



国家示范性高等职业院校建设计划项目
高等职业教育规划教材

道路建筑材料

DAOLU JIANZHU CAILIAO

芦国超 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家示范性高等职业院校建设计划项目
高等职业教育规划教材

道路建筑材料

主 编 芦国超
副主编 孙武斌 王 让
参 编 梁美萍 马维华 李淑娟
 颀明军 刘海军 王 睿
 杨素霞 张叶红
主 审 闫瑞兰

机械工业出版社

本书共分8个项目,主要介绍了砂石材料、石灰和水泥、稳定土材料、水泥混凝土和砂浆、沥青材料、沥青混合料、建筑钢材和聚合物材料等材料的基本组成、性能、技术标准及应用。本书每个项目中均包含若干任务单元和实操训练。其中实操训练是根据国家规范及行业标准编写,介绍了材料试验目的与适用范围、仪器设备与试样制备、试验步骤、计算与结果整理及分析等内容。每个项目均附有学习目标与能力训练题。

本书可作为高职院校公路与桥梁专业教学用书,也可作为土木工程等专业教学用书,还可供从事公路施工、检验检测工作的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/芦国超主编. —北京:机械工业出版社,2011.12
国家示范性高等职业院校建设计划项目·高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-30085-4

I. ①道… II. ①芦… III. ①道路工程-建筑材料-高等职业教育-教材 IV. ①U414

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第234691号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:覃密道 李莉 责任编辑:李莉

版式设计:霍永明 责任校对:陈立辉

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京富生印刷厂印刷

2012年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.25印张·502千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-30085-4

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

高等职业教育近几年迅猛发展。本书的编写突出了高等职业教育“以市场需求为导向，以职业技能培养为宗旨”的特色。

“道路建筑材料”是一门实践性和理论性比较强、涉及知识范围广的综合性课程，是道桥专业的重点专业基础课。本书的特点具体表现在：

1) 教与学互动，突出实践应用能力的培养，促使教师自身融入实践，不断提高，充实业务能力。

2) 以够用、能用为知识掌握范围，强化理论知识与实践应用的结合。

3) 突出新规范、新知识、新技术、新经验和未来技术发展的趋势。体现教学内容的先进性和前瞻性。

4) 架构合理、独特，各项目内容之间的排序上注重知识的次序和联系，各项目、单元任务的内容主次分明，每个项目均附有学习目标和能力训练题，方便教学。

本书由内蒙古建筑职业技术学院芦国超主编，呼和浩特市公路局王让、内蒙古建筑职业技术学院孙武斌担任副主编。编写分工为：内蒙古建筑职业技术学院芦国超、孙武斌、刘海军、杨素霞和北京工业职业技术学院王睿编写绪论、项目4、项目7、项目8及项目1的实操训练部分，内蒙古建筑职业技术学院李淑娟、马维华、梁美萍、张叶红编写项目1、项目2、项目3，内蒙古建筑职业技术学院颌明军编写项目5和项目6。全书由呼和浩特职业学院建筑工程分院闫瑞兰副教授主审。

由于编者水平有限，书中难免有错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
项目1 砂石材料	6
单元任务1 砂石材料的技术性质	6
单元任务2 矿质混合料的组成设计	20
实操训练	30
实训一 石料毛体积密度试验	30
实训二 石料单轴抗压强度试验	31
实训三 粗集料磨耗试验(洛杉矶法)	33
实训四 粗集料压碎值试验	35
实训五 粗集料密度试验(网篮法)	36
实训六 粗集料堆积密度及空隙率试验	38
实训七 细集料表观密度试验(容量瓶法)	40
实训八 细集料堆积密度及紧密密度试验	40
实训九 细集料筛分试验	42
实训十 粗集料及集料混合料的筛分试验(干筛法)	43
能力训练题	44
项目2 石灰和水泥	48
单元任务1 石灰	48
单元任务2 硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥	52
单元任务3 掺混合材料的硅酸盐水泥	60
单元任务4 其他品种水泥	65
实操训练	67
实训一 石灰有效氧化钙含量测定	67
实训二 水泥细度试验	68
实训三 水泥标准稠度用水量与凝结时间试验	70
实训四 水泥安定性的测定	73
实训五 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)	75
能力训练题	77
项目3 稳定土材料	80
单元任务1 稳定土概述	80
单元任务2 稳定土材料组成设计	82

