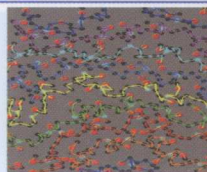


高等学校教材

ROAD ENGINEERING MATERIALS



# 道路工程材料

申爱琴 主编

43



人民交通出版社  
China Communications Press

U414-43  
S365

高等学校教材

-27

Road Engineering Materials  
道路工程材料

申爱琴 主编

U414-43

S365

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书系统地论述道路工程材料的技术性质和技术要求,全面展示道路工程材料的性能评价指标及相应的测试方法,深入分析道路工程材料性能影响因素,并以新的视角进行知识结构分类,在保证道路工程材料基本知识的同时,尽可能介绍并引进国内外道路工程材料研究及应用领域的前沿性成果。

本书为高等学校道路桥梁与渡河工程、土木工程、交通工程等专业的本科生教学用书,还可作为土木工程专业及相关专业的科研、设计、施工、管理以及监理人员的技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

道路工程材料/申爱琴主编. —北京:人民交通出版社,  
2010.1  
ISBN 978-7-114-08199-6

I. 道… II. 申… III. 道路工程—建筑材料—高等学校—  
教材 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006852 号

高等学校教材

书 名: 道路工程材料

著 者: 申爱琴

责任编辑: 丁润铎 韩亚楠

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.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 21.75

字 数: 548 千

版 次: 2010 年 1 月 第 1 版

印 次: 2010 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08199-6

印 数: 0001—2000 册

定 价: 45.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



# 前 言

道路工程材料是道路、桥梁、隧道等工程结构物的物质基础,其性能优劣直接影响到结构物的使用性能及耐久性。据统计,道路工程材料的费用在道路工程总造价中约占50%~60%,在实际工作中,材料的选择、使用及管理对工程造价的影响非常大。因此,如何根据工程结构物的特点和地域条件,合理地选择及科学地使用道路工程材料,充分发挥道路工程材料的优势,对提高道路工程结构物质量,延长其使用寿命,降低工程造价起着至关重要的作用。

随着现代交通的迅猛发展,道路工程新结构、新技术、新材料及新工艺层出不穷。为了系统地论述道路工程材料的技术性质和技术要求,全面展示道路工程材料的性能评价指标及相应的测试方法,深入分析道路工程材料性能影响因素,本书按照本科生学习进程要求,以新的视角进行知识结构分类,在保证道路工程材料基本知识的同时,尽可能介绍并引进国内外道路工程材料研究及应用领域的前沿性成果,以此拓展同学们的视野,激发同学们的学习兴趣;同时,本书还可作为土木工程专业及相关专业的科研、设计、施工、管理以及监理人员的技术参考书。

全书共分五篇,共计十七章。

第一篇为基础篇,共三章。第一章为石料及集料,第二章为无机结合料,第三章为有机结合料。本篇主要介绍了道路工程常用的各类原材料,包括各类原材料的定义、分类、组成结构、技术性质及要求、性能评价指标及试验方法。

第二篇为无机混合料,共三章。第四章为普通水泥混凝土,第五章为新型水泥混凝土,第六章为无机结合料稳定类材料。本篇中,重点介绍了普通水泥混凝土不同阶段的技术性质,包括施工阶段的工作性、凝结硬化阶段的力学性质以及使用阶段的耐久性,同时还论述了普通水泥混凝土的材料要求以及配比组成设计,对于道路混凝土组成设计还引入了交通部西部项目“道路混凝土组成设计”的新成果。

第三篇为有机混合料,共两章。第七章为普通沥青混合料,第八章为其他沥青混合料。本篇重点介绍了沥青混合料的分类及组成结构、强度形成原理及影响因素,包括高温、低温、水稳、耐久及抗滑在内的各项路用性能及相应的评价指标、技术性质及技术标准,热拌沥青混合料原材料及不同阶段的组成设计方法;同时,还介绍了 Superpave 及 GTM 沥青混合料组成设计方法;另外,第八章中介绍了沥青稳定碎石、沥青玛蹄脂碎石(SMA)、开级配抗滑磨耗层(OGFC)、乳化沥青混合料以及稀浆封层与微表处的技术特征及性质、组成设计及使用场合。

第四篇为其他道路工程材料,共四章。第九章为建筑钢材,第十章为桥面防

水材料,第十一章为土工合成材料,第十二章为高分子合成材料。本篇主要介绍了建筑钢材、桥面防水、土工合成以及高分子材料的分类及特点、技术性质及标准、各项路用性能及使用条件。

