



高等学校**应用型本科**规划教材

道路建筑材料

主 编 伍必庆
主 审 申爱琴



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校应用型本科规划教材

Daolu Jianzhu Cailiao
道路建筑材料

主 编 伍必庆

主 审 申爱琴

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是根据高等学校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业及其相关专业应用型本科层次的教学要求而编写,全面讲述了有关道路建筑材料的相关知识。本书总体上分为两篇,上篇讲述了砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土和砂浆、沥青材料、沥青混合料、高分子合成材料、建筑钢材等公路建筑常用材料的基础知识,下篇以现行标准规范为依据列举了这些建筑材料的常规试验方法。

本书是高等学校应用型本科规划教材,适合于应用型本科院校学生、继续教育学院本专科学生和高职高专院校专升本学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/伍必庆主编. —北京:人民交通出版社, 2007.1

ISBN 978-7-114-06356-5

I. 道… II. 伍… III. 道路工程—建筑材料
IV. U414

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第155684号

高等学校应用型本科规划教材

书 名:道路建筑材料

著 者:伍必庆

责任编辑:毛 鹏

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.ccpres.com.cn>

销售电话:(010) 85285838, 85285995

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:廊坊市长虹印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:21

字 数:524千

版 次:2007年1月 第1版

印 次:2007年1月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-06356-5

印 数:0001—4000册

定 价:37.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

为深入贯彻落实《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》及全国普通高等学校教学工作会议的有关精神,深化教育教学改革,提高土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业及其相关专业应用型本科教育的教学质量,在总结应用型本科教育办学实践经验的基础上编写本教材。

本教材依据应用型本科教育对土木工程专业(路、桥、隧方向)的人才培养目标、培养规格、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和素质结构要求进行编写,教材中所阐述的内容反映了交通部最新颁布的技术标准和规范。本教材体现了如下特点:

1. 结构合理性。按照土木工程专业(路、桥、隧方向)培养目标的要求,教材的体系设计合理,循序渐进,符合学生心理特征和认知、技能养成规律。每章列有小结,便于学生学习本章核心内容。

2. 知识实用性。本教材体现了以能力为本位,以应用为核心,以实用、实际、实效为原则,紧密联系生产实际,及时反映现阶段道路交通科技进步对专业人才的需要。同时,加强教学针对性,在以适应当前工作岗位群实际需要为主基调的同时,为将来的发展趋势留有接口。

3. 使用灵活性。本教材体现了教学内容弹性化,教学要求层次化,教材结构模块化,有利于按需施教,因材施教。教材中所选编的例题、习题,均来自工程实际,不仅代表性强,而且对解决实际问题具有较强的针对性。

4. 层次适用性。由于《道路建筑材料》各层次教材已出版较多,本教材在编写上注重以应用型本科学生、专升本学生和继续教育学院本专科学生为主要对象,考虑了理论与实践的有机结合,更注意其实际操作能力的培养。

《道路建筑材料》内容包括:砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土、沥青材料、沥青混合料、高分子合成材料、建筑钢材和木材等。并附有各项材料的试验方法。

本教材由内蒙古大学伍必庆副教授主编,由长安大学申爱琴教授主审。上篇中的第一章、第二章、第四章由伍必庆编写;第三章、第七章由鲁东大学郭兰英副教授编写;第五章、第六章由山东交通学院张爱勤副教授编写;下篇由内蒙古大学李艳丽编写。全书由伍必庆统稿。

由于时间仓促,编者的水平所限,在编写过程中难免出现缺点与不足,恳请读者批评指正。

编 者
2006 年 11 月

目 录

绪论	1
一、建筑材料在工程中的重要性	1
二、道路材料的分类和本课程研究的内容	2
三、材料的组成与技术性质的关系	3
四、道路材料应具备的技术性质	3
五、道路材料质量评价和技术标准	3
六、本课程的地位及其学习方法	4
复习思考题	5