单元任务3 水泥稳定土	85
单元任务4 石灰稳定土	86
单元任务5 石灰粉煤灰稳定土	88
实操训练	91
实训一 水泥或石灰剂量测定方法	91
实训二 无侧限抗压强度试验	93
能力训练题	96
项目4 水泥混凝土和砂浆	97
单元任务1 普通水泥混凝土	97
单元任务2 其他功能混凝土	155
单元任务3 建筑砂浆	166
实操训练	172
实训一 水泥混凝土拌合物的拌和与现场取样方法	172
实训二 混凝土拌合物坍落度试验	173
实训三 混凝土拌合物维勃稠度试验	175
实训四 水泥混凝土毛体积密度试验	176
实训五 水泥混凝土抗压强度试验	177
实训六 水泥混凝土抗折强度试验	179
实训七 砂浆稠度、分层度试验	180
实训八 砌筑砂浆抗压强度试验	182
能力训练题	184
项目5 沥青材料	188
单元任务1 沥青及其分类	188
单元任务2 石油沥青	189
单元任务3 石油沥青的技术性能	192
单元任务4 煤沥青	207
单元任务5 乳化沥青	210
单元任务6 其他沥青	216
实操训练	217
实训一 沥青针入度试验	217
实训二 沥青延度试验	220
实训三 沥青软化点测定（环球法）	221
能力训练题	224
项目6 沥青混合料	226
单元任务1 沥青混合料概述	226
单元任务2 热拌沥青混合料	239
单元任务3 其他沥青混合料	260
单元任务4 新型沥青混合料	263
实操训练	274

实训一 沥青混合料的制备和试件成型	274
实训二 沥青混合料密度试验	277
实训三 沥青混合料马歇尔稳定度及浸水马歇尔试验	278
实训四 沥青混合料车辙试验	280
能力训练题	283
项目7 建筑钢材	286
单元任务1 钢材的冶炼与分类	286
单元任务2 建筑钢材的技术性能	288
单元任务3 建筑钢材的标准与选用	294
实操训练	303
实训一 钢筋的拉伸试验	303
实训二 钢筋的冷弯试验	307
能力训练题	308
项目8 高分子聚合物材料	311
单元任务1 高分子聚合物概述	311
单元任务2 土工布	313
单元任务3 高分子聚合物改性水泥混凝土	315
能力训练题	316
参考文献	318

绪 论

一、道路建筑材料课程的具体任务

- 1) 了解材料的性能及检测方法。
- 2) 理解材料的组成结构与技术性质关系。
- 3) 初步掌握材料产源和加工工艺对其性能的影响。
- 4) 找出材料存在的问题和改善途径。
- 5) 注意材料保管和运输。

二、道路建筑材料课程的学习内容、学习任务及学习后应具备的能力

1. 本课程的主要内容

(1) 砂石材料 砂石材料是经人工开采的岩石或轧制碎石以及地壳表层岩石经天然风化而得到松散粒料。砂石材料可以直接应用于铺筑道路或砌筑各种桥梁结构物，也可以作为集料来配置水泥混凝土和沥青材料。

(2) 无机结构料及其制品 在道路与桥梁建筑中最常用到的无机结构料主要是石灰和水泥。水泥与集料配制的水泥混凝土是桥梁建筑中钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土结构的主要材料。随着高等级公路的发展，水泥混凝土路面已成为主要的路面类型之一。石灰、粉煤灰、水泥与土（或集料）拌制而成的稳定土广泛应用于路面基层，成为半刚性基层的重要组成部分。

此外，水泥砂浆是各种桥梁圬工结构物砌筑的重要结合料。

(3) 有机结合料及其混合料 有机结合料主要指沥青材料，它与不同粒径的集料组成沥青混合料，可以铺筑成各种类型的沥青路面，成为现代公路建筑中一种极为重要的建筑材料。

(4) 高分子聚合物材料 近年来随着我国化学工业的发展，多种高分子聚合物逐渐应用于道路和桥梁工程中，主要用来改善沥青混合料或水泥混凝土的性能，是一种有发展前途的新材料，如用作水泥混凝土路面的填缝料，配置改性沥青等。

