

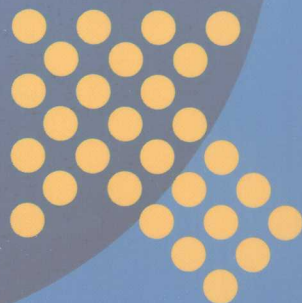
21世纪高等学校规划教材



DAOLU JIANZHU CAILIAO

道路建筑材料

朱凯吕大为 主 编
姚立阳 王建龙 琼 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

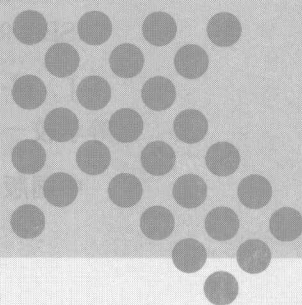
21世纪高等学校规划教材



DAOLU JIANZHU CAILIAO

道路建筑材料

主 编	朱 凯	吕大为	
副主编	姚立阳	王 建	龙 琼
编 写	朱晓菲	马先伟	郭平功
	李惠霞	胡军华	王 玮
	吴海涛	汪惠民	
主 审	牛季收		



内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。全书分为两篇,第 1 篇为道路建筑材料基础理论,主要讲述了砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土、建筑砂浆、无机结合料稳定材料、沥青材料、沥青混合料、工程聚合物材料、建筑钢材等常用材料的基本知识;第 2 篇为道路建筑材料试验,依据现行标准和规范介绍了这些道路建筑材料的常规试验方法。本书采用了最新的标准和规范,内容充实、精炼,深入浅出,重点突出;注重与工程实践相结合,强调应用技能的培养。

本书可作为应用型本科院校土建类及相关专业的教材,也可作为土建类及相关专业的培训教材,还可供施工单位技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/朱凯,吕大为主编. —北京:中国电力出版社, 2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-8808-3

I. 道… II. ①朱…②吕… III. Ⅰ. 路工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 067580 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 489 千字

定价 33.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书根据土木工程专业(路、桥、隧方向)、道路桥梁与渡河工程专业及其相关专业应用型本科教学对道路建筑材料基本知识和基本操作技能的需要进行编写,体现了应用型本科教材编写的指导思想、原则和特色,符合应用型本科的教育方向和社会对应用型人才的需求。

本书突出一个“新”字,采用了最新的标准和规范,内容充实、精炼,深入浅出,重点突出;注重与工程实践相结合,强调应用技能的培养,体现了实际应用、服务专业教学的宗旨,符合应用型本科教学对学生能力的要求。

本书主要介绍了砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土、建筑砂浆、沥青材料、沥青混合料、工程聚合物材料、建筑钢材等常用道路建筑材料的基本组成、生产工艺、技术性质与应用、检验方法等知识。书中正确地阐述本学科的理论、概念与知识,理论联系实际。全书分为两篇,第1篇为道路建筑材料基础理论,各章均有内容摘要和复习思考题,便于查阅和掌握内容的重点;第2篇为道路建筑材料试验。通过学习,使学生能够掌握道路建筑材料的技术性质、检验方法和储运等知识,并能正确认识、合理选择常用材料。

全书共两篇,15章,编写的具体分工如下:绪论、第1篇的第2章、第2篇的第2章由朱凯编写;第1篇的第1章由郭平功编写;第1篇的第3.1~3.5章节由马先伟编写;第1篇的第3.6~3.9章节及第3章复习思考题由龙琼编写;第1篇的第7章由汪惠民编写;第1篇的第4章由王建编写;第1篇的第5.1、5.2章节,第2篇的第5章由吕大为编写;第1篇的第5.3、5.4章节及第5章复习思考题由王玮编写;第1篇的第6.1~6.5章节由姚立阳编写;第1篇的第6.6、6.7章节及第6章复习思考题,第2篇的第3章、第4章由胡军华编写;第1篇的第8章由朱晓菲编写;第2篇的第1章由李惠霞编写;第2篇的第6章、第7章由吴海涛编写。全书由河南城建学院朱凯、吕大为主编并统稿,由河南城建学院牛季收教授主审。

