

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

道路建筑材料

主 编 张思梅 柴换成
副主编 肖玉德 石云志 陈卫东 赵洪利
主 审 李兴旺



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

道路建筑材料

主 编 张思梅 柴换成

副主编 肖玉德 石云志 陈卫东 赵洪利

主 审 李兴旺



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分为两篇,第1篇介绍了道路建筑材料,主要内容包括砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土和砂浆、沥青材料及沥青混合料、建筑钢材等内容;第2篇主要介绍了道路建筑材料的试验,按照现行国家规范和行业标准,从适应高等级公路建设需要出发,选取了道路工程常用材料相关试验项目,介绍材料的试验目的、仪器设备、试样制备、试验步骤、试验记录、试验数据处理等内容。

本书注重理论与实际相结合,加大了实践运用力度。其内容具有系统性、全面性、针对性、实用性等特点,内容新颖、层次明确、结构有序。

本书可作为高职高专学校道路桥梁工程技术、市政工程技术、工程监理等专业的教学用书,也可供从事公路工程有关专业的技术人员与相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/张思梅,柴换成主编.—北京:中国水利水电出版社,2008

(高职高专土建类专业系列教材)

全国水利水电高职教研会、中国高职教研会水利行业
协作委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-5084-5272-2

I. 道… II. ①张…②柴… III. 道路工程—建筑材料—
高等学校:技术学校—教材 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 010886 号

书 名	高 职 高 专 土 建 类 专 业 系 列 教 材 全 国 水 利 水 电 高 职 教 研 会 规 划 推 荐 教 材 中 国 高 职 教 研 会 水 利 行 业 协 作 委 员 会 道 路 建 筑 材 料
作 者	主 编 张 思 梅 柴 换 成 副 主 编 肖 玉 德 石 云 志 陈 卫 东 赵 洪 利 主 审 李 兴 旺
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17.75印张 421千字
版 次	2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书是高职高专学校道路桥梁工程技术专业系列教材之一。它是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》文件精神,以及全国水利水电高职教研会(中国高职教研会水利行业协作委员会)建筑工程、道桥工程、市政工程类专业组于 2007 年 5 月广西南宁会议拟定的教材编写规划的基本要求而编写。

随着我国经济社会的快速发展,我国的公路交通建设将仍然保持高速发展的趋势。在这种新形式下,国家对公路桥梁建设和道路建筑材料的技术标准和技术要求也越来越高,对公路工程人才培养和培训的高职教育也提出了更高、更明确的要求。

本书是根据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式以及与之相适应的基本知识、关键技能和素质结构的要求,结合编者多年从事教学、科研和参加校企合作的实践经验而进行编写的。在编写中力求做到理论联系实际,注重科学性、实用性和针对性,能及时反映道路建筑材料的新技术、新标准,并紧密结合工程实际,突出学生应用能力的培养。

本书由张思梅、柴换成任主编,肖玉德、石云志、陈卫东、赵洪利任副主编,张思梅负责全书的统稿工作。具体编写分工是:安徽水利水电职业技术学院张思梅编写绪论;黄河水利职业技术学院王淑红编写第 1 章;安徽新华学院石云志编写第 2 章;张思梅、安徽交通职业技术学院肖玉德编写第 3 章;福建水利电力职业技术学院朱龙芬编写第 4 章;河南省建筑职工大学陈连姝、山西水利职业技术学院陈卫东编写第 5 章;山东水利职业学院柴换成编写第 6 章;山东水利职业学院赵洪利编写第 7 章;王淑红、柴换成编写第 8 章;安徽水利水电职业技术学院倪桂玲、杨凌职业技术学院程斌编写第 9 章。

全书由安徽水利水电职业技术学院李兴旺教授主审。此外,在教材的编写过程中得到了中国水利水电出版社韩月平编辑及编者所在单位的大力支持,在此一并表示感谢。

限于编者水平,不足之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2007 年 12 月

目 录

前言	1
绪论	1
第1篇 道路建筑材料	
第1章 砂石材料	4
1.1 石料的技术性质与技术标准	4
1.2 集料的技术性质	9
1.3 工业废渣	16
1.4 矿质混合料的组成设计	18
复习思考题	29
习题	29
第2章 石灰和水泥	31
2.1 石灰	31
2.2 硅酸盐水泥	37
2.3 掺混合材料水泥	46
复习思考题	54
第3章 水泥混凝土与砂浆	55
3.1 普通水泥混凝土	56
3.2 其他功能水泥混凝土	97
3.3 建筑砂浆	102
复习思考题	109
习题	109
第4章 沥青材料	112
4.1 石油沥青	112
4.2 煤沥青	131
4.3 乳化沥青	134
4.4 改性沥青	139
复习思考题	142
习题	142