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

本课程的主要内容是论述材料组成、结构、技术性质及它们之间的关系，论述材料的检验方法，利用试验评定其技术性质。通过学习使学生掌握材料的性能，选择和鉴定材料并能够正确使用材料。

道路建筑材料课程是一门专业基础课程，与物理、化学、材料力学、工程地质等课程有

着密切的联系，它是公路设计、施工，桥涵设计、施工，公路工程检测技术等课程的基础。

2. 学习本课程的任务

学习情境	核心技能	单元学习
砂石材料	能够进行矿质混合料的配合比设计；会操作集料技术性质常规试验仪器	单元任务1 砂石材料的技术性质
		单元任务2 矿质混合料的组成设计
		实操训练
石灰和水泥	能根据石灰和水泥特性、技术性质正确选择、合理使用；会操作水泥技术性质常规试验仪器	单元任务1 石灰
		单元任务2 硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥
		单元任务3 掺混合材料的硅酸盐水泥
		单元任务4 其他品种水泥
		实操训练
稳定土材料	能进行无机结合料稳定类材料的配合比设计；会操作石灰、工程用土技术性质常规试验仪器；会操作无机结合料稳定类材料技术性质常规试验仪器	单元任务1 稳定土概述
		单元任务2 稳定土材料组成设计
		单元任务3 水泥稳定土
		单元任务4 石灰稳定土
		单元任务5 石灰粉煤灰稳定土
		实操训练
水泥混凝土和砂浆	能够进行水泥混凝土的配合比设计；会操作水泥混凝土技术性质常规试验仪器	单元任务1 普通水泥混凝土
		单元任务2 其他功能混凝土
		单元任务3 建筑砂浆
		实操训练
沥青材料	熟悉道路沥青的生产、化学组分、品种、特性及用途；会操作沥青技术性质常规试验仪器	单元任务1 沥青及其分类
		单元任务2 石油沥青
		单元任务3 石油沥青的技术性能
		单元任务4 煤沥青
		单元任务5 乳化沥青
		单元任务6 其他沥青
		实操训练
沥青混合料	能够进行沥青混合料的配合比设计；会操作沥青混合料技术性质常规试验仪器	单元任务1 沥青混合料概述
		单元任务2 热拌沥青混合料
		单元任务3 其他沥青混合料
		单元任务4 新型沥青混合料
		实操训练
建筑钢材	熟悉建筑钢材的特性、品种及用途	单元任务1 钢材的冶炼与分类
		单元任务2 建筑钢材的技术性能
		单元任务3 建筑钢材的标准与选用
		实操训练

(续)

学习情境	核心技能	单元学习
高分子聚合物材料	熟悉高分子聚合物材料的品种、特性及用途	单元任务1 高分子聚合物概述
		单元任务2 土工布
		单元任务3 高分子聚合物改性水泥混凝土

3. 学习本课程后应具备的能力

- 1) 能说明道路桥涵工程常用原材料的类型、来源及用途。
- 2) 能说明道路桥涵工程常用原材料的技术性质评价指标。
- 3) 会操作道路桥涵工程常用原材料技术性质检验的仪器。
- 4) 能说明道路桥涵工程常用混合材料的技术性质评价指标。
- 5) 会操作道路桥涵工程常用混合材料技术性质检验的仪器。
- 6) 能进行道路桥涵工程常用混合材料的组成设计。
- 7) 能初步根据试验检测技术规范对常用原材料及混合材料的成品质量进行检查和控制。

三、道路建筑材料具备的工程性质

道路与桥梁建筑物,不仅要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。所以用于公路和桥梁建筑的材料,既要具备一定的力学性质,又要保证在各种自然条件下,综合力学性能不会下降。

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。目前除通过测定各种材料的静态强度(如抗压、拉、弯、剪等强度)来反映材料的力学性质外,还可通过磨损、磨光、冲击等经验指标来反映。

2. 物理性质

材料在使用过程中,其力学强度随温度和湿度等物理因素影响而改变。一般材料随温度的升高、湿度的加大,强度会降低。因此材料的温度稳定性、水稳定性是材料性能的主要指标之一。