上篇 道路建筑材料

第一章 砂石材料	6
第一节 砂石材料的技术性质	6
一、岩石的技术性质	6
二、集料的技术性质	13
第二节 矿质混合料的组成设计	18
一、矿质混合料的级配理论	18
二、级配曲线范围的绘制	21
三、矿质混合料的组成设计方法	22
复习思考题	29
习题	30
第二章 石灰和水泥	32
第一节 石灰	32
一、石灰的消化和硬化	33
二、石灰的技术要求和技术标准	33
三、石灰的应用和储存	37
第二节 硅酸盐水泥	37
一、概述	37
二、硅酸盐水泥矿物组成及特性	38
三、硅酸盐水泥的凝结硬化理论	40
四、硅酸盐水泥的技术性质和技术标准	42
五、硅酸盐水泥石的腐蚀与防止	47

第三节 掺混合材料水泥	48
一、混合材料的品种及性质	48
二、普通硅酸盐水泥	49
三、掺混合材料水泥	50
第四节 其他品种水泥	53
一、道路硅酸盐水泥	53
二、快硬硅酸盐水泥	54
三、膨胀水泥及自应力水泥	55
复习思考题	56
习题	58
第三章 水泥混凝土和砂浆	59
第一节 普通水泥混凝土	60
一、普通水泥混凝土的组成材料	60
二、普通水泥混凝土的技术性质	69
三、普通水泥混凝土以抗压强度为指标的配合比设计	82
四、路面水泥混凝土配合比设计	92
五、普通水泥混凝土的质量控制	97
第二节 其他功能混凝土	98
一、高强混凝土	98
二、流态混凝土	100
三、纤维增强混凝土	102
四、碾压式水泥混凝土	103
五、仿生裂缝自愈合混凝土	104
第三节 建筑砂浆	107
一、砌筑砂浆	107
二、抹面砂浆	114
三、防水砂浆	115
复习思考题	116
习题	117
第四章 沥青材料	119
第一节 石油沥青	120
一、石油沥青的生产和分类	120
二、石油沥青的化学组成和结构	122
三、石油沥青的技术性质	125
四、石油沥青的技术要求	137
五、改性石油沥青	137
第二节 煤沥青	144
一、煤沥青的化学组成和结构特点	144

二、煤沥青的技术性质与技术标准·····	145
三、煤沥青与石油沥青的鉴别·····	147
第三节 乳化沥青·····	147
一、乳化沥青的组成材料·····	148
二、乳化沥青的形成机理与分裂机理·····	150
三、乳化沥青的制备·····	151
四、乳化沥青的技术标准·····	152
复习思考题·····	154
第五章 沥青混合料 ·····	156
第一节 概述·····	156
一、沥青混合料的定义·····	156
二、沥青混合料的分类·····	157
第二节 热拌沥青混合料·····	157
一、沥青混合料的组成结构和强度理论·····	158
二、沥青混合料的组成材料·····	162
三、沥青混合料的技术性质和技术标准·····	165
四、沥青混合料配合比设计·····	174
第三节 其他沥青混合料·····	187
一、冷拌沥青混合料·····	187
二、煤沥青混合料·····	191
三、桥面铺装材料·····	192
四、水泥混凝土路面接缝材料——沥青胶黏剂·····	192
五、多孔隙沥青混凝土表面层 (PAWC) ·····	193
六、多碎石沥青混凝土 (SAC) ·····	194
七、再生沥青混合料·····	194
八、其他新型沥青混合料简介·····	195
复习思考题·····	196
习题·····	197
第六章 高分子合成材料 ·····	199
第一节 概述·····	199
一、基本概念·····	199
二、人工合成方法·····	201
三、高聚物的分类·····	202
第二节 塑料·····	202
一、塑料的组成·····	202
二、塑料的分类·····	204
三、合成树脂在道路工程中的应用·····	204

第三节 合成橡胶	205
一、合成橡胶的基本原料	205
二、合成橡胶的品种	206
三、合成橡胶在道路工程中的应用	206
第四节 高聚合物合金	206
一、高聚合物合金的组成	206
二、高聚合物合金的品种和应用	207
复习思考题	207
第七章 建筑钢材	208
一、钢材的分类及技术性能	208
二、化学成分对钢材技术性能的影响	213
三、桥梁结构钢的技术要求	214
四、桥梁结构用钢材	216
复习思考题	229
习题	229