第 5 章 沥青混合料	144
5.1 沥青混合料的定义、分类与基本性质	144
5.2 热拌沥青混合料	147
5.3 其他道路工程材料	173
复习思考题	178
习题	178

第 6 章 建筑钢材	179
6.1 建筑钢材的分类	179
6.2 建筑钢材的技术性质	180
6.3 桥梁建筑用钢材及其制品	184
6.4 钢材的检验	190
6.5 钢材的腐蚀与防护	191
复习思考题	192

第 2 篇 道路建筑材料试验

第 7 章 石灰、水泥及钢筋试验	193
7.1 石灰中有效氧化钙与氧化镁含量试验	193
7.2 水泥细度、标准稠度用水量、凝结时间和体积安定性试验	198
7.3 水泥胶砂强度 (ISO) 试验	205
7.4 钢筋拉伸与冷弯试验	208

第 8 章 水泥混凝土和砂浆试验	214
8.1 集料的表观密度、堆积密度和空隙率试验	214
8.2 粗集料针、片状颗粒含量试验	221
8.3 水泥混凝土粗集料压碎值试验	223
8.4 集料含水率试验	225
8.5 集料含泥量试验	227
8.6 水泥混凝土拌和物的拌制与工作性试验	230
8.7 水泥混凝土力学强度试验	234
8.8 混凝土拌和物表观密度试验	237
8.9 砂浆试验	238

第 9 章 沥青及沥青混合料试验	243
9.1 石油沥青的针入度、延度及软化点试验	243
9.2 岩石的抗压强度试验	251
9.3 粗集料的磨耗试验 (洛杉矶法)	253
9.4 沥青的黏附性试验	255
9.5 粗集料、细集料的筛分试验	257
9.6 沥青混合料的组成设计	263

9.7 沥青混合料的制备	264
9.8 沥青混合料物理指标的测定	267
9.9 沥青混合料的马歇尔稳定度试验	269
9.10 沥青混合料的车辙试验 (选做)	272
参考文献	276

绪 论

内容概述：绪论部分主要介绍道路建筑材料在道路与桥梁工程中的地位及其应具备的性质；阐述了本课程的讲授与学习方法。

学习目标：理解道路建筑材料质量的标准化和技术标准；了解道路建筑材料的发展。

道路建筑材料是研究道路与桥梁建筑用各种材料组成、生产、性能和应用的一门课程。随着道路与桥梁工程技术的发展，用于道路与桥梁工程建筑的材料不仅在品种上日益增多，同时对其性能和质量也不断提出更高的要求。

1. 道路建筑材料与路桥工程的关系

任何建筑物、构筑物都是由各种建筑材料组成的，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。材料质量的优劣、配制是否合理、选用是否适当等，均直接影响结构物的质量。路桥工程结构物裸露于大自然中，承受瞬时、反复动荷载的作用，材料的性能和质量将会对结构物的使用性能产生很大的影响。近年来由于交通量的快速增长和车辆行驶的渠化，许多高等级路面、桥面出现较严重的波浪、车辙等现象，与材料的性质都有一定的关系。

道路建筑材料和路桥的结构、施工之间存在着相互依存、相互促进的密切关系。新型建筑材料的出现，必将促进路桥结构设计及施工技术的革新与发展。

2. 道路建筑材料的主要内容

(1) 砂石材料。可以是自然风化得到的天然砂砾，也可以是人工开采或再经轧制得到的碎石和石屑。可以直接用于铺筑路面或砌筑各种结构物，更重要的是可作为配制水泥混凝土或沥青混合料的矿质集料。

(2) 无机胶结料及其制品。在道路与桥梁建筑中最常用到的无机结合料主要是石灰和水泥。水泥是路桥建筑中水泥混凝土和预应力混凝土结构的主要材料。石灰广泛应用于路面基层，成为半刚性基层的重要组成材料。另外，水泥砂浆是砌筑各种桥梁构筑物、圬工结构的重要结合料。

