

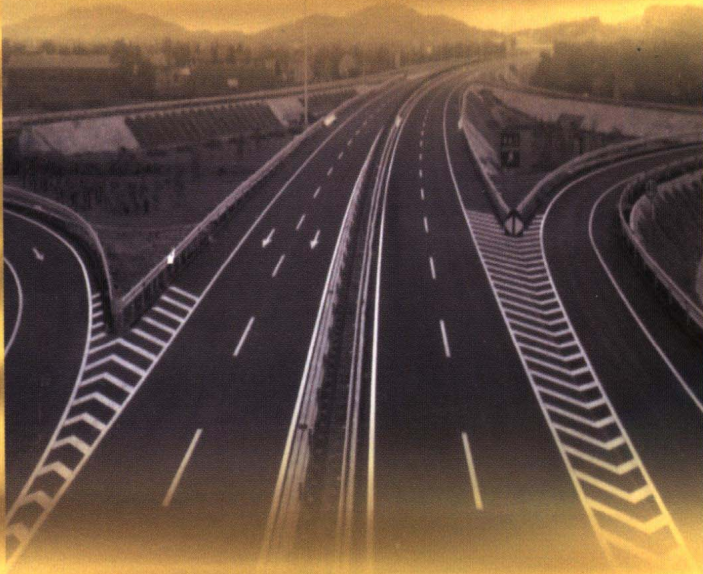


交通高等职业技术教育教材

姜志青 主编 程兴新 主审

DAOLU JIANZHU CAILIAO

道路建筑材料



● 人民交通出版社

面向 21 世纪交通版

交通高等职业技术教育教材

道路建筑材料

DaoLu JianZhu CaiLiao

姜志青 主编
程兴新 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为面向 21 世纪交通版交通高等职业技术教育教材, 全书分为两篇。第一篇为道路建筑材料, 较系统地介绍了砂石材料、石灰、水泥和稳定土、水泥混凝土和砂浆、沥青及沥青混合料、工程高分子聚合物、建筑钢材和木材的物理力学性能及工程应用; 第二篇为道路建筑材料试验, 按照现行的国家规范及行业标准, 从适应高等公路建设需要出发, 选取了道路工程常用材料的相关试验项目, 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, 共 35 个试验。

本书可作为交通高等职业技术教育公路与桥梁及工程监理专业教材, 亦可供交通中等职业教育土建类专业师生及各类干部培训学习和从事公路施工、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/姜志青主编. — 北京: 人民交通出版社, 2002.1

ISBN 7-114-04172-1

I. 道… II. 姜… III. 道路工程—建筑材料
IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 002745 号

面向 21 世纪交通版 交通高等职业技术教育教材 道路建筑材料

姜志青 主编

程兴新 主审

正文设计: 王静红 责任校对: 刘晓方 责任印制: 张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京百善印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 468 千

2002 年 3 月 第 1 版

2002 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 29.00 元

ISBN 7-114-04172-1

U·03054

前 言

市场经济的飞速发展，对职业技术教育提出了更高的要求，如何培养适应社会需要的理论功底扎实、实践动手能力强、具有较强创新意识、适应岗位工作快的高素质实用型人才，是职业技术学院的任务。为了满足交通高等职业技术教育路桥专业实用型人才对道路建筑材料的基本知识和基本操作技能的需要，填补交通高等职业教育公路与桥梁专业教材的空白，根据路桥工程学科委员会交通职业技术教育路桥专业教学研究与教材建设联络组 2001 年 7 月昆明会议精神，编写了本教材。

本书由吉林交通职业技术学院姜志青主编，陕西交通职业技术学院程兴新主审。具体编写情况如下：绪论，第一篇的第二章、第三章、第四章、第五章、第六章，第二篇的第四章、第五章由吉林交通职业技术学院姜志青编写；第一篇的第一章第二节、第二篇第二章、第三章由吉林交通职业技术学院崔岩编写；第一篇第七章、第二篇第一章、第六章由吉林交通职业技术学院汤宏丽编写；第一篇第一章第一节由吉林交通职业技术学院王连威编写，第一篇第四章第四节由宁夏交通学校白建中编写。

