



书名：建筑材料检测与应用

ISBN：978-7-307-10409-9

作者：高飞

出版社：武汉大学出版社

定价：39.80元

前 言

本教材是高等职业教育土建类专业选用教材,根据教育部对高等职业教育土建类专业“建筑材料”课程基本要求,参考国家现行标准、规范和规程编著而成。

本教材在编写中尽可能采用我国现行的有关新标准、新规范,并紧密结合高等职业院校人才培养模式的改革,不仅培养学生掌握有关的专业知识和实践操作技能,而且培养其分析、解决问题的能力,培养创新精神,提高综合素质,实现“知识、能力、素质”的有机统一,突出高等职业教育特色,集中反映了建筑材料领域的新标准、新规范、新工艺及推广应用新技术。

“建筑材料”是土建类专业的一门重要专业基础课程,本教材编写过程中以材料的性能为核心,以影响材料性能的内外因素及材料性能检测应用为要点,来组织内容编写土建工程中常用建筑材料理论基础知识应与用技术技能。主要内容包括混凝土用骨料、胶凝材料、混凝土、墙体材料、建筑钢材、建筑功能材料等六大部分。其中※部分为选修内容,供学生拓展知识面。

为适应高等职业教育供给侧改革需要,推进教师、教材、教法“三教”改革,培养德技并修的高素质劳动者和高素质技术技能人才的人才培养目标要求,突出高等职业教育教学在实际工程中的实用性,本教材加强了建筑材料检测、储运保管及选择应用等方面的实践技能知识及技能训练项目内容,将实验、实训等技能训练内容与基础理论知识有机结合。经审定,本书可以作为高等职业院校土建类各专业的教材,也可以作为高职高专、成人教育、培训等的教材,以及工程技术人员的参考书使用。

由于土建工程材料的品种繁多,新材料发展快,且各行业技术标准不完全一致,又鉴于编者水平有限,书中难免有不妥之处,尚祈广大师生、读者批评指正。

高等教育教材编审委员会

目 录

CONTENTS

模块 0

绪论

模块 1

骨料的检测与应用

单元 1 理论知识	5
单元 2 细骨料的检测与应用	10
单元 3 粗骨料的检测与应用	18
复习思考题	29

模块 2

胶凝材料的检测与应用

单元 1 理论知识	30
单元 2 气硬性胶凝材料	32
单元 3 水硬性胶凝材料	40
复习思考题	74

模块 3

混凝土的检测与应用

单元 1 理论知识	76
单元 2 混凝土的主要技术性质	79
单元 3 混凝土的耐久性	89
单元 4 混凝土的质量控制	94
单元 5 混凝土的配合比设计	99
单元 6 轻混凝土	115
单元 7 特殊性能混凝土	123
单元 8 现场混凝土质量控制	142
复习思考题	144

模块 4

墙体材料的检测与应用

单元 1 建筑砂浆	145
单元 2 砌墙砖	160

模块 5

单元 3 墙板* 172

复习思考题 181

建筑钢材的检测与应用

单元 1 建筑钢材的基本知识 182

单元 2 建筑工程常用的钢种 191

单元 3 钢材进场质量控制 209

复习思考题 217

模块 6

建筑功能材料的选择与应用

单元 1 木材..... 218

单元 2 高分子材料 229

单元 3 沥青..... 238

单元 4 防水材料 246

单元 5 建筑装饰材料 262

单元 6 保温材料和吸声材料 277

复习思考题 283

参考文献

..... 285

绪 论

【知识目标】
◆1.掌握建筑材料的定义，理解建筑材料在各种建筑工程中的地位与作用； ◆2.掌握建筑材料课程的学习方法。
【能力目标】
◆ 能熟练查询各类建筑材料标准规范。

一、建筑材料的范畴和分类

(一) 建筑材料的范畴

建筑材料是指建筑结构中使用的各种材料，它是一切建筑工程的基础。建筑材料可分为广义建筑材料和狭义建筑材料。广义建筑材料是指用于建筑工程中的所有材料，包括三个部分：一是构成建（构）筑物的材料，如石灰、水泥、混凝土、钢材、防水材料、墙体与屋面材料、装饰材料等；二是施工过程中所需要的辅助材料，如脚手架、模板等；三是各种建筑器材，如消防设备、给水排水设备、网络通信设备等。狭义建筑材料是指直接构成建筑工程实体的材料。本教材所介绍的是狭义建筑材料。

(二) 建筑材料的分类

建筑材料种类繁多，按化学成分来分，可以分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，各大类又可分为许多小类，见表 0-1。

建筑材料也可按其使用功能分为结构材料、墙体材料和功能材料三类。

表 0-1 建筑材料按化学组成分类

材料分类		举例
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、铜等及其合金等
	非金属材料	天然石材：石板、碎石、砂等 烧结制品：陶瓷、砖、瓦等 玻璃及熔融制品：玻璃、玻璃棉、矿棉等 胶凝材料：石灰、石膏、水泥等
有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	高分子材料	有机涂料、橡胶、胶黏剂、塑料
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
复合材料	金属-非金属材料	钢纤维混凝土、钢筋混凝土等
	无机非金属-有机材料	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土等

二、建筑材料在建筑工程中的地位

(一) 材料是保证建筑工程质量的基础

材料是构成建（构）筑物的物质基础，也是其质量基础。建筑材料和建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工等一样，是建筑工程学科的一部分，而且是极为重要的部分。

一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用的建筑材料融合在一起。结构工程师只有很好地了解建筑材料的性能后，才能根据力学计算，准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构型式。建筑经济学家为了降低造价、节省投资，在基本建设中，首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。而建筑施工和安装的全过程，实质上是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程。从材料的选用、质量检测和评定，到材料的贮运、保管，任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷，甚至导致重大质量事故。总之，从事建筑工程的技术人员必须了解和掌握建筑材料有关技术知识，而且应使所用的材料都能最大限度地发挥其效能，并合理、经济地满足建筑工程上的各种要求。

为了确保建筑材料的质量，各个国家均有自己的国家标准，例如“ASTM”代表美国国家标准、“JIS”代表日本国家标准、“BS”代表英国标准、“DIN”代表德国标准等。另外，在世界范围内统一执行的标准称国际标准，其代号为“ISO”。

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）。技术标准代号按标准名称、部门代号、编号和批准年份的顺序编写，如国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007。部门代号为 GB，编号 175，批准年份为 2007 年，为强制性标准。

对于强制性国家标准，任何技术（或产品）不得低于其规定的要求；对于推荐性国家标准，表示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。

(二) 材料对建筑工程造价的影响

在一般土木建筑工程的总造价中，与材料有关的费用占 60% 以上，特殊工程甚至达到 80%。在实际工程中，材料的选择、使用及管理，对工程成本影响很大。学习并准确熟练地掌握土木建筑工程材料知识，可以优化选择和正确使用材料，充分利用材料的各种功能，在确保优质的同时降低工程成本。

(三) 材料对建筑工程技术进步的相互促进和相互依存作用

在建筑工程建设过程中，工程的设计方法、施工方法都与材料密切相关。从根本上说，材料是基础，是决定建筑工程结构设计形式和施工方法的主要因素。一种新型建筑材料的出现必将促进建筑形式的创新，同时结构设计和施工技术也将相应改进和提高。例如钢材及水泥的大量应用和性能改进，取代了过去的砖、石、土木，使得钢筋混凝土结构占据建筑工程结构材料的主导地位。同样，新的建筑形式和结构布置，也需要新的建筑材料，并促进建筑材料的发展。

三、建筑材料的发展及趋势

建筑材料的发展史是人类文明史的一部分。随着社会生产力和科学技术的发展,建筑材料也在逐步发展中。人类从不懂使用材料到简单地使用土、石、树木等天然材料,进而掌握人造材料的制造方法,从烧制石灰、砖、瓦,发展到烧制水泥和大规模炼钢,建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢和钢筋混凝土结构。材料的发展反过来又使社会生产力和科学技术得到了发展。20世纪中期以后,建筑材料的发展更加迅速。传统材料朝着轻质、高强、多功能方向发展,新材料不断出现,高分子合成材料及复合材料更是异军突起,越来越多地被应用于各种建筑工程上。

从目前我国建筑材料现状来看,普通水泥、普通钢材、普通混凝土和普通防水材料是最主要的建筑材料。这是因为这些材料有比较成熟的生产工艺和应用技术,使用性能能够满足目前的消费要求。与发达国家相比,目前存在的问题有:品种少,质量档次低,生产和使用能耗大,浪费严重等。因此,如何发展和应用新型的建筑材料已经成为现代化建设亟待解决的问题。随着现代化建筑向高层、大跨度、节能、美观、舒适的方向发展,特别是基于新型建筑材料的自重轻、抗震性能好、能耗低,大量利用工业废渣等优点,研究开发和应用建筑新材料已成为必然。建筑材料的发展方向可以理解为:

- (1) 生产所用的原材料充分利用地方性原料、工业废料、固体废弃物。
- (2) 生产过程中能耗低,不破坏生态平衡,有效保护天然资源;使用过程中不产生环境污染,即废水、废气、废渣、噪音等零排放;产品可再生循环和回收利用;具有良好的社会效益。
- (3) 主要产品和配套产品同步发展,并解决好利益平衡关系,具有良好的经济效益。
- (4) 产品性能要求质轻、高强、多功能,不仅对人畜无害,而且能净化空气、抗菌、防静电、防电磁波等。
- (5) 加强材料的耐久性研究设计。

