



高职高专水利工程类专业“十二五”规划系列教材

水工建筑材料

主编 © 胡敏辉 黄宏亮 武桂芝



YZLI0890169802



华中科技大学出版社

高职高专水利工程类专业“十二五”规划系列教材

水工建筑材料

主 编 胡敏辉 黄宏亮 武桂芝
副主编 龙立华 段凯敏 陈一华 胡莉萍
主 审 杨 艳



YZLI0890169802

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书共分为4大项目,20个任务。主要项目包括:认知水工建筑材料的基础知识;常用原材料的选择、检测与应用;中间产品的选择、检测与应用;其他原材料及中间产品的选择、检测与应用。本书主要介绍了工程中一般原材料和中间产品的主要特性、种类、技术指标、性能检测方法、应用特点和常用材料试验项目的操作方法及原则。

本书特点如下:第一,不仅介绍了常用水工建筑材料的知识,还涉及其他行业的建筑材料知识;第二,以2012年9月前已颁布的国家和行业最新标准为依据;第三,实践性强,在大多数任务中都编写了实训、试验任务,使读者能充分理解和掌握建筑材料的检测方法,具有实用性。

本书既可作为高职高专水利水电建筑工程、工业和民用建筑、市政工程等专业的教材,也可作为建筑工程技术人员和建筑材料实验人员的业务参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑材料/胡敏辉 黄宏亮 武桂芝 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.3
ISBN 978-7-5609-8636-4

I. 水… II. ①胡… ②黄… ③武… III. 水工建筑物-建筑材料-高等职业教育-教材
IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 304613 号

水工建筑材料

胡敏辉 黄宏亮 武桂芝 主编

策划编辑:谢燕群 熊 慧

责任编辑:熊 慧

封面设计:李 嫒

责任校对:周 娟

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:21.5

字 数:540千字

版 次:2013年3月第1版第1次印刷

定 价:39.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

本书按照高等职业技术教育的要求和水利水电建筑及其相关专业的教学目标,采用项目导向、任务驱动的设计思路编写而成。首先根据项目确定典型任务是什么,然后根据典型任务确定应具备的职业能力,再提出具体的任务内容,使所学内容与今后从事的岗位要求实现“零距离”对接。

“水工建筑材料”是水利水电建筑工程专业必修的一门技术基础课。通过本课程的学习,学生可以理解有关建筑材料的基本概念、基本理论与试验方法,同时掌握常用材料质量鉴定的原理和技能,在材料应用上能根据工程要求合理选用、保管材料,并具有一定的基本试验操作能力。在编写过程中,注重知识的深度和广度,围绕职业活动,突出岗位操作能力,以职业活动为教学依据,与教学实践活动相结合,重视职业活动的真实性,坚持“够用、实用、能学、会用”的原则,重在培养学生的职业岗位能力。为了帮助读者更好地理解各种水工建筑材料的内容体系,每一个任务开头均提出了任务描述、任务目标,供读者参考;结尾也增加了知识拓展内容,介绍了目前建筑工程中新材料的发展和应用。

本书由长江工程职业技术学院胡敏辉任第一主编(项目2的任务1、任务6,项目4的任务4至任务6),长江工程职业技术学院黄宏亮任第二主编(项目2的任务2、任务3,项目4的任务2、任务3),华北水利水电学院水利职业学院武桂芝任第三主编(项目1的任务1、任务2,项目2的任务7)。湖北水利水电职业技术学院龙立华(项目3的任务2、任务3)、长江工程职业技术学院段凯敏(项目2的任务4,项目3的任务4、任务5)、长江工程职业技术学院陈一华(项目3的任务1,项目4的任务1)、三峡电力职业学院胡莉萍(项目2的任务5)任副主编。