本书审稿会于 2001 年 10 月 11 日~10 月 16 日在西安举行，参加审稿会的有：人民交通出版社卢仲贤，吉林交通职业技术学院姜志青、崔岩，陕西交通职业技术学院程兴新、薛安顺、邹艳琴，贵州交通职业技术学院金桃，西安绕城高速公路建设管理处祖延奇等 9 人。

在本教材的编写过程中，力求：

1. 符合“路桥专业高职教材编审原则”之规定，具有新、特之特点。新：采用了国家及行业最新技术标准和技术规范，选编最新材料、新工艺，充分反映当前道路建筑材料高新技术；特：有别于大、中专教材。为了适应生产和教学需要，本书较好地体现了针对性与先进性、实用性与可操作性、综合性与科学性。

2. 全书分为基础理论篇、应用技能篇，共 13 章。基础理论篇，从实用角度出发，对道路建筑材料的定义、来源、分类、技术性能、影响因素、工程应用等方面作了全面叙述。为了加强学生试验技能培养，将原中专、本科教材中附录的试验改编为与基础理论篇对应的第二篇道路建筑材料，根据现行国家标准和行业试验规程，从材料试验目的与适应范围，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方面，选编高等级公路建设中常用建筑材料的相关试验项目 35 个。

3. 本书章节内容重点突出，主次分明，阐述简明。为了便于学生学习，基础理论篇中，每章都有重点内容与学习要求及复习题和计算题等，以便学生更好地了解和掌握本章核心内容。

4. 本书能够结合高等职业教育特点，围绕交通高等职业技术教育专业培养目标，理论与实践并重，突出学生实践技能培养，注重学生综合素质提高。

鉴于我国幅员辽阔，环境各异，地域特色鲜明，并考虑各院校具体情况，讲授过程中教师可以对本书内容进行增删。同时，为了增强教学效果，强化学生实践操作技能，建议试验课应随理论部分同时讲授，并在中级试验工考核鉴定前进行集中强化训练。

本教材在编写过程中，得到人民交通出版社卢仲贤、安徽交通职业技术学院俞高明、吉林交通职业技术学院张洪滨、贵州交通职业技术学院张润虎和陕西省交通系统工程一线专家的指导、帮助，附于书末的主要参考文献作者们对本书完成给予了巨大支持，在此一并致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中谬误和疏漏之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

编 者
2001年10月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 道路建筑材料

第一章 砂石材料	5
第一节 砂石材料的技术性质	5
第二节 矿质混合料的组成设计	19
复习思考题	30
习题	30
第二章 石灰、水泥和稳定土	33
第一节 石灰	33
第二节 水泥	37
第三节 稳定土材料	56
复习思考题	62
第三章 水泥混凝土和砂浆	63
第一节 普通水泥混凝土	63
第二节 其它功能混凝土	111
第三节 建筑砂浆	123
复习思考题	126
习题	127
第四章 沥青材料	129
第一节 石油沥青	129
第二节 煤沥青	142
第三节 乳化沥青	145
第四节 其它沥青	150
复习思考题	152
第五章 沥青混合料	154
第一节 概述	154
第二节 热拌沥青混合料	155
第三节 其它沥青混合料	173
第四节 新型沥青混合料	176
复习思考题	183
习题	183
第六章 工程高分子聚合物材料	185

第一节 概述	185
第二节 土工布	186
第三节 高分子聚合物改性水泥混凝土	188
第四节 高分子聚合物改性沥青混合料	189
复习思考题	191
第七章 建筑钢材与木材	192
第一节 建筑钢材	192
第二节 木材	204
复习思考题	208

