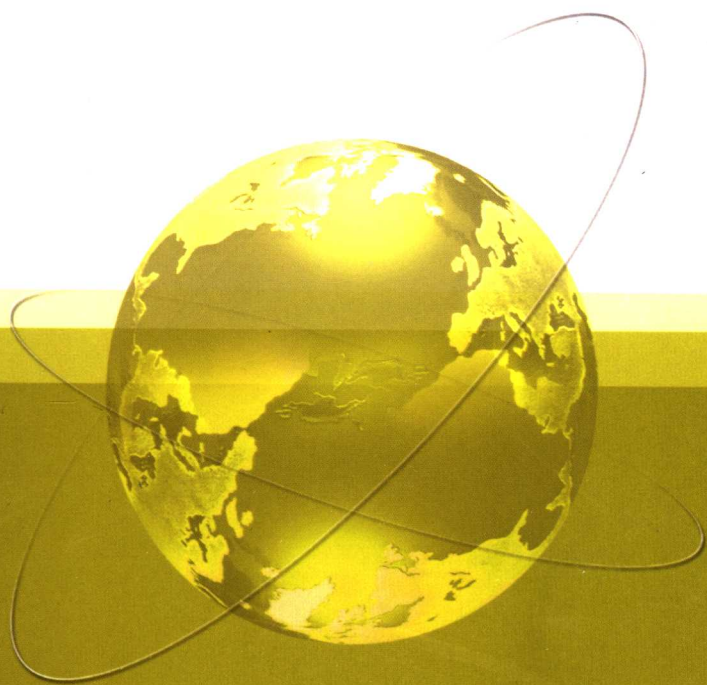




21世纪高职高专规划教材

(土建类)

道路建筑材料



李上红 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材
(土建类)

道路建筑材料

李上红 主编



机械工业出版社

全书分为两篇。第1篇为道路建筑材料,系统讲述道路和桥梁建筑用砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土和建筑砂浆、沥青与沥青混合料、建筑钢材和新型材料的基本组成、生产工艺、技术性能、组成设计和适用范围等内容。第2篇为道路建筑材料试验,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,介绍材料试验目的与适用范围、仪器设备与试样制备、试验步骤、试验记录、计算与结果整理及分析等内容。

本书重点突出、叙述简洁,可作为高职院校公路与桥梁、交通工程、工程监理等相关专业的教科书,也可供从事公路施工、工程监理、试验检测工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/李上红主编. —北京:机械工业出版社, 2005.12

高职高专规划教材(土建类)

ISBN 7-111-17875-0

I. 道… II. 李… 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(2005)第 132290 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:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:姚培新

封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15 印张·365 千字

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国社会经济的快速发展,今后一段时期内,我国的公路交通建设将仍然保持高速发展的趋势。在这种形势下,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越来越高,对从事各类公路工程建设的人员数量与质量,也提出了更高、更新的要求,理所当然,对进行公路工程人才培养和培训的高职教育,也提出了更高、更新、更明确的要求。

鉴于现有的道路建筑材料的教材已经不能满足新形势下的教学要求,为了理论联系实际,教学服务实践,本教材是根据教育部对高职专业人才培养目标、培养规格、培养模式以及与之相适应的知识、技能和素质结构的要求,同时,也结合了编者多年的教学、科研和施工实践经验进行编写的。本教材采用了国家及部颁的最新技术标准和规范,如水泥新标准的应用——硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(GB175—1999)等系列标准,公路工程集料规程(JTG E42—2005)、公路工程岩石试验规程(JTG E41—2005)、公路工程水泥及水泥混凝土试验规程(JTG E30—2005)公路水泥混凝土路面施工技术规范(JTG F30—2003);公路工程沥青与沥青混合料试验规程(JTG F55—2000)、公路沥青路面施工技术规范(JTG F40—2004)等。本书还把现代公路与桥梁施工中采用的新知识、新技术、新设备、新工艺融入到教材内容中,以应用为核心,以实用、实效为原则;将职业知识和职业意识教育相结合;强调现代教学技术手段与教学课件的综合运用和教学效果,力求使教材具有职业教育的特色以及具有针对性和可操作性,突出对学生的技术和技能的培养,注重学生综合素质的提高,努力让学生能通过教材学习做到“学以致用”,毕业后就能上岗。

