲水性材料。大部分有机材料，如沥青、油漆、塑料、石蜡等属于憎水性材料。憎水性材料常被用作工程防水材料。

(2) 吸水性与吸湿性

①吸水性。

材料的吸水性指材料在水中能够吸收水分的性质。材料吸水性的 大小，通常采用吸水率表示。

吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分率,亦称作质量吸水率,可按下式计算:

$$w_x = \frac{m_f - m_d}{m_d} \times 100 \quad (1-9)$$

式中: w_x ——材料的吸水率,%;

m_d ——材料在干燥状态下的质量,g;

m_f ——材料在吸水饱和状态下的质量,g。

有时,材料的吸水率还可以采用体积吸水率表示,即材料饱水时,所吸收水分的体积占干燥材料体积的百分率。

材料吸水率的大小主要取决于材料的孔隙率及其孔隙特征。孔隙细微、连通,且孔隙率大的材料吸水率较大;粗大的孔隙,虽易吸水,但水分不易存留,故吸水率不大;而封闭孔隙和密实材料,水分不易渗入。

由于孔隙率和孔隙分布的特征不同,各种材料的吸水率相差很大。常用的土木工程材料中,花岗岩等致密岩石的吸水率仅为 0.5% ~ 0.7%,普通混凝土为 2% ~ 3%,黏土砖为 8% ~ 20%,而木材或其他轻质材料的吸水率往往大于 100%。

②吸湿性

吸湿性是指材料在潮湿的空气中吸收水分的性质,以含水率表示。含水率指材料在自然状态下,所含水的质量占干燥材料质量的百分率,可按下式计算:

$$w = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \quad (1-10)$$

式中: w ——材料的含水率,%;

m_d ——材料在干燥状态下的质量,g;

m_s ——材料在吸湿状态下的质量,g。

材料中的湿度与空气湿度达到平衡时的含水率称为平衡含水率。

材料无论处于吸水还是吸湿状态,其吸水或吸湿后,不仅自重增加,而且对其他工程性质往往会产生不利影响,如导致强度下降、抗冻性变差、导热性增大、保温性降低等,有时还会发生明显的体积变形。

(3)耐水性

材料的耐水性是指材料长期处在饱和水的作用下,既不产生破坏,强度又不显著下降的性质。材料的耐水性一般采用软化系数表示。材料在吸水饱和状态下的抗压强度与其干燥状态下的抗压强度之比,称为软化系数,可按下式计算:

$$K_R = \frac{f_w}{f_d} \quad (1-11)$$

式中: K_R ——材料的软化系数;

f_w ——材料在饱水状态下的抗压强度,MPa;

f_d ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

长期处在水中的材料应该具备良好的耐水性,但水往往会对材料的力学性质、光学性质和装饰性质等产生破坏作用。一般,材料随含水率的增加,水会减弱其内部质点的结合力,从而导致强度不同程度的降低。如长期浸泡在水中的花岗岩,强度会下降 3%。普通黏土砖和木

材受水的影响更为显著。

软化系数在 0~1 之间波动。通常,将软化系数大于 0.85 的材料称作耐水材料。对于长期受水影响的材料,其软化系数的大小是选择材料的重要依据。其中:长期处在水或潮湿环境中的重要构筑物,要求材料的软化系数不应低于 0.85;受潮较轻或次要构筑物,选用材料的软化系数不宜低于 0.75。

(4) 抗渗性

抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的性质,亦称作不透水性。材料的抗渗性可采用渗透系数或抗渗等级来表示。

① 渗透系数。

根据达西定律:在一定时间内,透过材料试件的水量与试件的断面积和静水压力水头成正比,与试件厚度成反比。渗透系数可按式计算:

$$K_s = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-12)$$

式中: K_s ——渗透系数, cm/h;

Q ——透水量, cm^3 ;

d ——试件厚度, cm;

A ——试件的透水面积, cm^2 ;

t ——时间, h;

H ——静水压力水头, cm。

上式表明,渗透系数越小,材料的抗渗性能越好。

② 抗渗等级。

抗渗等级是指在规定试验条件下,材料所能承受的最大水压力,通常用于石料、水泥混凝土和砂浆等材料。如混凝土抗渗试验中测得的最大承压水压力为 0.2MPa,则抗渗等级表示为 S2。混凝土的抗渗等级有 S2、S4、S6、S8、S10 等。

材料抗渗性的大小与材料的孔隙率和孔隙特征密切相关。孔隙率低、孔隙封闭或孔径小的材料,其抗渗能力高。对于地下工程、水工工程、压力管道及防水材料等,因常受压力水的作用,所以要求材料必须具备一定的抗渗性。

(5) 抗冻性

抗冻性是指材料在饱水状态下,经多次冻结和融化交替(冻融循环)作用,既不破坏,强度又不显著下降的性质。水和正负温度的存在是材料受冻的主要因素。材料的抗冻性可采用抗冻等级来表示。抗冻等级是指材料吸水饱和后,经受多次冻融交替作用,材料不被破坏,强度又不显著下降的最大抗冻融循环的次数。如材料最大耐受冻融循环的次数为 100 次,可记作 F100。石材和水泥混凝土等材料常采用抗冻等级表示其抗冻性,如 F50、F100、F200、F300 等。