第五篇为试验篇,共五章。为了配合本科生理论教学需要,根据教学大纲要求,本教材编写了岩石与集料试验、水泥试验、沥青试验、沥青混合料试验、水泥及水泥混凝土试验等内容。

本教材的编写得到了长安大学公路学院道路系的高度重视及有关老师大力支持。道路系召开专门会议对教材编写大纲征求意见,王秉纲、张登良、戴经梁等资深教授对编写大纲提出了宝贵的修改意见,使得教材章节安排更具逻辑性和科学性。在此,作者对几位前辈的指点表示深深的谢意。

全书的编写大纲,前言,绪论,第一篇的第二章,第二篇的第四章、第五章由申爱琴编写;第一篇的第一章以及第四篇的第九章、第十章、第十一章由蒋应军编写;第一篇的第三章以及第三篇的第七章由汪海年编写;第二篇的第六章、第四篇的第十二章由胡立群编写;第三篇的第八章由马峰编写;第五篇由孙忠义编写。全书由申爱琴统稿、修改、校正。在书稿的编写修改过程中,研究生肖葳、孟祥龙、李美华、郭寅川、梁东平等在资料收集、图形处理、各类规范及图表公式的校核等方面做了大量的工作,学校翠花打印部协助书稿排版及打印,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的学识及水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编者  
2009年7月

# 目 录

绪论	1
----	---

## 第一篇 基础篇

第一章 石料与集料	6
第一节 石料	6
第二节 集料	17
第三节 矿质混合料组成设计	27
复习题	36
第二章 无机结合料	38
第一节 石灰	38
第二节 水泥	44
第三节 粉煤灰	59
第四节 其他工业废渣	63
复习题	66
第三章 有机结合料	67
第一节 普通石油沥青	67
第二节 改性沥青	91
第三节 其他沥青	95
复习题	104

## 第二篇 无机混合料

第四章 普通水泥混凝土	105
第一节 水泥混凝土组成及特点	105
第二节 水泥混凝土的技术性质	106
第三节 普通水泥混凝土组成设计	120
第四节 道路混凝土组成设计	131
第五节 水泥混凝土外加剂	144
复习题	148
第五章 新型水泥混凝土	149
第一节 聚合物改性水泥混凝土	149
第二节 纤维混凝土	154
第三节 透水性混凝土	157

第四节 露石混凝土	160
第五节 彩色混凝土	162
复习题	164
<b>第六章 无机结合料稳定类材料</b>	165
第一节 水泥稳定类混合料	165
第二节 石灰稳定类混合料	169
第三节 石灰粉煤灰稳定类混合料	172
复习题	175

### 第三篇 有机混合料

<b>第七章 普通沥青混合料</b>	176
第一节 沥青混合料的分类及组成结构	176
第二节 沥青混合料强度及其影响因素	179
第三节 沥青混合料的路用性能	182
第四节 沥青混合料技术性质及标准	190
第五节 普通热拌沥青混合料原材料及组成设计	195
第六节 Superpave 沥青混合料组成设计方法	209
第七节 GTM 沥青混合料组成设计方法	213
复习题	215
<b>第八章 其他沥青混合料</b>	217
第一节 沥青稳定碎石混合料	217
第二节 沥青玛蹄脂碎石(SMA)	221
第三节 开级配抗滑磨损层(OGFC)	226
第四节 乳化沥青混合料	229
第五节 稀浆封层与微表处	231
第六节 冷再生沥青混合料	235
复习题	237

### 第四篇 其他道路工程材料

<b>第九章 建筑钢材</b>	239
第一节 钢材的冶炼与分类	239
第二节 钢材牌号表示方法	240
第三节 钢材的技术性质	241
第四节 化学元素对钢材性能的影响	246
第五节 道路建筑用钢的技术要求	247
第六节 新型建筑钢材	251
复习题	252

<b>第十章 桥面防水材料</b> .....	253
第一节 防水材料的分类及其特点.....	253
第二节 防水材料的技术性质.....	255
第三节 防水材料的技术标准.....	257
复习题.....	259
<b>第十一章 土工合成材料</b> .....	260
第一节 土工合成材料的分类及特点.....	260
第二节 土工合成材料的技术性质.....	262
第三节 土工合成材料的选择及技术要求.....	267
复习题.....	270
<b>第十二章 高分子聚合物</b> .....	271
第一节 聚合物的概念.....	271
第二节 常用的工程聚合物.....	274
第三节 高分子聚合物在道路工程中的应用.....	278
复习题.....	281