四、本课程的主要研究内容及学习方法

(一) 本课程的学习内容和基本要求

建筑材料是一门专业基础课。主要学习建筑工程中常用建筑材料的原料、成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输储存。

它除了为后续的建筑结构、建筑施工等专业课提供必要的基础知识外,也为在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能。

各种建筑材料,在原材料、生产工艺、结构及构造、性能及应用、检验和验收、运输及储运等方面既有共性,也有各自的特点,全面掌握建筑材料的知识,需要学习和研究的内容范围很广。作为建筑工程技术人员,在工作中主要是使用材料,因此掌握各种建筑材料的性能及其适用范围,以及在种类繁多的建筑材料中选择最适合的品种加以应用,最为重要。除了在施工现场直接配制或加工的材料(如砂浆、混凝土、金属焊接、防水材料等)需要深入学习其原材料和生产工艺外,对于以产品形式直接在施工现场使用的材料,也需要了解其原材料、生产工艺及结构、构造的一般知识,以明了这些因素如何影响材料的性能,并最终如何影响构筑物的性能。

具体而言，主要包括以下内容和要求：

- (1) 常用建筑材料的品种、规格、性能及应用，在储运、验收中必须注意的有关问题；
- (2) 常用建筑材料的主要技术性质，材料的组成、结构、构造与性质的关系，以及原料生产工艺过程及其对材料性质的影响；
- (3) 节约材料、改善性能及防护处理的原则和方法；
- (4) 主要常用建筑材料的质量检验方法及相应的技术标准；
- (5) 建筑材料发展方向；
- (6) 建筑材料与环境的关系。

(二) 教学环节和学习方法

建筑材料是一门理论与实践性都很强的课程，通过试验除能验证学过的理论知识，丰富感性知识外，还能学习基本的试验技能，提高动手能力和分析问题、解决问题的能力。所以除掌握好建筑材料理论知识外，必须十分重视试验课，要切实做到人人动手，按章操作，仔细记录，准确计算，认真分析，并及时完成检测报告。另外，在今后的学习及工作实践中，在接触材料问题时，要善于运用已学过的知识来分析、解决问题，进一步巩固和深化对建筑材料的认识。具体学习要求如下：

- (1) 掌握材料科学研究的一般规律：生产→组成→结构→性能→应用；
- (2) 采用对比学习方法，掌握重点；
- (3) 重视试验与技能训练，培养实践经验与社会能力；
- (4) 重视自学能力的培养。

五、技能训练项目



【训练项目】 通过网络查找并熟悉一种建筑材料的国家（行业）标准

任务实施要求

1. 教师将学生合理分组（可参照试验操作分组情况进行），每组明确组长一名，各组工作任务由组长分配（后续工作任务按此要求进行）。
2. 要求学生分组进行资料查找，各组查找标准不能相同。
3. 由组长提交电子稿或纸质文档。包括标准类别、标准主要内容、前后两次标准制定的时间、标准制定单位。
4. 教师应在课前作评价，并检查提问。
5. 教师适度讲解在互联网上查找资料的方法，并介绍相关标准查找方法。

骨料的检测与应用

【知识目标】
◆1.熟练掌握材料孔隙率及其对材料性质的影响；了解水对材料性质的影响； ◆2.熟练掌握砂石技术性能要求及质量检测方法； ◆3.理解骨料级配和细度的联系、区别； ◆4.掌握级配与细度对材料总表面积、孔隙率的影响，并拓展到对材料密实度、耐久性的影响。
【能力目标】
◆1.能正确完成砂石进场取样、制样及分类存放； ◆2.能熟练完成砂石级配，相关密度、强度检测，并能根据相关规范标准进行试验数据计算，评定砂石质量，填写砂石质量检测报告。

建筑材料是构成建筑工程的物质基础，各种建筑物都是由不同的材料经设计、施工、建造而成。这些材料所处的环境、部位、使用功能的要求和作用不同时，对材料的性质要求也就不同，因此材料必须具备相应的基本性质，如用于结构的材料要具有相应的力学性质，以承受各种力的作用。根据建筑工程的功能需要，还要求材料具有相应的防水、绝热、隔声、防火、装饰等性质，如地面的材料要具有耐磨的性质，墙体材料应具有绝热、隔声性质，屋面材料应具有防水性质。而建筑材料在长期的使用过程中，会经受日晒、雨淋、风吹、冰冻和各种有害介质侵蚀，因此还要求材料有良好的耐久性。

可见，材料的应用与其所具有的性质是密切相关的。建筑材料的基本性质主要包括物理性质、力学性质和耐久性。



单元 1 理论知识

一、材料与质量有关的性质

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。材料的密度可按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-1}$$

式中 m ——材料在干燥状态下的质量（kg）；
 V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积（ m^3 ）；
 ρ ——材料的密度（ g/cm^3 或 kg/m^3 ）。

材料在绝对密实状态下的体积，是指材料不包括材料内部孔隙体积在内的固体物质所

占的体积。建筑材料中,除了钢材、玻璃等材料可近似地直接量取其密实体积外,其他绝大多数材料都含有一定的孔隙,如砖石、木材、混凝土及其制品等。测定含有孔隙的材料绝对密实体积的简单方法是细磨排水(液)法,也称李氏比重瓶法。将材料磨成细粉,经干燥至恒重后,用李氏瓶法测定其密实体积。其试验精度与材料磨细程度有关,磨得越细,内部孔隙消除得越完全,一般要求细粉的粒径至少小于 0.20 mm。

(二) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。材料的表观密度可按下式计算:

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

式中 m ——材料的质量 (kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料在自然状态下的体积,是指包括孔隙体积在内的材料体积。对于外形规则材料的表观体积,可直接用尺度量后计算求得;对外形不规则材料的表观体积,可将材料表面涂蜡后用排水法测定。

工程上常用的砂、石材料,其颗粒内部孔隙极少,用排水法测出的颗粒体积与其实际体积基本相同,所以砂、石的表观密度可近似地视作其密度,常称视密度。

材料表观密度的大小与含水量有关。当材料的孔隙中含有水分时,其质量(包括水的质量)和体积均会发生变化,影响材料的表观密度,故所测的表观密度必须注明其含水状态。通常材料的表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中的干燥状态)下的表观密度。材料在烘干状态下的表观密度称为干表观密度。

(三) 散粒材料的堆积密度

散粒材料在自然堆积状态下单位体积的质量,称为堆积密度。自然堆积状态下的体积,包括颗粒之间的空隙体积在内,通常用容器的标定容积表示。材料的堆积密度可按下式计算:

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0'} \quad (1-3)$$

式中 m ——材料的质量 (kg);

V_0' ——材料在自然堆积状态下的体积 (m^3);

ρ_0' ——材料的堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

(四) 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。密实度 D 可表示为:

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

式中 D ——材料的密实度 (%);

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (m^3);

ρ ——材料的密度 (kg/m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度 (kg/m^3)。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占材料总体积的百分数。孔隙率可表示为:

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

式中的 ρ_0 须用材料的干表观密度。

材料的密度、表观密度、孔隙率是材料最基本的物理参数,它们反映了材料的密实程度。

材料孔隙率的大小表明材料的密实程度。孔隙率及孔隙构造特征影响材料的力学、热学性质、材料与水有关的性质和材料的耐久性。材料的孔隙构造特征一般可由孔隙连通性、孔隙大小、孔隙分布情况 3 个指标来描述。

(1) 孔隙连通性。根据孔隙连通性可将孔隙分为连通孔、封闭孔和半封闭孔。连通孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都连通的孔隙(如木材、矿渣);封闭孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都不连通的孔隙;介于两者之间的称为半连通孔或半封闭孔。一般情况下,连通孔对材料的吸水性、吸声性影响较大,而封闭孔对材料的保温隔热性能影响较大。

(2) 空隙大小。孔隙按其直径的大小可分为粗大孔、毛细孔、微孔。粗大孔是指直径大于毫米级的孔隙,这类孔隙对材料的密度、强度等性能影响较大。毛细孔是指直径在微米至毫米级的孔隙,对水具有强烈的毛细作用,主要影响材料的吸水性、抗冻性等性能,这类孔在多数材料内都存在,如混凝土、石膏等。微孔的直径在微米级以下,其直径微小,对材料的性能反而影响不大,如瓷质及炻质陶瓷。

(3) 孔隙分布。孔隙在材料内部的分布均匀程度对材料的性能有一定的影响,一般情况下孔隙分布越均匀对材料越有利。

(五) 填充率与空隙率

对于松散颗粒状态材料,如砂、石子等,可用填充率和空隙率表示互相填充的疏松致密程度。

1. 填充率

填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度。

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

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率(%)。

2. 空隙率

散粒状材料颗粒之间的空隙体积占材料堆积状态下总体积的百分数,称为散粒材料的空隙率。

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = (1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0}) \times 100\% \quad (1-7)$$

在建筑工程中,材料的密度、表观密度和堆积密度常用来计算材料的用量、构件的自重,并用来计算配料及确定材料的堆放空间。

几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度见表 1-1。

表 1-1 几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	堆积密度 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
钢材	7.85	7 800~7 850	—	0
花岗岩	2.70~3.00	2 500~2 900	—	0.5~3.0
石灰石 (碎石)	2.48~2.76	2 300~2 700	1 400~1 700	—
砂	2.50~2.60	—	1 500~1 700	—
水泥	2.80~3.10	—	1 600~1 800	—
粉煤灰 (气干)	1.95~2.40	1 600~1 900	550~800	—
烧结普通砖	2.60~2.70	2 000~2 800	—	20~40
烧结多孔砖	2.60~2.70	900~1 450	—	—
普通水泥混凝土	—	1 950~2 500	—	—
红松木	1.55~1.60	400~600	—	55~75
普通玻璃	2.45~2.55	2 450~2 550	—	—
铝合金	2.70~2.90	2 700~2 900	—	—
泡沫塑料	—	20~50	—	—

