



全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

工程材料

覃峰 陈晓明 主编
张广欣 王晶 副主编
包惠明 [桂林理工大学] 主审



免费下载

配课件

www.ccpres.com.cn



人民交通出版社
China Communications Press

全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

Gongcheng Cailiao
工 程 材 料

覃 峰 陈晓明 主 编
张广欣 王 晶 副主编
包惠 审



内 容 提 要

本书为全国城市轨道交通专业高职高专规划教材,是根据新颁布的与土木工程有关的技术规范和技术标准编写而成。全书分为两篇:第一篇阐述工程建筑用各种材料的基本组成、生产工艺、技术性质、组成设计、检测步骤和应用方法等,共九章,其中包括工程材料的基本性质、砂石材料、水泥和石灰、水泥混凝土和建筑砂浆、无机结合料稳定类材料、沥青及 CA 砂浆、钢材、防水和吸声材料、新型轨道材料等。第二篇介绍工程建筑中各种材料的试验方法,共四章,各章试验内容既彼此独立又相互联系,有利于实际操作技能培养。

本书可作为高等职业、中等职业院校工程类专业的教科书,也可供从事工程施工、工程监理、试验检测工作的工程技术人员参考。

注:教材中,砂石材料中铁路道砟部分、CA 砂浆部分、防水和吸声材料中的吸声材料部分以及新兴轨道材料建议铁道工程专业、城市轨道交通工程技术专业的学生学习;水泥混凝土和建筑砂浆中的建筑砂浆部分建议建筑类专业的学生学习。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料 / 覃峰,陈晓明主编. —北京:人民交通出版社,2013. 8

全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

ISBN 978-7-114-10668-2

I. ①轨… II. ①覃…②陈… III. ①城市铁路—轨道(铁路)—工程材料—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 161371 号

全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

书 名:工程材料

著 作 者:覃 峰 陈晓明

责任编辑:袁 方

出版发行:人民交通出版社

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:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19

字 数:464 千

版 次:2014 年 8 月 第 1 版

印 次:2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10668-2

印 数:0001—2000 册

定 价:56.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

编 审 委 员 会

主 任:施建年(北京交通运输职业学院)

副 主 任:(按姓氏笔画排序)

刘大洪(武汉铁路职业技术学院)

李加林(广东交通职业技术学院)

徐雅娜(辽宁省交通高等专科学校)

张竞成(北京地铁运营有限公司)

杨金华(云南交通职业技术学院)

特邀专家:(按姓氏笔画排序)

王志红(中铁建港航局集团轨道交通工程有限公司)

王得楷(甘肃省地质所)

包惠明(桂林理工大学)

刘静予(江苏省力学学会)

朱红洲(重庆交通大学)

宋延安(中铁建港航局集团轨道交通工程有限公司)

杨建国(交通运输部科学研究院)

高虎艳(西安市地下铁道有限责任公司)

缪林昌(东南大学)

委 员:(按姓氏笔画排序)

丁洪东(辽宁轨道交通职业学院)

王玉辉(湖南铁路科技职业技术学院)

王运周(甘肃交通职业技术学院)

王 越(辽宁铁道职业技术学院)

冯卫星(河北交通职业技术学院)

刘东华(包头铁道职业技术学院)

吕建清(青岛港湾职业技术学院)

何 鹏(陕西交通职业技术学院)

张 辉(吉林铁道职业技术学院)

李 季(北京自动化工程学校)

李慧玲(天津铁道职业技术学院)

汪武芽(江西交通职业技术学院)

罗建华(北京地铁技术学校)

胡邦曜(柳州铁道职业技术学院)

都娟丽(西安科技商贸职业学院)

董黎生(郑州铁路职业技术学院)

熊文林(湖北交通职业技术学院)

王心明(上海交通职业技术学院)

王劲松(广东交通职业技术学院)

王建立(北京铁路电气化学校)

邓木生(湖南铁道职业技术学院)

邝青梅(广东省交通运输技师学院)