(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搭配，可以铺筑成各种类型的沥青路面。现代高速公路和重型交通的路面，绝大部分是采用沥青混合料铺筑的，所以沥青混合料是现代路面建筑中极为重要的一种材料。

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

(5) 复合材料。除上述这些常用材料外，随着现代科学技术的进步，又研发了许多新型的复合材料，其可以克服单一材料的弱点，而发挥其综合的性能。

3. 道路建筑材料应具备的工程性质

道路与桥梁建筑物，既受到车辆荷载的机械作用，又受到各种复杂的自然因素的影



响。故用于路桥结构物的材料,不仅要具备一定的力学性能,还应具备抵抗各种环境因素作用的能力。为了保证路桥建筑用建筑材料的综合力学强度和稳定性,要求道路建筑材料具备以下几方面的性质。

(1) 物理性质。常用的物理性能指标有物理常数(密度、毛体积密度、孔隙率、空隙率)和与水、温度有关的性质。这些物理常数与力学性质之间有一定的相关性,可以一定程度地用于推断材料的力学性能。

(2) 力学性质。是指材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的能力。目前对道路建筑材料力学性能的测定,主要是测定各种静态的强度,如抗压、抗拉、抗弯、抗剪等强度,还可通过磨损、磨光、冲击韧性等经验指标来反映。

(3) 化学性质。是材料抵抗各种周围环境对其化学作用的能力。道路与桥梁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”,尤其是各种有机材料(如沥青材料等)对此表现更为显著。

(4) 工艺性质。是材料适于按照一定工艺流程加工的性能。如水泥混凝土在成形之前应具有一定的流动性,以便制作一定形状的构件。

4. 道路建筑材料质量的标准化与技术标准

材料的技术标准,是产品质量的技术依据。对于生产部门,必须按标准生产合格的产品,同时它可促进企业改善管理、提高生产率、实现生产过程合理化。对于使用部门,则应按标准选用材料,可使设计和施工标准化,从而可加速施工进度,降低工程造价。同时,技术标准又是供需双方对产品质量验收的依据,是保证工程质量的先决条件。

建筑材料的技术标准可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准,各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准,国家标准由国务院标准化行政主管部门制定。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。此外,对没有国家标准和行业标准,又需在省、自治区、直辖市范围内统一要求的,可以制定地方标准。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,作为组织生产的依据。

国家标准和行业标准表示方法如下。

(1) 国家标准的表示方法。国家标准由国家标准代号、编号、修订年份、标准名称等四个部分组成,现以普通硅酸盐水泥为例,其表示方法如图 0.1 所示。

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 50080—2002《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》。

(2) 行业标准表示方法。行业标准由行业标准代号、编号、制定或修订年份、标准名称等部分组成。其表示方法如图 0.2 所示。

推荐性行业标准,同样在行业标准后加“T”。

我国国家标准及与建筑材料有关的几个行业标准代号有:GB——国家标准,GBJ——建筑工程国家标准,JC——国家建材行业标准,JT——国家交通行业标准,等等。

5. 道路建筑材料的发展趋势

目前,路桥工程中的许多技术问题的突破,往往依赖于建筑材料问题的解决;同时,

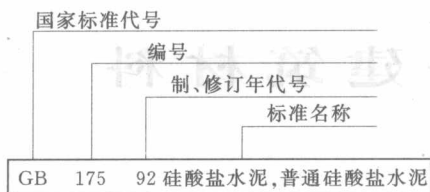


图 0.1 国家标准的表示方法

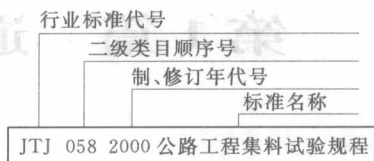


图 0.2 行业标准的表示方法

由于新型材料的出现,又促使结构设计及施工技术的革新。因此,新型建筑材料的研制与应用,具有十分重要的意义。为了适用我国经济建设的发展需要和路桥工程的功能需要,今后建筑材料的发展将具有以下一些趋势。