二、与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

建筑材料在使用过程中常与水或水蒸气接触。材料在空气中与水接触时,根据其表面能否被水润湿,可分为亲水性材料与憎水性材料两种。

材料的亲水性与憎水性可用润湿角 θ 来说明,如图 1-1 所示。

在材料、水、空气的相交点处,沿水滴表面所作切线与材料表面的夹角,称为润湿角 θ 。 θ 愈小,表明材料愈易被水湿润; $\theta=0$ 时,材料完全被水浸润; θ 愈大,表明材料愈难被水湿润。

一般认为,当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,表明水分子间的内聚力小于水分子与材料分子间的吸引力,则材料表面会被水润湿,这种材料称为亲水性材料 [图 1-1 (a)],如木材、混凝土、砂石等;当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时,表明水分子间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力,则材料表面不会被水润湿,这种材料称为憎水性材料 [图 1-1 (b)],如沥青、石蜡等。憎水材料不仅可用作防水材料,而且还可用于处理亲水材料的表面,以降低其吸水性,提高材料的防水、防潮性能。



图 1-1 材料的浸润示意图

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

(二) 吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。由于材料的亲水性及开口孔隙的存在,大多数材料具有吸水性。吸水性的的大小常以吸水率表示,有质量吸水率和体积吸水率两种。

(1) 质量吸水率。

质量吸水率是指材料吸水饱和时,所吸水的质量占材料干燥质量的百分率。用公式表示如下:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率(%) ;

m ——材料在干燥状态下的质量(g或kg);

m_1 ——材料吸水饱和时的质量(g或kg)。

(2) 体积吸水率。

体积吸水率是指材料吸水饱和时,所吸水分体积占材料干燥体积的百分率。用公式表示如下:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率(%) ;

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3 或 m^3) ;

ρ_w ——水的密度,常温下取 $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$ 。

材料的体积吸水率与质量吸水率之间的关系为:

$$W_v = W_m \times \frac{\rho_0}{\rho_w} \quad (1-10)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3)。

材料的吸水性除与材料本身的亲水性或憎水性有关外,还与材料的孔隙特征有关。一般孔隙率越大,吸水性越强。孔隙率相同时,具有开口且连通的微小孔隙构造的材料,吸水性一般要强于封闭的或粗大连通孔隙构造的材料。

各种材料吸水率相差甚大,如花岗岩等致密岩石,吸水率为 $0.1\% \sim 0.7\%$,普通混凝土为 $2\% \sim 3\%$,而木材或其他轻质材料的质量吸水率常大于 100% ,即湿质量是干质量的几倍,此时最好用体积吸水率表示其吸水性。材料吸水后,表观密度增大,导热性增大,强度降低,体积膨胀,一般会对材料造成不利影响。

2. 吸湿性

材料吸收空气中水分的性质称为吸湿性。材料的吸湿性可用含水率表示,含水率为材料中所含水的质量与材料干燥质量的百分比,可用下式表示:

$$W_h = \frac{m_s - m}{m} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_h ——材料的含水率(%) ;

m ——材料干燥时的质量(g或kg);

m_s ——材料吸湿后的质量(g或kg)。

干的材料在空气中能吸收水分,湿的材料在空气中又会失去水分,最终材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡,这时的材料处于气干状态。材料在气干状态下的含水率,称为平衡含水率。平衡含水率不是固定不变的,它随着环境温度与湿度的改变而改变。

材料的吸湿性主要与材料的组成、孔隙率,特别是孔隙特征有关,还与周围环境的温度与湿度有关。一般来说,环境中温度越高,湿度越低,含水率越小。材料吸湿后,除了本身质量增加外,还会降低其绝热性、强度及耐久性,对工程产生不利的影响。

(三) 耐水性

材料长期在水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质称为耐水性。

一般材料含有水分时,由于内部微粒间结合力减弱而强度有所降低,即使致密的材料也会因此影响强度。若材料中含有某些易被水溶解或软化的物质(如黏土、石膏等),强度降低就更为严重。因此,对长期处于水中或潮湿环境中的建筑材料,必须考虑耐水性。

材料的耐水性以软化系数 K_s 表示:

$$K_s = \frac{f_w}{f} \quad (1-12)$$

式中 K_s ——软化系数;

f_w ——材料在水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

f ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数的范围在 0~1 之间。软化系数的大小有时成为选择材料的重要依据。工程中通常把 K_s 大于 0.85 的材料称为耐水材料,对于经常与水接触或处于潮湿环境中的重要建筑物,必须选用耐水材料建造;用于受潮较轻或次要的建筑物时,材料的软化系数也不得小于 0.75。



单元 2 细骨料的检测与应用

一、砂相关理论知识

粒径小于 4.75 mm 的岩石颗粒称为细骨料(砂)。砂按其产源分为天然砂和机制砂两种。天然砂是指自然生成的,经人工开采和筛分的粒径小于 4.75 mm 的岩石颗粒,包括河砂、湖砂、山砂、淡化海砂,但不包括软质、风化的岩石颗粒,通常以洁净的河砂为优。海砂经洗去盐分筛去贝壳等轻物质后,也可使用。山砂是岩体风化后在山谷或旧河床等适当地形中堆积下来的岩石碎屑,它具有颗粒多棱角、表面粗糙、含泥量及有机杂质较多的特点,必须经充分论证后方可使用。细骨料一般用天然砂,在天然砂缺乏的条件下,也可采用机制砂。

机制砂是经过除土处理,由机械破碎、筛分制成的粒径小于 4.75 mm 的岩石、矿山尾矿或工业废渣颗粒,但不包括软质、风化的颗粒。机制砂由于采用机械的方法进行加工,成本较天然砂高,只有在当地缺乏天然砂时,才采用它作为混凝土的细骨料。

根据《建设用砂》(GB/T 14684—2011)规定:通常把细度模数为 3.1~3.7 的砂称为粗砂,2.3~3.0 的砂称为中砂,1.6~2.2 的砂称为细砂。按技术要求分为 I、II、III 类砂。

(一) 砂的质量标准

集料的级配、颗粒形状、表面结构、含泥量、有害物质含量、坚固性等对新拌混凝土的性能有重要影响；集料的性质与硬化混凝土的性能也有十分密切的关系。

砂应质地坚硬、清洁，有害杂质含量不超过限量。砂中有害杂质主要有：黏土、淤泥、黑云母、硫化物、硫酸盐、有机物以及贝壳、煤屑等轻物质。黏土、淤泥、黑云母会影响水泥与骨料的胶结，含量多时，会使混凝土强度降低。尤其是成团的黏土，对混凝土强度的影响更为严重。硫化物、硫酸盐、有机物对水泥有侵蚀作用。轻物质本身强度较低，会影响混凝土的强度及耐久性。对于有抗冻、抗渗要求的混凝土，砂中云母含量不应大于1.0%。

当砂中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时，应进行专门检验，确认能满足混凝土耐久性要求后，方能采用。

钢筋混凝土用砂，其氯离子含量不得大于0.06%（以干砂的质量百分率计）；预应力混凝土用砂，其氯离子含量不得大于0.02%（以干砂的质量率计）。

由于海砂含盐量大，对钢筋有锈蚀作用，故用于水下和水位变化区钢筋混凝土时，含盐量（全部氯离子换算成NaCl含量）不应大于0.1%。必要时应进行淋洗，也可掺入水泥质量0.6%~1.0%的亚硝酸钠（ NaNO_2 ）抑制钢筋锈蚀。

对于长期处于潮湿环境的重要混凝土结构用砂，应采用砂浆棒（快速法）或砂浆长度法进行骨料的碱活性检验。经上述检验判断为有潜在危害时，应控制混凝土中的碱活性检验。经上述检验判断为有潜在危害时，应控制混凝土中的碱含量不超过 3 kg/m^3 ，或采用能抑制碱—骨料反应的有效措施。

为了保证混凝土的质量，天然砂中有害杂质含量应符合国家标准《建设用砂》，不超过表1-2、表1-3中的规定。

表 1-2 天然砂中的含泥量

混凝土强度等级	I	II	III
含泥量（按质量计）/（%）	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 5.0
含泥块（按质量计）/（%）	0	≤ 1.0	≤ 2.0

表 1-3 砂中有害杂质

类别	I	II	III
云母含量（按质量计）/（%）	≤1.0	≤2.0	
轻物质含量（按质量计）/（%）	≤1.0		
有机物	合格		
硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计）（%）	≤0.5		
氯化物（以氯离子质量计）（%）	≤0.01	≤0.02	≤0.06
贝壳（按质量计）/ %	≤3.0	≤5.0	≤8.0