本教材被广西壮族自治区教育厅列入2004年全区高职高专精品课程教材项目。由广西交通职业技术学院李上红副教授主编,广西八桂监理公司杨小堂高级工程师主审。参加编写的人员有广西交通职业技术学院的仇益梅、韦明、文刚、陆芳、刘芳。具体分工是:绪论、第1篇第1章、第2章、第3章3.3节由李上红编写,第3章3.1节、3.2节由仇益梅编写,第4章由李上红、刘芳编写,第3章3.4节、第5章、第6章由韦明编写;第2篇第7、8、9章由文刚编写,第2篇第10章由陆芳编写。在教材的编写过程中,编者得到了广西交通职业技术学院领导、老师和有关专家的指导和帮助,得到广西大学土木系燕柳斌教授的指导,得到机械工业出版社的支持,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促,编写水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请专家和读者提出宝贵意见,以便改正完善。

编 者

目 录

前言	复习思考题	4
绪论		1

第 1 篇 道路建筑材料

第 1 章 砂石材料	5	习题	95
1.1 砂石材料的技术性质	5	第 4 章 沥青与沥青混合料	97
1.2 矿质混合料的组成设计	15	4.1 石油沥青	97
复习思考题	24	4.2 其他沥青	109
习题	24	4.3 热拌沥青混合料	112
第 2 章 石灰和水泥	26	4.4 其他沥青混合料	124
2.1 石灰	26	复习思考题	128
2.2 硅酸盐水泥	29	习题	128
2.3 掺混合材料的硅酸盐水泥和其他品种水泥	35	第 5 章 建筑钢材	130
复习思考题	42	5.1 建筑钢材的分类和类属	130
习题	42	5.2 钢材的技术性能	131
第 3 章 水泥混凝土、建筑砂浆和稳		5.3 桥梁建筑用钢材及其制品	135
定土	43	复习思考题	143
3.1 普通水泥混凝土	43	第 6 章 新型材料	144
3.2 其他功能混凝土	78	6.1 土工合成材料	144
3.3 建筑砂浆	86	6.2 工业废料	149
3.4 无机结合料稳定材料	90	复习思考题	152
复习思考题	95		

第 2 篇 道路建筑材料试验

第 7 章 砂石材料试验	154	7.6 粗集料及集料混合料的筛分试验	164
7.1 岩石毛体积密度 (干密度) 试验	154	7.7 粗集料密度及吸水率试验 (网篮法)	167
7.2 石料单轴抗压强度试验	156	7.8 粗集料密度及吸水率试验 (容量瓶法)	170
7.3 细集料筛分试验	158	7.9 粗集料堆积密度及空隙率试验	172
7.4 细集料表观密度试验 (容量瓶法)	160	7.10 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒	
7.5 细集料堆积密度及紧装密度试验	162		

含量试验 (规准仪法)	175	9.4 水泥混凝土立方体抗压强度试验	204
7.11 粗集料针片状颗粒含量试验 (游标卡尺法)	177	9.5 水泥混凝土抗弯拉强度试验	206
7.12 粗集料压碎值试验	178	9.6 砂浆稠度试验	208
7.13 粗集料磨耗试验 (洛杉矶法)	180	9.7 砂浆分层度试验	208
第 8 章 无机结合料稳定材料试验	183	9.8 砂浆抗压强度试验	209
8.1 有效氧化钙的测定	183	第 10 章 沥青材料试验	212
8.2 水泥细度试验	185	10.1 沥青针入度试验	212
8.3 水泥标准稠度用水量、凝结时间和安定性检验方法	187	10.2 沥青延度试验	214
8.4 水泥胶砂强度试验	192	10.3 沥青软化点试验 (环球法)	216
第 9 章 水泥混凝土和砂浆试验	197	10.4 沥青混合料试件制作方法 (击实法)	217
9.1 水泥混凝土拌合物的拌和与现场取样方法	197	10.5 压实沥青混合料密度试验 (表干法)	221
9.2 水泥混凝土拌合物稠度试验 (坍落度仪法)	198	10.6 沥青混合料马歇尔稳定度试验	225
9.3 水泥混凝土试件制作与硬化水泥混凝土现场取样方法	200	10.7 沥青混合料车辙试验	227
		参考文献	231

绪 论

改革开放以来,我国公路交通事业得到了飞速发展,大量高新技术在公路交通领域得到应用,对公路交通专门人才的需求量也随之加大。为实现公路交通的现代化,迫切需要学习和研究用于公路交通建设的新材料和新技术。