由于编者水平有限,书中的缺点和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2009年2月

目 录

前言	
绪论	1

第 1 篇 道路建筑材料基础理论

第 1 章 砂石材料	5
1.1 天然岩石	5
1.2 石料	7
1.3 集料	14
1.4 矿质混合料的组成设计	20
复习思考题	26
第 2 章 石灰和水泥	28
2.1 石灰	28
2.2 通用硅酸盐水泥	33
2.3 其他品种的水泥	45
复习思考题	49
第 3 章 水泥混凝土和建筑砂浆	50
3.1 概述	50
3.2 普通水泥混凝土的组成材料	51
3.3 普通水泥混凝土的技术性质	58
3.4 普通水泥混凝土的配合比设计	72
3.5 混凝土的外加剂和掺和料	80
3.6 普通水泥混凝土的质量控制	86
3.7 路面水泥混凝土	89
3.8 其他品种混凝土	95
3.9 建筑砂浆	101
复习思考题	107
第 4 章 无机结合料稳定材料	109
4.1 概述	109
4.2 稳定类混合料的技术性质	109
4.3 稳定类混合料的组成设计	119
4.4 土壤固化剂	130
复习思考题	133

第5章 沥青材料	135
5.1 石油沥青	135
5.2 煤沥青	151
5.3 乳化沥青	154
5.4 改性沥青	160
复习思考题	165
第6章 沥青混合料	166
6.1 概述	166
6.2 沥青混合料的组成结构和强度理论	168
6.3 沥青混合料的组成材料	172
6.4 沥青混合料的技术性质和技术标准	176
6.5 沥青混合料配合比设计	183
6.6 沥青玛蹄脂碎石混合料	197
6.7 其他沥青混合料	203
复习思考题	206
第7章 工程聚合物材料	208
7.1 聚合物的基本概念	208
7.2 常用的工程聚合物	210
7.3 高分子聚合物在道路工程中的应用	214
复习思考题	217
第8章 建筑钢材	218
8.1 钢材的冶炼和分类	218
8.2 钢材的技术性质	219
8.3 钢材的化学成分对其性能的影响	222
8.4 钢材的冷加工及热处理	223
8.5 钢材的锈蚀与防止	224
8.6 常用建筑钢材的技术标准与选用	225
复习思考题	235

第2篇 道路建筑材料试验

第1章 砂石材料试验	237
试验一 岩石的密度试验	237
试验二 岩石毛体积密度试验	238
试验三 岩石的单轴抗压强度试验	241
试验四 细集料表观密度试验(容量瓶法)	242
试验五 细集料堆积密度及紧装密度试验	243
试验六 细集料筛分试验	245
试验七 粗集料密度及吸水率试验(网篮法)	247

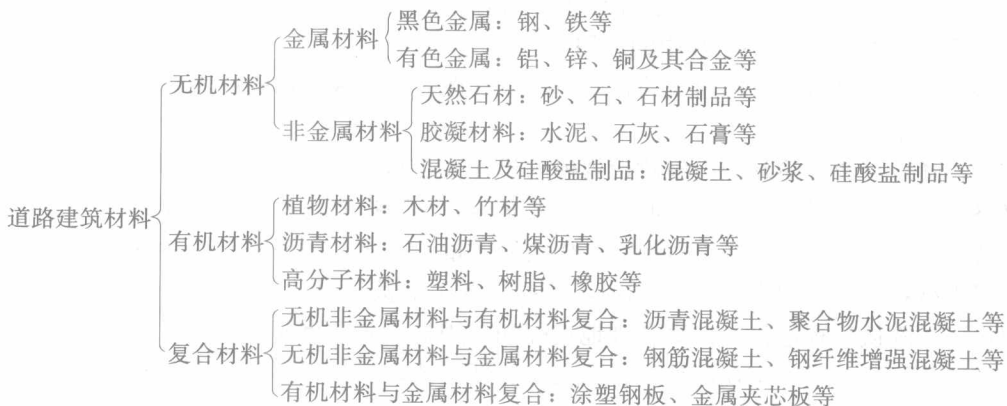
试验八	粗集料堆积密度及空隙率试验	249
试验九	粗集料及集料混合料的筛分试验	251
试验十	粗集料压碎值试验	255
试验十一	粗集料磨光值试验	257
试验十二	粗集料磨耗试验(洛杉矶法)	261
第2章	石灰和水泥试验	263
试验一	有效氧化钙和氧化镁含量的测定	263
试验二	水泥细度试验	266
试验三	水泥标准稠度用水量、凝结时间和安定性试验	268
试验四	水泥胶砂强度试验	271
第3章	水泥混凝土和砂浆试验	275
试验一	水泥混凝土拌和物的拌制与和易性试验	275
试验二	水泥混凝土抗压强度试验	279
试验三	水泥混凝土抗弯拉强度试验	281
试验四	建筑砂浆稠度与分层度试验	282
试验五	建筑砂浆抗压强度试验	284
第4章	无机结合料稳定土试验	286
试验一	无机结合料稳定土的击实试验	286
试验二	无机结合料稳定土的无侧限抗压强度试验	290
第5章	沥青材料试验	294
试验一	石油沥青的针入度试验	294
试验二	沥青延度试验	295
试验三	沥青软化点试验	296
第6章	沥青混合料试验	298
试验一	沥青混合料试件制作方法(击实法)	298
试验二	压实沥青混合料密度试验(表干法)	301
试验三	沥青混合料马歇尔稳定度试验	305
试验四	沥青混合料车辙试验	307
第7章	建筑钢材试验	309
试验一	钢筋的拉伸试验	309
试验二	钢筋的冷弯试验	311
	参考文献	313