## 第五篇 试 验 篇

<b>第十三章 岩石与集料试验</b> .....	282
第一节 岩石试验.....	282
第二节 粗集料试验.....	287
第三节 细集料试验.....	295
<b>第十四章 水泥试验</b> .....	298
第一节 细度试验.....	298
第二节 标准稠度用水量、凝结时间、安定性试验.....	301
第三节 水泥胶砂强度试验.....	304
<b>第十五章 沥青试验</b> .....	308
第一节 沥青三大指标试验.....	308
第二节 沥青老化试验.....	312
第三节 黏度试验.....	315
<b>第十六章 沥青混合料试验</b> .....	318
第一节 沥青混合料试件制作.....	318
第二节 沥青混合料密度试验.....	321
第三节 沥青混合料高温稳定性试验.....	324
<b>第十七章 水泥混凝土试验</b> .....	328
第一节 和易性试验.....	328
第二节 表观密度试验方法.....	330
第三节 强度试验.....	331
<b>参考文献</b> .....	336



# 绪 论

## 一、道路工程材料的发展历史及趋势

早在公元前 2000~3000 年,人类就开始使用石膏和石灰砂浆作为胶凝材料。在公元前 16 世纪至公元前 11 世纪的商朝殷墟中,考古学家发现有碎陶片和砾石铺筑的路面,并出现了大型的木桥。那时的人们已经懂得夯土筑路,并利用石灰稳定土。到公元初,古希腊人和罗马人开始在石灰中掺入火山灰以提高强度和抵抗水的侵蚀。1796 年,罗马水泥问世,这时人们开始用天然水泥岩(黏土含量为 20%~25%的石灰石)煅烧、磨细,制得天然水泥。由于天然水泥岩材料有限,人们开始人工配制水泥。1824 年,英国泥瓦工约瑟夫·阿斯普丁(Joseph Aspdin)首先取得了波特兰水泥生产的专利权。从这时起,人类社会进入了人工配制胶凝材料的新阶段。

据考古资料记载,世界上最早的沥青路面是距今约 3 000 年前的古巴比伦仪仗大道。它约有 20m 宽,道路中间是由残损不全的大块砖头和天然沥青铺成的沥青路面。印加帝国在 15 世纪采用天然沥青修筑沥青碎石路。英国于 1832~1838 年,用煤沥青在格洛斯特郡修筑了第一段煤沥青碎石路;法国于 1858 年在巴黎用天然岩沥青修筑了第一条地沥青碎石路;到 20 世纪,石油沥青成为使用量最大的铺路材料。我国上海在 20 世纪 20 年代开始铺设沥青路面。1949 年以后,随着我国自产路用沥青材料工业的发展,沥青材料被广泛应用于城市道路和公路干线的修建。

材料科学的不断发展为人类提供了优质的工程材料,推动了国民经济和道路交通事业的蓬勃发展。伴随着科学技术的不断进步和自然环境对人类提出的更高要求,在今后一段时期内,道路建筑材料将逐步向以下几个方向发展。

(1)高性能材料。研制轻质、高强、高耐久性、高耐火性、高抗震性、高保温性、高吸声性、优异装饰性及优异防水性的材料,对提高道路建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及使用寿命等有着非常重要的作用。

(2)多功能复合型材料。利用复合技术生产的多功能材料、特殊性能材料及高性能材料,将对提高建筑物的使用功能、经济性、加快施工速度等有着十分重要的作用。

(3)工业废渣再利用材料。充分利用工业废渣生产建筑材料,以保护自然资源和生态环境。

(4)节能材料。研制和生产低能耗(包括材料生产能耗和建筑使用能耗)的新型节能建筑材料,可降低建筑材料和建筑物的成本以及建筑物的使用能耗,这对节约能源作用明显。

## 二、道路材料在公路工程中的作用

道路工程材料是道路、桥梁、隧道等工程结构物的物质基础,材料的性质对结构物的使用性能、坚固性和耐久性起着决定性的作用,材料的使用与工程造价也有着密切的关系,材料的发展则可促进结构设计和施工工艺的发展。

道路工程结构物终年裸露于自然环境中,承受瞬时、反复荷载的作用,材料的性能和质量

对结构物的使用性能和工程寿命有着极为重要的影响。在道路工程建设中,若材料的选择、生产、使用不合理,检验标准不合适,都可能会导致工程的质量缺陷,甚至造成重大的质量事故。近年来,由于交通量的迅速增长和车辆行驶的渠化,一些高等级沥青路面出现较严重的波浪、拥包、车辙现象,这都与材料的性质有关。