第二篇 道路建筑材料试验

第一章 砂石材料试验	210
1-1 毛体积密度（静水称量法）	210
1-2 石料单轴抗压强度试验	212
1-3 细集料表观密度试验（容量瓶法）	213
1-4 细集料堆积密度及紧装密度试验	215
1-5 细集料筛分试验	216
1-6 粗集料密度及吸水率试验（网篮法）	219
1-7 粗集料松方密度及空隙率试验	221
1-8 沥青路面用粗集料压碎值试验	224
1-9 粗集料磨耗试验（洛杉矶法）	226
1-10 水泥混凝土用粗集料压碎值试验	228
1-11 粗集料筛分试验	229
1-12 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒含量试验（规准仪法）	231
第二章 石灰、水泥和稳定土试验	234
2-1 有效氧化钙和氧化镁的测定	234
2-2 水泥细度试验	238
2-3 水泥标准稠度用水量与凝结时间试验	239
2-4 水泥安定性试验	242
2-5 水泥胶砂强度试验（演示）	244
2-6 无机结合料稳定土的无侧限抗压强度试验（任选）	247
第三章 水泥混凝土和砂浆试验	251
3-1 混凝土拌和物坍落度试验	251
3-2 混凝土拌和物稠度试验（维勃仪法）	253
3-3 混凝土试件制作及养护方法	254
3-4 混凝土抗压强度试验	257
3-5 混凝土抗折强度试验	258
第四章 沥青材料试验	261
4-1 沥青针入度试验	261

4-2	沥青延度试验	263
4-3	沥青软化点试验（环球法）	265
4-4	沥青脆点试验（弗拉斯法）（选做）	268
4-5	沥青与粗集料的粘附性试验（选做）	270
4-6	沥青标准粘度试验（演示）	272
第五章	沥青混合料试验	274
5-1	沥青混合料试件制作方法（击实法）	274
5-2	压实沥青混合料密度试验（选做）	278
5-3	沥青混合料马歇尔稳定度试验（演示）	282
5-4	沥青混合料车辙试验（选做）	284
5-5	沥青混合料中沥青含量试验（演示）	287
第六章	钢材试验	290
6-1	冷弯试验	290
	主要参考文献	292

绪 论

《道路建筑材料》是道路与桥梁工程等专业的一门专业技术基础课，是研究道路与桥梁用材料组成、性能和应用的一门课程。

一、《道路建筑材料》课的研究内容与任务

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的松散颗粒。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制水泥混凝土和沥青混合料。

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料

有机结合料主要指沥青材料，它与不同粒径的集料组成的沥青混合料，可以铺筑成各种类型的沥青路面，成为现代公路建设中一种极为重要的筑路材料。

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，主要是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。

5. 钢材和木材

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。

木材较少直接用于修筑桥梁，目前主要用作混凝土工程的拱架和模板。

本课程的任务是论述材料组成、结构、技术性质及其它们之间的关系，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，它也是《桥梁工程》、《路基路面工程》、《公路工程检测技术》等课程的基础。

二、建筑材料应具备的工程性质

道路与桥梁建筑物，不仅要受到车辆荷载的复杂力系作用，而且又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。

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、孔隙率、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，用来推断材料的力学性能。

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周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁材料在周围介质（如桥墩在工业污水中）的侵蚀下，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，空气中的氧气、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）更为显著。

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。

三、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极大。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、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. 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。

四、道路材料的检验方法和技术标准

1. 道路材料的一般检验方法

道路建筑材料试验是本课程的一个重要组成部分。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的性质，通常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。而本课程主要着重于介绍试验室内原材料性能检验测定。室内材料试验包括下列内容：

(1) 物理性质试验 测定道路桥梁用材料的物理常数, 可以提供材料组成设计时用的一些原始资料, 因为物理常数是材料内部组成结构的反映, 所以, 通过物理常数测定可以间接推断材料的力学性能。

(2) 力学性质试验 目前建筑材料的力学性质, 主要是采用各种试验机测定其静态力学性能(如抗压、拉、弯、剪等强度)来反映。

随着基础科学的发展, 使得测定材料真实性能有了可能。考虑到道路建筑材料在不同温度、不同荷载作用及不同时间条件下动态的弹—粘—塑性能, 用以描述材料的真实性能。例如, 沥青混合料在不同温度与不同作用时间下的动态劲度, 以及采用特殊设备或动态三轴仪来测定在复杂应力作用下, 不同频率和间歇时间的沥青混合料的疲劳强度等, 使材料的力学性质与其在路上的实际受力状态较为接近, 也为粘—塑性路面的设计提供一定的参数。