绪 论

1. 道路建筑材料的定义及分类

土木建筑工程中所使用的各种材料及制品,统称为建筑材料。道路建筑材料是指用于道路与桥梁建筑各类建筑材料。

建筑材料的种类繁多,通常可按材料的化学成分及用途和功能分类。道路建筑材料按照化学成分的分类方法如下。



2. 道路建筑材料的研究内容

《道路建筑材料》是研究道路与桥梁建筑用各种材料的组成、性能和应用的一门课程。本课程主要讲述以下常用的建筑材料。

(1) 砂石材料。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路面或砌筑各种桥梁结构物,也可以作为配制水泥混凝土或沥青混合料的矿质集料。砂石材料在道路与桥梁建筑中的用量占有很大的比例。

(2) 无机结合料及其制品。在道路与桥梁工程中最常用到的无机结合料,主要是石灰和水泥。水泥是桥梁建筑中水泥混凝土和预应力混凝土结构的主要组成材料。石灰和水泥也广泛应用于路面基层和面层,是路面工程的重要组成材料。水泥混凝土是由水泥与矿质集料组成的复合材料,它具有较高的强度和刚度,能承受较繁重的车辆荷载作用,故主要用于桥梁结构和高等级道路面层结构。水泥砂浆主要由水泥和细集料组成,用于砌筑和抹面结构物中。无机结合料稳定类混合料是以石灰(粉煤灰)、少量水泥(石灰)或土壤固化剂作为稳定材料,将松散的土、碎砾石集料稳定、固化形成的复合材料,具有一定的强度、板体性和扩散应力的能力,但其耐磨性和耐久性略差,通常用于高等级道路路面基层结构或低等级道路面层结构。

(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配,可以修筑成各种类型的沥青路面。沥青混合料是由矿

质集料和沥青材料组成的复合材料,具有较高的强度、柔韧性和耐久性,所铺筑的沥青路面连续、平整、具有弹性和柔韧性,适合于车辆的高速行驶,是现代路面建筑中极为重要的一种材料。

(4) 高聚物材料。近年来各种高聚物材料应用于道路和桥梁建筑中,除可以替代传统材料外,主要用来改善水泥混凝土或沥青混合料等路桥工程材料的性能,是一种发展前景广阔的新材料。

(5) 建筑钢材。钢材是钢结构、钢筋混凝土结构及预应力钢筋混凝土结构的重要组成部分。

在学习本课程时,应了解上述道路与桥梁建筑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。

3. 道路建筑材料在路桥工程中的作用

道路建筑材料是道路桥梁建筑的物质基础,其性能对建筑结构的使用性能、耐久性能起着关键性的作用。

首先,随着交通运输基础设施建设规模的迅速发展以及交通量和车辆荷载的与日俱增,对道路路面工程与桥梁结构工程的使用性能要求也在不断提高,材料质量的优劣、配制是否合理以及选用是否适当等,均直接影响结构物的质量。其次,在道路与桥梁结构物的修筑费用中,用于材料的费用约占30%~50%,某些重要工程甚至可达70%~80%。所以,要节约工程投资,降低工程造价,认真合理地选配和应用材料非常重要。

在道路与桥梁工程中实现新设计、新技术、新工艺,新材料亦为其中重要一环。许多新设计,由于材料一关未能突破,因而长期不能实现;而新材料的出现又可以推动新技术、新工艺的发展。所以,对道路建筑材料的研究,是道路与桥梁技术发展的重要基础。

因此,从事相关专业的工程技术人员应该全面了解和掌握道路建筑材料的基本概念与理论、技术性能与质量要求及检测手段方面的系统知识,从而能合理地选择和使用材料,确保工程建设经济合理;同时,应大力加强新型建筑材料的研究与应用,丰富材料品种,以满足道路与桥梁技术发展的要求。