注：该指标仅适用于海砂，其他砂种不作要求。

(二) 砂的粗细及颗粒级配

砂的粗细是指不同粒径的砂粒混合在一起时，颗粒在总体上的平均粗细程度。砂的粗细和级配对混凝土的性能有重要的影响，也会影响混凝土的经济性。

在混凝土中,骨料表面需要包覆一层水泥浆而起润滑作用,骨料的空隙也需要水泥浆填充以达到一定的密实度。骨料粗细不同,包覆的水泥浆数量也不同。

在混凝土各种材料用量相同的情况下,如砂较粗,砂子总表面积较小,所需包覆的水泥浆就少,可达到节约水泥的目的,但是混凝土的黏聚性、保水性较差。

如砂较细,砂子总表面积较大,虽混凝土黏聚性、保水性较好,但需要较多的水泥浆来包裹砂粒表面,混凝土拌合物流动性差,甚至还会影响混凝土的强度。如果增大水泥用量,提高混凝土拌合物流动性,除了不经济之外,还会导致水化热大、收缩变形大、开裂等不良影响。所以拌制混凝土的砂不宜过细,也不宜过粗。

砂的粗细用细度模数表示,颗粒级配用级配曲线表示,两者都可以通过筛分析方法测定。

根据《建设用砂》,筛分试验是将预先通过 9.50 mm 孔径的干砂,称取 500 g 置于一套孔径分别为 4.75、2.36、1.18、0.60、0.30 mm 和 0.15 mm 的标准筛上依次过筛,称取各筛上筛余物的质量(g)。

计算各筛分计筛余百分数 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、 a_6 (各筛筛余物质量占砂样总量的百分数),计算累计筛余百分数 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 (该筛及比该筛孔径大的筛的所有分计筛余百分数之和)。然后按下式计算砂的细度模数,精确到 0.01。

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1} \quad (1-13)$$

式中 M_x ——砂的细度模数;

A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 ——分别为 4.75、2.36、1.18、0.60、0.30 mm 和 0.15 mm 筛的累计筛余百分数。

细度模数越大,砂子越粗。普通混凝土用砂的细度模数范围在 1.6~3.7,以中砂为宜,或者用粗砂加少量的细砂,其比例为 4:1。

砂的颗粒级配是指砂中各种粒径颗粒的砂互相搭配及组合情况。骨料的级配会影响骨料的孔隙率。级配良好的砂,大小颗粒搭配适当,一般有较多的粗颗粒,并有适当数量的中等颗粒及少量的细颗粒填充其空隙,砂的总表面积及空隙率均较小。使用级配良好的砂,填充空隙用的水泥浆较少,不仅可节省水泥,混凝土也容易达成密实,而且混凝土的和易性好,强度、耐久性及密实度也较高。反之,如级配不好,空隙率大,则用于填充在空隙中的水泥浆数量就多,如果水泥浆数量有限,则不能有效填充空隙,混凝土就不密实,会影响混凝土的各种性能。颗粒均匀的砂是级配不良的砂。

砂的级配可用级配曲线表示。对细度模数为 1.6~3.7 的普通混凝土用砂,按现行国家标准《建设用砂》规定,根据 0.6 mm 筛孔的累计筛余百分数分成三个级配区,见表 1-4。混凝土用砂的颗粒级配,应处于表中任何一个级配区以内。砂的实际颗粒级配与表 1-4 中的累计筛余相比,除公称粒径的 4.75 mm 和 600 μm 的累计筛余外,其余公称粒径的累计筛余可稍超出分界线,但各级累计筛余超出值总和应不大于 5%。

表 1-4 砂颗粒级配区

砂的分类	天然砂			机制砂		
级配区	1 区	2 区	3 区	1 区	2 区	3 区
方孔筛	累计筛余 (按质量%计)					
4.75 mm	10~0	10~0	10~0	10~0	10~0	10~0
2.36 mm	35~5	25~0	15~0	35~5	25~0	15~0
1.18 mm	65~35	50~10	25~0	65~35	50~10	25~0
600 μm	85~71	70~41	40~16	85~71	70~41	40~16
315 μm	95~80	92~70	85~55	95~80	92~70	85~55
160 μm	100~90	100~90	100~90	97~85	94~80	94~75

以累计筛余百分数为纵坐标，以筛孔尺寸为横坐标，根据表 1-4 的规定画出 1、2、3 级配区的筛分曲线，如图 1-2 所示。

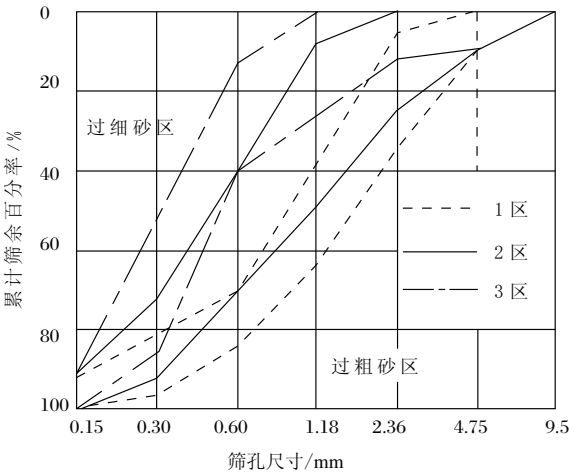


图 1-2 砂的 1、2、3 级配区曲线

砂的筛分曲线应处于任何一个级配区内。1 区的砂较粗，以配制富混凝土和低流动性混凝土为宜；2 区砂为中砂，粗细适宜，配制混凝土宜优先选用 2 区砂；3 区砂颗粒偏细，配成的混凝土水泥用量较多，所配混凝土拌合物黏聚性较大，保水性好，但硬化后干缩较大，表面易产生裂缝，使用时宜适当降低砂率；1 区右下方的砂过粗，不宜用于配制混凝土。

按现行国家标准《建设用砂》规定，Ⅰ类砂级配级别为 2 区，Ⅱ、Ⅲ类砂级配级别可以是 1、2、3 区砂。

如果砂的自然级配不符合级配区的要求，可以用人工级配的办法予以改善。可以将粗细砂按适当比例进行试配，掺和使用，也可将砂筛分，筛去过粗或过细的颗粒，调整砂的级配。

配制混凝土时，细骨料应优先采用粗、中河砂为好。细砂由于细小颗粒含量较多，在水胶比相同的情况下，用细砂拌制混凝土要比粗砂多用大约 10% 的水泥，而抗压强度却要下降 10% 以上，并且抗冻与抗磨性也较差。而用粗、中砂拌制混凝土可以提高其强度和拌合物的工作性。

配制混凝土时宜优先选用 2 区砂。当采用 1 区砂时，应提高砂率，并保持足够的水泥

用量，满足混凝土的和易性；当采用 3 区砂时，宜适当降低砂率；当采用特细砂时，应符合相应的规定。

对于泵送混凝土用砂，宜选用中砂。当天然砂的实际颗粒级配不符合要求时，宜采取相应的技术措施，并经试验证明能确保混凝土质量后，方允许使用。

二、砂的检测与应用理论知识

(一) 砂的验收、运输和堆放

1. 验收

供货单位应提供砂或石的产品合格证或质量检验报告。

使用单位应按砂或石的同产地同规格分批验收。采用大型工具（如火车、货船、汽车）运输的，以 400 m^3 或 600 t 为一验收批。采用小型工具（如拖拉机等）运输的，应以 200 m^3 或 300 t 为一验收批。不足上述数量者，应按一验收批进行验收。

每验收批或石至少应进行颗粒级配、含泥量、泥块含量检验；对于海砂或有氯离子污染的砂，还应检验其氯离子含量；对于海砂，还应检验贝壳含量；对于人工砂及混合砂，还应检验石粉含量；对于重要工程或特殊工程，应根据工程要求增加检测项目。对其他指标的合格性有怀疑时，应予以检验；在发现砂的质量有明显变化时，应按其变化情况，随时进行取样检验。

当砂或石的质量比较稳定、进料量又较大时，可以 $1\,000\text{ t}$ 为一验收批。

砂或石的使用单位的质量检测报告内容应包括：委托单位、样品编号、工程名称、样品产地和名称、代表数量、检测条件、检测依据、检测项目、检测结果、结论等。

砂或石的数量验收，可按重量或体积计算。测定重量可用汽车地量衡或船舶吃水线为依据。测定体积可按车皮或船的容积为依据。用其他小型工具运输时，可按量方确定。

2. 运输和堆放

砂或石应按规格、类别分别堆放和运输，防止人为碾压、混合及污染产品。运输时应有必要的防遗撒设施，严禁污染环境。

3. 取样与缩分

每验收批取样方法应按下列规定执行：

(1) 在料堆上取样时，取样部位应均匀分布。取样前先将取样部位表层铲除。然后由各部位抽取大致相等的砂共 8 份，石子为 16 份，组成各自一组样品；从皮带运输机上取样时，应在皮带运输机机尾的出料处用接料器定时抽取砂 4 份、石 8 份组成各自一组样品；从火车、汽车、货船上取样时，应从不同部位和深度抽取大致相等的砂 8 份，石 16 份组成各自一组样品。

(2) 除筛分析处，当其余检验项目存在不合格项时，应加倍进行复验。当复验仍有一项不满足标准要求时，应按不合格品处理。

注：如经观察，认为各节车皮间（汽车、货船间）所载的砂、石质量相差甚为悬殊时，应对质量有怀疑的每节列车（汽车、货船）分别取样和验收。

(3) 对于每一项检验项目，砂或石的每组样品取样数量应分别满足表 1-5 和表 1-6 的规定。当需要做多项检验时，可在确保样品经一项试验后不致影响其他试验结果的前提下，用同组样品进行多项不同的试验。