通常通过测定材料的物理常数,如密度、实积率、含水量等来了解材料的内部组成结构,并且根据物理常数与力学性能之间的一定相关性,来推断材料的力学性质。

3. 化学性质

在公路与桥梁建筑中,材料自身的化学成分将影响材料及混合材料的性质,由此也影响结构物的受力或使用性能。

化学性质是材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁材料在受到周围介质(如桥墩在工业污水中)的侵蚀时,会导致强度降低;在受到大气因素(如气温的交替变化,日光中的紫外线,空气中的氧、水等)的综合作用,会引起材料的“老化”,特别是各种有机材料(如沥青材料等)表现更为显著。

4. 工艺性质

工艺性质是指材料适合于按一般工艺要求加工的性能,例如水泥混凝土拌合物需要一定的和易性,以便浇筑。材料工艺性质是通过一定的试验方法和指标进行控制。

四、道路建筑材料与路桥工程的关系

1. 材料是工程结构物的物质基础

道路建筑材料是道路、桥梁等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质量。道路工程结构物裸露于大自然中,承受瞬时、反复动荷载的作用,材料的性能和质量对结构物的使用性能影响很大。近几年来由于交通量的迅速增长和车辆行驶的渠化,一些高等级路面出现较严重的波浪、车辙等病害现象,这些均与材料的性质有一定的关系。

2. 材料的使用与工程造价密切相关

在道路与桥梁结构物的修建费用中,道路材料费用通常在道路工程总造价中约占60%~70%,因此合理地选择和使用材料,对节约工程投资、降低工程造价十分必要。

3. 材料科学的进步可以促进工程技术发展

工程建筑设计、工艺的更新换代,往往要依赖于新材料的发展;同时,新材料的出现和使用,必然导致工程建筑设计、工艺的新突破。在道路与桥梁工程建设中,材料同样是促进道路与桥梁工程技术发展的重要基础。

五、道路建筑材料的检验方法和技术发展

1. 道路建筑材料的一般检验方法

道路建筑材料试验是道路建筑材料课程的重要组成部分。材料应具有一定的技术性能,而对这些性能的检验,必须通过适当的测试手段来进行。检验测定道路与桥梁结构物中所用材料在实际结构物中的性质,可采用试验室内原材料性能测定、试验室内模拟结构检验测定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。而道路建筑材料课程主要着重于试验室内原材料性能检验测定。室内材料试验包括:物理性质试验、力学性质试验、化学性质试验、工艺性质试验。

2. 道路建筑材料性质的标准化和技术标准

道路与桥梁结构物所用材料及其制品必须具有一定的技术性质,以适应道路与桥梁结构物不同建筑结构与施工条件的要求。这些要求体现为国家标准或有关的技术规范规定的一些技术指标。在道路设计与建筑过程中我们应按这些指标来评价道路材料的质量。

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。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需制定“国家标准”,国家标准由国务院标准化行政主管部门编制计划,组织草拟、统一审批、编号、发布。我国国家标准以符号“GB”代表,还要注明编号,制定修订年份、标准名称等。对没有国家标准而又需要在全国某行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准,行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案,在公布国家标准之后,该项行业标准即行废止。推荐性行业标准,在行业标准后加“T”。在标

准后加“J”，表示“基本建设方面”。

我国国家标准及与道路材料有关的几个行业标准代号示例见表 0-1。

表 0-1 国家标准和行业标准代号

标 准 名 称	代号（汉语拼音）	示 例
国家标准	国标 GB（Guo Biao）	GB175—2007 通用硅酸盐水泥
交通行业标准	交通 JT（Jiao Tong）	JTJ052—2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规范
建材行业标准	建材 JC（Jian Cai）	JC/T479—1992 建筑生石灰
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/T033—1992 煤沥青筑路油

项目1 砂石材料

✧ 学习目标

了解石料和集料的技术性质和技术标准，掌握级配理论和组成设计方法。

砂石材料是道路与桥梁建筑中用量最大的一种建筑材料，它可以直接用于道路或桥梁的圬工结构，也可以作为水泥混凝土、沥青混合料的集料。用作道路与桥梁建筑的砂石材料都应具备一定的技术性质，以适应不同工程建筑的技术要求。特别是作为水泥（或沥青）混凝土用集料，应严格按级配理论组成。因此，必须掌握其组成设计的方法。