道路工程材料的费用在道路工程总造价中约占 50%~60%,在实际工作中,材料的选择、使用及管理对工程成本影响很大。同时,材料科学的不断发展及新型道路工程材料的不断涌现,势必会对工程结构物的设计方法和施工工艺提出更高的要求,从而推动结构设计与施工技术的发展。

### 三、本课程研究内容与任务

道路工程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。它是道路与桥梁专业的一门技术基础课,与物理、化学等基础课以及材料力学、工程地质等基础技术课有着密切的联系。

本教材讲述到的一些常用的道路工程材料如下:

#### 1. 石料与集料

石料与集料包括人工开采的岩石或轧制的碎石以及地壳表层岩石经风化而得到的天然砂砾。这类材料是道路、桥梁工程结构中使用量最大的一宗材料。其中尺寸较大的块状石料经加工后,可以直接用于砌筑道路、桥梁工程结构物或铺筑隧道基础,性能稳定的岩石集料可用于配制水泥混凝土和沥青混合料。

#### 2. 无机结合料及其混合料

无机结合料包括石灰、水泥、性能稳定的粉煤灰及其他工业废渣。路桥工程中使用最多的无机结合料是石灰和水泥。用它们制成的无机结合料稳定类混合料,通常用于高等级道路路面基层结构或低等级道路路面面层结构。由水泥与集料配制而成的普通水泥混凝土及各种新型水泥混凝土是混凝土结构的主要组成材料,广泛应用于桥涵构造物及水泥混凝土路面。水泥砂浆是各种桥梁、圬工结构物的砌筑材料。

#### 3. 有机结合料及其混合料

有机结合料通常是指普通石油沥青、改性沥青及其他沥青如煤沥青、泡沫沥青、乳化沥青等。它们与集料结合可以配制沥青混合料,用来修筑不同类型的沥青路面。

#### 4. 建筑钢材

钢材是钢桥、钢结构、钢筋混凝土及预应力混凝土结构的重要组成材料。此外,隧道衬砌、岩石高边坡加固等工程中也要使用钢材。

#### 5. 桥面防水材料

桥面防水材料是保证桥梁结构物不受雨水侵蚀、渗透的重要材料。防水材料的优劣与桥面的使用功能和寿命密切相关,是道路工程中不可缺少的建筑材料。

#### 6. 土工合成材料

土工合成材料是土木工程应用的合成材料的总称,主要包括土工织物、土工膜、土工复合材料、土工特种材料等。

#### 7. 高分子合成材料

各种高聚物材料除可替代传统材料外,还可用于改善路桥工程材料的性能,加固土壤,改善沥青性能,增强水泥混凝土强度。

## 四、道路工程材料技术性质与技术标准

### 1. 道路工程材料的技术性质

道路工程结构物承受着复杂的荷载作用和恶劣自然环境的影响,因此道路工程材料必须具有抵抗复杂外力作用的综合力学性能,同时还必须具有抵抗光照、温湿变化、冻融等自然因素作用的耐久性。此外,为保证上述性能及满足结构物的施工,道路工程材料还应具有良好的物理性质和工艺性。

#### (1) 物理性质

物理性质是材料的基本性质。在进行混合料配合比设计、材料体积与质量之间的换算时,必须全面掌握材料的基本物理性能指标。道路工程材料常用的物理性能指标包括物理常数(密度、孔隙率、空隙率)及吸水率等。这些参数取决于材料的基本组成及构造,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着显著的联系。

#### (2) 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。目前除了通过静态的拉、压、弯、剪等试验来反映材料的力学性能外,还可根据道路工程材料的受力特点,采用磨光、磨耗、冲击等试验方法来反映其性能。随着科技的发展,将进一步考虑材料在不同温度和时间条件下的力学性能变化规律。在研究材料的黏性—弹性—塑性时,目前已采用一些动态试验方法来测定材料的动态模量、疲劳强度等。

#### (3) 耐久性

道路及桥梁等工程结构物常年裸露于自然环境中,将受到各种自然因素如温度变化、冻融循环、氧化作用、酸碱腐蚀等的侵蚀作用。为保证材料的使用性能,必须根据材料所处的结构部位,综合考虑引起材料性质衰变的外界条件和材料自身的内在原因,以便全面了解材料抵抗侵蚀破坏的能力,为路桥工程结构物的设计提供技术参数。