(3) 化学性质试验 对于材料化学性质的试验, 通常只作材料简单化合物(如 CaO、MgO)含量或有害物质含量的分析。目前, 还可作某些材料(如沥青)的“组分”分析, 这样可初步地了解材料的组成与性能的关系。随着近代测试技术发展, 例如核磁共振波谱、红外光谱、X 射线衍射和扫描电子显微镜等在沥青材料分析中应用, 促进了沥青化学结构与路用性能的相依性的研究, 有可能从化学结构上来设计要求性能的沥青材料。

(4) 工艺性质试验 现代工艺试验主要是将一些经验的指标与工艺要求联系起来, 但尚缺乏科学理论的分析。随着流变力学、断裂力学等的发展, 许多材料工艺性质的试验按照流变—断裂学理论来进行分析, 并提出不同的方法。例如, 沥青混合料的摊铺性质采用流动性系数等指标来控制。关于这方面的发展可说是日新月异。

2. 道路材料质量的标准化和技术标准

道路与桥梁所用材料及其制品必须具备一定的技术性质, 以适应道路结构物不同建筑结构与施工条件的要求。这些要求体现为由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。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, 可以制订行业标准。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如表 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 175—92 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
交通行业标准	交通 JT (Jiao Tong)	JTJ 052—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 JC (Jian Cai)	JC/T 479—92 建筑生石灰
石油化工行业标准	石化 SH (Shi Hua)	SH 0522—92 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

为研究国外有关道路建筑材料的科学技术，现将国际及国外几个主要国家的标准代号列于表 0-2 中。

国际标准和国外国家标准代号

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 and Materials)
原苏联国家标准	ГОСТ (Государственный Общюзный Станыарт)
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)

第一篇 道路建筑材料

第一章 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，它可以直接用于道路或桥梁的圬工结构，亦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一定要求的矿质混合料。因此，必须掌握其组成设计的方法。

第一节 砂石材料的技术性质

砂石材料包括天然石料、人工轧制的集料以及工业冶金矿渣等。下面将对这些材料的技术性质予以论述。

一、石料的技术性质和技术要求

(一) 石料的技术性质

石料的技术性质，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

石料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）和耐候性（耐冻性、坚固性等）。

1) 物理常数

石料的物理常数是石料矿物组成结构状态的反映，它与石料的技术性质有着密切的关系。石料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)。各部分质量与体积的关系如图 1-1b)。

为了反映石料的组成结构以及它与物理—力学性质间的关系，通常采用物理常数来表征它。在路桥工程用块状石料中，常用的物理常数主要是真实密度、毛体积密度和孔隙率。通过这些指标可以间接预测石料有关物理性质和力学性质。

(1) 真实密度 是石料在规定条件（ $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重，温度 20°C ）下，烘干石料矿质单位体积（不包括开口与闭口孔隙）的质量。用 ρ_t 表示。由图 1-1b) 知，石料真

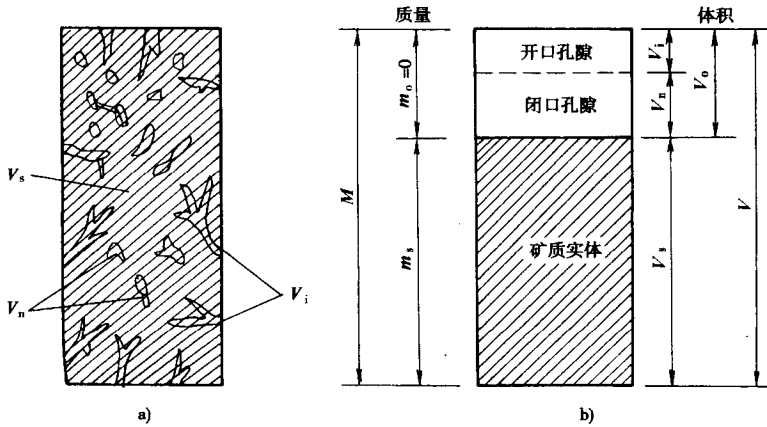


图 1-1 石料组成结构示意图

a) 石料组成结构外观示意图；b) 石料结构的质量与体积关系示意图

实密度可用式 (1-1) 表示。

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

式中： ρ_t ——石料的真实密度 (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)。

因试验是在空气中称量石料质量的，而石料中空气质量 $m_0 = 0$ ，所以矿质实体的质量就等于石料的质量，即 $m_s = M$ ，故式 (1-1) 可改写为

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

式中： ρ_t 、 V_s ——意义同前；
 M ——石料的质量 (g)。

石料密度的测定方法按我国现行《公路工程石料试验规程》(JTJ 054—94) 中采用的“李氏比重瓶法”。要获得矿质实体的体积，必须将石料粉碎磨细，通过试验测定出来。