(1) 综合性能材料的研制。轻质、高强、耐久、高效等具有优良综合性能的建筑材料,是今后研制和发展的主要方向。

(2) 节约能源。优先开发、生产低能耗的建筑材料。

(3) 充分利用地方材料。随着人们环境保护意识的增强,合理开发利用工业废料,也是建筑材料的一种发展趋势。

(4) 发展合成材料。

6. 学习本课程的目的和方法

道路建筑材料是路桥、市政类专业的一门重要的专业基础课,又是一门实践性很强的应用型学科;它在学习建筑、结构、施工等专业课程提供必要的建材知识,同时为今后从事工程实践打下重要的基础。学习本课程的目的是让学员掌握常用道路建筑材料的基本性能和特点,能够根据工程实际条件合理选用各种材料;掌握主要材料的验收、储存、保管等方面的基本知识与方法,并具备独立地进行建筑材料性能检验和质量评定的基本技能。

除了基本理论知识的学习之外,实验课是本课程的重要教学环节。通过实验,一方面要学会主要道路建筑材料的性能检验方法,能进行合格性判断与验收;另一方面要提高实验技能和动手能力,能对实验数据、实验结果进行正确的分析和判别,培养认真的学习态度和严谨的工作作风。

第1篇 道路建筑材料

第1章 砂 石 材 料

内容概述：本章主要介绍石料与集料的主要技术性能及主要评价方法和评价指标；讨论集料的级配概念和级配理论，并以此为基础，介绍了矿料的配合比设计方法。

学习目标：掌握石料和集料的技术性质和技术标准；理解级配理论和组成设计方法；了解岩石制品、矿粉和工业废渣的主要性能。

砂石材料是道路与桥梁工程中一种很重要的材料，用量最大。它是形成道路与桥梁工程圬工材料的主要骨架结构物质，尤其是水泥混凝土和沥青混合料的主要组成材料。它包括岩石、人工轧制的集料和工业冶金矿渣等，也是矿粉的主要来源。所以，砂石材料的技术性质直接影响到道路与桥梁工程的质量。

1.1 石料的技术性质与技术标准

石料是指在路桥、建筑结构工程中所使用的石料，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石料制品。

岩石是在各种地质作用下按一定的方式结合而成的矿质集合体，不同岩石的矿物成分和组成方式均不相同，从而它们的性质也存在很大差异。为保证工程质量，在使用前必须对其进行检验。

1.1.1 石料的技术性质

石料的技术性质包括物理性质、力学性质和化学性质三个方面。

1.1.1.1 石料的物理性质

石料的物理性质包括物理常数（如密度、毛体积密度和孔隙率等）、吸水性（如吸水率、饱水率和含水率）和耐候性（如抗冻性、坚固性）。

1. 物理常数

石料的物理参数是石料的矿物组成结构状态的反映，由于石料在组成结构上或多或少地存在着孔隙，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（图1.1），所以石料（包括集料）的密度就有数种不同形式。最常用的物理参数主要是密度、毛体积密度和孔隙率。

（1）密度（真实密度）。密度定义为在规定条件 $[(105 \pm 5)^\circ\text{C}]$ 烘干至恒重下，石料矿质实体（不含孔隙）单位体积的质量，按照式（1.1）计算：

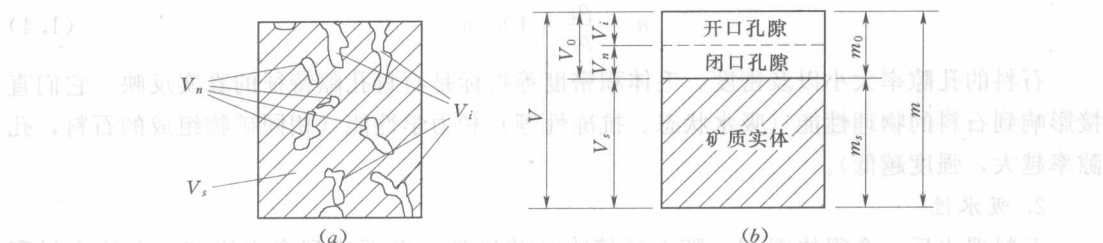


图 1.1 石料组成部分的质量与体积关系示意图

(a) 石料结构剖面图; (b) 石料的体积与质量的关系

$$\rho_t = \frac{m_s}{V_s} \quad (1.1)$$

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 。

按照 JTGE 41—2005《公路工程岩石试验规程》规定,石料的密度用密度瓶法测定。将石料粉碎磨细后,在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,称得其质量。然后在密度瓶中加水经煮沸后,使水分进入闭口孔隙中,通过“置换法”测定其真实体积。