随着现代建筑向高层、大跨度、节能、美观、舒适的方向发展,今后建筑材料发展的趋势有以下几个方面。

(1) 高性能化。即轻质、高强、高耐久性。

(2) 多功能化。即具备多种优异性能或智能化的材料。

(3) 生态化。即为了降低环境污染、节约资源、维护生态平衡,生产节能型、环保型和保健型的生态建材。

(4) 工业规模化。即建筑材料的生产要实现现代化、工业化,而且为了降低成本、控制质量、便于机械化施工,生产要标准化、大型化、商品化等。

(5) 产品预制化。即在产品形式方面逐步提高构件化、单元化水平。

4. 道路建筑材料应具备的性质及检验方法

道路与桥梁工程都是承受交通动荷载反复作用的结构物,同时又是无遮盖而裸露于大自然的的结构物,它不仅受到车辆复杂的力系作用,同时又受到各种自然因素的恶劣影响。所以,用于修筑道路与桥梁结构用的材料,不仅需要具有抵抗复杂应力作用的综合力学性能,

同时,还要保证在各种自然因素的长时期影响下,材料的综合力学性能不产生明显的衰降,即所谓持久稳定性。

为了保证道路与桥梁建筑用建筑材料的综合力学性能和稳定性,就要求道路建筑材料具备以下四个方面的性质。

(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。目前对道路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,或者某些特殊设计的经验指标,如磨损、冲击等。

(2) 物理性质。道路建筑材料常用的物理性能指标有:物理常数(密度、孔隙率、空隙率)及吸水率等。材料的物理常数可用于混合料配合比设计、材料体积与质量之间的换算等。材料的物理常数取决于材料的基本组成及其构造,既与材料的吸水性、抗冻性及抗渗性有关,也与材料的力学性质及耐久性有密切的关系。

(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。道路与桥梁所用材料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,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。工艺性质是指材料适合于按一定工艺要求加工的性能。能否在现行的施工条件下,通过必要操作工序,使所选择材料或混合料的技术性能达到预期的目标,并满足使用要求,是选择材料和确定设计参数时必须考虑的重要因素。

道路与桥梁建筑材料应具备的性能检验必须通过适当的测试手段来进行。检定供道路与桥梁用材料在实际结构物中的性质,通常可采用试验室内原材料性能检定、试验室内模拟结构检定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。

本课程主要着重于试验室内原材料性能的检定。对应上述道路材料应具备的性能,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。

5. 道路建筑材料的技术标准

道路建筑材料的技术标准是有关部门根据材料自身固有特性,结合研究条件和工程特点,对材料的规格、质量标准、技术指标及相关的试验方法所做出的详尽而明确的规定。技术标准是在从事产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通领域中所需共同遵循的技术依据。

(1) 技术标准的等级。根据发布单位与适用范围,技术标准可分为国家标准、行业标准和企业及地方标准三级。

1) 国家标准。国家标准是由国家标准主管部门委托有关部门起草,或有关部委提出报批,经国家技术监督局会同各有关部委审批,并由国家技术监督局发布的全国性指导技术文件,其代号为 GB。

2) 行业标准。行业标准是由中央部委标准机构指定有关研究院所、大专院校、工厂等单位提出或联合提出,报请中央部委主管部门审批后发布,并报国家技术监督局备案的全国性的某行业范围的技术标准。在公布国家标准之后,该行业标准即行作废。其代号按各部门名称而定,如建材标准为 JC,建工标准为 JG,交通标准为 JT,石油化工标准为 SH 等。

3) 地方标准。对于没有国家标准和行业标准,又需在省、自治区、直辖市范围内实行统一要求的,可制定地方标准。地方标准是地方主管部门发布的地方性指导技术文件,其代号为 DB。

4) 企业标准。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准以作为组织生产的依据。企业标准仅适用于本企业,其代号为 QB。

各级技术标准,在必要时可分为试行与正式标准两大类。按其权威程度又可分为强制性标准和推荐性标准。建筑材料技术标准按其特性可分为基础标准、方法标准、原材料标准、能源标准、包装标准和产品标准等。

(2) 标准的代号、编号与名称。

1) 国家标准的表示方法。国家标准由国家标准代号、编号、制定和修订年份、标准名称等四个部分组成。现以《通用硅酸盐水泥》为例表示如下。



强制性国家标准代号为 GB,推荐性国家标准在 GB 后加“T”。例如,GB/T 50081—2002 是《普通混凝土力学性能试验方法标准》。

2) 行业标准的表示方法。行业标准由行业标准代号、一级类目代号、二级类目代号、二级类目顺序号、制定和修订年份及标准名称等部分组成。现以《公路工程集料试验规程》为例表示如下。



国际上较有影响的技术标准有:国际标准 ISO、美国国家标准 ANS、美国材料与试验学会标准 ASTM、日本工业标准 JIS、英国标准 BS、德国工业标准 DIN、法国标准 NF 等。熟悉有关的技术标准并了解制定标准的科学依据也是十分必要的。

6. 课程的任务和学习方法

《道路建筑材料》课程是一门技术基础课程,教学目的在于使学生学习有关道路建筑材料的基本理论、基本知识和基本技能,为专业课程的学习和今后从事专业技术工作打下必要的基础。本课程的学习任务有以下几点:

- (1) 获得道路建筑材料的基础知识;
- (2) 掌握道路建筑材料的技术性质、应用及检测方法;
- (3) 正确评价、选择和使用各种常用材料。

本课程是一门实践性和适用性很强的课程,在学习方法上,要注意以下几点。

(1) 着重学好主要内容,即材料的技术性质和应用,其他内容都应围绕这个中心来学习。

(2) 注意了解事物的本质和内在联系,要知道形成材料性质的内在原因和这些性质之间的相互关系;对于同一类不同品种的材料,不但要学习它们的共性,更要了解它们各自的特性和具有这些特性的原因。

(3) 实验课是本课程的重要教学环节,其任务是验证基本理论,学习实验方法,培养科学研究能力和严谨缜密的科学态度。做实验时,要严肃认真,一丝不苟,了解实验条件对实验结果的影响,从而对实验结果做出正确的分析和判断。

第1篇 道路建筑材料基础理论

第1章 砂 石 材 料

本章内容提要

本章主要阐述石料与集料的物理性能、力学性能及其主要评价方法与指标,集料的级配概念、评定方法以及矿质混合料的配合比设计方法,并介绍了道路与桥梁建筑用石料制品。

通过学习,要求学生掌握石料与集料的主要技术性能及其评价方法与指标,集料的级配以及矿质混合料的配合比设计方法,了解工程中常用的岩石及其制品。

石料与集料统称为砂石材料,它们是道路与桥梁建筑工程中用量最大的一种建筑材料。用作道路和桥梁建筑的石料或集料都应具备一定的技术性质,特别是作为水泥(或沥青)混凝土用的集料,还应满足相应的级配要求,以保证建筑工程的质量。

1.1 天然岩石

1.1.1 岩石的分类

岩石是天然产出的具有稳定外形的矿物或玻璃集合体,按照一定的方式结合而成,是构成地壳和上地幔的物质基础。岩石按成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。

1. 岩浆岩

岩浆岩又称火成岩,是地壳内的熔融岩浆在地下或喷出地面后冷凝而成的岩石。根据不同的形成条件,岩浆岩可分为以下三种。

(1) 深成岩。深成岩是地壳深处的岩浆在受上部覆盖层压力的作用下,经缓慢冷凝而形成的岩石。建筑上常用的深成岩有花岗岩、正长岩、橄榄岩、闪长岩和辉长岩等。

(2) 喷出岩。喷出岩是岩浆冲破覆盖层喷出地表时在压力降低和冷却较快的条件下而形成的岩石。建筑上常用的喷出岩有玄武岩、安山岩等。

(3) 火山碎屑岩。火山碎屑岩是火山爆发时,岩浆被喷到空中而急速冷却后形成的岩石。

2. 沉积岩

沉积岩又称水成岩,是由沉积物固结而形成的岩石。根据沉积岩的生成条件,可分为以下三种。

(1) 机械沉积岩。机械沉积岩是由自然风化而逐渐破碎松散的岩石及砂等,经风、雨、冰川、沉积等机械力的作用而重新压实或胶结而成的岩石,如砂岩、页岩等。

(2) 化学沉积岩。化学沉积岩是由溶解于水中的矿物质经聚积、反应、重结晶等并沉积

而形成的岩石,如石膏、白云岩等。

(3) 有机沉积岩。有机沉积岩是由各种有机体的残骸沉积而成的岩石,如生物碎屑灰岩、硅藻土等。

3. 变质岩

变质岩是由原有岩石经变质后形成的岩石。即地壳中原有的各类岩石,在地层的压力或温度作用下,在固体状态下发生再结晶作用,使其矿物成分、结构构造以及化学成分发生部分或全部改变而形成的新岩石,如大理岩、石英岩等。

1.1.2 常用岩石的特性

1. 岩浆岩

建筑工程中常用的岩浆岩主要有以下几种。

(1) 花岗岩。花岗岩是岩浆岩中分布较广的一种岩石,主要由长石、石英和少量云母(或角闪石等)组成,具有致密的结晶结构和块状构造。在建筑中花岗岩常用于基础、闸坝、桥墩、台阶、路面、墙石、勒脚及纪念性建筑物等。但在高温作用下,由于花岗岩内的石英膨胀而引起破坏,因此其耐火性不好。

(2) 玄武岩。玄武岩是喷出岩中最普通的一种,颜色一般为黑色或棕黑色,常呈玻璃质或隐晶质结构,有时也呈多孔状或斑状构造。常用作高强混凝土的骨料,也用其铺筑道路路面等。