刘淑珍(北京市电气工程学校)

朱庆新(南京交通职业技术学院)

张红梅(武汉市交通学校)

李 军(北京交通运输职业学院)

李 锐(安徽交通职业技术学院)

杨 平(四川交通职业技术学院)

周秀民(吉林交通职业技术学院)

范玉红(南通航运职业技术学院)

赵 岚(西安铁路职业技术学院)

盛海洋(福建船政交通职业学院)

覃 峰(广西交通职业技术学院)

秘 书:袁 方(人民交通出版社股份有限公司)

出版说明

我国轨道交通正处于快速发展阶段,目前已有 30 个城市的轨道交通建设规划获批,预计至 2020 年,我国城市轨道交通累计营业里程将达到 7395km,而我国有发展轨道交通潜力的城市更是多达 229 个,预计 2050 年规划的线路将增加到 289 条,总里程数将达到 11700km。

面临这一大好形势,各地职业院校纷纷开设了城市轨道交通相关专业。为了适应我国城市轨道交通专业高职高专教育对教材建设的需要,我们在 2012 年推出城市轨道交通运营管理专业高职高专规划教材之后,广泛征求了各职业院校的意见,规划了全国城市轨道交通工程技术专业高职高专规划教材。

为保证教材出版质量,我们从开设城市轨道交通工程技术专业的优秀院校中遴选了一批骨干教师,组建成教材的编写团队;同时,在高等院校、施工企业、科研院所聘请一流的行业专家,组建成教材的审定团队,初期推出以下 13 种:

- 《工程地质》
- 《工程制图及 CAD》
- 《工程力学》
- 《土力学与地基基础》
- 《轨道交通概论》
- 《轨道工程测量》
- 《桥梁工程技术》
- 《轨道施工组织与概预算》
- 《工程材料》
- 《轨道线路养护与维修技术》
- 《轨道施工技术》
- 《路基施工技术》
- 《隧道及地下工程技术》

本套教材具有以下特点:

1. 体现了工学结合的优势。教材编写过程努力做到了校企结合,聘请地铁施工企业参与编写、审稿,并提供了大量的施工案例。

2. 突出了职业教育的特色。教材内容的组织围绕职业能力的形成,侧重于实际工作岗位操作技能的培养。

3. 遵循了形式服务于内容的原则。教材对理论的阐述以应用为目的,以够用为尺度。语言简洁明了、通俗易懂;版式生动活泼、图文并茂。

4. 整套教材配有教学课件,读者可于人民交通出版社网站免费下载;每章后附有复习思考题,部分章节还附有实训内容。

希望该套教材的出版对全国职业院校城市轨道交通专业教材体系建设有所裨益。

全国城市轨道交通专业高职高专规划教材

编审委员会

2013 年 5 月

前 言

高等职业教育主要面向生产一线,培养熟知新知识、新技术、新工艺、新方法,具有一定知识面和理论水平及操作能力强的应用高端技能型人才。为了培养铁道、城市轨道、城际轨道等工程专业生产一线的应用高端技能型人才,由全国城市轨道交通专业高职高专规划教材编审委员会组织编写了本教材。

由于我国近年来铁道、城际轨道等轨道工程建设速度较快,并且与轨道工程材料有关的技术规范和技术标准不断修订和完善,本教材适应轨道工程建设事业和技术发展的需求,在编写过程中采用的是已颁布的新技术标准和规范及一些城市轨道交通建设项目、高速铁路建设项目的施工指南,力求使教材反映铁道、城际轨道等工程建设过程中材料的新理论、新技术、新装备、新工艺、新标准。同时,教材以应用为核心,以实用为原则,体现了工学结合的特点,突出学生的技术和技能培养,注重学生综合素质的提高,努力让学生能通过教材学习做到“学以致用”,毕业后就能上岗。

本教材由广西交通职业技术学院覃峰教授和江西交通职业技术学院陈晓明教授共同担任主编,广西建设职业技术学院张广欣副教授和广西交通职业技术学院王晶老师担任副主编,桂林理工大学包惠明教授担任主审。