(2) 毛体积密度。毛体积密度是指在规定条件下,烘干石料矿质实体包括孔隙(闭口、开口孔隙)体积在内的单位毛体积的质量,由式(1.2)计算:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i} \quad (1.2)$$

式中 ρ_d ——石料的毛体积密度, 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 ;

V_n ——石料矿质实体中闭口孔隙的体积, cm^3 ;

V_i ——石料矿质实体中开口孔隙的体积, cm^3 。

按照 JTGE 41—2005 规定,石料毛体积密度的测定可以采用量积法、水中称重法和蜡封法。量积法适用于能制备成规则试件的各类岩石;水中称重法适用于除遇水崩解、溶解和干缩湿胀外的其他各类石料;蜡封法适用于不能用前两者进行试验的石料。

(3) 孔隙率。孔隙率是指石料孔隙体积占石料总体积(包括开口孔隙和闭口孔隙体积)的百分率,由公式(1.3)计算:

$$n = \frac{V_0}{V} \quad (1.3)$$

式中 n ——石料的孔隙率, %;

V_0 ——石料孔隙体积(包括开口孔隙和闭口孔隙), cm^3 ;

V ——石料的毛体积(含矿质实体、开口孔隙和闭口孔隙体积), cm^3 。

将式(1.1)和式(1.2)代入式(1.3),即可得到采用石料的密度和毛体积密度计算孔隙率公式(1.4):



$$n = \frac{\rho_d}{\rho_t} \times 100\% \quad (1.4)$$

石料的孔隙率大小以及密度、毛体积密度等指标是石料孔隙特征的真实反映,它们直接影响到石料的物理性能(吸水状态、抗冻性等)和力学性能(相同矿物组成的石料,孔隙率越大,强度越低)。

2. 吸水性

石料遇水后,会很快湿润,随着环境水分的增加,继而达到含水饱和。在这个过程中,由于石料的矿物组成、孔隙结构等的不同,会表现出不同的性能。表征石料含水状态的指标分为吸水率和饱和吸水率。

(1) 吸水率。吸水率是指在室温 $[(20 \pm 2)^\circ\text{C}]$ 和标准大气压条件下,石料最大吸水质量占烘干质量 $[(105 \pm 5)^\circ\text{C}]$ 烘干至恒重]的百分率。按式(1.5)计算:

$$\omega_a = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 ω_a ——石料试样的吸水率或饱水率, %;

m ——烘至恒重时的试样质量, g;

m_1 ——吸水(或饱水)至恒重时试样质量, g。

(2) 饱和吸水率。饱和吸水率是石料在强制饱水条件下,最大吸水质量占干燥试样质量的百分率。计算式同式(1.5)。显然饱和吸水率往往要大于吸水率。吸水率与饱和吸水率之比称为饱水系数,是评价岩石抗冻性的一种指标,以 K_w 表示。饱水系数越大,说明常压下吸水后留余的空间有限,石料越容易冻胀破坏,因而其抗冻性越差。

(3) 含水率。含水率是石料在自然状态下与空气湿度达到干湿平衡的含水量的大小,计算式同式(1.5)。

3. 耐候性

道桥工程因受到干湿交替、冷热交替、冻融循环等外界条件的影响,会逐渐出现强度降低、外观变化,这个过程会因为材料的矿物组成和结构状态不同而不同。耐候性就是指材料抵抗这些自然因素作用的性能。对于石料主要承受的是一是温度升降引起的温度应力,二是冻融循环作用引起的冻胀破坏。这两种因素究竟何者为主,需根据气候条件决定。大多数地区后者占主导地位。