#### (4) 工艺性

工艺性是材料适合于按一定工艺要求加工的性能。例如,道路水泥混凝土在成型为混凝土路面板以前要求具有一定的流动性,但当施工机具不同时,要求的流动性也不相同。因此,为保证在现有施工条件下修筑的工程结构物能达到预期的使用性能,必须在材料选择及设计参数确定时考虑工艺性。

### 2. 道路工程材料的技术标准

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。科研、生产、设计与施工单位,均应以这些标准为依据进行道路材料的性能评价、生产、设计和施工。

目前,我国的建筑工程材料标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等四类。国家标准是由国家标准局颁布的全国性指导技术文件,简称“国标”,代号 GB。行业标准是由国务院有关行政主管部门制定和颁布的全国性指导技术文件。行业标准种类繁多,遍及国内各种行业。

根据《中国标准文献分类法》,国家标准和行业标准表示方法如下。

#### (1) 国家标准表示方法

国家标准由国家标准代号、编号、制定(修订)年份、标准名称等四个部分组成。例如:GB/T 1346—2001《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》,“GB”为国家标准代

号,后加“T”表示该标准为推荐性标准,“1346”为标准编号,“2001”为制定或修订年代号,其后为标准名称。国家标准修订时标准代号和编号一般不变,只改变制定、修订年代号。

### (2) 行业标准表示方法

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(修订)年代号、标准名称等部分组成。例如: JTG E42—2005《公路工程集料试验规程》,“JTG”为交通行业标准,“E42”为二级类目顺序号,“2005”为制定、修订年代号,“公路工程集料试验规程”为标准名称。

与道路工程材料有关的国家标准及行业标准代号见表 0-1。

国家标准和行业标准代号

表 0-1

标准名称	代号(汉语拼音)	示 例
国家标准	国标 GB(Guo Biao)	GB/T 14685—2001《建筑用卵石、碎石》
交通行业标准	交通 JT(Jiao Tong)	JTJ 052—2000《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》
建筑工程行业标准	建工 JG(Jian Gong)	JGJ 55—2000《普通混凝土配合比试验规程》
建材行业标准	建材 JC(Jian Cai)	JC/T 681—2005《行星式水泥胶砂搅拌机》
石油化工行业标准	石化 SH(Shi Hua)	SH/T 0522—2000《道路石油沥青》
黑色冶金行业标准	冶标 YB(Ye Biao)	YB/T 030—92《煤沥青筑路油》

与道路工程材料有关的国际标准和几个主要国家的标准代号见表 0-2。

国际标准和国外标准代号

表 0-2

标准名称	缩写(全名)
国际标准	ISO(International Standard Organization)
美国国家标准	ANS(American National Standard)
美国材料与试验学会标准	ASTM(American Society for Testing Materials)
英国标准	BS(British Standard)
德国工业标准	DIN(Deutsche Industric Normen)
日本工业标准	JIS(Japanese Industrial Standard)
法国标准	NF(Normes Francaises)

## 五、道路工程材料性能检测与质量控制

### 1. 材料的性能检测

道路工程材料的基本技术性质需要通过适当的检测技术来获得。材料性能的检测方法应能够反映实际结构中材料的受力状态,所得试验数据和技术参数应能够表达材料的技术特性,并具有复现性与可比性。道路工程材料的性能检测应按照相关技术标准中规定的标准程序进行,以保证试验结构的科学性、公正性和权威性。

道路工程材料的主要检测手段包括:

- (1) 试验室原材料与混合料的性能检测;
- (2) 试验室模拟结构物的性能检测;
- (3) 现场足尺寸结构物的性能检测。

随着科学技术的发展与检测技术的不断成熟,道路工程材料的性能检测方法出现了几大发展趋势:

- (1) 单项材料检测向结构物检测发展；
- (2) 手工检测向自动化检测发展；
- (3) 破坏性检测向非破坏性检测发展；
- (4) 静态检测向动态检测发展；
- (5) 宏观检测向微观检测发展。

## 2. 材料的质量控制

道路工程材料的质量是决定道路工程结构物质量优劣的关键,通常可以对材料进行试验检测,根据检测结果来判断材料的质量状态。

在实际施工过程中,为做好道路工程材料的质量控制,必须完成以下三个步骤:

### (1) 材料进场前的质量控制

材料进场前必须详细阅读与工程材料有关的设计文件,熟悉文件对材料品种、规格、型号、强度等级、生产厂家与商标的规定和要求。

### (2) 材料进场的质量控制

材料进场时必须检查到场材料的实际情况与设计文件的相关要求是否相符,同时保证进入施工现场的各种原材料都有相应的质量保证资料。

### (3) 材料进场后的质量控制

不同种类、不同厂家、不同品种、不同型号、不同批号的材料必须分别堆放,界限清晰,并有专人管理。应用新材料前必须经过试验和鉴定,代用材料必须通过计算和充分论证;同时,为考察产品质量的稳定性和掌握材料存放过程中性能的降低情况,对重要工程材料应及时进行复验。

# 第一篇 基础篇

道路工程中常用的原材料主要包括石料与集料、无机结合料以及有机结合料。

石料与集料一章中主要介绍石料和集料的技术性质、技术要求以及矿质混合料组成设计；无机结合料一章主要介绍石灰、水泥以及粉煤灰等各类工业废渣；有机结合料一章主要介绍普通石油沥青及煤沥青、乳化沥青等其他沥青。

## 第一章 石料与集料

**内容提要** 本章着重介绍石料与集料的主要技术性能及其评价方法和评价指标，并介绍矿质混合料的级配理论和组成设计方法。

**学习要求** 通过本章学习，要求学生掌握石料与集料的技术性质和技术要求，能够运用级配理论进行矿质混合料的组成设计。

### 第一节 石 料

#### 一、岩石的组成及分类

岩石是指在各种地质作用下，按一定方式组合而成的矿物集合体，它是组成地壳及地幔的主要物质。由单一矿物组成的岩石称为单矿岩，如石灰岩等；由多种矿物组成的岩石称为复矿岩，如花岗岩等。岩石按其成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

##### (一) 岩石的分类

###### 1. 岩浆岩

岩浆岩是岩浆冷凝而成的岩石，它是所有岩石中最原始的岩石。岩浆岩按冷却条件可分为深成岩（如花岗岩、正长岩等）、喷出岩（如玄武岩、安山岩等）和火山岩（如火山凝灰岩等）。

岩浆岩具有优良的工程性质，在道路工程中用途广泛。深成岩具有密度大、抗压强度高、吸水性和抗冻性好的优点；火山岩多孔、质轻，是良好的保温建筑材料和水泥混合材料；喷出岩的物理力学性质介于岩浆岩与火山岩之间。

###### 2. 沉积岩

沉积岩是由母岩（岩浆岩、变质岩和已形成的沉积岩）在地表风化剥蚀，经过搬运、沉积和石化等作用而形成的岩石，它占地表的66%，是地表的主要岩类。沉积岩可分为碎屑岩类（如凝灰岩、砾岩等）、黏土岩类（如页岩、泥岩等）和化学及生物化学岩类（如石灰岩、白云岩等）。

沉积岩的物理力学性质与矿物、岩屑的成分以及胶结物质的性能有很大关系，通常表现出

各向异性的特点。与深成岩相比,沉积岩密度小,孔隙率和吸水率大,强度低,耐久性差。

### 3. 变质岩

变质岩是原生的岩浆岩和沉积岩经过地质上的变质作用而形成的岩石。变质作用是指在地壳内部高温、高压和热液的综合作用下,原有岩石的结构和组织改变或部分矿物再结晶,从而生成与原岩结构性质的新岩石的过程。典型的变质岩存在于前寒武纪或造山带区域。变质岩可分为片理状岩类(如片岩、千枚岩等)和块状岩类(如大理岩、石英岩等)。

变质岩的物理力学性质不仅与原岩性质有关,而且与变质作用条件及变质程度有关。由沉积岩得到的变质岩受高压和重结晶作用,比原岩更加坚固、耐久;由深成岩得到的变质岩经变质作用后产生片状结构,耐久性降低。

### (二)岩石的鉴别

岩石种类繁多,很难找到严格按照上面分类的单一类型岩石。因此,在选用岩石的时候要严格按照规范要求,对岩相、岩性进行细致的鉴定,以避免选岩不当造成的负面影响。

常用的岩石鉴定方法是根据岩石外观特征,借助简单工具和试剂,凭肉眼观察岩石的岩相结构和性质,从而对岩石的矿物组成、结构和构造进行初步的了解,以确定岩石名称或类别。简易方法如下:

(1)根据岩石的产状,特殊的结构、构造,主要的或特殊的物质成分,来区分岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类岩石。