参加本教材编写的单位有广西交通职业技术学院、江西交通职业技术学院、广西建设职业技术学院、重庆建筑工程职业技术学院、广西正高工程技术有限公司、广西南宁市城市轨道交通有限公司等。第一篇具体分工是:绪论、第五章、第六章由广西交通职业技术学院覃峰和刘清泉合编,第二章一~三节、第八章第二节由江西交通职业技术学院陈晓明编写,第一章、第八章第一节由广西建设职业技术学院张广欣编写,第三章、第四章由广西交通职业技术学院王晶和刘振华编写,第七章由重庆建筑工程职业技术学院梁莉编写,第九章由广西正高工程技术有限公司李国鑫编写,第二章第四节由广西正高工程技术有限公司李中宝编写。第二篇由广西交通职业技术学院路桥工程系实训中心何壮彬、周启针、李克元、刘振华和广西正高工程技术有限公司铁道检测部的蓝燕妮、陆家宽、李国鑫、李中宝及广西南宁市城市轨道交通有限公司覃文杰等共同编写,全书图表和最后文字核对由李国鑫和刘振华共同完成。在教材的编写过程中,得到了相关单位领导和专家的指导和帮

助,在此表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请专家和读者提出宝贵意见,以便改正完善。

编 者

2014 年 5 月

目 录

绪论.....	1
复习思考题.....	5

第一篇 材 料 篇

第一章 工程材料的基本性质.....	6
第一节 材料的物理性质.....	6
第二节 材料的力学性质	11
第三节 材料的耐久性	13
复习思考题	14
第二章 砂石材料	16
第一节 石材	16
第二节 集料	22
第三节 矿质混合料的组成设计	28
第四节 铁路道砟	35
复习思考题	40
第三章 水泥和石灰	42
第一节 石灰	42
第二节 硅酸盐水泥	46
第三节 通用硅酸盐水泥的技术性质和技术标准	50
第四节 其他品种水泥	56
复习思考题	60
第四章 水泥混凝土和建筑砂浆	61
第一节 普通混凝土的组成	62
第二节 水泥混凝土的技术性质及检验	71
第三节 普通水泥混凝土的配合比设计	86
第四节 其他混凝土及外加剂	99
第五节 建筑砂浆.....	107
复习思考题.....	114
第五章 无机结合料稳定类材料.....	116
第一节 石灰稳定类材料.....	116
第二节 水泥稳定类材料.....	121

第三节 工业废渣稳定类材料·····	125
复习思考题·····	127
第六章 沥青及沥青混合料·····	128
第一节 石油沥青·····	128
第二节 其他沥青·····	143
第三节 热拌沥青混合料·····	152
第四节 CRTS I 型板式无砟轨道中的 CA 砂浆 ·····	165
第五节 CRTS II 型板式无砟轨道中的 CA 砂浆 ·····	173
复习思考题·····	181
第七章 钢材·····	183
第一节 钢材的冶炼与分类·····	183
第二节 钢材的技术性能·····	185
第三节 常用钢材的技术标准及应用·····	192
第四节 常用钢材制品·····	198
第五节 钢材的锈蚀、防锈与防火 ·····	206
复习思考题·····	207
第八章 防水和吸声材料·····	209
第一节 防水材料种类及技术性能·····	209
第二节 轨道吸声材料及性能指标·····	216
复习思考题·····	217
第九章 新型轨道材料·····	219
第一节 土工合成材料·····	219
第二节 土体化学加固材料·····	223
第三节 轨道板材料·····	225
复习思考题·····	231

第二篇 试 验 篇

第一章 砂石材料试验·····	232
第二章 胶凝材料试验·····	256
第三章 水泥混凝土和砂浆试验·····	268
第四章 沥青材料试验·····	278
参考文献·····	293