1. 本课程的研究内容和任务 《道路建筑材料》是一门研究道路与桥梁建筑所用材料组成、性能、技术标准、检验方法和应用的课程。随着道路和建筑的发展,用于道路和桥梁建筑的材料不仅在品种上日益增多,而且对其质量也不断提出新的要求,本课程的研究内容如下:

(1) 本课程的研究内容

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再经轧制而得到的(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。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物。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成沥青混合物,可以修筑成各种类型的沥青路面。沥青混合物是现代路面建筑中极为重要的一种材料。

4) 建筑钢材。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组成部分。

5) 新型复合材料。除上述这些常用材料外,随着现代科学技术的进步,在这些常用材料的基础上,又发展了新的复合材料。

在学习本课程时,应掌握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。

(2) 本课程的任务:作为一名工程技术人员,必须具有掌握道路建筑材料知识能力,才能保证施工工程质量。本课程的学习任务是论述材料组成、结构、技术性质及其之间的关系,论述材料的检验方法,利用试验评定其技术性质。通过学习本课程可以使学生们掌握材料的性能,选择和鉴定材料,并能够正确使用材料。

本课程是一门专业基础课程,它与物理、化学、材料力学以及工程地质等基础课有着密切的联系。也是《桥梁工程》、《路基路面工程》、《公路工程检测技术》等课程的基础。

2. 道路材料应具备的性质、检验方法和技术标准

(1) 道路材料应具备的性质: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,所以用于公路与桥梁建筑的材料,既要具备一定的力学性能,又要保证在各种自然条件下,综合力学性能不会下降。

为了保证道路与桥梁建筑用建筑材料的综合力学强度和稳定性,就要求建筑材料具备下列四个方面的性质。

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,还可通过磨损、磨光、冲击等经验指标来反映。

2) 物理性质。材料的力学强度随其环境条件而改变。影响材料力学性质的物理因素主要是温度和湿度。材料的强度随着温度的升高或含水率的增加而显著降低,通常用热稳定性或水稳定性等来表征其强度变化的程度。对于优质材料,其强度随着环境条件的变化应当变化较小。

此外,通常还要测定一些物理常数,如密度、孔隙率和空隙率等。这些物理常数是材料内部组成结构的反映,并与力学性质之间存在一定的相依性,可以用于推断力学性质。

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”,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。工艺性质是材料适于按照一定工艺流程加工的性能。例如,水泥混凝土在成形以前要求有一定的流动性,以便制作成一定形状的构件。但是加工工艺不同,要求的流动性也不相同。

(2) 道路材料的检验方法:道路与桥梁建筑材料应具备的性能的检验必须通过适当的测试手段来进行。检验主要用于测定道路与桥梁所用材料的性质,通常采用试验室内原材料性能检定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。而本课程主要着重于试验室内原材料性能的检定。

(3) 道路材料质量的技术标准:应用于道路与桥梁的材料及其制品必须具备一定的技术性质,以适应不同道路结构物、建筑结构与施工条件的要求。这些要求在国家标准或有关的技术规范中规定了一些技术指标,在道路设计与建筑过程中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。目前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。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。

根据《中国标准文献分类法》的规定,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、制定(修订)年份、标准名称等四个部分组成。

现以《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T1346—2001)为例说明如下。

GB 为国家标准代号, T 为推荐标准, 1346 为标准编号, 2001 为制定或修订年代。

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。例如,上述标准

原为 1989 年制定的 GB/T1346—1989，只变更年号。

强制性国家标准代号为 GB，它表示任何技术（产品）不得低于此标准规定的技术指标。推荐性国家标准在 GB 后加“T”，它表示也可以执行其他标准，为非强制性。在国标后加“Z”表示国家标准化指导性技术文件。

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：《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ052—2000) JT 为交通行业标准代号，052 为二级类目顺序号，2000 为修订年号。

我国国家标准与道路材料有关的国家标准及行业标准代号示例见表 0-1。

表 0-1 国家标准及行业标准代号

标准名称	代 号	示 例
国家标准	国标	GB12958—1999 复合硅酸盐水泥
交通行业标准	交通	JTJ052—2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
建材行业标准	建材	JG/T479—1992 建筑生石灰
石油化工行业标准	石化	SH0522—1992 道路石油沥青
黑色冶金行业标准	冶标	YB/T030—1992 煤沥青筑路油