由于编者水平有限,书中如有不足之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年1月

目 录

项目 1 认知水工建筑材料的基础知识	(1)
任务 1 水工建筑材料的分类、作用及检验与标准	(1)
模块 1 建筑材料的分类与作用	(1)
模块 2 掌握建筑材料的检验方法与标准	(3)
思考题	(6)
任务 2 建筑材料的物理、力学、化学和耐久性能	(7)
模块 1 材料的物理性质	(7)
模块 2 材料的力学性质	(13)
模块 3 材料的其他性质	(16)
思考题	(17)
项目 2 常用原材料的选择、检测与应用	(18)
任务 1 钢筋的选择、检测与应用	(18)
模块 1 钢筋的选择	(18)
模块 2 钢筋的性能检测	(32)
模块 3 钢筋的应用	(43)
模块 4 试验实训	(45)
思考题	(51)
任务 2 水泥的选择、检测与应用	(52)
模块 1 水泥的选择	(53)
模块 2 水泥的性能检测	(65)
模块 3 水泥的应用	(68)
模块 4 试验实训	(72)
思考题	(83)
任务 3 混凝土外加剂的选择、检测与应用	(85)
模块 1 混凝土外加剂的选择	(86)
模块 2 混凝土外加剂的性能检测	(96)
模块 3 混凝土外加剂的应用	(98)
思考题	(103)
任务 4 粉煤灰的选择、检测与应用	(103)
模块 1 粉煤灰的选择	(104)
模块 2 粉煤灰的性能检测	(106)
模块 3 粉煤灰的应用	(108)
模块 4 试验实训	(110)

思考题.....	(115)
任务 5 防水材料的选择、检测与应用	(115)
模块 1 防水材料的选择	(116)
模块 2 防水材料的性能检测	(125)
模块 3 防水材料的应用	(128)
思考题.....	(131)
任务 6 止水材料的选择、检测与应用	(131)
模块 1 止水材料的选择	(132)
模块 2 止水材料的工程检测	(138)
模块 3 止水材料的工程应用	(140)
思考题.....	(142)
任务 7 土工合成材料的选择、检测与应用	(142)
模块 1 土工合成材料的选择	(143)
模块 2 土工合成材料的工程检测	(150)
模块 3 土工合成材料的工程应用	(153)
思考题.....	(157)
项目 3 中间产品的选择、检测与应用	(158)
任务 1 砂石骨料的选择、检测与应用	(158)
模块 1 砂石骨料的选择	(158)
模块 2 砂石骨料的性能检测	(168)
模块 3 砂石骨料的应用	(171)
模块 4 试验实训	(173)
思考题.....	(183)
任务 2 混凝土的主要技术性质与检测方法 & 标准	(183)
模块 1 普通混凝土的主要技术性质	(184)
模块 2 检测方法 & 标准	(203)
思考题.....	(216)
任务 3 混凝土配合比设计与强度评定	(220)
模块 1 混凝土配合比设计	(220)
模块 2 混凝土强度评定	(230)
思考题.....	(233)
任务 4 建筑砂浆的主要技术性质 & 检测方法 & 标准	(234)
模块 1 建筑砂浆的主要技术性质	(234)
模块 2 建筑砂浆的性能检测	(242)
思考题.....	(249)
任务 5 建筑砂浆的配合比设计与强度评定	(250)
模块 1 建筑砂浆的配合比设计	(250)

模块 2 建筑砂浆的强度评定	(256)
思考题	(257)
项目 4 其他原材料及中间产品的选择、检测与应用	(258)
任务 1 石灰的选择、检测与应用	(258)
模块 1 石灰的选择	(258)
模块 2 石灰的检测	(260)
模块 3 石灰的应用	(261)
思考题	(262)
任务 2 建筑石膏的特性、检测与应用	(262)
模块 1 建筑石膏的特性	(263)
模块 2 建筑石膏的性能检测	(265)
模块 3 建筑石膏的应用	(266)
思考题	(269)
任务 3 沥青的选择、检测与应用	(269)
模块 1 沥青的选择	(270)
模块 2 沥青的性能检测	(275)
模块 3 沥青的应用	(281)
模块 4 试验与实训	(284)
思考题	(293)
任务 4 石料的选择、检测与应用	(293)
模块 1 石料的选择	(294)
模块 2 石料的性能检测及应用	(298)
思考题	(302)
任务 5 墙体材料的选择、检测与应用	(303)
模块 1 墙体材料的选择	(303)
模块 2 墙体材料的工程检测	(316)
思考题	(319)
任务 6 合成高分子材料的选择与应用	(319)
模块 1 合成高分子材料的选择	(320)
模块 2 合成高分子材料的工程应用	(324)
思考题	(330)
参考文献	(332)

项目 1 认知水工建筑材料的基础知识

建筑材料在建筑物中承受各种不同荷载的作用,要求具有相应的性质;同时,建筑物在使用过程中,还经常受到各种环境因素的作用,材料逐渐遭受破坏。因此,材料在满足建筑物所要求的功能性质的同时,还需具有抵抗这些破坏作用的性质,以保证在所处环境中经久耐用。