绪 论

改革开放以来,我国公路、铁路、城市轨道交通及建筑工程等得到了飞速发展,大量新技术、新工艺、新方法与新材料得到了广泛应用。同时,随着公路、铁路、城市轨道交通事业快速发展,市场对从事相关专业人才的需求量也随之加大。为实现公路、铁路、城市轨道交通工程的现代化,迫切需要学习和研究用于交通土建工程的新材料、新技术和新方法。

一、本课程的研究内容和任务

随着科技和材料技术的发展,用于工程建设的材料不仅在品种上日益增多,而且对其质量也不断提出了新的要求。

1. 本课程的研究内容

(1)集料:集料主要包括砂与石料。砂石材料有的是由地壳上层的岩石经自然风化得到的(如天然砂砾),有的是经人工开采或再经轧制而得到的(如各种不同尺寸的碎石和石屑)。砂石材料可以直接用于铺筑道床或砌筑各种桥梁及结构物,也可以作为配制水泥混凝土或沥青混合料的矿质集料。

(2)无机结合料及其制品:在工程建设中最常用的无机结合料,主要是石灰和水泥。水泥是桥梁及结构物中所用的水泥混凝土和预应力混凝土结构的主要材料。石灰和水泥也广泛应用于道床和路基土改良,是重要的工程材料。此外,水泥砂浆是各种圬工结构物砌筑的重要结合料。

(3)有机结合料及其混合料:有机结合料主要是指沥青类材料,如石油沥青、煤沥青等。这些材料与不同粒径的集料组成沥青混合料,可以修筑成各种类型的 CA 砂浆。CA 砂浆是高速铁路建设中极为重要的材料。

(4)建筑钢材:建筑钢材是桥梁钢结构及钢筋混凝土结构,预应力钢筋混凝土结构的重要材料。

(5)新型复合材料:除上述这些常用材料外,随着现代科学技术的进步,在这些常用材料的基础上,又发展了新的复合材料。

在学习本课程时,应掌握上述工程常用材料的技术性能以及检验方法;各种材料的内部组成结构及其与技术性能之间的关系;产源(天然材料)或加工工艺(人造材料)对其性能的影响;各种材料的技术性能以及存在的问题和改善途径。

2. 本课程的任务

本课程的任务是,以掌握工程中材料的基本知识为核心开展相关教学。课程涉及铁道、城市轨道交通工程中和公路与城市道路工程建设中常用道路工程材料及制品的品种、规格、性能及应用,材料的组成、结构和构造与性能的关系,主要工程材料及制品的原材料和生产工艺对性能的影响,节约工程材料、改善性能及防护处理的有关措施,工程材料的质量标准和检测方法等。

通过本课程的学习可以掌握工程材料的性能,选择和鉴定材料,并能够正确使用材料。本课程是一门专业基础课程,它与物理、化学、材料力学以及工程地质等基础课有着密切的联系,也是桥梁工程、路基工程、轨道工程等课程的基础。

二、工程材料的重要性

工程材料是工程结构物的物质基础。材料质量的好坏、配制是否合理及选用是否适当等,均直接影响结构物的使用质量、寿命和功能。工程结构物直接裸露在大自然中,承受反复动载作用,材料的性能和质量对结构物的使用性能影响极大。

材料的使用与工程造价密切相关,在城市轨道交通工程、铁道工程等轨道工程的修建费用中,轨道工程材料费用通常在轨道工程总造价中约占 50% 以上。因此,合理地选择和使用材料,尽量就地取材,对节约工程投资、降低工程造价十分必要。

材料科学的进步,可以给工程提供优质、高性能和低成本的材料。工程建筑设计、工艺的更新换代,往往与新材料的发展和运用紧密联系;同时,新材料的出现和使用,必然导致工程建筑设计、施工工艺与技术的更新与发展。