为学习和应用国外有关道路材料的科学技术，现将国际标准和几个主要国家的标准代号列于表 0-2。

表 0-2 国际标准和国外标准代号

标准名称	缩 写
国际标准化组织标准	ISO(International Standard Organization)
美国国家标准	ANSI(American National Standard)
美国材料与试验协会标准	ASTM(American Society for Testing Materials)
英国国家标准	BS(British Standard)
德国工业标准	DIN(Deutsche Industrie Normen)
日本工业标准	JIS(Japanese Industrial Standard)
法国国家标准	NF(Normes Francaises)

3. 试验基础知识

(1) 数字修约规则：在实际工作中，各种试验、测量计算的数值需要修约时，应按下列规则进行：

1) 拟舍去数字的最左一位数字小于 5 时（不包括 5）则舍去。

例如：将 14.2432 修约保留一位小数。修约得 14.2

2) 舍去数字的最左一位数字大于 5 时（不包括 5）则进一。

例如：将 26.4843 修约保留一位小数。修约得 26.5

3) 拟舍去数字的最左一位数字等于 5 时，右边的数字并非全部为零，则进一。

例如：将 1.0501 修约保留一位小数。修约得 1.1

4) 拟舍去数字的最左一位数字等于 5 时，右边的数字全部为零，所拟保留的末位数字

若为奇数则进一。若为偶数（包括“0”）则不进。

例如：将 0.3500、0.4500、1.0500 修约保留一位小数。修约得 0.4、0.4、1.0。

5) 拟舍去的数字，若为两位以上数字时，不得连续多次修约，应根据所拟弃数字中左边第一位数字的大小，按上述规则一次修约出结果。

例如：将 15.4546 修约成整数。修约得 15

为了便于记忆数字修约法，其口诀是：四舍六入五考虑，五后非零则进一，五后皆零视奇偶，五前为偶应舍去，五前为奇则进一。“0”视为偶数。

(2) 取样送样见证人制度：试验取样送样时，应遵守取样送样见证人制度，见证取样和送样（送检）是指在建设单位或工程监理单位人员的见证下，由施工单位的现场人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料的现场取样，并送至经过省级以上建设行政主管部门对其资质认可和质量技术监督部门对其计量认证的质量检测单位进行检测。

(3) 对试验检测人员要求

1) 试验检测操作人员应熟悉检测任务，了解被测对象和所用检测仪器设备的性能。检测人员必须经过考核合格，取得上岗操作证后，才能上岗操作。

2) 试验检测人员应掌握所从事检测项目的有关技术标准，并具有掌握国内外最新技术进行检测工作的能力。

3) 试验检测人员应了解误差理论、灵敏度统计方面的知识，能独立进行数据处理工作。

4) 试验检测人员应对检测工作、数据处理工作持严肃的态度，以数据说话。

5) 试验检测人员应该正确填写原始数据。原始记录是试验检测结果的如实记载，不允许随意更改，不许删减，原始记录不能用铅笔填写。原始记录确需更改，作废数据应划两条水平线，将正确数据填在上方，盖更改人印章。

复习思考题

1. 试论道路建筑材料的研究内容和任务及其在路桥工程建设中的地位和作用。

2. 试述道路建筑材料应具备的主要技术性质。

3. 将下列数据修约：

15.3652（保留两位小数）、112.5655（保留两位小数）、17.25001（保留一位小数）、

16.35（保留一位小数）、120.5562（保留整数）

第1篇 道路建筑材料

第1章 砂石材料

【重点内容和学习要求】

本章重点讲述砂石材料的技术性质和技术要求，矿质混合料的级配理论和组成设计方法。

通过学习，要求学生必须了解和评价砂石材料技术性质的主要指标，学会检验砂石材料技术性质的方法，学会应用级配理论设计矿质混合料配合组成的方法。

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（或经加工后）用作道路与桥梁的圬工结构；也可加工成各种尺寸的集料，作为水泥（或沥青）混凝土的骨料。用作道路与桥梁建筑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（或沥青）混凝土用的集料，应按级配理论组成，因此，还必须掌握其组成设计的方法。

1.1 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集料等，本节将对这些材料的技术性质予以论述。

1.1.1 岩石的技术性质

岩石的技术性质，主要包括物理性质、力学性质和化学性质三方面。

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、饱水率等）和耐候性（如耐冻性、坚固性等）。

(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，它与岩石的技术性质有着密切的联系。岩石的内部组成结构主要是由矿物实体和孔隙（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。各部分的质量与体积的关系如图 1-1b 所示。