下篇 道路建筑材料试验

第八章 砂石材料试验	230
一、岩石的密度试验、毛体积密度试验	230
二、岩石单轴抗压强度试验	233
三、粗集料及集料混合料筛分试验	235
四、粗集料密度及吸水率试验（网篮法）	238
五、粗集料堆积密度及空隙率试验	240
六、粗集料压碎值试验	242
七、粗集料磨耗试验（洛杉矶法）	244
八、细集料筛分试验	246
九、细集料表观密度试验（容量瓶法）	248
十、细集料堆积密度及紧装密度试验	250
十一、细集料压碎值指标试验	251
十二、细集料泥块含量、有机质含量、云母含量试验	252
第九章 石灰与水泥试验	256
一、有效氧化钙的测定	256
二、石灰氧化镁的测定	258
三、水泥细度检验方法（80 μ m 筛筛析法）	260
四、水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法	261
五、水泥胶砂强度检验方法（ISO法）	265
第十章 水泥混凝土和建筑砂浆试验	269
一、水泥混凝土拌和物的拌和与现场取样方法	269

二、水泥混凝土拌和物稠度试验（坍落度仪法）	270
三、水泥混凝土拌和物稠度试验（维勃仪法）	272
四、水泥混凝土立方体抗压强度试验	273
五、水泥混凝土抗弯拉强度试验	274
六、水泥砂浆立方体抗压强度试验方法	275
第十一章 沥青材料试验	277
一、概述	277
二、沥青的针入度、延度、软化点试验	279
三、沥青的标准黏度试验（道路沥青标准黏度计法）	285
四、沥青的蒸发损失试验	287
五、沥青薄膜加热试验	288
六、沥青旋转薄膜加热试验	291
七、沥青闪点与燃点试验（克利夫兰开口杯法）	292
八、沥青的含水量、黏附性试验	294
第十二章 沥青混合料试验	298
一、沥青混合料试件制作方法（击实法）	298
二、压实沥青混合料密度试验（表干法）	302
三、沥青混合料马歇尔稳定度试验	304
四、沥青混合料中沥青含量试验（离心分离法）	307
五、沥青混合料车辙试验	310
第十三章 建筑钢材试验	313
一、钢筋的拉伸试验	313
二、金属材料弯曲试验	317
参考文献	320

绪 论

建筑材料是构成建筑物和构筑物的物质基础，它是随着社会生产和材料科学的发展而发展的。人类社会的发展史伴随着材料的发明和发展。道路与桥梁建设是土木工程的一个重要组成部分，道路建筑材料用于路基、路面、桥梁、隧道等的各种构件和结构体并最终构成建筑物。

随着公路建设的大规模开展，道路建筑材料的使用和发展速度也越来越快，传统的建筑材料虽在基础工程中广泛应用，但已越来越不能满足快速发展的公路建设对高标准工程的要求。在当代道路工程建设中，水泥混凝土、钢材、钢筋混凝土、沥青和沥青混凝土虽是不可替代的结构材料，但新型合金材料、有机材料、新型土工合成材料、化学材料及各种复合材料等已占有相当重要的地位。

一、建筑材料在工程中的重要性

道路建筑材料是道路、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有密切的关系，材料的发展则可促进结构设计和施工工艺的发展。

道路工程结构物裸露于大自然，承受瞬时、反复荷载的作用，材料的性能和质量与结构物的使用性能和工程寿命有着极为密切的关系。近年来由于交通量的迅速增长和车辆行驶的渠化，一些高等级路面出现较严重的波浪、拥包、车辙现象，也与材料的性质有关。

道路材料费用在道路工程总造价中约占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，建筑材料质量的优劣直接关系到构筑物的使用效果。在道路建设中，材料的选择、生产、使用是否合理，检验标准是否合适，任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷，甚至重大的质量事故。因此合理地选择和使用材料，尽量就地取材，充分发挥材料的性能，尽力降低工程造价，并延长其使用寿命是非常重要的。作为一名道路工程专业技术人员，必须熟悉建筑材料的品种和性能，并能在不同的工程中合理使用，发挥材料的各种功能，降低材料成本。