(3) 辉绿岩。辉绿岩具有深灰、墨绿等颜色,致密块状构造,有时有气孔或杏仁状构造。辉绿岩可用作建筑材料铺砌道路,又因其具有较高的耐酸性,可作耐酸混凝土骨料。

(4) 火山灰。火山灰颗粒粒径小于2mm,具有火山灰活性,磨细后在常温和有水的情况下,可与石灰反应生成具有水硬性胶凝能力的水化物。因此,火山灰可作水泥的混合材料及混凝土的掺和料。

(5) 浮石。浮石是粒径大于5mm并具有多孔构造(海绵状或泡沫状火山玻璃)的火山碎屑岩,其表观密度小,可作轻质混凝土的骨料。

(6) 凝灰岩。凝灰岩是凝聚并胶结成大块的火山碎屑岩,具有多孔构造,表观密度小,抗压强度为5~20MPa,可作砌墙材料和轻混凝土的骨料。

2. 沉积岩

建筑工程中常用的沉积岩主要有以下几种。

(1) 石灰岩。石灰岩俗称灰石或青石,主要化学成分为 CaCO_3 ,主要矿物成分为方解石。石灰岩来源广,硬度低,易劈裂,便于开采,具有一定的强度和耐久性,因而广泛用于建筑工程中。其块石可作基础、墙身、阶石及路面等,其碎石是常用的混凝土骨料。此外,它也是生产水泥和石灰的主要原料。

(2) 砂岩。砂岩主要是由石英砂或石灰岩等的细小碎屑经沉积并重新胶结而成的岩石。它的性质决定于胶结物的种类及胶结的致密程度。致密的硅质砂岩性能接近于花岗岩,密度大、强度高、硬度大、加工较困难,可用于纪念性建筑及耐酸工程等;钙质砂岩的性质类似于石灰岩,易加工,应用较广,可作基础、踏步、人行道等,但不耐酸的侵蚀;铁质砂岩的性能比钙质砂岩差,其中密实者可用于一般建筑工程;黏土质砂岩浸水易软化,建筑中一般不用。

3. 变质岩

建筑工程中常用的变质岩主要有以下几种。

(1) 大理岩。大理岩又称大理石，是一种含碳酸盐矿物成分大于 50% 的变质岩。大理岩构造致密，密度大，但硬度不大，易于分割。锯切、雕刻性能好，磨光后非常美观，可用于高级建筑物的装饰和饰面工程。

(2) 石英岩。石英岩是由硅质砂岩变质而成，属晶体结构。岩体均匀致密，抗压强度高，耐久性好，但硬度大，加工困难。石英岩常用作重要建筑物的贴面石和耐磨耐酸的贴面材料，其碎块可用于道路或作混凝土的骨料。

(3) 片麻岩。片麻岩是由花岗岩变质而成，其矿物成分与花岗岩相似，呈片状构造，因而各个方向的物理力学性质不同。片麻岩常用作碎石、块石及人行道石板等。

1.2 石 料

在建筑结构工程中，所使用的石料通常是指由天然岩石经机械加工制成的，或者直接开采得到的具有一定形状和尺寸的石料制品。

1.2.1 石料的物理性质

1. 物理常数

石料的物理常数是石料矿物组成结构状态的反映。最常采用的物理常数主要有密度、毛体积密度、表观密度和孔隙率，这些物理常数与石料的技术性质有着密切的联系。从质量和体积的物理观点出发，石料的内部组成结构主要是由矿质实体和孔隙（包括与外界连通的开口孔隙和不与外界连通的闭口孔隙）所组成，如图 1-1 所示。

(1) 密度。石料的密度是在规定条件 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重，温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，单位真实体积（矿质实体的体积）的质量，可按式 (1-1) 计算

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

式中 ρ_t ——石料的密度， g/cm^3 ；

m_s ——石料矿质实体的质量， g ；

V_s ——石料矿质实体的体积， cm^3 。

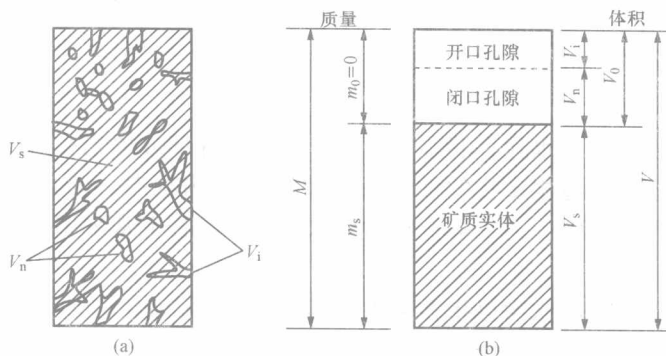


图 1-1 石料结构示意图

(a) 石料组成结构示意图；(b) 石料结构的质量与体积关系示意图

石料密度的测定可采用比重瓶法或李氏比重瓶法。要获得矿质实体的体积,必须将石料粉碎磨细,然后通过试验测定出来。

(2) 表观密度。在规定条件下,石料单位表观体积(矿质实体体积和闭口孔隙体积)的质量,称为表观密度,可按式(1-2)计算

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_s + V_n} \quad (1-2)$$

式中 ρ_a ——石料的表观密度, g/cm^3 ;

m_s , V_s ——意义同前;