为了反映岩石的组成结构以及它与物理和力学性质间的关系，通常采用一些物理常数来表征它。在路桥工程用块状岩石中，最常用的物理常数主要是真实密度、毛体积密度和孔隙率。这些物理常数可以间接预测岩石的有关物理性质和力学性质。

1) 真实密度。岩石的真实密度（简称密度）是岩石在规定条件（ $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重，温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）下，烘干岩石矿质单位体积（不包括开口与闭口孔隙体积）的质量。真实密度用 ρ_i 表示，由图 1-1b 所示，岩石真实密度可表示为

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

式中 ρ_t ——岩石的真实密度 (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)。

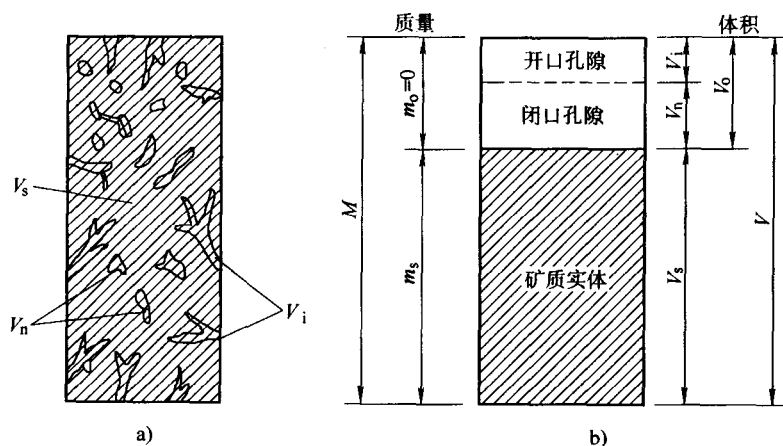


图 1-1 岩石组成结构示意图

a) 岩石组成结构外观示意图 b) 岩石结构的质量与体积关系示意图

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

式中 M ——岩石的质量 (g)。

岩石真实密度的测定方法, 按我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005) 采用“密度瓶法”。

2) 毛体积密度。岩石的毛体积密度是在规定条件下, 烘干岩石 (包括孔隙在内) 的单位体积的质量。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。毛体积干密度用 ρ_d 表示, 由图 1-1b 所示体积与质量的关系可表示为

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

式中 ρ_d ——岩石的毛体积密度 (g/m^3);

V_i, V_n ——岩石开口孔隙和闭口孔隙的体积 (cm^3)。

由于 $M = m_s$, 岩石的矿质实体体积和孔隙体积之和即岩石的毛体积, 故式 (1-2a) 可写为

$$\rho_d = \frac{M}{V} \quad (1-2b)$$

式中 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,采用量积法、水中称量法和蜡封法。

3) 孔隙率。岩石的孔隙率是岩石的孔隙体积占岩石总体积(包括孔隙在内)的百分率,由图 1-1 可知,岩石孔隙率可表示为

$$n = \frac{V_0}{V} \times 100 \quad (1-3)$$

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)。

孔隙率也可由真实密度和毛体积密度计算,由式(1-3)整理得

$$n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (1-4)$$

式中 n ——岩石的孔隙率(%);

ρ_t ——岩石的真实密度(g/cm^3);

ρ_d ——岩石的毛体积密度(g/cm^3)。

岩石的物理常数(真实密度、毛体积密度和孔隙率)不仅反映岩石的内部组成结构状态,而且能间接地反映岩石的力学性质(例如相同矿物组成的岩石,孔隙率越低,其强度越高)。

(2) 吸水性:岩石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层并填充了岩石的孔隙,因此水对岩石破坏作用的大小,主要取决于岩石造岩矿物性质及其组成结构状态(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》(JTG E41—2005)规定,采用吸水率和饱和吸水率两项指标表征岩石的吸水性。