材料科学的进步可以给工程提供优质的材料，而工程建设的发展必将促进材料科学的发展。随着国民经济和道路交通事业蓬勃发展，高等级道路建设的速度不断加快，对道路、桥梁、隧道等结构物提出了更高的要求，今后一段时间内，建筑材料将向以下几个方向发展。

(1) 高性能材料。将研制轻质、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，这对提高建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及其使用寿命等有着非常重要的作用。

(2) 复合化、多功能化。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料，

这对提高建筑物的使用功能、经济性及加快施工速度等有着十分重要的作用。

(3) 充分利用地方资源和工业废渣。充分利用工业废渣生产建筑材料,以保护自然资源、保护环境,维护生态环境的平衡。

(4) 节能材料。将研制和生产低能耗(包括材料生产能耗和建筑使用能耗)的新型节能建筑材料,这对降低建筑材料和建筑物的成本以及建筑物的使用能耗,节约能源起到十分有益的作用。

二、道路材料的分类和本课程研究的内容

由于建筑材料种类繁多,为便于区分和应用,工程中常从不同的角度对其分类。最常用的分类方法是按材料的化学成分及其使用功能和用途来分,见表 0-1。

建筑材料的分类

表 0-1

按化学成分分类	无机材料	金属材料	钢、铁、铝、铜、各类合金
		非金属材料	石灰、水泥、天然石料、混凝土等
	有机材料	沥青材料	石油沥青、煤沥青
		植物材料	木材、竹材
		合成高分子材料	塑料、橡胶等
按功能分类	结构材料	承受荷载作用	如构筑物的基础、柱、梁所用材料
	功能材料	特殊作用	起围护、放水、装饰、保温作用的材料
按用途分类	建筑结构、桥梁结构、水工结构、路面结构、墙体、装饰等材料		

本课程主要讲述以下材料:

(1) 砂石材料。砂石材料是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。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;一些具有活性的矿质材料或工业废渣,可作为水泥混凝土和沥青混合料中的掺合料。

(2) 无机结合料和水泥混凝土。路桥工程中采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级道路路面面层结构。水泥是配置水泥混凝土和预应力混凝土结构的主要材料,广泛应用于土木工程建设中。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。有机结合料主要是指石油沥青、煤沥青和乳化沥青,它们与集料可以配制成沥青混合料,修筑成不同类型的沥青路面。沥青混合料是现代路面建筑中很重要的一种材料。

(4) 高分子合成材料。各种高聚物材料应用于道路于桥梁建设中,除可以替代传统材料外,还可改善路桥工程材料的性能,加固土壤、改善沥青性能和增强水泥混凝土强度等。

(5) 钢材和木材。钢材是桥梁钢结构及钢筋混凝土结构的重要材料。木材在路桥工程中仅用作模板及拱架。

三、材料的组成与技术性质的关系

1. 化学成分

建筑材料的化学成分可用于评定材料的一系列性质，如耐火性、耐生物性、力学性质及其他技术性质。无机胶结材料中的水泥和石灰及岩石的化学成分，可以用它含有氧化物含量的百分数表示。

2. 矿物成分

材料的矿物成分表明材料是由什么矿物和多少矿物组成。例如，在硅酸盐水泥中含有硅酸三钙 45%~60%。它的含量愈多，水泥的硬化愈快，水泥石的强度愈高。

3. 相组成及相转变

在材料中有组成孔壁的固体物质，即材料的骨架相和充满水及空气的孔隙所组成的空间体。如吸水后受冻，水就在孔隙内结冻，从而改变了材料的机械性能和热工性能，同时体积增大，在多次冻融循环情况下，材料将被破坏。相转变影响材料整个性质和使用。

四、道路材料应具备的技术性质

路桥工程承受着复杂的荷载作用和自然因素的影响，因此道路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日光、温度变化、雨淋、冻融等自然因素作用的稳定性。为保证道路材料的综合力学强度和稳定性，要求道路材料具有以下几方面的技术性质。

1. 力学性质

力学性质是材料的重要性质，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，道路材料还根据受力特点，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的变化，研究材料黏—弹—塑性，目前已采用一些动态试验方法，测定材料的动态模量、疲劳强度等。