V_n ——石料闭口孔隙体积, cm^3 。

表观密度的测试方法是将已知质量的干燥岩石浸水,使其开口孔隙吸饱水,称出饱水后岩石在水中的质量,两者之差即为岩石包括闭口孔隙在内的表观体积。

(3) 毛体积密度。石料的毛体积密度是在规定条件下,单位毛体积(包括矿质实体和孔隙体积)的质量,可按式(1-3)计算

$$\rho_h = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i} \quad (1-3)$$

式中 ρ_h ——石料的毛体积密度, g/cm^3 ;

V_i ——石料开口孔隙体积, cm^3 ;

m_s , V_s , V_n ——意义同前。

石料的毛体积密度测定可将石料加工为规则形状石料试件,采用精密量具测量其几何形状的方法计算其体积;对于遇水崩解、溶解和干缩湿胀性松软石料,应采用封蜡法测定。

(4) 孔隙率。石料的孔隙率是石料的孔隙体积占其总体积的百分率,可按式(1-4)计算

$$n = \frac{V_0}{V} \times 100 \quad (1-4)$$

式中 n ——石料的孔隙率, %;

V_0 ——石料孔隙(包括开口和闭口孔隙)体积, cm^3 ;

V ——石料总体积(包括矿质实体和孔隙体积), cm^3 。

孔隙率可按式(1-5)由密度和毛体积密度计算得到

$$n = \left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (1-5)$$

式中 n , ρ_h , ρ_t ——意义同前。

2. 吸水性

水与石料相互作用后,水除了润湿石料的矿物外,并部分填充石料的孔隙,因此水对石料的作用主要取决于石料造岩矿物的性质及其组成的结构状态(即孔隙大小和分布情况),可通过石料的吸水性来反映。为了解石料的吸水性,在工程上常采用吸水率和饱水率这两项指标来表征。

(1) 吸水率。石料的吸水率是指在室内常温 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 和大气压条件下,石料试件最大的吸水质量占干石料试件质量的百分率。吸水率按式(1-6)计算

$$w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1-6)$$

式中 w ——石料的吸水率, %;

m_1 ——烘干石料试件质量, g;

m_2 ——吸水至恒重时石料试件质量, g。

(2) 饱水率。石料的饱水率是指石料在常温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和真空抽气条件下, 最大吸水质量占烘干石料试件质量的百分率。饱水率的计算方法与吸水率相同。只是因为饱水率是在石料抽至真空的条件下测定的, 所以水几乎充满开口孔隙的全部体积, 因此, 饱水率较吸水率大。

吸水率和饱水率能有效地反映岩石微裂隙的发育程度, 可用来判断岩石的抗冻性和抗风化等性能。国外广泛地将这两项指标与其他物理力学的特征值建立关系。

3. 抗冻性

道路与桥梁都是暴露于大自然中无遮盖的建筑物, 经常受到各种自然因素的影响。用于路桥工程建筑的石料, 长期受到各种自然因素的综合作用, 会逐渐引起力学强度的衰减。

在工程中引起石料组织结构破坏而导致力学强度降低的因素, 首先是温度升降的作用, 即由于温度升降产生温度应力作用而引起石料内部组织结构的破坏; 其次是石料在潮湿条件下, 受到正负气温的交替冻融作用而引起的石料内部组织结构的破坏。究竟何者为主导因素取决于当地的气候条件。一般在大多数地区, 后者占主导作用。因此, 目前对路桥工程建筑用石料, 在某些气候条件下, 必须要求其抗冻性。石料的抗冻性是指石料在饱水状态下, 抵抗反复冻结和融化的性能。现行测定抗冻性的方法有直接冻融法和硫酸钠坚固性法。

(1) 直接冻融法。直接冻融法是测定石料抗冻性的主要试验方法。此方法是将石料制各成直径和高均为 50mm 的圆柱体或边长为 50mm 的立方体试件, 放入烘箱 ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) 烘至恒重, 冷却后称其质量。按吸水率试验方法让试件吸水饱和, 然后取出擦去表面水分, 置于冰箱 (-15°C) 冻结 4h, 然后取出放入 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的水中融解 4h, 如此为一次冻融循环。经反复冻融至规定次数为止。将冻融后的试件再烘干至恒重, 并称其质量。对于不同的工程环境气候条件, 冻融循环的次数按不同的要求分为 15 次、25 次及 25 次以上。