1) 吸水率。在规定条件下,岩石试件最大的吸水质量与烘干岩石试件质量之比,以百分率表示。我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)规定采用自由吸水法测定,按下式计算:

$$w_a = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \quad (1-5)$$

式中 w_a ——岩石吸水率(%);

m ——烘至恒量时的试件质量(g);

m_1 ——吸水至恒量时的试件质量(g)。

2) 饱和吸水率。岩石饱和吸水率是指强制条件下,岩石试件最大的吸水质量占烘干岩石试件质量的之比,以百分率表示。我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)规定采用煮沸法或真空抽气法测定岩石饱和吸水率,按下式计算:

$$w_{sa} = \frac{m_2 - m}{m} \times 100 \quad (1-6)$$

式中 w_{sa} ——岩石饱和吸水率(%);

m ——意义上同(g);

m_2 ——试件经强制饱和后的质量(g)。

吸水率、饱和吸水率的大小主要取决于岩石本身矿物成分、组织构造、孔隙特征及其孔隙率的大小,岩石吸水率、饱和吸水率的大小直接影响岩石的耐水性及其抗冻性。

(3) 抗冻性:岩石抗冻性是指岩石在饱和状态下,抵抗反复冻结和融化的性能。岩石抗冻性对于不同的工程环境气候有不同的要求,冻融次数规定:在严寒地区(最冷月的月平均气温低于 -15°C)为25次;在寒冷地区(最冷月的月平均气温低于 $-15\sim-5^{\circ}\text{C}$)为15次。要求在寒冷地区的重要工程,岩石吸水率大于0.5%时,都需要对岩石进行抗冻性试验。

我国现行抗冻性的试验方法是采用直接冻融法。该方法是在饱水状态下,在 -15°C 时冻结4h后,放入 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 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(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冻融系数。

质量损失率用下式计算:

$$L = \frac{m_s - m_f}{m_s} \times 100 \quad (1-7)$$

式中 L ——冻融后的质量损失率(%);

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)。

此外,抗冻性也可采用经若干次冻融试验后的试件饱水抗压强度与未经冻融试验的试件饱水抗压强度的比值(称为冻融系数)表示。冻融系数按式(1-8)计算:

$$K_f = \frac{R_f}{R_s} \quad (1-8)$$

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)。

如无条件进行冻融试验,也可采用坚固性简易性快速测定法,这种方法通过饱和硫酸钠溶液进行多次浸泡与烘干循环后来测定。

岩石的抗冻性主要取决于岩石中大开口孔隙的发育情况、亲水性和可溶性矿物的含量及矿物颗粒间的连接力。大开口孔隙越多,亲水性和可溶性矿物含量越高时,岩石的抗冻性越低。反之,越高。

2. 力学性质 路桥工程所用岩石除受上述物理性质影响外,还受到外力的作用,还应具备一定的力学性质。除了一般材料力学中所讲的抗压、抗拉、抗剪、抗弯等纯粹力学性质外,还有一些为路用性能特殊设计的力学指标,如抗磨光性、抗冲击、抗磨耗等。在岩石的力学性质中,主要是学习岩石的抗压强度和抗磨耗性两项性质。

(1) 单轴抗压强度:岩石的单轴抗压强度,按我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)规定,是将岩石制备成标准试件(建筑地基用岩石制备成直径为 $50\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 、高径比为2:1圆柱体试件,桥梁工程用岩石制备成边长和高均为 $70\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 的立方体试件,路面工程用岩石制备成边长为 $50\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 的立方体试件或直径和高均为 $50\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 的圆柱体试件),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,按下式计算:

$$R = \frac{P}{A} \quad (1-9)$$

式中 R ——岩石抗压强度 (MPa);

P ——试件破坏时的荷载 (N);

A ——试件的截面积 (mm^2)。

岩石的抗压强度是岩石力学性质中最重要的一项指标,它是岩石强度分级和岩性描述的主要依据。

影响岩石单轴抗压强度的因素,主要有两个方面,一方面是岩石本身,如矿物组成、结构构造及含水状态等,另一方面是试验条件,试件形状、大小、高径比及加工精度、加载速率。

(2) 磨耗性:磨耗性是岩石抵抗摩擦、撞击的性能,以磨耗率表示。我国现行《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)规定岩石的磨耗试验方法与粗集料的磨耗试验方法相同,按《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)采用洛杉矶式磨耗试验。试验机是由一个直径为 $710\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 、内侧长为 $510\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的圆鼓和鼓中搁板所组成。试验用的试样是按一定规格组成的级配岩石。在试样加入磨耗鼓的同时,加入直径为 46.8mm 的钢球,以 $30 \sim 33\text{r/min}$ 的转速转动至要求次数后停止,取出试样,用 1.7mm 方孔筛筛去试样中的细屑,用水洗净留在筛上的试样,烘至恒重并称其质量。岩石磨耗率按下式计算,精确至 0.1% 。