材料的抗冻性通常采用抗冻质量损失率和冻融系数等判别参数进行评价。

① 质量损失率。

材料冻融后的质量损失率是指冻融试验前后的干试件质量差与冻融试验前干试件质量的比值百分率,可按式计算:

$$L = \frac{m_d - m_{df}}{m_d} \times 100 \quad (1-13)$$

式中: L ——冻融后材料的质量损失率,%;

m_d ——试验前烘干材料试件的质量,g;

m_{df} ——试验后烘干材料试件的质量,g。

②冻融系数。

材料的冻融系数是指冻融试验后试件的饱水抗压强度与冻融试验前试件的饱水抗压强度的比值,按下式计算:

$$K_f = \frac{f_{wf}}{f_w} \quad (1-14)$$

式中: K_f ——材料的冻融系数;

f_{wf} ——经若干次冻融试验后的试件饱水抗压强度,MPa;

f_w ——未经冻融试验的试件饱水抗压强度,MPa。

材料的抗冻性与其孔隙率、孔隙特征、吸水饱和程度、软化系数及其强度等因素有关。材料的强度越高,软化系数越高,或饱水程度越差,则抗冻能力越高。对于水利工程和冬季气温在 -15°C 以下的地区,应考虑材料的抗冻性,按规定进行相应的抗冻性检验。

3) 材料的热工性质

在工业和房屋建筑中,为了节约建筑物的使用能耗,为人们正常的生产、生活创造适宜的条件,要求土木工程材料还应具备一定的热工性质,以维持室内温度。常用材料的热工性质有导热性、热容量和比热容。

(1) 导热性

当材料两侧存在温差时,热量将由温度高的一侧通过材料传递到温度低的一侧。材料这种传导热量的能力称为导热性。材料导热能力的大小可采用导热率(或称为导热系数)表示,由下式计算得到:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_1 - T_2)} \quad (1-15)$$

式中: λ ——材料的导热率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

Q ——传导的热量,J;

δ ——材料的厚度,m;

A ——材料传热的面积, m^2 ;

t ——传热时间,s;

$T_1 - T_2$ ——材料受热或冷却前后的温差,K。

导热率的物理意义为:厚度为1m的材料,当温度每改变1K时,在1s时间内通过 1m^2 面积的热量。人们习惯把防止室内热量的散失称为保温,把防止外部热量的进入称为隔热,将保温和隔热统称为绝热。材料的导热率越小,表示其绝热性能越好,即保温隔热性能就越好。各种材料的导热率差别较大,大致在 $0.035 \sim 3.5\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 之间,工程中通常把 $\lambda < 0.23\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

(2) 热容量和比热容

材料的热容量是指材料在温度变化时吸收或放出热量的能力,可按下式计算:

$$Q = cm(T_1 - T_2) \quad (1-16)$$

式中: Q ——材料的热容量,即材料吸收或放出的热量,kJ;
 m ——材料的质量,kg;
 $T_1 - T_2$ ——材料受热或冷却前后的温差,K;
 c ——材料的比热容,kJ/(kg·K)。

材料比热容的物理意义:单位质量的材料,温度每升高或降低 1K 时所吸收或降低的热量。比热容可按下式计算:

$$c = \frac{Q}{m(T_1 - T_2)} \tag{1-17}$$

材料的导热率和热容量是设计建筑物围护结构(如墙体、屋面等)热工计算时的重要参数。设计时选用导热率小而热容量大的材料,可提高围护结构的绝热性能,保持室内温度的稳定性。

常见土木工程材料的热工性质指标见表 1-2。

常见土木工程材料的热工性质指标						表 1-2
材料名称	钢	普通混凝土	烧结普通砖	花岗岩	松木	泡沫塑料
导热率 [W/(m·K)]	55	28	0.80	3.49	0.17~0.35	0.03
比热容 [kJ/(kg·K)]	0.46	0.88	0.88	0.92	2.51	1.30

1.2.2 土木工程材料的力学性质

材料的力学性质是指材料在外力作用下抵抗破坏的能力和变形的性质,包括材料的强度、弹性和塑性、脆性与韧性、硬度与耐磨性等。

1) 材料的强度、强度等级与比强度

(1) 强度

材料的强度是指材料抵抗外力破坏的能力,主要通过静力试验测定各种静态强度。根据外力作用方式的不同,材料的强度可分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度等。

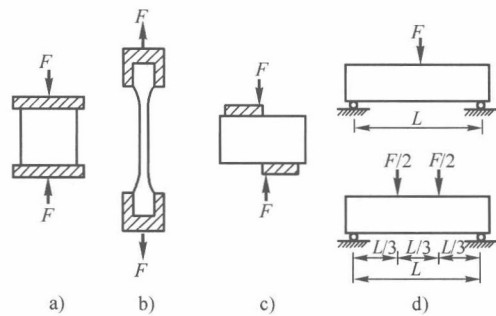


图 1-4 材料受力示意图
a) 抗压;b) 抗拉;c) 抗剪;d) 单、双荷载抗弯

材料不论以哪种方式承受外力作用(图 1-4),其内部都会产生应力,且随外力的增加而增大,当材料内部质点间作用力不再能够承受时,材料即发生破坏,此时的极限应力值就是材料的强度。当材料受到压[图 1-4a)]、拉[图 1-4b)]、剪[图 1-4c)]的作用时,其抗压、抗拉、抗剪强度可采用下式计算:

$$f = \frac{F}{A} \tag{1-18}$$

式中: f ——材料的强度,MPa;
 F ——材料破坏时最大荷载,N;
 A ——材料受力截面面积,mm²。

如图 1-4d) 所示,当材料受到弯的作用时,根据不同的抗弯试验方法,其抗弯强度应采用