(2) 毛体积密度 在规定条件下，烘干石料 (包括孔隙在内) 的单位体积的质量，用字母 ρ_h 表示，由图 1-1b) 体积与质量的关系可表示为：

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

式中： ρ_h ——石料的毛体积密度 (g/cm^3)；
 m_s 、 V_s ——意义同前；
 V_i 、 V_n ——石料开口孔隙和闭口孔隙的体积 (cm^3)。

由于 $M = m_s$ ， $V = V_s + V_i + V_n$ ，故式 (1-2) 可写为：

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

式中： ρ_h ——石料的毛体积密度 (g/cm^3)；
 M ——石料的质量 (g)；
 V ——石料的总体积 (cm^3)。

石料毛体积密度的测定方法，按我国现行《公路工程试验规程》(JTJ 054—94)规定，利用“静水称量法”。该方法是，将规则石料在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重，测得其质量，然后将石料吸水 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石料质量。最后用静水天平法测得饱和面干石料的水中质量，由此可计算出石料的毛体积，按式 (1-2') 即可求得毛体积密度。此外，现行试验规程亦允许用“封蜡法”来测定毛体积密度。

(3) 孔隙率 石料的孔隙率是指孔隙体积占石料总体积的百分率。由图 1-1b) 可知，石料孔隙率表示为：

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

式中： n ——石料的孔隙率 (%)；

V_0 ——石料的孔隙 (包括开口和闭口孔隙) 的体积 (cm^3)；

V ——石料的总体积 (cm^3)。

孔隙率亦可用密度和毛体积密度计算求得，由式 (1-3) 得：

$n = [1 - (V_s/V)] \times 100$ ，又由式 (1-1') 和式 (1-2') 得 $V_s = M/\rho_t$ ， $V = M/\rho_h$ ，故式 (1-3) 可表达为：

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

式中： n ——石料的孔隙率 (%)；

ρ_t ——石料的真实密度 (g/cm^3)；

ρ_h ——石料的毛体积密度 (g/cm^3)。

2) 吸水性

石料的吸水性是石料在规定条件下吸水的能力。石料与水作用后，水很快湿润石料的表层并填充了石料的孔隙，因此水对石料破坏作用的大小，主要取决于石料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《公路工程石料试验规程》规定，采用吸水率和饱水率两项指标来表征石料的吸水性。

(1) 吸水率

石料吸水率是指在室内常温 ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) 和大气压条件下，石料试件最大的吸水质量占烘干石料试件质量的百分率。石料吸水率按下式计算：

$$W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1-4)$$

式中： W_x ——石料的吸水率 (%)；

m_1 ——石料试件烘干至恒重时的质量 (g)；

m_2 ——石料试件吸水至恒重时的质量 (g)。

(2) 饱水率

石料饱水率是指在室内常温 ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) 和真空抽气 (抽至真空度为残压 2.67kPa) 后的条件下，石料最大吸水的质量占烘干石料试件质量的百分率。我国现行《公路工程试验规程》(JTJ 054T0209—94) 采用真空抽气法，石料开口孔隙内部空气被排出，当恢复常压时，水很快进入石料孔隙中，此时水分几乎充满开口孔隙的全部体积，所以饱水率大于吸水率，其计算方法与吸水率相同。

饱水率的计算方法与吸水率相同，只是因为饱水率是在石料抽至真空的条件下测定的，

此时水分几乎充满开口孔隙的全部体积，所以饱水率大于吸水率。

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。吸水率、饱水率的大小主要取决于石料本身的矿物成分、组织构造、孔隙特征及其孔隙率的大小，通常酸性岩石比碱性岩石吸水性较强，致密的石料吸水率小，而细小连通多孔的石料吸水率大。石料吸水率、饱水率的大小直接影响石料的耐水性及其抗冻性。