单元任务1 砂石材料的技术性质

砂石材料包括天然岩石、人工轧制的集料以及工业冶金矿渣等，下面论述这些材料的特征及技术性质。

一、岩石学特征及岩石的技术性质

（一）岩石学特征

岩石定义：在建筑结构工程中，所使用的岩石通常指由天然岩石经机械加工制成的，或者由直接开采得到的具有一定形状和尺寸的岩石制品。

1. 造岩矿物

不同造岩矿物和成岩条件使得各类天然岩石具有不同的结构和构造特征。石料的物理力学性质在很大程度上取决于天然岩石的矿物成分，以及这些矿物在岩石中的结构与构造。

所谓的造岩矿物是具有一定化学成分和结构特性的天然化合物或单质，简称矿物，由一种或两种以上的矿物组成不同的岩石。由于各种矿物具有确定的化学组成与特有的结构构造，对石料的物理力学特性有着不同的影响。表 1-1 为几种代表性的矿物。

表 1-1 常见造岩矿物

序号	名 称	矿 物 颜 色	化 学 成 分	密 度/(g/cm ³)	莫氏硬度	备 注
1	长石	灰、白色	KAlSi ₃ O ₈	2.6	6	多见于花岗石中
2	石英	无色、白色等	SiO ₂	2.6	7	多见于花岗岩、石英岩中

(续)

序号	名 称	矿 物 颜 色	化 学 成 分	密度/(g/cm ³)	莫氏硬度	备 注
3	白云母	黄、灰、浅绿	KAl ₂ (OH) ₂ [AlSi ₃ O ₁₀]	2.9	2~3	有弹性、多以杂质状态在
4	方解石	白色、灰色等	CaCO ₃	2.7	3	多见于石灰岩、大理石岩中
5	白云石	白、浅绿、棕色	CaCO ₃ 、MgCO ₃	2.83	3.5	多见于白云岩中
6	硫铁矿	亮黄色	FeS ₂	5.2	6	为岩石中的杂质

2. 岩石分类

岩石的性质除了与构成岩石的矿物有关之外，还取决于不同的成岩条件。根据成岩条件，将岩石分成三类，见表1-2。

表 1-2 三种岩石种类的特征

类 型		成 因	矿物结构与构造	常见代表岩石
岩 浆 岩	深成岩	由地壳深处的岩浆冷凝而成	结晶体和块状构造、结构致密	花岗岩
	喷出岩	由岩浆喷出地面后凝结而成	呈隐晶质或玻璃结构	玄武岩、安山岩
沉积岩		母岩风化后的物质经水流搬运、沉积、硬结而成	颗粒物质和胶结物质组成，大多呈现层理构造	石灰岩、砂岩
变质岩		经地壳内部高温、高压等多种过程综合作用，岩石矿物重新再结晶变质后而形成	结构与变质经历有关——如受到高压作用再结晶后的变质岩将质地紧密；相反则变质后形成片状结构	大理岩、石英岩、片麻岩

3. 常见岩石种类

路桥工程中常用岩石类型见表1-3。

表 1-3 常用岩石类型

类 型	矿 物 组 成	外 观 色 泽	性 能	用 途
花岗岩	石英、长石、云母	多种色泽，如深青、浅灰、黄、红等	结构密实、密度大、抗压强度高、耐久性好	优质石料，广泛用于砌筑、装饰工程和集料
玄武岩	超基性长石、辉石	多为黑色、黑褐色	硬度高、脆性大、耐久性好	轧制集料等
石灰岩	方解石，少量白云石	大多呈浅灰色	质地细密、坚硬、抗风化	砌筑工程、轧制成集料、烧制石灰
砂岩	石英，少量长石、方解石、云母等	灰色、白色或红色	硅质、石英质胶结砂岩密实、坚硬、耐久性好；泥质、粉砂岩强度低，耐久性差，遇水软化	质地坚硬的砂岩用做建筑材料
石英岩	结晶氧化硅	色泽较浅	质地坚硬、强度高	砌筑工程

另外，根据石料组成中二氧化硅成分含量的多少，将岩石分成不同酸碱性石料，见表1-4。

表 1-4 岩石的酸碱性

类 型	二氧化硅含量 (%)	代 表 岩 石	亲 水 系 数
酸性石料	>65	石英岩	1.06
中性石料	52~65	闪长岩	—
碱性石料	<52	石灰岩	0.79