本项目主要介绍水工建筑材料的各种基本性质和检验标准,通过学习可以初步判断材料的性质和应用场合,为以后学习各种材料,正确选择、合理使用材料打下基础。

任务 1 水工建筑材料的分类、作用及检验与标准

【任务描述】

材料的性质是多方面的,不同材料又有其特殊性质。因此首先要清楚材料的类别和作用。材料的性质是指在负荷与环境因素联合作用下材料所表现的行为。因此,工程中讨论的材料性质,都是在一定环境条件下测试的各种性能指标。只有熟悉材料性质的检测方法 with 检验标准,才能正确判断所选用的材料质量是否合格。

【任务目标】

能力目标

- (1) 会灵活运用材料检测的基本技术。
- (2) 会正确运用材料检验的标准。

知识目标

- (1) 了解建筑材料的分类。
- (2) 掌握材料检验的基本技术。
- (3) 清楚材料检验的技术标准。

技能目标

- (1) 能选用检验标准检测建筑材料是否合格。
- (2) 能掌握建筑材料试验的一般技术要求。
- (3) 能遵守职业道德规范,养成科学严谨、诚实守信的工作作风。

模块 1 建筑材料的分类与作用

1. 建筑材料的定义与分类

建筑材料是指各类建筑工程中所应用的材料及制品。它是一切工程建设的物质基础,其性能、种类、规格、使用方法是影响工程坚固、耐久等工程质量的关键因素。建筑材料质量的提高和新型建筑材料的开发与应用,直接影响着国民经济的发展及人类社会文明的进步。

1) 建筑材料的定义

(1) 广义定义:指建造建筑物和构筑物的所有材料,包括使用的各种原材料、半成品、成品等的总称(水利工程中把建筑材料分为原材料和中间产品两大类)。

(2) 狭义定义:指直接构成建筑物和构筑物实体的材料。

一切建筑工程都是由各种各样的建筑材料组成的。

2) 建筑材料的分类

(1) 按化学成分分类。

建筑材料种类繁多,通常按其基本组成成分,分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 建筑材料的分类

无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁及其合金
		有色金属	铝、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材	砂、石料及石材制品等
		烧土制品	砖、瓦、陶瓷等
		胶凝材料	石灰、石膏、水玻璃、水泥等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及其制品
	沥青材料		石油沥青、煤沥青及沥青制品
	合成高分子材料		建筑塑料、合成橡胶、建筑涂料、胶黏剂
复合材料	非金属与非金属材料复合		水泥混凝土、砂浆等
	无机非金属与有机材料复合		沥青混凝土、聚合物水泥混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属材料与无机非金属材料复合		钢纤维增强塑料
	金属材料与有机材料复合		型钢复合型材、轻质金属夹心板、铝箔面油毡

(2) 按材料来源分类。

① 天然建筑材料,如常用的土料、砂石料、石棉、木材等及其简单采制加工的成品(如建筑石材等)。

② 人工材料,如石灰、水泥、沥青、金属材料、土工合成材料、高分子聚合物等。

(3) 按功能分类。

建筑材料按其功能,分为结构材料、防水材料、胶凝材料、装饰材料、防护材料、隔热保温材料等。

① 结构材料,如混凝土、型钢、木材等。

② 防水材料,如防水砂浆、防水混凝土、镀锌薄钢板、紫铜止水片、膨胀水泥防水混凝土、遇水膨胀橡胶嵌缝条等。

③ 胶凝材料,如石膏、石灰、水玻璃、水泥、混凝土等。

胶凝材料是一种经自身的物理、化学作用,能由浆体(液体或半固体)变成坚硬的固体物质,并能将散粒材料(砂子、石子)或块状材料黏结成一个整体的物质。其中,石灰、石膏及水玻璃这些只能在空气中凝结硬化,并保持和提高自身强度的胶凝材料称为气硬性胶凝材料;而水