(2)如果确定是岩浆岩,则可根据颜色(矿物成分)、结构和构造决定岩石名称。在岩浆岩中,深色岩石主要含镁铁矿物,多为基性或超基性岩类;浅色岩石主要含硅铝矿物,多为中性或酸性岩类。

(3)如果确定是沉积岩,则先根据有无胶结物,把碎屑岩和化学岩、生物化学岩区分开。若为碎屑岩,则根据碎屑的大小分出砾岩(角砾岩)、砂岩或黏土岩;若为化学岩或生物化学岩,则用稀盐酸鉴别:岩石起泡为石灰岩,粉末起泡为白云岩,起泡后留下土状斑点者为灰泥岩。

(4)如果确定是变质岩,则应根据构造进一步划分。在定向构造岩石中,片理状构造的为片岩或千枚岩,麻状构造的为片麻岩,厚板状构造的为板岩;在块状构造的岩石中,滴稀盐酸起泡的为大理岩,不起泡的为石英岩。

通过岩石鉴定,不但能确定岩石名称,还有助于分析和掌握使用各项试验数据。三大岩类的区别主要体现在矿物组成、结构及构造等方面,如表 1-1 所示。

三大类岩石的主要区别

表 1-1

特 征	岩 浆 岩	沉 积 岩	变 质 岩
矿物成分及其特征	组成岩浆岩的矿物以硅酸盐矿物为主,其中最多的是长石、石英、黑云母、角闪石、辉石、橄榄石等。颜色较浅的,称为浅色矿物,因以二氧化物和钾、钠的铝硅酸盐类为主,又称硅铝矿物,如石英、长石等;颜色较深的,称为暗色矿物,因以含铁、镁的硅酸盐类为主,又称铁镁矿物,如黑云母、角闪石、辉石、橄榄石等	组成沉积岩的矿物成分约有 160 余种,但比较重要的仅有 20 余种,如石英,长石,云母,黏土矿物,碳酸盐矿物,卤化物及含水氧化铁、锰、铝矿物等。在一般沉积岩中,矿物成分通常不超过 1~3 种,很少超过 5~6 种	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新生矿物(变晶矿物):在变质作用过程中新生成的矿物。如黏土岩就是经过变质后生成的红柱石;</li> <li>2. 原生矿物:在变质作用过程中保留下来的原岩种的稳定矿物。如云英岩中的一部分石英就是花岗岩在云英岩化过程中保留下来的原生矿物;</li> <li>3. 残余矿物:在变质作用过程中残留下来的原岩中的不稳定矿物。如花岗岩在云英岩化过程中残留有不稳定的长石</li> </ol>

续上表

特 征	岩 浆 岩	沉 积 岩	变 质 岩
结构和构造	1. 具有粒状、玻璃、斑状结构，气孔、杏仁状、块状等构造； 2. 除喷出岩外，没有层状、片状等构造	1. 结构复杂，因形成环境而异； 2. 具有层理，在层面上有波痕	1. 具有片理； 2. 板状、片状核和片麻状构造，结晶质结构； 3. 砾石及晶体因受力可能变形
常用岩石类型	花岗岩、正长岩、安山岩、辉长岩、玄武岩等	凝灰岩、砾岩、砂岩、页岩、石灰岩等	千枚岩、板岩、大理岩、石英岩、片麻岩等

几种典型岩石的描述示例见表 1-2。

岩石岩相特征描述示例

表 1-2

		颜色	浅红色	深灰色	冰黄色	浅灰色	灰黑色
		构造	块状	层状	块状	气孔状	气孔状
岩 相 描 述	结 构	结晶程度	全晶质	—	完全	隐晶质	—
		矿粒大小	0.2~2.0mm	—	2.0~5.0mm	<1.0mm	<1.0mm
		胶结物	—	碳质	硅质	—	—
		特征结构	花岗状	致密状	—	斑状	致密状
矿 物 成 分	重要的	正长石、黑云母	方解石	石英	斜长石、角闪石	斜长石、辉石	
	次要的	—	—	—	—	—	
	次生的	—	—	—	—	—	
风 化 情 况	矿物光泽	光采	—	玻璃光泽	玻璃光泽	玻璃光泽(暗淡)	
	矿物变化	无显著变化	无变化	—	—	—	
	风化程度	新鲜	略经风化	轻度风化	轻度风化	略经风化	
结 论		细粒花岗岩	微晶石灰岩	中粒石英砂岩	安山岩	玄武岩	