2. 物理性质

材料的化学组成和结构应保证材料具有一定的密度和孔隙率并具有对水的作用的稳定和抗冻融的能力。通常通过测定一些物理常数来反映材料的内部组成和构造，并可与材料力学性质进行关联。

3. 化学性质

材料应该具有抵抗化学作用的能力，道路材料可能受到化学侵蚀作用和自然因素综合作用，引起性质变化即材料的老化。近代测试手段可通过红外光谱、核磁共振波谱、X射线衍射及扫描电镜等来研究材料的微观结构，揭示材料化学性质变化的实质。

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，例如，水泥混凝土拌和物需要一定的流动性，以便浇筑。材料工艺性质通过一定的试验方法和指标进行控制。

五、道路材料质量评价和技术标准

建筑材料及其制品必须具备一定的技术性能以满足工程的需要，而各种材料由于化学组

成、结构及构造的差异而带来性质的差异或因试验方法的不同而影响测定的数值结果。因此，必须有统一的技术质量要求和统一的试验方法进行评定，这些要求或方法体现在由国家标准或有关的技术规范、规定的各项技术指标，在道路设计、施工和验收过程中应以这些标准的方法和指标为基础共同遵守。

建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准和企业标准，各级标准分别由相应的标准管理部门批准并颁布，我国国家技术监督局是国家标准化管理的最高机构。国家标准和行业标准是全国通用标准，是国家指令性技术文件，各级生产、设计、施工等部门，均必须严格遵照执行。

各级标准都有各自的部门代号，例如：GB——国家标准；GBJ——建筑工程国家标准；JGJ——建设部行业标准；JC——国家建材局标准；JTJ——交通部部颁标准等等。标准的表示方法，由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成，如：国家标准《硅酸盐水泥》(GB 175—1999)，标准的部门代号为GB，编号为175，批准年份为1999年。上述标准为强制性国家标准，任何技术（产品）不得低于此标准。此外，还有推荐性国家标准，以GB/T为标准代号，它表示也可以执行其他标准，为非强制性。行业标准和企业标准以此类推。

根据国际技术和经济交流与合作的需要我国参加ISO和IEO两个国际标准化组织的活动。工程中可能采用的其他技术标准还有国际标准（代号ISO）、美国国家标准（ANSI）、英国标准（BS）、德国工业标准（DIN）、法国标准（NF）和日本工业标准（JIS）等。

六、本课程的地位及其学习方法

《道路建筑材料》是一门技术基础课程，它与物理学、化学、理论力学、材料力学以及工程地质等学科有密切的联系。同时，它也为后继的《桥梁工程》、《路基路面工程》等专业课程提供材料方面的基础知识。通过学习本课程知道各种材料的原料、生产工艺、组成结构和技术性质，目的是熟悉材料的加工工艺及其结构与材料技术性质的关系，了解材料的用途及使用方法与性能之间的关系。通过学习会运用技术规范规定的技术指标，更好地选择和应用材料，并进一步改善材料的性能。

建筑材料的内容庞杂、品种繁多，涉及到许多学科或课程，其名词、概念和专业术语多，且各种建筑材料相对独立，即各章之间的联系较少。此外公式推导少，而以叙述为主，许多内容是实践规律的总结。因此其学习方法与力学、数学等完全不同。学习建筑材料时应从材料科学的观点和方法及实践的观点来进行，否则就会感到枯燥无味，难以掌握建筑材料组成、性质、应用以及它们之间的相互联系。学习建筑材料时，应从以下几个方面来进行：

(1) 熟悉材料的组成、结构和性质间的关系。材料的组成和结构决定材料的性质和应用，因此学习材料的组成、结构与性质间的关系时，应特别注意材料内部的孔隙数量、孔隙大小、孔隙状态及其影响因素，它们对材料的所有性质均有影响，并使材料的大多数性能降低，同时还应注意外界因素对材料结构与性质的影响。