在试验过程中, 每隔一定的冻融循环次数, 应详细检查试件有无剥落、裂缝、分层及掉边等现象, 并加以记录。对于块状石料的抗冻性, 可采用经规定次数的冻融循环后的质量损失率或者耐冻系数表征。

质量损失率是石料冻融循环后的质量损失率, 可按式 (1-7) 计算

$$Q_{\text{fr}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-7)$$

式中 Q_{fr} ——试件冻融后的质量损失率, %;

m_1 ——试验前烘干试件的质量, g;

m_2 ——试验后烘干试件的质量, g。

耐冻系数为冻融循环后的石料试件抗压强度与未经冻融的石料试件抗压强度的比值, 可按式 (1-8) 计算

$$K_{\text{fr}} = \frac{f_{\text{fr}}}{f} \quad (1-8)$$

式中 K_{fr} ——试件的耐冻系数;

f_{fr} ——经冻融循环后的试件饱水抗压强度, MPa;

f ——未经冻融试验的试件饱水抗压强度, MPa。

公路工程, 一般要求石料的耐冻系数大于 0.75; 质量损失率不大于 5%。同时, 试件无明显缺损 (包括剥落、裂缝和边角损坏等情况)。

表 1-1 桥涵用石料抗冻性指标

结构部位	大、中桥	小桥及涵洞
	冻融循环次数	
镶面或表层的石料	50	25

注 1. 试验后, 石料应无明显损伤 (裂缝、脱层等), 同时其耐冻系数大于 0.75。
2. 根据以往实践经验, 证明石料确有足够抗冻性能者, 可不作抗冻性试验。

桥梁工程石料, 对一月份平均气温低于 -10°C 的地区, 除气候干旱地区的不受冻部位外, 应符合表 1-1 的抗冻性指标。

(2) 坚固性试验。由于直接冻融法需要低温冰箱设备, 有时需要经过多次的冻融循环, 试验周期长, 所以有时采用硫酸钠坚固性的试验方法。

坚固性试验是确定石料试样经饱和硫酸钠溶液多次浸泡与烘干循环后不发生显著破坏或强度降低的性能, 是测定石料抗冻性的一种简易快速的方法。坚固性试验石料试件制备要求同直接冻融法石料试件。将试件置于烘箱 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘至恒重, 冷却后称其质量, 然后将试件浸入饱和硫酸钠溶液中, 浸置 20h, 取出后, 再置于烘箱中烘 4h。待试件冷却后, 将其重新浸入硫酸钠溶液中, 直至硫酸钠结晶溶解后取出试样, 用放大镜及钢针仔细观察有无破坏现象, 并仔细记录, 如此为一次循环。按上述方法反复循环 5 次, 最后一次循环后, 用热蒸馏水煮洗几遍, 直至将试件中硫酸钠溶液全部洗净为止 (是否洗净可用 10% 氯化钡溶液滴入鉴定)。将洗净的试件烘至恒重, 并称其质量, 按式 (1-7) 计算坚固性试验质量损失率。

岩石的抗冻性与其吸水性有一定的关系。一般认为, 吸水率大于 0.5% 时, 岩石的抗冻性较差, 并且往往以此来确定是否进行岩石的抗冻性试验。按我国标准规定, 有条件者均应采用直接冻融法进行试验。

1.2.2 石料的力学性质

道路与桥梁工程结构物中使用的石料, 除了受到各种自然因素的影响外, 还要受到车辆荷载复杂力系的综合作用。因此路桥工程建筑用石料除了应具备要求的各种物理性质外, 还必须具备多种力学性质。

1. 石料的抗压强度

石料的抗压强度, 通常有单轴抗压强度和三轴抗压强度两种。如果不做边坡验算, 一般仅需要进行单轴抗压强度试验。

我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005) 规定: 将岩石制备成标准试件 (建筑地基采用圆柱体试件, 直径为 $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、高/直径=2; 桥梁工程采用立方体试件, 边长为 $70\text{mm} \pm 2\text{mm}$; 路面工程采用立方体或圆柱体试件, 其边长或直径和高均为 $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$), 经吸水饱和后, 单轴受压并按规定的加载条件下, 达到极限破坏时单位承压面积的荷载, 按式 (1-9) 计算

$$f_{sc} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (1-9)$$

式中 f_{sc} ——石料的抗压强度, MPa;

$F_{\max}$ ——试件极限破坏时的荷载, N;

A ——试件的截面积, mm^2 。