表中的亲水系数表明石料对水亲和力的大小。亲水系数越大，说明石料与水的结合程度越高，相对应与沥青的结合力就越弱，所以石料的酸碱性直接影响到石料和沥青构成的混合料的性质。

(二) 岩石的技术性质

岩石的技术性质，主要从物理性质、力学性质和化学性质三方面进行评价。

1. 物理性质

岩石的物理性质包括：物理常数（如真实密度、毛体积密度和孔隙率等）、吸水性（如吸水率、饱水率）和抗冻性。

(1) 物理常数 物理常数主要指岩石的密度和孔隙率，此类常数能够直接影响到岩石的力学性质，也是将岩石用于混合料配合比设计的参数之一。岩石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 1-1a 所示。各部分质量与体积的关系如图 1-1b 所示。

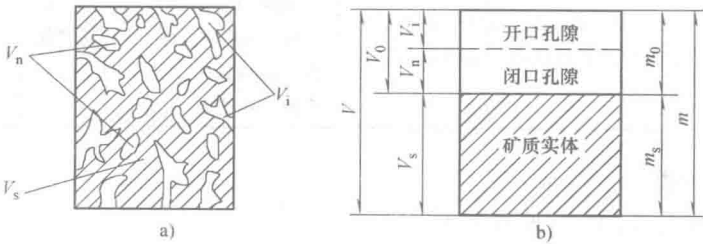


图 1-1 岩石组成部分的质量与体积关系示意图

a) 岩石组成结构外观示意图 b) 岩石结构的体积与质量关系示意图

密度定义为在规定条件下（大多指规定的温度）岩石矿质实体单位体积的质量。由于岩石在组成结构上或多或少存在着孔隙，而孔隙又分为与外界连通的开口孔隙和与外界不连通的闭口孔隙，所以岩石（包括集料）的密度就有数种不同形式。

① 真实密度。真实密度是指在规定条件下（105℃ ± 5℃ 下烘至恒重，同时，温度在 20℃ ± 2℃），烘干岩石矿质实体单位真实体积（不包括开口与闭口孔隙体积）的质量，用 ρ_t 表示，按照式（1-1）计算。

$$\rho_t = \frac{m_s}{V_s} \tag{1-1}$$

式中 ρ_t ——石料的真实密度（g/cm³）；
 m_s ——石料矿质实体的质量（g）；
 V_s ——石料矿质实体的体积（cm³）。

岩石真实密度的测定方法按我国现行标准《公路工程岩石试验规程》（JTG E41—2005）

采用“密度瓶法”。要获得矿质实体的体积,必须将岩石粉碎磨细,通过试验测定出来。

② 表观密度。表观密度是指在规定条件下,烘干岩石矿质实体,包括闭口孔隙在内的单位表观体积的质量,用 ρ_s 表示,按照式(1-2)计算。

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

式中 ρ_s ——岩石的表观密度 (g/cm^3);

m_s ——岩石矿质实体的质量 (g);

V_s ——岩石矿质实体的体积 (cm^3);

V_n ——岩石矿质实体中闭口孔隙的体积 (cm^3)。

③ 毛体积密度。毛体积密度是指在规定条件下,烘干岩石矿质实体包括孔隙(闭口、开口孔隙)体积在内的单位毛体积的质量。根据岩石含水状态,毛体积密度可分为干密度、饱和密度和天然密度。用 ρ_0 表示,按照式(1-3)计算。

$$\rho_0 = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i} \quad (1-3)$$

式中 ρ_0 ——岩石的毛体积密度 (g/cm^3);

m_s ——岩石矿质实体的质量 (g);

V_s ——岩石矿质实体的体积 (cm^3);

V_n ——岩石矿质实体中闭口孔隙的体积 (cm^3);

V_i ——岩石矿质实体中开口孔隙的体积 (cm^3)。

岩石毛体积密度的测定方法按我国现行标准《公路工程岩石试验规程》规定,利用量积法、水中称量法和蜡封法来测定毛体积密度。

④ 孔隙率。孔隙率是指岩石孔隙体积占岩石总体积(包括开口孔隙和闭口孔隙体积)的百分率,由式(1-4)计算。

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

式中 n ——岩石的孔隙率(%);