## 二、石料的技术性质

石料的技术性质主要包括物理性质、力学性质、耐久性和化学性质等。

### (一) 物理性质

各种矿物间不同的组成排列形成了石料各异的结构性能。从质量和体积的物理观点出发，石料的内部组成结构是由矿质实体  $V_s$  和孔隙所组成，孔隙又分为与外界连通的开口孔隙  $V_i$  和与外界连通的闭口孔隙  $V_n$ ，如图 1-1a) 所示。石料各部分质量与体积的关系，如图 1-1b) 所示。

矿质实体与孔隙的比例和组成关系在一定程度上决定了石料的物理力学性质。石料的物理性质主要包括物理常数、吸水性、膨胀性、耐崩解性等。

#### 1. 物理常数

物理常数反映了石料矿物的组成结构状态，它与石料的技术性质有着密切的联系。在道路工程中，石料最常用的物理常数主要有真实密度、毛体积密度和孔隙率。这些物理常数在一定程度上表征石料的内部组成结构，可以间接预测石料的物理力学特性。在混合料组成设计计算时，这些物理常数也是重要的原始资料。



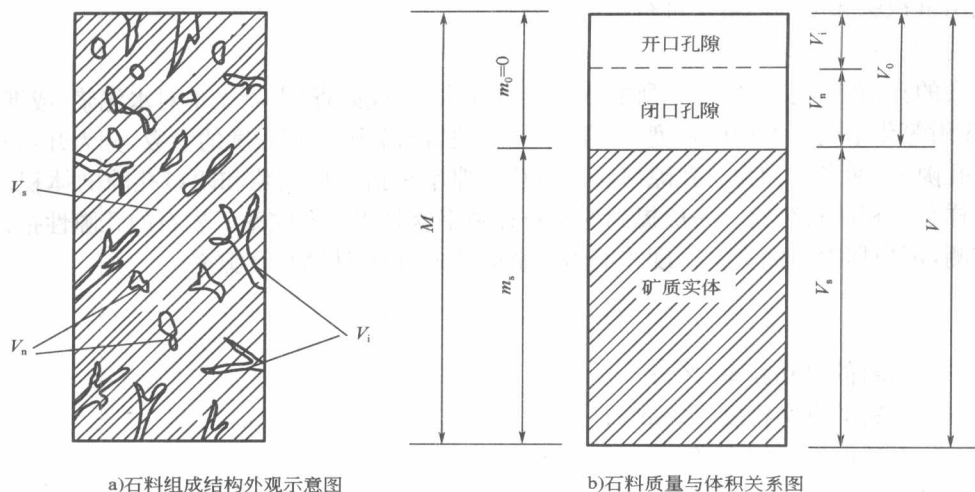


图 1-1 石料组成结构示意图

### (1) 密度

#### ① 真实密度

石料的真实密度又称密度或颗粒密度,是指在规定条件下烘干石料矿质单位真实体积(不包括开口体积与闭口孔隙体积)的质量。它是选择建筑材料、研究岩石风化、评价地基基础工程岩体稳定性及确定围岩压力等必需的计算指标。将石料试样粉碎成能通过 0.315mm 筛孔的岩粉并烘干至恒重,将已知质量岩粉灌入密度瓶中并注入试液(洁净水或煤油),采用煮沸法或真空抽气法排除气体,根据置换原理测定其真实体积,按式(1-1)计算真实密度。

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

式中: $\rho_t$ ——石料的真实密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  
 $m_s$ ——石料矿质实体的质量( $\text{g}$ );  
 $V_s$ ——石料矿质实体的体积( $\text{cm}^3$ )。

#### ② 毛体积密度

石料的毛体积密度又称块体密度,是指在规定条件下烘干石料包括孔隙在内的单位体积固体材料的质量,可按式(1-2)计算。它是一个间接反映石料致密程度、孔隙发育程度的参数,也是评价工程岩体稳定性及确定围岩压力等必需的计算指标。

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

式中: $\rho_d$ ——石料的毛体积密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  
 $m_s$ ——石料的质量( $\text{g}$ );  
 $V_s$ ——石料矿质实体的体积( $\text{cm}^3$ );  
 $V_n$ ——石料闭口孔隙的体积( $\text{cm}^3$ );  
 $V_i$ ——石料开口孔隙的体积( $\text{cm}^3$ );  
 $V$ ——石料的毛体积( $\text{cm}^3$ )。

石料毛体积密度试验可分为量积法、水中称量法和蜡封法。量积法用于能够制备成规则试件的岩石,水中称量法适用于除遇水崩解、溶解或干缩湿胀外的其他各类岩石,蜡封法适用