目前,已列入我国试验规程 JTGE 41—2005 的方法有抗冻性和坚固性。

(1) 抗冻性。抗冻性是指石料在饱水状态下,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。利用低温时结冰产生的冻胀来考验石料的抗冻性。按照 JTGE 41—2005 规定,采用直接冻融法测定岩石的抗冻性。该方法是将岩石加工为规则的块状试件,进行烘干,然后在室温 $[(20 \pm 2)^\circ\text{C}]$ 使开口孔隙饱水,取出试件擦去表面水分,再置于 -15°C 的冰箱中冻结 4h,取出试件,放入 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的水中溶解 4h,如此为一个循环,反复冻融至规定次数为止。达规定冻融循环次数后,详细检查试件有无脱落、裂缝、分层与掉角等现象,并记录检查情况。石料在经受一定的冻融循环后,主要从抗压强度和质量损失两方面来衡量石料的抗冻性。质量损失率[式(1.6)]小于 2%,冻融系数[式(1.7)]大于 75%为抗冻性合格。



质量损失率按式 (1.6) 计算:

$$L = \frac{m_s - m_f}{m_s} \times 100\% \quad (1.6)$$

式中 L ——抗冻质量损失率, %;

m_s ——试验前烘干试件的质量, g;

m_f ——试验后烘干试件的质量, g。

冻融系数按式 (1.7) 计算:

$$K_f = \frac{R_f}{R_s} \quad (1.7)$$

式中 K_f ——冻融系数;

R_f ——经若干次冻融循环试验后的岩石试件饱水抗压强度, MPa;

R_s ——未经冻融循环试验的岩石试件饱水抗压强度, MPa。

对于桥涵建筑用岩石, 在一月平均气温低于 -10°C 的地区 (除气候干旱地区的不受冰冻部位外), 应符合抗冻性要求。见表 1.1。

表 1.1 桥涵用岩石抗冻性指标

结 构 物 部 位	大、中桥	小桥及涵洞
	冻 融 循 环 次 数	
镶面的或表面的岩石	50	25

(2) 坚固性。按照 JTGE 41—2005 的规定, 岩石的坚固性采用“硫酸钠侵蚀法”来测定。利用饱和硫酸钠溶液进入石料孔隙后从液态离子状态转变为固体结晶状态产生的晶胀来考验石料的抗冻性, 反复浸烘 5 次, 用蒸馏水煮沸洗净, 计算其质量损失。这种方法比冻融循环更为显著一些, 是测定石料耐候性的一种简易、快捷的方法。有设备条件的单位应尽量采用直接冻融法试验。

1.1.1.2 石料的力学性质

所谓石料的力学性质是指石料在工程应用中, 所表现出的抗压、抗剪、抗弯、抗拉的能力, 以及抵抗荷载冲击、剪切和摩擦作用的能力, 常用力学指标如抗冲磨性、抗冲击性、抗磨耗性等。由于道路用岩石多轧制成集料用, 所以下面介绍石料的 (单轴) 抗压强度, 其他力学指标将在集料的力学性质中进行讨论。

按照 JTGE 41—2005 规定, 道路建筑用试件采用边长为 (70 ± 2) mm 的立方体 (或直径和高度均为 50mm 的圆柱体或直径为 50mm、高径比为 2:1 的圆柱体) 经吸水饱和后, 在规定的加载条件下单轴受压, 达到极限破坏时的强度, 按式 (1.8) 来计算:

$$R = \frac{P}{A} \quad (1.8)$$

式中 R ——石料的抗压强度, MPa;

P ——试件破坏时的荷载, N;

A ——试件的截面积, mm^2 。

石料的 (单轴) 抗压强度受多种因素的影响, 其中包括矿物组成、结构及其孔隙构造, 以及石料试件的尺寸、加载速度、温度和湿度等。如石料结构疏松且孔隙率较大, 其



质点间的联系较弱,有效面积较小,故强度值较低;试件尺寸较小时,强度值较高;当岩石的孔隙裂隙较大,含较多亲水矿物或较多可溶矿物时,饱水时的强度会有明显的降低。石料饱水状态下的单轴抗压强度与其干燥状态下的单轴抗压强度之比称为软化系数,用 K_P 表示,软化系数可用来评定岩石的抗冻性。通常吸水率小于0.5%,软化系数大于0.75以及保水系数小于0.8的岩石,具有较强的抗冻能力。