(2) 运用对比的方法。通过对比各种材料的组成和结构来学习它们的性质和应用，特别是通过对比来熟悉它们的共性和特性。这在学习水泥、混凝土、沥青材料等时尤为重要。

(3) 密切联系工程实际，重视试验课并做好实验。建筑材料是一门实践性很强的课程，学习时应注意理论联系实际，利用一切机会注意观察周围已经建成的或正在施工的建

程,提出一些问题,在学习中寻求答案,并在实践中验证和补充书本所学内容。试验课是本课程的重要教学环节,通过实验可验证所学的基本理论,学会检验常用建筑材料的实验方法,熟悉一定的试验技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断。这对培养学习与工作能力及严谨的科学态度十分有用。

本章小结

本章介绍了建筑材料的分类及其在道路工程中的重要性,并介绍了材料的技术标准及代号、道路建筑材料在工程中的作用,从根本上讲就是其性质的表现。合理选择、应用、分析和评价材料,是以材料的性质为依据。在工作中要正确使用材料,就必须知道各种材料的技术性质。

本课程所指材料的基本性质,是指材料处于不同的使用条件和使用环境时,通常必须考虑的最基本和共有的性质。在学习本课程时,应熟悉各种材料的性质含义及影响这些性质的因素,知道彼此间的关系和材料的适用范围,以便联系工程实际合理使用材料。

复习思考题

1. 试述道路建筑材料在工程结构物中的重要性?
2. 试述“道路建筑材料”课程所研究的内容和任务?
3. 道路建筑材料应具备哪些性质?
4. 建筑材料是如何进行分类的?
5. 正确使用建筑材料对道路工程建设有何重大意义?

上篇 道路建筑材料

第一章 砂石材料

本章提要

本章着重讲述砂石材料的技术性质和技术要求，以及矿质混合料的级配理论和组成设计方法等。

通过本章学习，要求学生掌握砂石材料的技术性质和技术要求，了解砂石材料技术性质的检验方法，能运用级配理论进行矿质混合料的组成设计。

砂石材料是道路与桥梁建筑中用量最大的一种建筑材料，其物理力学性质很大程度上取决于天然岩石的矿物成分及这些矿物在岩石中的结构与构造。砂石材料可以直接（或经加工后）用于铺筑道路或作为桥梁的圬工结构，破碎后亦可作为水泥混凝土、沥青混合料的集料。用于铺筑道路或作为桥梁圬工结构的岩石或集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。特别是作为水泥混凝土和沥青混合料用的集料，要按级配理论计算其配合组成，因此，还必须掌握其组成设计的方法。

第一节 砂石材料的技术性质

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来进行评价。

一、岩石的技术性质

（一）岩石的物理性质

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、饱水率等）和抗冻性。

1. 物理常数

岩石的物理常数是岩石矿物组成结构状态的反映，它与岩石的其他技术性质有着密切的联系。在选用岩石制品时，这些物理常数也是重要的技术指标。

岩石是由各种矿物形成不同排列的各种结构，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）。各部分

的质量与体积的关系如图 1-1b)。

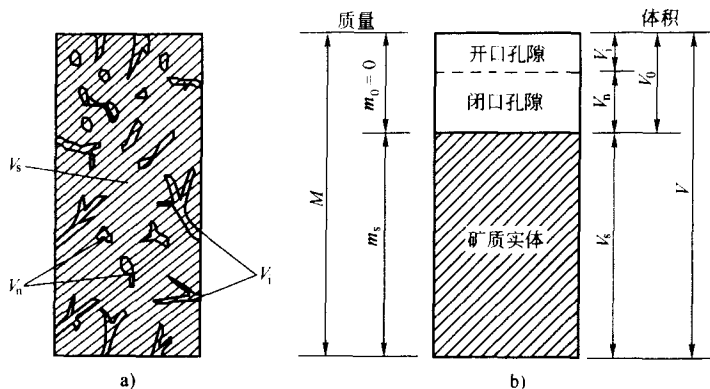


图 1-1 岩石组成结构示意图

a) 岩石组成结构外观示意图; b) 岩石质量与体积示意图

注: 岩石内部组成结构是由矿质实体和孔隙所组成的。孔隙又分为: 开口孔隙(与外界相连通的)和闭口孔隙(不与外界连通的)