表 1-5 每一单项检验项目所需砂的最少取样量

序号	检验项目		最少取样量/ (kg)
1	颗粒级配		4.4
2	表观密度		2.6
3	饱和面干吸水率		4.4
4	紧密密度和堆积密度		5
5	含泥量		4.4
6	泥块含量		20.0
7	石粉含量		6.0
8	有机质含量		2.0
9	云母含量		0.6
10	轻物质含量		3.2
11	坚固性	天然砂	8.0
		机制砂	20.0
12	硫化物及硫酸盐含量		0.6
13	氯离子含量		4.4
14	贝壳含量		9.6
15	碱活性		20.0
16	放射性		6.0

表 1-6 每一单项检验项目所需碎石或卵石的最少取样量 (kg)

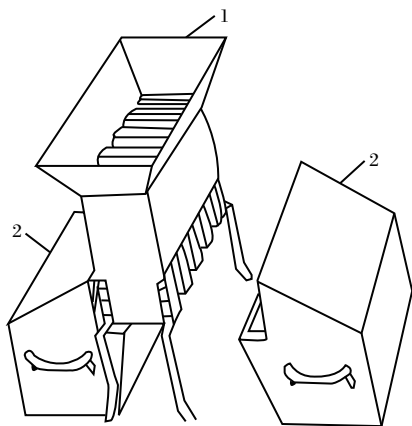
检验项目	最大粒径 (mm)							
	10	16	20	25	31.5	40	63	80
筛分析	8	15	16	20	25	32	50	64
表观密度	8	8	8	8	12	16	24	24
含水率	2	2	2	2	3	3	4	6
吸水率	8	8	16	16	16	24	24	32
堆积密度、紧密密度	40	40	40	40	80	80	120	120
含泥量	8	8	24	24	40	40	80	80
泥块含量	8	8	24	24	40	40	80	80
针、片状含量	1.2	4	8	12	20	40	—	—
硫化物及硫酸盐	1.0							

注：①每组样品应妥善包装，避免细料散失和污染，并附样品卡片，标明样品的编号、取样时间、代表数量、产地、样品量、要求检验项目及取样方式等。

②有机物含量、坚固性、压碎值指标及碱—骨料反应检验，应按试验要求的粒级及质量取样。

砂的样品缩分方法有下列两种：

(1) 用分料器分（图 1-3）：将样品在潮湿状态下拌和均匀，然后将其通过分料器，留下两个接料斗中的一份，并将另一份再次通过分料器，重复上述过程，直至把样品缩分到试验所需量为止。



1—分料漏斗;2—接料斗

图 1-3 分料器

(2) 用人工四分法缩分：将样品置于平板上，在潮湿状态下拌和均匀，并堆成厚度约为 20 mm 的“圆饼”。然后沿互相垂直的两条直径把“圆饼”分成大致相等的四份，取其对角的两份重新拌匀，再堆成“圆饼”状。重复上述过程，直至把样品缩分后的材料量略多于进行试验所需的量为止。

碎石或卵石缩分时，需要注意：

(1) 碎石或卵石缩分时，应将样品置于平板上，在自然状态下拌均匀，并堆成锥体，然后沿互相垂直的两条直径把锥体分成大致相等的四份，取其对角的两份重新拌匀，再堆成锥体，重复上述过程，直至把样品缩分至试验所需的量为止。

(2) 砂、碎石或卵石的含水量、堆积密度、紧密程度检验所用的试样，可不经缩分，拌匀后直接进行试验。

三、技能训练项目



【训练项目 1】 某施工工地砂样的筛分结果及细度模数（表 1-7）

表 1-7 某砂样筛析及计算结果

筛孔尺寸（mm）	分计筛余		累计筛余（%）
	质量（g）	百分数（%）	
4.75	25	5	5
2.36	65	13	18
1.18	125	25	43
0.60	95	19	62
0.30	100	20	82
0.15	70	14	96
通过 0.15 mm 筛的部分	20		
总计	500		

$$\text{细度模数: } M_x = \frac{18 + 43 + 62 + 82 + 96 - 5 \times 5}{100 - 5} = 2.91$$

一、任务实施要求

1. 表格识读, 正确理解表中各数据。
2. 理解掌握砂的筛分试验数据计算处理过程。
3. 通过计算数据判断砂的级配好坏及粗细程度。

二、结果计算与评定

根据国家标准 GB/T 14684—2011《建设用砂》规定, 上例中砂的细度模数为 2.91, 属于中砂。上例中 0.6 mm 累计筛余量为 62%, 根据表 1-4 可知其属于 2 区砂。

综上所述上例砂可评定为 2 区中砂。



【训练项目 2】 砂的筛分试验

一、任务实施要求

1. 按国家标准 GB/T 14684—2011《建设用砂》要求完成砂的取样操作。
2. 按国家标准 GB/T 14684—2011《建设用砂》要求完成砂的筛分试验操作。
3. 按要求处理试验数据。
4. 完成实训报告。

二、试验操作

1. 试验目的

测定细集料的颗粒级配并确定其粗细程度, 为混凝土配合比设计提供依据。

2. 主要仪器设备

标准筛、天平、鼓风烘箱、摇筛机、浅盘、毛刷等。

3. 试样制备

按规定取样, 用四分法分取不少于 4 400 g 试样, 并将试样缩分至 1 100 g, 放在烘箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒量, 待冷却至室温后, 筛除大于 9.50 mm 的颗粒 (并算出其筛余百分率), 分为大致相等的两份备用。

4. 试验步骤

(1) 准确称取试样 500 g, 精确到 1 g。将试样倒入按孔径由大到小的顺序组合的套筛上 (附筛底), 加盖后置于摇筛机上, 摇约 10 min。

(2) 将套筛自摇筛机上取下, 按筛孔大小顺序再逐个用手筛, 筛至每分钟通过量小于试样总量 0.1% 为止。通过的颗粒并入下一号筛中, 并和下一号筛中的试样一起过筛, 按这样的顺序进行, 直至各号筛全部筛完为止。

(3) 称取各号筛上的筛余量, 精确到 1 g。试样在各号筛上的筛余量不得超过按式 (1-14) 计算出的量, 否则将该粒级试样分成少于按式 (1-14) 计算出的量, 再进行筛分, 并以筛余量之和作为该号的筛余量; 或者将该粒级及以下各粒级的筛余均匀混合, 再用四分法分成两份, 取其中一份称其质量, 精确到 1 g, 继续筛分。计算该粒级及其以下粒级的分计筛余量时根据缩分比例进行修正。

$$G = \frac{A \times d^{1/2}}{200} \quad (1-14)$$

式中 G ——在一个筛上的筛余量 (g);

A ——筛面面积 (mm^2);

d ——筛孔尺寸 (mm)。

5. 试验结果计算与评定

(1) 计算分计筛余百分率: 各号筛上的筛余量与试样总量相比, 精确至 0.1%。

(2) 计算累计筛余百分率: 每号筛上的筛余百分率加上该号筛以上各筛余百分率之和, 精确至 0.1%。筛分后, 若各号筛的筛余量与筛底的量之和同原试样质量之差超过 1% 时, 须重新试验。

(3) 砂的细度模数按式 (1-13) 计算, 精确至 0.01。

(4) 累计筛余百分率取两次试验结果的算术平均值, 精确至 1%。细度模数取两次试验结果的算术平均值, 精确至 0.1; 如两次试验的细度模数之差超过 0.20 时, 须重新试验。

(5) 试验完成后, 按表 1-8 完成试验检测报告。

表 1-8 试验记录 砂的筛分析试验

筛孔尺寸 (mm)	10	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	筛底
筛余质量 (g)								
分计筛余量 a (%)								
累计筛余量 A (%)								
砂样细度模数 M_x $\left(M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1} \right)$						$M_x =$		

结论: 按 M_x 该砂样属于 _____ 砂, 级配属于 _____ 区; 级配情况 _____。



单元 3 粗骨料的检测与应用

一、粗骨料理论知识

建设用石分为: 卵石、碎石。卵石、碎石按技术要求分为 I 类、II 类和 III 类。骨料中粒径大于 4.75 mm 的颗粒为粗骨料, 普通混凝土常用卵石或碎石作粗骨料。

卵石: 由自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的粒径大于 4.75 mm 的岩石颗粒。

碎石: 天然岩石、卵石或矿山废石经机械破碎、筛分制成的粒径大于 4.75 mm 的岩石颗粒。

卵石是岩石经自然作用而形成的, 按其产源不同可分为河卵石、海卵石及山卵石等几种, 其中以河卵石应用较多。卵石颗粒较圆, 表面光滑, 空隙率及表面积较小, 拌制混凝土时需水量小, 拌制的混凝土和易性好, 但与水泥的胶结能力较差。因此, 在相同的条件下, 卵石混凝土强度低于碎石混凝土。卵石含泥较多, 开采后需经筛洗方可使用。

碎石由天然岩石或卵石经人工或机械破碎、筛分而得。碎石有棱角, 表面粗糙、空隙率及表面积较大, 拌制的混凝土和易性较差, 但碎石与水泥的胶结较好, 在相同的条件及低水胶比条件下, 碎石混凝土比卵石混凝土强度高 10% 左右。当水胶比大于 0.65 时, 二者配制的混凝土的强度基本上没有什么差异。碎石的成本一般较高。