泥不仅能在空气中还能在水中凝结硬化,这种保持和提高自身强度的胶凝材料称为水硬性胶凝材料。

④ 装饰材料,如天然石材、建筑陶瓷制品、装饰玻璃制品、装饰砂浆、装饰水泥、塑料制品等。

⑤ 防护材料,如钢材覆面、码头护木等。

⑥ 隔热保温材料,如石棉纸、石棉板、矿渣棉、泡沫混凝土、泡沫玻璃、纤维板等。

2. 建筑材料的作用

建筑材料与建筑设计、工程施工、结构维护之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。建筑材料是各项基本建设的重要物质基础。在各项工程的建设中,各种建筑材料的用量相当大,如潘家口水库混凝土用量达3 003万立方米,葛洲坝水电站混凝土用量在990万立方米以上。据统计,在工程总价中,材料费所占比重可达50%~70%。建筑材料的品种、规格、性能及质量,对建筑结构的形式、使用年限、施工方法和工程造价都有着直接的影响。建筑工程中许多技术问题的突破往往依赖于建筑材料问题的解决,而新的建筑材料的出现又往往促进了结构设计及施工技术的革新和发展。因此,加强建筑材料的研究,提高建筑材料生产和应用的技术水平,对于合理利用各种有限的自然资源、改善建筑物的使用功能、提高建筑工程的工业化和机械化水平、加快工程建设速度、降低工程造价,从而促进我国社会经济的发展,都具有十分重要的意义。

3. 现代建筑材料的特点及发展方向

1) 现代建筑材料的特点

(1) 轻质、高强。

(2) 无污染,低能耗,可持续发展。

(3) 智能化。应用高科技实现对材料及产品各种功能的可控可调;能感知外部刺激,能够判断并适当处理且本身可执行的新型功能材料。

2) 现代建筑材料发展的方向

轻质、高强、多功能、绿色环保。

模块2 掌握建筑材料的检验方法与标准

1. 建筑材料检验的重要性

在工程施工中,对所用建筑材料进行合格性检查,是保证工程质量的最基本环节。根据有关规定,无出厂合格证明或没有按规定复检的原材料,不得用于工程施工;在施工现场配制的材料,均应在实验室确定配合比,并在现场抽样检验;各项建筑材料的检验结果是工程施工及工程质量验收必备的技术依据。因此,在工程的整个施工过程中,要始终贯穿材料的检验工作,它是一项经常化的、责任性很强的工作,也是控制工程施工质量的重要手段之一。

2. 建筑材料检验的基本技术

1) 检验步骤

(1) 取样。在进行试验前,首先要选取试样,试样必须具有代表性。取样原则为随机取样,即在若干堆(捆、包)材料中,对任意堆放材料随机抽取试样。

(2) 仪器的选择。试验仪器设备的精度要与试验规程的要求一致,并且有实际意义。试

验需要称量时,称量要有一定的精确度,如试样称量精度要求为 0.1 g,则应选择感量为 0.1 g 的天平。对试验机量程也有选择要求,根据试件破坏荷载的大小,仪器指针应停在试验机读盘的第二、三象限内。

(3) 试验。试验前一般应将取得的试样进行加工或成形,以制备满足试验要求的试样和试件。试验应严格按照试验规程进行。

(4) 试验计算与评定。对各次试验结果进行数字处理时,一般取 n 次平行试验结果的算术平均值作为试验结果。试验结果应满足精确度与有效数字的要求。

试验结果经计算处理后应给予评定,确定是否满足标准要求或评定其等级,在某种情况下还应应对试验结果进行分析,并得出结论。

2) 检验条件

同一材料在不同的试验条件下会得出不同的试验结果,因此要严格控制试验条件,以保证检验结果的可比性。

(1) 温度。实验室的温度对某些试验结果影响很大,如石油沥青的针入度、伸长率试验,一定要控制在 25℃ 的恒温水浴中进行。

(2) 湿度。试验时试件的湿度也会明显影响试验数据,试件的湿度越大,测得的强度越低。因此,试件的湿度应控制在规定的范围内。

(3) 试件的尺寸与受荷面的平整度。同一种材料的小试件强度比大试件强度高。相同受压面积的试件,高度低的比高度高的试件强度高。因此,试件尺寸应符合规定。

试件受荷面的平整度也会影响测试强度,试件受荷面粗糙,会引起应力集中,降低试件强度,所以试件表面要磨平。

(4) 加荷速度。加荷速度越快,试件的强度越高。因此,对材料的力学性能进行试验时,都有加荷速度的规定。

3) 检验报告

试验的主要内容都应在实验报告中反映,报告的形式可以不尽相同,但其内容都应包括:试验名称、内容、目的与原理,试样编号,测试数据与计算结果,结果评定与分析,试验条件与日期,试验人、校核人、技术负责人签名等内容。