1.1.1.3 石料的化学性质

在道路与桥梁建筑中,各种矿质集料是与结合料(水泥或沥青)组成混合料而用于结构物中。早年的研究认为,矿质集料是一种惰性材料,它在混合料中只起物理作用。随着近代研究的发展,认为矿质集料在混合料中与结合料起着复杂的物理—化学作用,矿质集料的化学性质很大程度地影响着混合料的物理—化学性质。特别是在沥青混合料中,在其他条件完全相同的情况下,岩石的酸碱性不同将直接影响它与沥青的黏附性。所以在沥青混合料中,选择与沥青结合的岩石时,因碱性岩石与沥青的黏附性好,所以应尽量选用碱性岩石,当地缺乏碱性岩石时,可采用掺加各种抗剥离剂以提高其黏附性。

根据试验研究,按 SiO_2 质量分数的多少将石料分为酸性、碱性和中性:当 SiO_2 的质量分数大于65%时,属酸性石料;当 SiO_2 的质量分数小于52%时,属碱性石料;当 SiO_2 的质量分数为52%~65%时,属中性石料。岩石化学成分确定较麻烦,在道路工程中常用简易的“水煮(水浸)法”来确定石料和沥青的黏附性。

1.1.2 石料的技术标准

道路建筑中所采用的石料必须满足一定的技术要求,该要求就是石料的技术标准。

根据石料所属岩石类型,将石料分成四大类:岩浆岩、石灰岩、砂岩或片麻岩以及砾岩;再依据石料的抗压强度的高低和磨耗率的大小将每种类型岩石划分成以下四个等级:

I级——最坚硬的岩石;

II级——坚硬的岩石;

III级——中等强度岩石;

IV级——较软的岩石。

1.1.3 道路与桥梁建筑用石料制品

1.1.3.1 道路建筑用石料制品

道路路面建筑用石料制品,包括直接铺砌路面面层用的整齐块石、半整齐块石和不整齐块石三类,以及用作路面基层用的锥形块石、片石等。各种石料制品的技术要求和规格简述如下。

1. 高级铺砌用整齐块石

整齐块石由高强、硬质、耐磨的岩石经精凿加工而成,其加工费用昂贵。用于特重交通以及履带车行驶的路面。

整齐块石的尺寸一般可按设计要求确定。大方块石为 $300\text{mm}\times 300\text{mm}\times (120\sim 150)\text{mm}$;小方块石为 $120\text{mm}\times 120\text{mm}\times 250\text{mm}$ 。单轴抗压强度不低于 100MPa 。

2. 路面铺砌用半整齐块石

半整齐块石是经过粗凿而成的方块石或长方体条石。顶面与底面平行,顶面积与底面积之比不小于40%。半整齐块石通常顶面不加工,因此,顶面平整性较差,一般只在特



殊路段，如土基尚未沉实稳定的桥头引道及干道、铁轮履带车辆经常通过的地段等使用。

3. 铺砌用不整齐块石

不整齐块石又称拳石、大块石，是由粗打加工而得到的块石，要求顶面为一平面，底面与顶面基本平行，顶面积与底面积之比大于40%。优点是造价不高，可晴雨行车，经久耐用；缺点是不平整，行车振动大，故目前应用较少，只有富产石料的地区因地制宜选用。

1.1.3.2 桥梁建筑用石料制品

桥梁建筑所用石料制品有片石、块石、方块石、粗料石、镶面石等。

1. 片石

由打眼放炮采得的石料，其形状不受限制，但薄片者不得使用。除了为节约砌筑砂浆配搭使用部分小片石外，一般片石其中部最小尺寸不小于15mm，体积不小于0.01m³，每块质量一般在30kg以上。用于圬工结构主体的片石，其单轴抗压强度应不小于30MPa；用于附属圬工结构的片石，其单轴抗压强度应不小于20MPa，如附近有较好石料时，应尽量优先采用较坚硬的石料。

2. 块石

是由成层岩中打眼放炮开采获得，或用楔子打入成层岩的明缝或暗缝中劈出的石料。块石形状大致方正、无尖角，由两个较大的平行面，边角可不加工。其厚度应不小于20cm，宽度为厚度的1.5~2.0倍，长度为厚度的1.5~3.0倍。砌缝宽度一般不大于20mm，个别边角砌缝宽度可达30~35cm。石料单轴抗压强度应符合设计文件的规定。