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-10)$$

式中 Q ——洛杉矶磨耗率 (%);

m_1 ——试验前烘干岩石试样的质量 (g);

m_2 ——试验后洗净烘干岩石试样的质量 (g)。

岩石磨耗性是岩石力学性质的另一个重要指标,也是评定岩石等级的依据之一。

3. 化学性质 在道路与桥梁的建筑中,各种矿质集料是与结合料(水泥或沥青)组成混合料而使用于结构物中的。随着近代物理-力学研究的发展,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-力学性质。在沥青混合料中,由于矿质集料的化学性质变化,对沥青混合料的物理-力学性质起着极为重要的作用。按 SiO_2 的含量多少将岩石划分为酸性、碱性及中性。按克罗斯的分类法:岩石化学组成中 SiO_2 质量分数大于 65% 的岩石称为酸性岩石, SiO_2 质量分数为 $52\% \sim 65\%$ 的岩石称为中性岩石, SiO_2 质量分数小于 52% 的岩石称为碱性岩石。为保证沥青混合料的强度,在选择岩石时应优先考虑采用碱性岩石,当地缺乏碱性岩石必须采用酸性岩石时,可掺加抗剥剂以提高沥青与岩石的粘附性。

1.1.2 集料的技术性质

集料是指在混合料中起骨架或填充作用的粒料,包括岩石天然风化而成的砾石(卵石)和砂以及岩石经人工轧制的各种尺寸的碎石等。

工程上一般将集料分为粗集料和细集料两种:在水泥混凝土中,粗集料是指粒径大于 4.75mm 的碎石、砾石和破碎砾石等,粒径小于 4.75mm (方孔筛)者称为细集料;在沥青混合料中,粗集料是指粒径大于 2.36mm 的碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等。粒径小于

2.36mm (方孔筛) 者称为细集料。

1. 粗集料的技术性质 粗集料包括人工轧制的碎石和天然风化而成的卵石。本节仅对粗集料的一般技术性质进行阐述。

(1) 物理性质

1) 物理常数。在计算集料的物理常数时, 不仅要考虑到集料颗粒中的孔隙 (开口孔隙或闭口孔隙), 还要考虑颗粒间的空隙, 集料的体积和质量的关系, 如图 1-2 所示。

① 表观密度。粗集料的表观密度是在规定条件 ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重) 下, 单位表观体积 (包括集料矿质实体和闭口孔隙的体积) 的质量。粗集料表观密度, 由图 1-2 体积与质量的关系, 可表示为

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_s + V_n} \quad (1-11)$$

式中 ρ_a ——集料的表观密度 (g/cm^3);

m_s ——矿质集料烘干质量 (g);

V_s ——矿质实体体积 (cm^3);

V_n ——矿质实体中闭口孔隙体积 (cm^3)。

粗集料表观密度测定方法按《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005) 规定。具体方法见第 2 篇第 7 章的砂石材料试验。

② 毛体积密度。粗集料的毛体积密度是在规定的条件下, 单位毛体积 (包括矿质实体、闭口孔隙和开口孔隙) 的质量。

③ 堆积密度。粗集料的堆积密度是单位体积 (包括矿质实体闭口孔隙和开口孔隙及颗粒间体积) 的质量。可按下式确定:

$$\rho = \frac{m}{V_f} \quad (1-12)$$

式中 ρ ——粗集料的堆积密度 (g/cm^3);

m ——粗集料的质量 (g);

V_f ——堆积体积 (cm^3)。

粗集料的堆积密度由于颗粒排列的松紧程度不同, 又可分为自然堆积状态、振实状态和捣实状态下的堆积密度。

④ 空隙率。粗集料空隙率是集料试样在自然堆积 (或振实紧密堆积) 时的空隙体积占总体积的百分率。粗集料空隙率可按下式计算:

$$n = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a} \right) \times 100 \quad (1-13)$$

式中 n ——粗集料的空隙率 (%);

ρ_a ——粗集料的表观密度 (g/cm^3);