试验报告是经过数据整理、计算、编制的结果,而不是原始记录,也不是试验过程的罗列。经过整理计算后的数据可用图、表等表示,达到一目了然的效果。为了编写出符合要求的试验报告,在整个试验过程中必须认真做好有关现象、原始数据的记录,以便分析、评定检测结果。

4) 检验的数据处理与分析

(1) 检验的数据数值修约进舍规则。

① 拟舍弃数字的最左一位数字小于 5 时,则舍去,即保留的各位数字不变。例如,将 12.1498 修约到个位数,得 12;将 12.1498 修约到 1 位小数,得 12.1。

② 拟舍弃数字的最左一位数字大于 5,或者是 5,而且后面的数字并非全部为 0 时,则进 1,即保留的末位数字加 1。例如,将下列数字按 0.1 单位修约:

	25.25001	49.9534	128.459	0.95001
修约后	25.3	50.0	128.5	1.0

③ 拟舍弃数字的最左一位数字为 5,而后面无数字或全部为 0 时,若所保留的末位数字为奇数(1、3、5、7、9)则进 1,为偶数(2、4、6、8、0)则舍弃。例如,修约间隔为 0.1,则

拟修约数值	修约值
1.050	1.0
0.35	0.4
1.250	1.2
1.75	1.8

④ 负数修约时,先将它的绝对值按上述三条规定进行修约,然后在修约值前面加上负号。

⑤ 对数值的修约,若有必要,也可采用0.5单位修约或0.2单位修约的方法进行。

具体方法参见《数据修约规则与极限数值的标示和判定》(GB/T 8170—2008)。

⑥ 上述数值修约规则(有时称为“奇升偶舍”法)与常用的“四舍五入”法区别在于,用“四舍五入”法对数值进行修约时,从很多修约后的数值中得到的均值偏大。而用上述的修约规则,进舍的状况具有平衡性,进舍误差也具有平衡性,若干数值经过这种修约后,修约值之和变大的可能性与变小的可能性是一样的。

(2) 检验的数据分析。

建筑材料检测评定过程中,常用统计分析的方法对检测数据进行分析,常用的统计参数有算术平均值、标准差和变异系数。

① 算术平均值 $\bar{X}$ 。算术平均值简称均值,表示系列数据的平均情况,反映系列数据整体水平的高低。其计算式为

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1-1-1)$$

式中: $\bar{X}$ 为算术平均值; n 为样本量; X_i 为单个样本值。

② 标准差 σ 。标准差是反映数据离散程度的参数,通常是在均值相同的情况下,用于对比不同系列数据的离散程度。 σ 越小,离散性越小。其计算式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1}} \quad (1-1-2)$$

③ 变异系数 δ 。

变异系数也是反映数据离散程度的参数,通常是在均值不相同的情况下,用于对比不同系列数据的离散程度。 δ 越小,离散性越小。其计算式为

$$\delta = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (1-1-3)$$

3. 建筑材料检验的技术标准

技术标准主要是对产品与工程建设的质量、规格及其检验方法等所做的技术规定,是从事生产、建设、科学研究工作与商品流通的一种共同的技术依据。

1) 技术标准的分类

技术标准通常分为基础标准、产品标准和方法标准等三类。

(1) 基础标准。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,并普遍使用的具有广泛指导意义的标准,如《水泥的命名定义和术语》(GB/T 4131—1997)。

(2) 产品标准。产品标准是衡量产品质量好坏的技术依据,如《通用硅酸盐水泥》(GB

175—2007)。

(3) 方法标准。方法标准是指以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定作业等各种方法为对象制定的标准,如《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671—1999)及《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)。

2) 技术标准的等级

根据发布单位与适用范围,建筑材料技术标准分为国家标准、行业标准(含协会标准)、地方标准和企业标准四级。各种标准代号如表 1-1-2 所示。

各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布,国家质量监督检验检疫总局是国家标准化管理的最高机关。国家标准和部门行业标准都是全国通用标准,分为强制性标准和推荐性标准;省、自治区、直辖市有关部门制定的工业产品的安全、卫生要求等地方标准在本行政区内是强制性标准;企业生产的产品没有国家标准、行业标准和地方标准的,企业应制定相应的企业标准作为组织生产的依据。企业标准由企业组织制定,并报请有关主管部门审查备案。鼓励企业制定各项技术指标均严于国家、行业、地方标准的企业标准在企业内使用。