三、工程材料的分类

工程使用的材料品种繁多,用途不一,按其基本成分可分为金属材料、非金属材料、复合材料三大类。详见表 0-0-1 所列。

工程材料的分类 表 0-0-1

金属材料	黑色金属	铁、碳素钢、合金钢
	有色金属	铝、锌、铜等及其合金
非金属材料	无机材料	天然石料:砂子、石子、各种岩石加工的石料 烧土制品:黏土砖、陶瓷及其制品 胶凝材料:石灰、水泥、水玻璃、石膏 以胶凝材料为基础的人造石料:混凝土、水泥制品、硅酸盐制品
	有机材料	植物材料:木材、植物纤维及其制品 沥青材料:石油沥青、煤沥青、沥青制品 高分子材料:涂料、橡胶、胶黏剂
复合材料	无机—有机材料	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土、橡胶粉水泥混凝土
	非金属—金属材料	钢筋混凝土、钢丝网混凝土、塑铝复合板、铝箔面油毡、钢管混凝土
	其他复合材料	水泥石棉制品、纤维沥青混合料

注:所谓复合材料,是指两种或两种以上不同性能的材料,经组合为一体的材料。复合材料可克服单一材料的弱点,而发挥其综合的复合特性。通过复合技术,材料的各种性能都可以按照需要进行设计。复合化已成为当今材料科学发展的趋势。

四、工程材料应具备的性质、检验方法和技术标准

1. 工程材料应具备的性质

城市轨道交通工程、铁道工程以及公路工程等工程建筑物,不仅受到车辆荷载的复杂力系作用,而且还受到各种复杂的恶劣环境的影响,所以用于城市轨道交通工程、铁道工程以及公路工程等工程建筑的材料,既要具备一定的力学性能,又要保证在各种自然条件下,综合力学

性能不会下降。

为了保证城市轨道交通工程、铁道工程以及公路工程等工程材料的综合力学强度和稳定性,就要求其具备下列四个方面的性质。

(1)力学性质。力学性质是材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的性能。目前对建筑材料力学性质的测定,主要是测定各种静态的强度,如抗压、拉、弯、剪等强度,还可通过磨损、磨光、冲击等经验指标来反映等。

(2)物理性质。影响材料力学性质的物理因素主要是温度和湿度。材料的强度随着温度的升高或含水率的增加而显著降低,通常用热稳定性或水稳定性等来表征其强度变化的程度。对于优质材料,其强度随着环境条件的变化较小。

此外,通常还要测定一些物理常数,如密度、孔隙率和空隙率等。这些物理常数是材料内部组成结构的反映,并与力学性质之间存在一定的相关性,可以用于推断力学性质。

(3)化学性质。化学性质是材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能。除了受到周围介质或者其他物质侵蚀外,通常还受到大气因素的综合作用而引起材料的“老化”,特别是各种有机材料(如沥青材料等)对此表现更为显著。

(4)工艺性质。工艺性质是材料适于按照一定工艺流程加工的性能。例如,水泥混凝土在成型以前要求有一定的流动性,以便制作成一定形状的构件。但是加工工艺不同,要求的流动性亦不同。

2. 工程材料的检验方法

城市轨道交通工程、铁道工程以及公路工程等工程材料应具备性能的检验,必须通过适当的测试手段来进行。检验测定材料的性质,通常可采用试验室内原材料性能检定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。本课程主要介绍试验室内原材料性能的检定。对应上述工程材料应具备的性能,室内材料试验包括的内容有物理性质试验、力学性质试验、化学性质试验和工艺性质试验。

3. 工程材料质量的技术标准

应用于城市轨道交通工程、铁道工程以及公路工程等工程的材料及其制品必须具备一定的技术性质,以适应交通工程结构物不同建筑结构与施工条件的要求。

为了保证建筑材料的质量,我国对各种材料制定了专门的技术标准。目前我国建筑材料的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个等级,对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政部门制定。