V_0 ——岩石的孔隙(包括开口和闭口孔隙)的体积(cm^3);

V ——岩石的总体积(cm^3)。

将式(1-1)和式(1-3)代入式(1-4)可得式(1-5)。

$$n = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_t}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 n ——岩石的孔隙率(%);

ρ_t ——岩石的真实密度 (g/cm^3);

ρ_0 ——岩石的毛体积密度 (g/cm^3)。

(2) 吸水性 吸水性是指岩石在规定条件下吸水能力的大小,这一性质用吸水率和饱水率两种形式表示。前者指常温、常压条件下岩石试样最大吸水质量与烘干岩石试件质量之比,以百分率表示;而后者是在一定真空条件下岩石最大吸水质量与烘干岩石试件质量之比,以百分率表示。显然后者往往要大于前者。我国现行标准《公路工程岩石试验规程》规定前者采用自由吸水法测定;而后者采用煮沸法或真空抽气法测定,两者可采用式(1-6)

计算:

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

式中 w_x ——石料试样的吸水率或饱水率 (%) ;

m_1 ——烘至恒重时的试样质量 (g) ;

m_2 ——吸水 (或饱水) 至恒重时试样质量 (g) 。

吸水率、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。

(3) 抗冻性 抗冻性是指岩石在饱水状态下, 能够经受反复冻结和融化而不破坏, 并不严重降低强度的能力。

岩石经多次冻融交替作用后, 表面将出现剥落、裂纹, 产生质量损失, 强度降低。因此要求在寒冷地区, 冬季月平均气温低于 -15°C 的重要工程, 岩石吸水率大于 0.5% 时, 都需要对岩石进行抗冻性试验。

这一性质优劣的判定采用直接冻融法和硫酸钠法两种方式。岩石抗冻性试验通常采用前一种方法, 即试件在饱水状态下, 在 -15°C 时冻结 4h 后, 放入 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 水中融解 4h, 为冻融循环一次, 如此反复冻融至规定次数为止。经历规定的冻融循环次数 (如 10 次、15 次、25 次等), 详细检查各试件有无剥落、裂缝、分层及掉角等现象, 并记录检查情况。将冻融试验后的试件烘至恒重, 称其质量, 然后测定其抗压强度, 并计算岩石的冻融质量损失率和耐冻系数。试验检测结果可用式 (1-7) 和式 (1-8) 来计算:

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

$$K = \frac{R_2}{R_1} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 $Q_{\text{冻}}$, K ——经历冻融循环作用后, 岩石的质量损失率和耐冻系数 (%) ;

m_1 ——试验前烘干岩石试件的质量 (g) ;

m_2 ——经历若干次冻融循环作用后, 烘干岩石试件的质量 (g) ;

R_1 ——试验前岩石试件的饱水抗压强度 (MPa) ;

R_2 ——经历若干次冻融循环作用后, 岩石试件的饱水抗压强度 (MPa) 。

上述物理性质的具体表现, 在一定程度上都与岩石的孔隙率有相应的关系。当孔隙率高, 特别是与外界相通且较粗大的开口孔隙发达时, 使岩石的表观密度和毛体积密度减小, 相应的吸水性加大, 抗冻性能变差。因此通过对岩石物理指标的了解, 可以在一定程度上预测岩石一些工程性质的好坏, 认知岩石力学性质的表现。

2. 力学性质

岩石的力学性质是指岩石在公路与桥梁工程应用中, 所表现出的抗压、抗剪、抗弯拉的能力, 以及抵抗冲击荷载、剪切和摩擦作用的能力。实践中岩石的这一性质常用抗压强度和磨耗率两项指标来表示。

(1) 单轴抗压强度 岩石的单轴抗压强度, 我国现行标准《公路工程岩石试验规程》规定: 将岩石制备成标准试件 (建筑地基用岩石制备成直径为 $50 \pm 2\text{mm}$, 高径比为 2:1 的圆柱体试件; 桥梁工程用岩石制备成边长为 $70 \pm 2\text{mm}$ 的立方体试件; 路面工程用岩石制备