表 1-1-2 各种标准代号

标准种类		代 号		表示内容	表示顺序
1	国家标准	GB GB/T		强制性标准 推荐性标准	代号、标准编号、发布年代 如(GB 175—2007)
2	行业标准 (部标准)	按原部 标准代号	SL DL JC JG JT	水利行业标准 电力行业标准 建材行业标准 建工行业标准 交通行业标准	代号、标准编号、发布年代 如(SL 352—2006)
3	地方标准	DB DB/T		地方强制性标准 地方推荐性标准	代号、行政区号、标准编号、发布年代 如(DB 14323—2009)
4	企业标准	QB		企业标准	代号/企业代号、顺序号、发布年代 如(QB/203413—2009)

工程中可能涉及国际和其他国家的技术标准有:在世界范围内统一执行的标准为国际标准,代号为 ISO;美国材料试验标准,代号为 ASTM;日本工业标准,代号为 JIS;德国工业标准,代号为 DIN;英国标准,代号为 BS;法国标准,代号为 NF 等。

思 考 题

1. 建筑材料可划分为哪些类别? 各有什么特点?
2. 什么是胶凝材料? 它有哪些类型?
3. 什么是建筑材料标准? 我国技术标准的等级分为哪几级?

【知识拓展】 绿色建材

- (1) 以低资源、低能耗、低污染为代价生产的高性能传统建筑材料,如用现代先进工艺和

技术生产的高质量水泥。

(2) 能大幅降低建筑能耗(包括生产和使用过程中的能耗)的建材制品,如具有轻质、高强、防水、保温、隔热、隔声等功能新型墙体材料。

(3) 有更高使用效率和优异材料性能,从而能降低材料消耗的建筑材料,如高性能水泥混凝土、轻质高强混凝土。

(4) 具有改善居室生态环境和保健功能的建筑材料,如抗菌、除臭、调温、调湿、屏蔽有害射线的多功能玻璃、陶瓷、涂料等。

(5) 能大量利用工业废弃物的建筑材料,如净化污水、固化有毒有害工业废渣的水泥材料。

任务2 建筑材料的物理、力学、化学和耐久性能

【任务描述】

建筑材料在使用过程中要承受不同的作用,如荷载的作用,周围环境介质的物理、化学和生物作用等。这就要求材料具有相应的性质以保证其经久耐用。只有掌握了材料的性能,才能在工程设计与施工中合理地选用材料。本任务主要讲述水工建筑材料的主要共性,即建筑材料的基本性质。

【任务目标】

能力目标

- (1) 会根据已知条件对材料的物性参数进行相应的计算。
- (2) 会根据材料检测出的荷载计算其强度。
- (3) 从影响材料强度的因素出发,知道怎样做才能使材料的强度检测结果更准确。
- (4) 能通过对表征材料基本性质参数的认识,进一步了解材料。

知识目标

- (1) 掌握表示材料物理性质的参数及其含义。
- (2) 掌握材料强度的计算及影响强度的因素。
- (3) 理解材料耐久性的含义。

技能目标

- (1) 能对材料检验工作的整个流程做常规的技术指导。
- (2) 能根据建筑物及所处环境正确选择材料。
- (3) 能对材料的检测、选择、配制、应用提供理论依据。

模块1 材料的物理性质

1. 材料的基本物理性质

1) 材料的体积构成及含水状态

(1) 材料的体积构成。

块体材料在自然状态下的体积是由固体物质体积及其内部孔隙体积组成的,如图 1-2-1 所示。材料内部的孔隙按孔隙特征又可分为开口孔隙和闭口孔隙两类。闭口孔隙不吸进水