我国国家标准与道路材料有关的国家标准及行业标准代号示例见表0-0-2,轨道工程涉及沥青及沥青混合料等方面所采用的是交通行业标准。

国家标准及行业标准代号

表0-0-2

标准名称	代 号	示 例
国家标准	国标	GB 12958—1999 复合硅酸盐水泥
交通行业标准	交通	JTJ 052—2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
建材行业标准	建材	JG/T 479—1992 建筑生石灰
石油化工业行业标准	石化	SH 0522—92 道路石油沥青
铁路行业标准	铁部	TB 10104—2003 铁路工程水质分析规程
冶金行业标准	冶标	YB/T 030—92 煤沥青筑路油

五、工程材料试验基础知识

1. 数字修约规则

在实际工作中,各种试验、测量计算的数值需要修约时,应按下列规则进行:

(1)拟舍去数字的最左一位数字小于5时(不包括5)则舍去。

例如:将14.2432修约保留一位小数。修约得14.2。

(2)舍去数字的最左一位数字大于5时(不包括5)则进一。

例如:将26.4843修约保留一位小数。修约得26.5。

(3)拟舍去数字的最左一位数字等于5时,右边的数字并非全部为零,则进一。

例如:将1.0501修约保留一位小数。修约得1.1。

(4)拟舍去数字的最左一位数字等于5时,右边的数字全部为零,拟保留的末位数字若为奇数,则进一;若为偶数(包括“0”),则不进。

例如:将0.3500、0.4500、1.0500修约保留一位小数。修约得0.4、0.4、1.0。

(5)拟舍去的数字,若为两位以上数字时,不得连续多次修约,应根据所拟弃数字中左边第一位数字的大小,按上述规则一次修约出结果。

例如:将15.4546修约成整数。修约得15。

为了便于记忆数字修约法,其口诀是:四舍六入五考虑,五后非零则进一,五后皆零视奇偶,五前为偶应舍去,五前为奇则进一。注:“0”视为偶数。

2. 取样送样见证人制度

试验取样送样时,应遵守取样送样见证人制度,见证取样和送样(送检)是指在建设单位或工程监理单位人员的见证下,由施工单位的现场人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料的现场取样,并送至经过省级以上建设行政主管部门对其资质认可和质量技术监督部门对其计量认证的质量检测单位进行检测。

3. 对试验检测人员要求

为确保试验检测结果的可靠性、真实性和准确性,不仅要求试验检测设备的精确、完整。而且,要求试验检测人员认真履行岗位职责,按相关试验规程进行相关试验检测操作和数据处理,准确、按时提交相关试验报告。

(1)从事试验检测人员必备的技能 and 知识:

①必须具备所担负试验检测项目有关的专业基础理论知识。

②必须掌握所担负试验检测项目有关的标准、规范、检测方法和本专业规范等法规性技术文件。

③必须掌握所担负试验检测项目应用的仪器设备的操作技能,并了解仪器、设备的性能和基本原理,会正常维护。

④掌握计量法、标准化法及有关方针、政策、规章制度和《质量管理手册》的有关内容。

⑤掌握全面质量管理的基础知识和其基本工具和方法。

⑥应了解所从事专业的国内外先进水平及发展趋势。

(2)从事试验检测人员纪律要求:

①忠于职守,努力按时完成领导分配的检测任务。

②严格遵守各项规章制度,严格按照规范、标准、试验方法、操作方法进行检测工作。

③坚持科学的态度、实事求是,不能随意修改检测数据,更不准臆造数据,保证检测数据和检测结果的真实性和公正性。

④坚持文明检测。在试验检测过程中应按要求处理试验过程中产生的废弃物和污染物,要求在检测过程中应热情周到、文明用语等。

⑤保守秘密。对检测数据或结果、未经领导批准、不准随意扩散。

⑥清正廉洁,不接受用户请客、送礼,在检测工作中不受金钱引诱及上级行政和各方面的不良干扰。

⑦凡违反上述规定者,均规为违反纪律按情节和后果分别给予批评教育或警告等处置。情节或后果特别严重而构成犯罪的,应予追究法律责任。



复习思考题

1. 试述工程材料的研究内容和任务及其在轨道工程建设中的地位和作用。

2. 对从事工程材料试验检测人员应具备哪些技能和知识?