卵石与碎石各具特点, 应根据就地取材的原则选用。在卵石储量大、质量好的地区, 应优先考虑使用卵石; 在缺少卵石的地区或要求混凝土强度等级较高时, 宜采用碎石。

(一) 粗骨料的质量要求

1. 含泥量及有害杂质

粗骨料中的有害杂质主要有：黏土、细屑、硫化物、硫酸盐及有机物等。其危害与细骨料中的有害杂质相同。粗骨料中的有害杂质含量应不超过表 1-9 的规定。

表 1-9 粗骨料中有害杂质及针片状颗粒限制值

类别	I	II	III
含泥量（按质量计）/（%）	≤0.5	≤1.0	≤1.5
泥块含量（按质量计）/（%）	0	≤0.2	≤0.5
针片状颗粒含量（按质量计）/（%）	≤5	≤10	≤15
有机物	合格	合格	合格
硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计）/（%）	≤0.5	≤1.0	≤1.0

2. 碱集料反应

粗、细骨料中都可能含有活性氧化硅颗粒。如所用水泥的含碱（K₂O、Na₂O）量较高（一般折算成 Na₂O 含量大于 0.6%）时，砂、石中的活性氧化硅与水泥或混凝土中的碱产生碱骨料反应。该反应的结果是在骨料表面生成一种复杂的碱——硅酸凝胶，在潮湿条件下由于凝胶吸水而产生很大的体积膨胀，胀裂硬化混凝土的水泥石与骨料界面，使混凝土的强度、耐久性等下降。碱骨料反应往往需几年甚至十几年才表现出来，但对混凝土的损伤很大，故必须限制砂、石中的活性氧化硅的含量。粗骨料中的活性颗粒对混凝土造成的危害比细骨料更为严重，当骨料中含有风化软弱颗粒、活性颗粒时，必须进行专门的试验论证。对重要工程的混凝土所使用的碎石和卵石应进行碱活性检验。

3. 颗粒形状

卵石及碎石的形状以接近卵形或立方体较好。针状颗粒（颗粒长度大于该颗粒所属粒级的平均粒径的 2.4 倍）（平均粒径是指一个粒级下限和上限粒径的平均值）和片状颗粒（厚度小于平均粒径的 0.4 倍）受力容易折断，会降低混凝土强度，增大骨料的空隙，同时也消耗更多的水泥，增加混凝土出现裂纹的几率，降低混凝土的耐久性，应予以严格控制。国家标准规定粗骨料中针、片状颗粒的含量不应大于表 1-9 中的规定。

4. 强度

根据《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685—2011）的规定，碎石或卵石的强度可用岩石立方体强度和压碎指标两种方法表示。在选择采石场或对粗骨料强度有严格要求或对质量有争议时，宜用岩石立方体强度作检验。对经常性的生产质量控制则用压碎指标值检验较为方便。

抗压强度用 Φ50 mm×50 mm 的圆柱体试件或边长为 50 mm 的立方体试件，在水中浸泡 48 h，使试件达到水饱和状态后进行测定，有争议时以 Φ50 mm×50 mm 圆柱体试件的抗压强度为准。

用压碎指标表示粗骨料的强度时，是将一定质量气干状态下的 10~20 mm 的石子装入一定规格的圆筒内，在压力机上施加荷载到 200 kN，卸荷后称取试样质量（ m ），用孔径为 2.5 mm 的筛筛除被压碎的细粒后称取试样的筛余量（ m_1 ）。

压碎指标：

$$Q = \frac{m - m_1}{m} \times 100\% \quad (1-15)$$

式中 m ——试样的质量 (g)；

m_1 ——压碎试验后筛余的试样质量 (g)。

压碎指标表示石子抵抗压碎的能力，由此可间接推测其相应的强度。压碎指标应符合规范的规定，见表 1-10。

表 1-10 粗骨料的压碎指标

类别	I	II	III
碎石压碎指标/(%)	≤ 10	≤ 20	≤ 30
卵石压碎指标/(%)	≤ 12	≤ 14	≤ 16

5. 坚固性

有抗冻要求的混凝土所用的粗骨料，要求测定其坚固性。坚固性用硫酸钠溶液法检验，石料试样经五次循环后，其质量损失应不超过规范规定，见表 1-11 中的质量损失规定。

表 1-11 碎石或卵石的坚固性指标

类别	I	II	III
质量损失/(%)	≤ 5	≤ 8	≤ 12

6. 吸水率

骨料的几种含水状态如图 1-4 所示。在 100~105℃ 条件下烘至恒重时，称为全干状态。长期放在一定湿度的空气中会使骨料吸收或散失水分而达到稳定的含水状态，称为气干状态。当骨料的颗粒表面干燥，而颗粒内部的孔隙含水饱和时，称为饱和面干状态。当骨料不仅内部孔隙含水饱和，而且表面还吸附水分时，称为湿润状态。

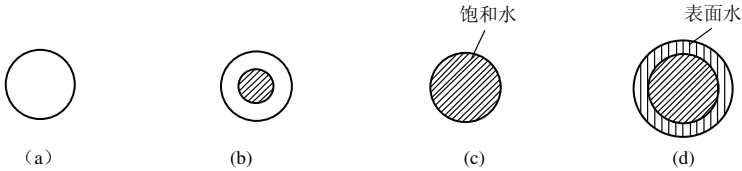


图 1-4 骨料的含水状态

当拌制混凝土时，骨料含水量的不同将影响混凝土的用水量和骨料用量。计算混凝土中各项材料配合比时，一般以干燥骨料为基准，而水利工程常以饱和面干骨料为准。施工中使用的砂石一般都是露天堆放，受环境温湿度的影响，与粗骨料不同的是，不同含水状态的砂，其体积不同。当砂含水率为 5%~7% 即达到完全湿润状态时，砂子表面吸附一层水膜，使砂的体积增大 25%~30%，而继续增加含水率时，水膜破裂体积反而缩小，所以在拌制混凝土时，砂子用量以质量控制较为可靠。碎石或卵石的吸水率指标见表 1-12。

表 1-12 碎石或卵石的吸水率指标

类别	I	II	III
吸水率/(%)	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 2.0

(二) 最大粒径及颗粒级配

1. 最大粒径

骨料最大粒径指通过百分率为 100% 的最小筛孔尺寸，集料的公称最大粒径是指累计筛余不超过 10% 的最大标准筛筛孔尺寸。通常公称最大粒径比最大粒径小一级。粗骨料中公称粒级的上限为该粒级的最大粒径。

粗骨料的最大粒径对混凝土的性能有重要的影响,也会影响混凝土的经济性。

粗骨料最大粒径增大时,骨料总表面积减小,因此包裹其表面所需的水泥浆量减少,可节约水泥,并且在一定和易性及水泥用量条件下,能减少用水量,提高混凝土强度。水泥用量下降,水化热随之降低,混凝土所产生的收缩裂纹机会降低。所以在条件许可时,应尽量选择较大的最大粒径。同时试验证明,在水泥用量较少的贫混凝土中(水泥用量 $\leq 170 \text{ kg/m}^3$),采用大骨料是有利的,在普通配合比的混凝土中,骨料粒径大于40 mm并没有好处。根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)的规定,混凝土用的粗骨料,其最大颗粒粒径不得超过结构截面最小尺寸的1/4,且不得超过钢筋间最小净距的3/4。对混凝土实心板,骨料的粒径不宜超过板厚的1/3,且不得超过40 mm。对于泵送混凝土,碎石的最大粒径与输送管内径之比宜小于或等于1:3;卵石则宜小于或等于1:2.5。泵送高度在50~100 m时,对碎石不宜大于1:4,对卵碎石不宜大于1:3;泵送高度大于100 m时,对碎石不宜大于1:5,对卵碎石不宜大于1:4。

2. 颗粒级配

骨料级配是指骨料中不同粒径颗粒的搭配情况。骨料级配的好坏与混凝土是否具有好的和易性、密实性有很大的关系,好的级配可以减少混凝土的需水量、空隙率,提高混凝土的耐久性。良好级配的骨料,不仅所需水泥浆量较少,经济性好,而且还可提高混凝土的和易性、密实度和强度。

石子的级配也通过筛分试验确定,石子的标准筛有孔径为2.36、4.75、9.5、16.0、19.0、26.5、31.5、37.5、53.0、63.0、75.0 mm及90 mm等12个。根据GB/T 14685—2011《建设用碎石、卵石》,普通混凝土用碎石或卵石的级配应符合表1-13的规定。

表 1-13 卵石或碎石颗粒级配范围

公称粒级 (mm)		累计筛余 (按质量计) (%)											
		筛孔尺寸 (圆孔筛) (mm)											
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90
连续粒级	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0							
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0						
	5~25	95~100	90~100	—	30~70		0~5	0					
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0				
	5~40	—	95~100	70~90	—	30~60	—	—	0~5	0			
单粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0								
	10~16		95~100	80~100									
	10~20		95~100	85~100			0						
	16~25			95~100	55~70	25~40	0~10						
	16~31.5		95~100		85~100			0~10	0				
	20~40			95~100		80~100			0~10	0			
	40~80					95~100			70~100		30~60	0~10	0

石子的级配有天然级配和人工级配两种。天然级配是开采的卵石或破碎的碎石,只要各种粒径石子所含的比例符合表1-13中对连续粒级石子的要求,可不经筛分直接使用,以取得较好的经济效果。人工级配是先将卵石或碎石按颗粒大小筛分成若干粒级(单粒级),再按一定比例配合成连续粒级使用。