分,开口孔隙与材料周围的介质相通,材料在浸水时易被水饱和。

散粒体材料是指具有一定粒径材料的堆积体,如工程中常用的砂、石子等。其体积构成包括固体物质体积、颗粒内部孔隙体积及固体颗粒之间的空隙体积,如图 1-2-2 所示。

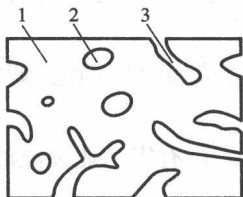


图 1-2-1 块状材料体积构成示意

1—固体(实体);2—闭口孔隙;3—开口孔隙

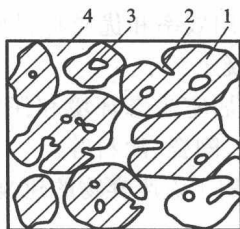
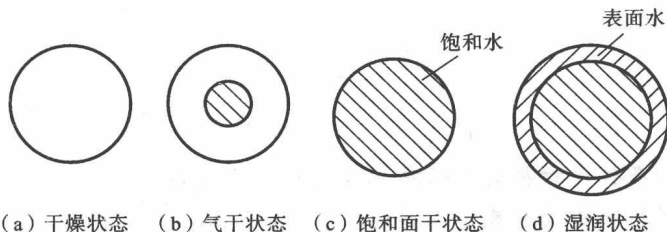


图 1-2-2 散粒体材料体积构成示意

1—颗粒中的固体物质;2—颗粒中的开口孔隙;
3—颗粒中的闭口孔隙;4—颗粒间的空隙

(2) 材料的含水状态。

材料在大气或水中会吸附一定的水分,根据材料吸附水分的情况,材料的含水状况分为干燥状态、气干状态、饱和面干状态及湿润状态 4 种,如图 1-2-3 所示。材料的含水状态会对材料的多种性质产生影响。



(a) 干燥状态 (b) 气干状态 (c) 饱和面干状态 (d) 湿润状态

图 1-2-3 材料的含水状态

2) 与密度有关的性质

密度是指材料的质量与其体积之比。根据材料所处状态,密度可分为密度、表观密度和堆积密度等三类。

(1) 密度。干燥材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度,即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2-1)$$

式中: ρ 为密度,单位为 g/cm^3 ; m 为材料实体积的质量; V 为材料在绝对密实状态下的体积,即材料内固态物质的实体积,也可称为绝对体积。

注意 ① 干燥状态的材料,烘干(烘箱)或干燥(干燥器)求取。

② 单位为 g/cm^3 ,一般不用 kg/m^3 。

③ 实体积的测定:在建筑材料中,除金属、玻璃、沥青等少数材料外,都含有一些孔隙(砖、石膏)。为了测得含孔材料的密度,应把材料磨成细粉(粒径稍小于 0.20 mm),除去孔隙,经干燥后用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积。其中,材料磨得越细,所测得的体积越接近绝对体积。近于绝对密实(混凝土、砂、石)的材料,直接以排水法测定;少数外形规则的绝对密实材料(金属、玻璃等)可根据外形尺寸求得体积。

(2) 表观密度。在自然状态下,材料单位表观体积的质量,称为表观密度,即

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

式中: ρ_0 为表观密度, 单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 ; V_0 为表观体积; m 为材料表观质量。

注意 ① 表观体积 = 实体积 + 闭口孔隙体积。

② 单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 均可。

③ 表观密度与材料的含水状态有关, 一般含水量增加, 表观密度增加。除有特别说明外, 一般指干燥状态时的表观密度。

④ 表观体积的测定方法: 形状规则的材料, 用尺子测量; 形状不规则的材料, 加工成规则的形状, 用尺子测量; 不必加工的材料, 如吸水率(如砂、石)很小, 可直接用排液法(排水法或排油法)测量, 否则将材料表面封蜡, 再用排水法测量。

由于材料含有水分时, 材料的质量及体积均会发生改变, 故在测定材料的表观密度时, 须注明其含水状态。

(3) 堆积密度。堆积密度是指粉状或粒状材料在堆积状态下单位体积(开口孔隙 + 闭口孔隙 + 实体 + 颗粒间的空隙)的质量, 即

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-2-3)$$

式中: ρ'_0 为散粒材料的堆积密度, 单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 ; m 为散粒材料的质量, 单位为 g 或 kg ; V'_0 为材料在自然状态下的堆积体积, 单位为 cm^3 或 m^3 。它反映散粒堆积的紧密(压实)程度及可能的堆放空间。