3. 将下列数据修约:

17.5852(保留两位小数) 119.5655(保留两位小数) 67.35001(保留一位小数)

56.35(保留一位小数) 123.5562(保留整数)

4. 工程材料可分为哪三大类?

5. 对从事工程材料试验检测人员纪律要求有哪些?

第一篇 材 料 篇

第一章 工程材料的基本性质



教学目标

1. 了解各种材料的基本物理参数。
2. 熟悉各种材料的力学性能,掌握材料的变形性质。
3. 了解材料的其他性能,明确材料在工程中的使用,特别是材料的耐久性。

本章主要阐述工程材料的基本性质。掌握材料的物理性质和力学性质对于材料在工程实际中的运用有着重要意义。

不同的工程材料在工程中起着不同的作用。例如,用于桥梁上部结构的材料主要受到各种外力的作用,而桥梁墩台基础除了结构物上部荷载作用外,还可能受到地下水及水流冲刷、冰冻的作用;轨道工程声屏障材料经常受到风吹、日晒、雨淋、紫外线照射等大气因素的作用;钢轨遭受磨损作用;埋设在地面下的给排水管道工程等还可能受到酸、碱、盐等介质的侵蚀作用等。为了保证工程结构的使用功能、安全性和耐久性,工程材料应具有抵御上述各种作用的性质。这些性质是多种多样的,又是互相影响的,归纳起来包括材料的物理性质、力学性质、化学性质和耐久性等。

第一节 材料的物理性质

材料的物理性质是指材料与各种物理过程(如水、热作用)有关的性质。材料的物理性质可以分为与质量和体积有关的性质、与水有关的性质和与温度有关的性质。

一、与质量和体积有关的性质

1. 密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,即材料的质量与材料在绝对密实状态下的体积之比。可用式(1-1-1)表示:

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

式中: ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了金属材料及花岗岩、玻璃等少数较密实的非金属材料外,绝大多数材料都有一定数量的孔隙。测定有空隙材料的密度时,应先将材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶测定其体积,然后按照式(1-1-1)计算。

2. 表观密度

材料的表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量,即材料的质量与材料在自然状态下的体积之比,可用式(1-1-2)表示。散粒材料,如混凝土用砂、石等,其“体积”是指不包括颗粒之间的空隙,但包括颗粒内部孔隙的体积,测试时不必磨成细粉,而用排水法求得其密实体积的近似值,所得密度称为表观密度 ρ_0 ;在土的颗粒密度测试中,又称为毛体积密度。

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

式中: ρ_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量,g或kg;

V_0 ——材料在自然状态下体积,又称表观体积, cm^3 或 m^3 。

3. 堆积密度

散粒材料在堆积状态下单位体积的质量。可用式(1-1-3)表示:

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

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量,g或kg;

V'_0 ——材料的堆积体积, cm^3 或 m^3 。

测定散粒状材料的堆积密度 ρ'_0 时,散粒状材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,而堆积体积则是指盛装材料容器的容积而言。

在工程中,计算材料和构件的自重、材料的用量,以及计算配料、运输台班和堆放场地时,经常用到材料的密度、表观密度及堆积密度等数据。常用工程材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率见表1-1-1。

常用工程材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

表 1-1-1

材料	密度 ρ (g/cm^3)	表观密度 ρ_0 (kg/m^3)	堆积密度 ρ'_0 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
石灰岩	2.60	1800 ~ 2600	—	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2500 ~ 2800	—	0.5 ~ 3.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1400 ~ 1700	—
砂	2.60	—	1450 ~ 1650	—
普通黏土砖	2.50 ~ 2.80	1600 ~ 1800	—	—
黏土空心砖	2.50	1000 ~ 1400	—	—
水泥	3.10	—	1200 ~ 1300	—
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—	5 ~ 20
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.85	7850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—
玻璃	2.55	—	—	—