连续级配骨料粒级具有连续的(不间断的)性质,相邻粒径的粒料之间有一定的比例

关系（按质量计）。这种由大到小逐级粒径均有，并按比例互相搭配组成的骨料即为连续级配骨料。

间断级配是在矿质混合料中剔除其一个（或几个）分级，形成一种不连续的混合料，这种混合料称为间断级配矿质混合料。

二、粗骨料的检测与应用理论知识

（一）石子的验收、运输和堆放

1. 验收

生产厂家和供货单位应提供产品合格证及质量检验报告。

使用单位在收货时应按同产地同规格分批验收。用大型工具（如火车、货船或汽车）运输的，以 400 m^3 或 600 t 为一验收批，用小型工具（如马车、拖拉机等）运输的以 200 m^3 或 300 t 为一验收批。不足上述者以一验收批论处。

每验收批至少应进行颗粒级配、含泥量、泥块含量及针、片状颗粒含量检验。对重要工程或特殊工程应根据工程要求增加检测项目。对其他指标的合格性有怀疑时应予检验。当质量比较稳定、进料量又较大时，可定期检验。

当使用新产源的石子时，应由生产厂家或供货单位按质量要求进行全面检验。

石子的使用单位的质量检测报告内容应包括：委托单位、样品编号、工程名称、样品产地、类别、代表数量、检测依据、检测条件、检测项目、检测结果、结论等。

碎石或卵石的数量验收，可按重量计算，也可按体积计算。测定重量可以汽车地磅称量或船舶吃水线为依据，测定体积可以车皮或船舷的容积为依据。用其他小型运输工具运输时，可按量方确定。

2. 运输和堆放

碎石或卵石在运输、装卸和堆放过程中，应防止颗粒离析和混入杂质，并应按产地、种类和规格分别堆放。堆料高度不宜超过 5 m ，但对单粒级或最大粒径不超过 20 mm 的连续粒级，堆料高度可以增加至 10 m 。

三、技能训练项目



【训练项目 1】 砂的表观密度、堆积密度、空隙率检测试验

一、任务实施要求

1. 按国家标准《建设用砂》要求完成砂的取样操作。
2. 按国家标准《建设用砂》要求完成砂的堆积密度、视密度（表观密度）、空隙率的检测试验操作。
3. 按要求处理试验数据。
4. 完成实训报告。

二、试验操作

(一) 砂的表观密度试验 (容量瓶法)

1. 试验目的

通过表观密度、堆积密度的测定,计算出材料的孔隙率及空隙率,从而了解材料的构造特征。测定砂的表观密度,为配合比设计提供数据。

2. 仪器设备

鼓风干燥箱、干燥器、天平、容量瓶、搪瓷盘、毛刷、温度计等。

3. 试验步骤

(1) 按规定完成取样,并将试样缩分至 660 g 左右的小份,在温度为 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后,分成大致相等的两份备用。

(2) 称取烘干的试样 300 g (G_0),精确到 0.1 g,将试样装入容量瓶中。加入冷开水至接近 500 ml 刻度线,用手摇转容量瓶,排出气泡,静置 24 h。

(3) 用滴管添水,使凹液面底部与瓶颈刻度线平齐,擦干瓶外水分,称其总质量 (G_1),精确到 1 g。

(4) 倒出瓶中的水和试样,将瓶的内外表面洗净,再向瓶内注入与以上水温相差不超过 2°C 的水,使凹液面底部至瓶颈刻度线,擦干瓶外水分,称其总质量 (G_2),精确到 1 g。

(5) 结果计算与评定

按下式计算砂的表观密度 ρ_0 (精确至 10 kg/m^3):

$$\rho_0 = \left(\frac{G_0}{G_0 + G_2 - G_1} - \alpha_t \right) \times \rho_w \quad (1-16)$$

式中 α_t ——不同水温下砂的表观密度修正系数,见表 1-14。

表 1-14 不同水温下砂的表观密度修正系数

水温/ $^\circ\text{C}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
α_t	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008

4. 注意事项

(1) 表观密度取两次试验结果的算术平均值,精确至 10 kg/m^3 ,如果两次结果之差值大于 20 kg/m^3 时,应重新取样进行试验。

(2) 对于沥青路面的人工砂与石屑表观密度的测定宜采用李氏比重瓶法试验。

(二) 砂的堆积密度试验

1. 试验目的

通过表观密度、堆积密度的测定,计算出材料的孔隙率及空隙率,从而了解材料的构造特征。测定砂的堆积密度,为配合比设计提供数据。

它可以用来估算散粒材料的堆积体积及质量,考虑运输工具、估计材料级配情况等。

2. 主要仪器设备

天平 (称量 10 kg,感量 1 g)、4.75 mm 方孔筛、搪瓷浅盘、烘箱、干燥箱、容积筒 (容积为 1 L)、标准漏斗 (图 1-5)、钢尺、小铲、10 mm 垫棒等。

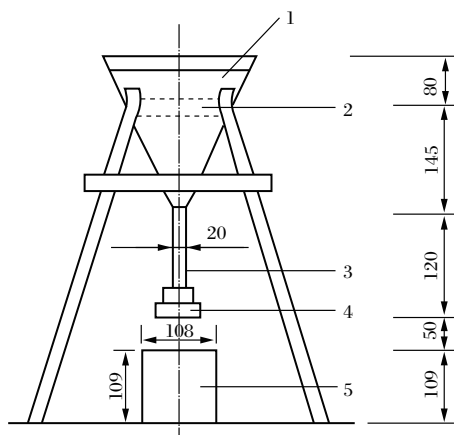


图 1-5 标准漏斗与容积筒

1—漏斗；2—筛子；3—导管；4—活动门；5—容积筒

3. 试样准备

按规定取约 3 L 试样（砂子）放入在搪瓷浅盘中，再放入 105~110 ℃ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，筛除大于 4.75 mm 的颗粒，分为大致相等的两份备用。

4. 试验方法与步骤

(1) 松散堆积密度的测定

称量容积筒的质量（精确至 1 g），取试样一份置于标准漏斗中，将漏斗下口置于容积筒中心上方 50 mm 处，让试样自由落下徐徐装入容积筒，当容积筒装满而上部试样呈锥体，且容积筒四周溢满时，即停止加料。然后用直尺沿筒口中心线向两边刮平（试验过程中应防止触动容积筒），称出试样和容积筒总质量，精确至 1 g。

(2) 紧密堆积密度

称量容积筒的质量（精确至 1 g）取试样一份，用小铲将试样分两层装入容积筒内。第一层约装 1/2 后，在容积筒底垫放 10 mm 垫棒一根，在垫有橡胶板的台面上左右交替颠击各 25 下，再装第二层，把垫着的钢筋转 90° 用同样的方法颠实后，再加料至试样超出瓶口，用钢尺沿瓶口中心线向两个相反方向刮平，称其总质量（精确至 1 g）。

(3) 结果计算与评定

① 松散或紧密堆积密度按式（1-17）计算，精确至 10 kg/m³。

$$\rho_1 = \frac{G_1 - G_2}{V} \quad (1-17)$$

式中 ρ_1 —— 松堆积密度或紧堆积密度 (kg/m³)；

G_1 —— 容积筒和试样总质量 (kg)；

G_2 —— 容积筒质量 (kg)；

V —— 容积筒体积 (L)。

② 空隙率按式（1-18）计算，精确至 1%。

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-18)$$

堆积密度取两次试验结果的算术平均值，精确至 10 kg/m³，空隙率取两次试验结果的算术平均值，精确至 1%。

(4) 容积筒的校正

将 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的饮用水装入容积筒, 用玻璃板沿瓶口滑移, 使其紧贴水面。擦干容器外壁上的水分, 称其质量, 精确至 1 g。容积筒的容积按下式计算, 精确至 1 ml。

$$V = G_1 - G_2 \quad (1-19)$$

式中 V ——容量筒的容积 (L);

G_1 ——容量筒与玻璃板及水的总质量 (kg);

G_2 ——容量筒与玻璃板的质量 (kg)。

一般情况下, 砂表观密度、松散堆积密度、空隙率应符合如下规定: 表观密度不小于 $2\,500\text{ kg/m}^3$; 松散堆积密度不小于 $1\,400\text{ kg/m}^3$; 空隙率不大于 44%。



【训练项目 2】 砂子含水率、饱和面干吸水率的测定

一、任务实施要求

1. 按规范要求完成砂的取样操作。
2. 按规范要求完成砂的含水率、饱和面干吸水率检测操作。
3. 按要求处理试验数据。
4. 完成实训报告。

二、试验操作

(一) 含水率测定

1. 试验目的

测定细集料的含水率, 为混凝土配合比设计提供依据。

2. 主要仪器设备

干燥箱、天平、搪瓷盘、小勺、毛刷等。

3. 试验方法与步骤

(1) 将自然潮湿状态下的试样用四分法缩分至约 1 100 g, 拌匀后分为大致相等的两份备用。

(2) 称取一份试样的质量, 精确至 0.1 g。将试样倒入已知质量的烧杯中, 置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒量。待冷却至室温后, 再称出其质量, 精确至 0.1 g。

(3) 结果计算与评定

含水率按下式计算, 精确至 0.1%。

$$Z = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \times 100\% \quad (1-20)$$

式中 Z ——含水率 (%);

G_2 ——烘干前的试样质量 (g);