ρ ——粗集料的自然 (或紧密) 堆积密度 (g/cm^3)。

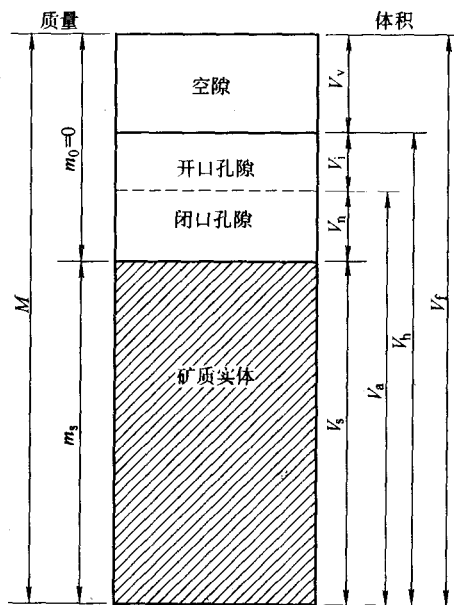


图 1-2 粗集料的体积与质量关系图

2) 级配。粗集料中各组成颗粒的分级和搭配称为级配。级配是通过筛分试验确定的。对水泥混凝土用粗集料可采用干筛法筛分试验,对沥青混合料及基层用粗集料必须采用水洗法筛分试验。其标准筛孔孔径为 2.36 mm、4.75 mm、9.5 mm、13.2 mm、16 mm、19 mm、26.5 mm、31.5 mm、37.5 mm、53 mm、63 mm、70mm,测定出存留在各个筛上的集料质量,根据集料试样的质量与存留在各筛孔上的集料质量,就可求得一系列与集料级配有关的参数:①分计筛余百分率。②累计筛余百分率。③通过百分率。粗集料的这些参数计算方法与细集料相同。详见“细集料的技术性质”内容,通过计算可判断级配是否符合要求。

粗集料的级配可分为连续级配和间断级配两种。连续级配石子粒级呈连续性,即颗粒由小到大,每种粒径的石子都占有适当比例。用其配制的混凝土和易性良好,不易发生分层、离析现象,是目前最常用的一种级配。采石场按供应方式,也将石子分为连续粒级和单粒级两种。单粒级石子由于粒径差别较小,可避免连续粒级中较大粒径石子在堆放及装卸过程中的颗粒离析现象。用单粒级石子可组合成所要求级配的连续粒级,也可与连续粒级石子混合使用,以改善其级配或配成较大粒度的连续粒级,工程中一般不宜采用单一的单粒级石子配制混凝土,因为它的空隙率较大,耗用水泥多。

间断级配是指人为地剔除一级或几级中间粒径颗粒,使石子粒径不连续,造成颗粒级配间断,这种级配方法可获得更小的空隙率,密实性更好,从而可节约水泥。但由于间断级配中石子颗粒粒径相差较大,容易使混凝土拌和物分层离析,增加施工困难,故在工程中应用较少。

3) 坚固性。对已轧制成的碎石或天然卵石采用规定级配的各粒级集料,按现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)选取规定数量,分别装在金属网篮浸入饱和硫酸钠溶液中进行干湿循环试验。经 5 次循环后,观察其表面破坏情况,并用质量损失百分率来计算其坚固性。

(2) 路用粗集料的力学性质:粗集料的力学性质主要有压碎值和磨耗率,其次是抗滑表层用集料的三项试验,即磨光值、道瑞磨耗值和冲击值。洛杉矶式磨耗试验已在岩石力学性质中讲过,现将压碎值、磨光值、道瑞磨耗值和冲击值分述如下。

1) 集料压碎值。集料压碎值是集料在连续增加的荷载下,抵抗压碎的能力。它作为相对衡量岩石强度的一个指标,用以评价其在公路工程中的适用性。

按现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)规定,该方法是将粒径为 9.5 ~ 13.2mm 的集料试样 3kg 装入压碎值测定仪的钢质圆筒内,放在压力机上,在 10min 左右时间内加载至 400kN,稳压 5s 然后卸载,测定通过 2.36mm 筛孔(方孔)的筛余质量,按下式计算压碎值 Q'_a :

$$Q'_a = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1-14)$$

式中 Q'_a ——集料压碎值(%);

m_0 ——试验前试样质量(g);

m_1 ——试验后通过 2.36mm 筛孔的细料质量(g)。

2) 粗集料磨光值 (PSV)。现代高速交通的行车条件对路面的抗滑性提出了更高的要求。作为路面用的集料,在车辆轮胎的作用下,不仅要求具有较高的抗磨耗性,而且要求具有高的抗磨光性。集料磨光值是利用加速磨光机磨光集料,用摆式摩擦因数测定仪测得的集