(1) 密度

密度是岩石在规定条件(105~110℃烘干至恒量, 室温 20℃±2℃)下, 单位真实体积(不含孔隙的矿质实体的体积)的质量。密度用 ρ_i 表示。由图 1-1b) 体积与质量的关系可表示如式(1-1);

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

式中: ρ_i ——岩石的密度 (g/cm³);

m_s ——岩石矿质实体的质量 (g);

V_s ——岩石矿质实体的体积 (cm³)。

由于测定岩石密度是在空气中称量岩石质量的, 所以岩石中的空气质量 $m_0=0$, 矿质实体的质量就等于岩石的质量, 即 $m_s=M$, 故式(1-1)可改写为式(1-1')

$$\rho_i = \frac{M}{V_s} \quad (1-1')$$

式中: ρ_i , V_s ——意义同式(1-1);

M ——岩石的质量 (g)。

岩石密度的测定方法, 按我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)采用“密度瓶法”。试验时将岩石样品粉碎磨细后, 在 105~110℃条件下烘至恒量, 称得其质量。然后在密度瓶中加水经煮沸后, 使水充分进入闭口孔隙中, 通过“置换法”测定其真实体积。已知真实体积和质量即可按式(1-1')求得密度。

(2) 毛体积密度

毛体积密度是岩石在规定条件下, 单位毛体积(包括矿质实体和孔隙的体积)的质量。毛体积密度用 ρ_h 表示, 由图 1-1b) 体积与质量的关系可表示为式(1-2)。

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

式中： ρ_h ——岩石的毛体积密度（ g/cm^3 ）；

m_s 、 V_s ——意义同式（1-1）；

V_i 、 V_n ——岩石开口孔隙和闭口孔隙的体积（ cm^3 ）。

由于 $m_s = M$ ，岩石的矿质实体体积和孔隙体积之和即岩石的毛体积， $V_s + V_n + V_i = V$ ，故式（1-2）可写为式（1-2'）：

$$\rho_h = \frac{M}{V} \quad (1-2')$$

式中： ρ_h ——岩石的毛体积密度（ g/cm^3 ）；

M ——岩石的质量（ g ）；

V ——岩石的毛体积（ cm^3 ）。

岩石毛体积密度的测定方法，按我国现行《公路工程岩石试验规程》（JTG E41—2005）规定，采用“静水称量法”。该方法是，将规则岩石在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 烘干至恒量，测得其质量。然后将岩石吸水 24h，使其饱水后用湿毛巾揩去表面水，即可称得饱和面干时的岩石质量。最后用静水天平法测得饱和面干岩石的水中质量，由此可计算出岩石的毛体积。按式（1-2'）即可求得毛体积密度。此外，现行试验法亦允许用“封蜡法”来测定毛体积密度。

（3）孔隙率

岩石的空隙率是指岩石孔隙体积占其总体积的百分率，由图 1-1 可表示为式（1-3）：

$$n = \frac{V_o}{V} \times 100 \quad (1-3)$$

式中： n ——岩石的孔隙率（%）；

V_o ——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 ）。

孔隙率也可由密度和毛体积密度计算求得。由式（1-3）得：

$$n = \left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (1-3')$$

式中： n ——岩石的孔隙率（%）；

ρ_t ——岩石的真实密度（ g/cm^3 ）；

ρ_h ——岩石的毛体积密度（ g/cm^3 ）。

岩石的物理常数（密度、毛体积密度和孔隙率）不仅反映岩石的内部组成结构状态，而且间接地反映岩石的力学性质（例如相同矿物组成的岩石，孔隙率愈低，其强度愈高）。尤其是岩石的孔结构，会影响其所轧制成的集料在水泥（或沥青）混凝土中对水泥浆（或沥青）的吸收、吸附等化学交互作用的程度。

2. 吸水性

吸水性是岩石在规定的条件下吸水的能力。岩石与水作用后，水很快湿润岩石的表面并填充了岩石的空隙，因此水对岩石的破坏作用的大小，主要取决于岩石造岩矿物性质及其组织结构状态（即孔隙分布情况和孔隙率大小）。为此，我国现行《公路工程岩石试验规程》规定，采用吸水率和饱水率两项指标来表征岩石的吸水性。