G_1 ——烘干后的试样质量 (g)。

含水率取两次试验结果表明的算术平均值, 精确至 0.1%, 两次结果之差大于 0.2% 的, 应重新试验。

(二) 饱和面干吸水率的测定

1. 试验目的

测定细集料的饱和面干吸水率，为混凝土配合比设计提供依据。

2. 主要仪器设备

干燥箱、天平、手提式吹风机、饱和面干试模及重约 340 g 的捣棒（图 1-6）、吸管、搪瓷盘、不锈钢盘、玻璃棒、小勺、毛刷等。

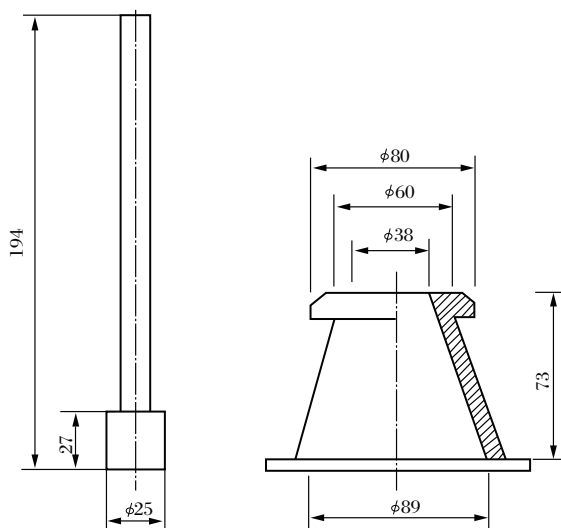


图 1-6 饱和面干试模及捣棒

3. 试验方法与步骤

(1) 将自然潮湿状态下的试样用四分法缩分至约 1 100 g，拌匀后分为大致相等的两份备用。

(2) 将一份试样倒入搪瓷盘中，注入洁净水，使水面高出试样表面 20 mm，水温控制在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内，用玻璃棒连续搅拌 5 min，以排除气泡。静置 24 h 后，浸泡完成，在水澄清的状态下，细心倒去试样上部的清水，不得将细粉部分倒走。在盘中摊开试样，用吹风机缓缓吹拂暖风，并不断翻动试样，使试样表面水分均匀蒸发，不得将砂样颗粒吹出。

(3) 将试样分两层装入饱和面干试模中，第一层装入模高度的一半，用捣棒均匀捣 13 下（捣棒离试样表面约 10 mm 处自由落下）。第二层装满试模，再轻捣 13 下，刮平试模上口后，垂直将试模徐徐提起，如试样呈图 1-7 (a)、图 1-8 (a) 状，说明试样仍含有表面水，应再行暖风干燥，并按上述方法试验，直至试模提起后，试样呈图 1-7 (b)、图 1-8 (b) 状为止。若试模提起后，试样呈图 1-7 (c)、图 1-8 (c) 状，说明试样过干，此时应喷洒水 50 ml，在充分拌匀后，静置于加盖容器中 30 min，再按上述方法进行试验，直至达到图 1-7 (b)、图 1-8 (b) 状为止。

(4) 立即称取饱和面干试样 500 g，精确至 0.1 g，倒入已知质量的烧杯或搪瓷盘中，于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒量，在干燥器中冷却至室温后，称取干试样质量，精确至 0.1 g。

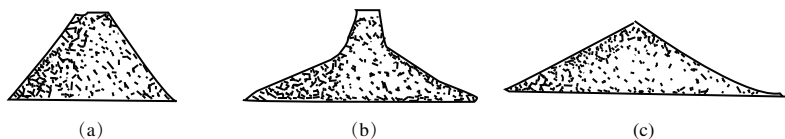


图 1-7 机制砂的饱和面干试样的状态

(a) 试样过湿时的状态；(b) 试样饱和面干状态；(c) 试样过干状态

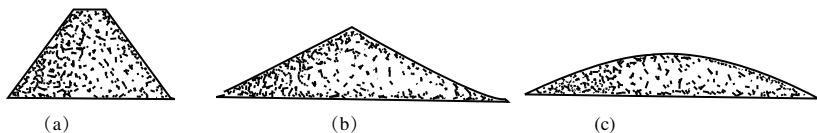


图 1-8 机制砂的饱和面干试样的状态

(a) 试样过湿时的状态；(b) 试样饱和面干状态；(c) 试样过干状态

(5) 结果计算与评定

吸水率按下式计算，精确至 0.01%。

$$Q_x = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1-21)$$

式中 Q_x ——吸水率 (%)； m_1 ——饱和面干试样质量 (g)； m_0 ——烘干试样质量 (g)。

吸水率取两次试验结果表明的算术平均值，精确至 0.1%，如果两次结果之差大于 3% 的，则这组试验数据作废，应重新试验。

采用修约值比较法进行评定。

**【训练项目 3】 石子的表观密度、堆积密度、孔隙率及空隙率检测试验^{*}****一、任务实施要求**

1. 按规范要求完成砂石的取样操作。
2. 按规范要求完成砂石的堆积密度检测试验操作。
3. 按要求处理试验数据。
4. 完成实训报告。

二、试验操作

该试验为选做，可参照国家标准《建设用卵石、碎石》规定完成。

**【训练项目 4】 砂石的强度检测试验****一、任务实施要求**

1. 按规范要求完成砂石的取样操作。
2. 按规范要求完成砂石压碎值指标检测试验操作。
3. 按要求处理试验数据。
4. 完成实训报告。

二、试验操作

(一) 试验目的

通过测定碎石或卵石抵抗压碎的能力来间接地推测其相应的强度, 评定石子的质量。

(二) 主要仪器设备

干燥箱、压力试验机、压碎值测定仪、方孔筛、天平、台秤、搪瓷盘、小勺、毛刷等。

(三) 试验方法与步骤

1. 按规定取样, 放在烘箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒量, 待冷却至室温后, 筛除大于 4.75 mm 及小于 $300\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒, 然后按要求筛分成 $300 \sim 600\text{ }\mu\text{m}$, $600\text{ }\mu\text{m} \sim 1.18\text{ mm}$, $1.18 \sim 2.36\text{ mm}$ 及 $2.36 \sim 4.75\text{ mm}$ 四个粒级, 每级 $1\text{ }000\text{ g}$ 备用。

2. 称取单粒级试样 330 g , 精确至 1 g 。将试样倒入已组装成的受压钢模内, 使试样距底盘面的高度约为 50 mm , 整平钢模内试样的表面, 将加压块放入圆筒内, 并转动一周使之与试样均匀接触。

3. 将装好试样的受压钢模置于压力机的支承板上, 对准压板中心后, 开动机器, 以每秒钟 500 N 的速度加荷。加荷至 25 kN 时稳荷 5 s 后, 以同样速度卸荷。

4. 取下受压模, 移去加压块, 倒出压过的试样, 然后用该粒级的下限筛 (如粒级为 $4.75 \sim 2.36\text{ mm}$ 时, 则其下限筛指孔径为 2.36 mm 的筛) 进行筛分, 称出试样的筛余量和通过量, 均精确至 1 g 。

(四) 结果计算与评定

1. 第 i 单级砂样的压碎指标按下式计算, 精确至 1% 。

$$Y_i = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \times 100\% \quad (1-22)$$

式中 Y_i ——第 i 单粒级压碎指标值 ($\%$);

G_1 ——试样的筛余量 (g);

G_2 ——通过量 (g)。

2. 第 i 单粒级压碎指标值取三次试验结果的算术平均值, 精确至 1% 。

3. 取最大单粒级压碎指标值作为其压碎指标值。

采用修约值比较法进行评定。



【训练项目 5】 试验讨论

1. 试分析砂、石取样时进行缩分的意义。

2. 进行砂筛分时, 试样准确称量 500 g , 但各筛的分计筛余量之和大于或小于 500 g , 试分析其可能的原因 (称量错误不计)。

复习思考题

1. 当某一建筑材料的孔隙率及孔隙特征发生变化时, 表 1-15 内的其他性质将如何变化? (用符号填写: ↑ 增大, ↓ 下降, — 不变, ? 不定)

表 1-15

孔隙率 (P)		密度	表观密度	吸水性	吸湿性
$P \uparrow$					
P 不变	开口孔 ↑				
	闭口孔 ↑				

2. 某岩石的密度为 2.75 g/cm^3 , 孔隙率为 1.5% ; 今将该岩石破碎为碎石, 测得碎石的堆积密度为 1560 kg/m^3 。试求此岩石的表观密度和碎石的空隙率。

3. 某石材在气干、绝干、水饱和情况下测得的抗压强度分别为 174、178、165 MPa, 求该石材的软化系数, 并判断该石材可否用于水下工程。

4. 有一块烧结普通砖, 在吸水饱和状态下重 2900 g, 其绝干质量为 2550 g。砖的尺寸为 $240 \text{ mm} \times 115 \text{ mm} \times 53 \text{ mm}$, 经干燥并磨成细粉后取 50 g, 用排水法测得绝对密实体积为 18.62 cm^3 。试计算该砖的吸水率、密度、孔隙率。

5. 建筑材料的亲水性和憎水性在建筑工程中有什么实际意义?

6. 材料的质量吸水率和体积吸水率有何不同? 两者存在什么关系? 什么情况下采用体积吸水率或质量吸水率来反映材料的吸水性?

7. 什么叫骨料的级配? 骨料级配良好的标准是什么?

8. 骨料粒径大小和级配好坏对混凝土有什么样的技术经济意义?

9. 混凝土用砂、石各有哪些质量要求?

10. 某高速公路路面准备作水泥混凝土用的砂料一批。经按取样方法选取砂样作筛析结果见表 1-16。试计算其分计筛余、累计筛余、通过百分率, 判断其是否符合级配范围的要求, 并用细度模数评价其细度。

表 1-16

筛孔尺寸 (mm)	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	<0.15
筛余 (g)	25	35	90	125	125	75	25
要求通过范围	100~90	100~75	90~75	59~30	30~8	10~0	—