注意 ① 堆积体积 = 所有颗粒实体积 + 所有颗粒孔隙体积 + 颗粒之间的空隙体积。

② 堆积密度包括松装堆积密度和紧装堆积密度。在自然状态下的堆积密度称为松装堆积密度, 一般称堆积密度; 在捣实状态下的堆积密度称为紧装堆积密度。

③ 单位为 kg/m^3 , 一般不用 g/cm^3 。

④ 堆积体积测定时, 以散粒材料所占容器的容积作为堆积体积。

⑤ 堆积密度与含水状态有关, 一般指材料干燥时的堆积密度。

干燥状态下有

密度 > 表观密度 > 堆积密度

常用材料的密度、表观密度及堆积密度如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 常用材料的密度、表观密度及堆积密度

材 料	密度/(g/cm^3)	表观密度/(kg/m^3)	堆积密度/(kg/m^3)
花岗岩	2.6~2.8	2 500~2 700	—
碎石(石灰岩)	2.6	—	1 400~1 700
砂	2.6	—	1 450~1 650
黏土	2.6	—	1 600~1 800
黏土空心砖	2.5	1 000~1 400	—
水泥	3.1	—	1 200~1 300
普通混凝土	—	2 100~2 600	—
钢材	7.85	7 850	—
木材	1.55	400~800	—
泡沫塑料	—	20~50	—

3) 材料的密实度与孔隙率

(1) 密实度。密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,以 D 表示,有

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-2-4)$$

密实度反映了材料的致密程度,含有孔隙的固体物质的密实度均小于 1。

(2) 孔隙率。孔隙率是指材料体积内,孔隙体积($V_{\text{孔}}$)占材料总体积的百分比,以 P 表示,有

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \left(\frac{V_0 - V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0} \right) \div 100\% \quad (1-2-5)$$

材料的密实度和孔隙率之和等于 1,即 $D + P = 1$ 。孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料的许多性质如强度、热工性质、声学性质、吸水性、吸湿性、抗渗性、抗冻性等都与孔隙率有关。这些性质不仅与材料的孔隙率大小有关,而且与材料的孔隙特征有关。孔隙特征是指孔隙的种类(开口孔隙与闭口孔隙)、孔隙的大小及孔的分布是否均匀等。

按孔隙尺寸大小,可把孔隙分为微孔(孔径 $< 100\text{nm}$)、毛细孔(孔径为 $100 \sim 1000\text{nm}$)和大孔(孔径 $> 1000\text{nm}$)三种。

按孔隙之间是否相互贯通,孔隙分为孤立孔隙和连通孔隙两种。

按孔隙与外界之间是否连通,孔隙分为开口孔隙、闭口孔隙两种。

开口毛细孔隙越多,材料吸水性大;开口孔隙越多,材料抗渗、抗冻性越差;闭口孔隙越多,材料抗渗、抗冻性和隔热性越好。

4) 材料的填充率与空隙率

(1) 填充率。填充率是指散粒体材料在某堆积体积内,被其颗粒填充的程度,以 D' 表示,有

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-2-6)$$

(2) 空隙率。空隙率是指散粒体材料在某堆积体积内,颗粒之间的空隙体积($V_{\text{空}}$)占堆积体积的百分数,以 P' 表示,有

$$P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \left(\frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) \times 100\% \quad (1-2-7)$$

材料的填充率和空隙率之和等于 1,即 $D' + P' = 1$ 。空隙率的大小反映了散粒体材料的颗粒之间相互填充的致密程度,在混凝土配合比设计时,可作为控制混凝土骨料级配及计算含砂率的依据。

[案例 1] 已知某种建筑材料试样的孔隙率为 24%,此试样在自然状态下的体积为 40 cm^3 ,质量为 85.50 g ,吸水饱和后的质量为 89.77 g ,烘干后的质量为 82.30 g 。试求该材料的密度、表观密度、开口孔隙率、闭口孔隙率、含水率。

解 密度 = 干质量 / 密实状态下的体积 = $82.30 / [40 \times (1 - 0.24)]\text{ g/cm}^3 = 2.7\text{ g/cm}^3$

开口孔隙率 = 开口孔隙的体积 / 自然状态下的体积 = $(89.77 - 82.3) / 40 \times 100\% = 18.7\%$

闭口孔隙率 = 孔隙率 - 开口孔隙率 = $(0.24 - 0.187) \times 100\% = 5.3\%$

表观密度 = 干质量 / 表观体积 = $82.3 / [40 \times (1 - 0.187)]\text{ g/cm}^3 = 2.53\text{ g/cm}^3$

含水率 = 水的质量 / 材料干质量 = $(85.5 - 82.3) / 82.3 \times 100\% = 3.9 \times 100\%$