3. 方块石

在块石中选择形状比较整齐者稍加修正，使石料大致方正，厚度不小于20cm，宽度为厚度的1.5~2.0倍，长度为厚度的1.5~4.0倍。砌缝宽度不大于20mm。石料单轴抗压强度应符合设计文件的规定。

4. 粗料石

形状尺寸和单轴抗压强度应符合设计文件的规定，其表面凹凸相差不大于10mm，砌缝宽度小于20mm。

5. 细料石

形状尺寸和单轴抗压强度应符合设计文件的规定，其表面凹凸相差不大于5mm，砌缝宽度小于15mm。

6. 镶面石

镶面石受气候因素——晴、雨、冻融的影响，损坏较快，一般应选用较好的、较坚硬的石料。如仅限于石料来源，也可用与墩台本体一样的石料。石料的外露面可沿四周琢成2cm的边，中间部分仍保持原来的天然石面。石料上、下和两侧均加工粗琢成刹口，刹口的宽度不小于10cm，琢面应垂直于外露面。

1.2 集料的技术性质

笼统地说集料就是粒状石质材料，在混合料中起骨架和填充作用。包括石屑、自然风



化而成的砾石（卵石）、砂及经人工轧制的各种尺寸的碎石，另外还有工业冶金矿渣。

根据粒径大小的不同，集料分为粗集料和细集料。在沥青混合料中，粒径大于 2.36mm 者称为粗集料；粒径小于 2.36mm 者称为细集料。在水泥混凝土中，粒径大于 4.75mm 者称为粗集料；粒径小于 4.75mm 者称为细集料。

集料的技术性质对沥青混合料和水泥混凝土影响很大，现分述如下。

1.2.1 粗集料的技术性质

1.2.1.1 粗集料的物理性质

1. 物理常数

集料的物理参数计算时，不仅要考虑到集料的孔隙（开口孔隙和闭口孔隙），还要考虑颗粒之间的空隙。集料的体积和质量的关系如图 1.2 所示。考虑到集料颗粒自身的孔隙和颗粒之间的空隙，集料的密度也有几种不同形式。

(1) 粗集料的密度。可分为表观密度、毛体积密度、堆积密度、空隙率四种。

1) 表观密度（视密度）是指在规定条件下 [(105±5)℃ 烘干至恒重]，单位体积（包括矿质实体和闭口孔隙）的质量。由图 1.2 可知，集料的表观密度为：

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_s + V_n} \quad (1.9)$$

式中 ρ_a ——集料的表观密度，g/cm³；

m_s ——集料矿质实体质量，g；

V_s ——集料矿质实体体积，cm³；

V_n ——集料实体中闭口孔隙体积，cm³。

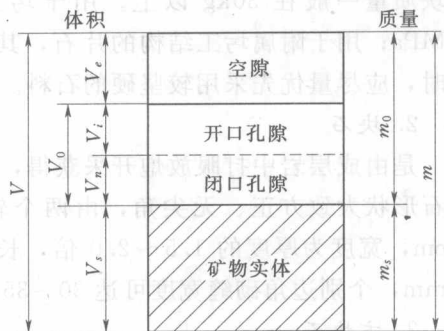


图 1.2 集料的体积与质量关系示意图

按照 JTGE 41—2005 的规定，粗集料表观密度的测定方法采用网篮法。将已知质量的干燥粗集料装在金属吊篮中浸水 24h，使开口孔隙吸水饱和，然后在静水天平上称出饱水后的粗集料在水中的质量，按排水法可以计算出包括闭口孔隙在内的体积，从而可以计算出集料的表观密度。

2) 集料毛体积密度与石料相应密度在概念上相同（同前），仅在实际的密度测定方法上有所区别。按照 JTGE 41—2005 的规定，粗集料毛体积密度的测定方法采用网篮法。将已知质量浸水饱和和面干集料放入静水天平中，称出饱和和面干集料在水中的质量，按排水法可计算出包括闭口孔隙、开口孔隙和矿质实体在内的总体积，从而可以计算集料的毛体积密度。

3) 堆积密度是指集料堆积状态单位体积（含矿质实体、开口孔隙、闭口孔隙和空隙）的质量。可按式 (1.10) 计算：

$$\rho = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i + V_e} \quad (1.10)$$

式中 ρ ——矿质集料的堆积密度，g/cm³；

V_i ——集料颗粒矿质实体中开口孔隙的体积，cm³；