3) 耐候性

道路与桥梁都是暴露于大自然中无遮盖的建筑物，经常受到各种自然因素的影响，用于道路与桥梁建筑的石料抵抗大气自然因素作用的性能称为耐候性。目前对道路与桥梁用料，在某些气候条件下，必须考虑其抗冻融耐久性（简称抗冻性）。

石料抗冻性是指石料在吸水饱和状态下，抵抗多次冻结和融化作用而不发生显著破坏，同时也不严重降低强度的性质。

通常以石料在饱水状态下，能经受冻融循环的次数（质量损失不超过 5%，抗压强度降低不超过 25%）来表示。根据冻融循环次数，可将石料分为 5、10、15、25、50 等标号（在温度下降至 -15°C 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）。

如无条件进行冻融试验，也可采用坚固性简易快速测定法，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。

石料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。冰冻破坏机理是由材料孔隙内水结冰所引起的。水在结冰时，体积约增大 9% 左右，对孔壁产生可达 100MPa 的压力，在压力的反复作用下，使孔壁开裂。所以当石料吸收水分体积占开口孔隙体积 90% 以下时，石料不因冻结而产生破坏。因此对石料抗冻性要求，要根据石料本身吸水率大小及所处的环境和气候条件来考虑。一般要求在寒冷地区，冬季月平均气温低于 -15°C 的重要工程，石料吸水率大于 0.5% 时，都需要对石料进行抗冻性试验（因石料本身毛细孔中的水，在此温度下才结冰）。

判断岩石抗冻性能好坏有两个指标：

(1) 质量损失：要求冻融后石料的质量损失不大于 5%，按下式计算：

$$Q_{\text{冻}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-5)$$

式中： $Q_{\text{冻}}$ ——冻融后的质量损失率（%）；

m_1 ——试验前烘干试件的质量（g）；

m_2 ——试验后烘干试件的质量（g）。

(2) 冻融后强度变化：一般要求抗压强度降低不大于 25%，按下式计算：

$$K_{\text{fr}} = \frac{R - R_{(\text{fr})}}{R} \times 100 \quad (1-6)$$

式中： K_{fr} ——抗冻强度降低系数（%）；

R ——未经冻融试验的试件饱水抗压强度（MPa）；

$R_{(\text{fr})}$ ——经若干次冻融后的试件饱水抗压强度（MPa）。

2. 力学性质

公路与桥梁工程结构中用石料，除受上述物理性质影响外，还受到外力的作用，所以石料还应具备一定的力学性质。除了一般材料力学所述及的抗压、抗拉、抗剪、抗弯、弹性模量等纯粹力学性质外，还有一些为路用性能特殊要求的一些力学指标，如抗磨光、抗冲击

和抗磨耗等。由于道路建筑用石料多轧制成集料使用，故抗磨光、抗冲击和抗磨耗等性能将在集料力学性质中讨论。在石料力学性质中，主要讨论确定石料的抗压强度和磨耗两项性质。

1) 单轴抗压强度

道路建筑用石料的（单轴）抗压强度，按我国现行《公路工程石料试验规程》（JTJ 054T0213—94），是将石料制备成（50 ± 0.5）mm 的正立方体（或直径与高均为 50mm ± 0.5mm 的圆柱体）试件，经吸水饱和后，在单轴受压并按规定的加载条件下，达到极限破坏时，单位承压面积的强度，按式（1-7）计算：

$$R = \frac{P}{A} \quad (1-7)$$

式中：R——岩石的抗压强度（MPa）；

P——极限破坏时的荷载（N）；

A——试件的截面积（mm²）。

石料的抗压强度是石料力学性质中最重要的—项指标，它是划分石料等级的主要依据。石料抗压强度值，取决于石料的组成结构（如矿物组成，岩石的结构和构造、裂隙的分布等），同时也取决于试验的条件（如试件尺寸和形状、加载速度、试验状态等）。

2) 磨耗性

磨耗性是石料抵抗撞击、边缘剪力和摩擦等联合作用的性质。按我国现行试验规程（JTJ 054—94）规定，石料的磨耗试验有下列两种方法：

（1）洛杉矶式磨耗试验（又称搁板式磨耗试验）

试验机是由一个直径为 711mm，长为 508mm 的圆鼓和鼓中的一个搁板所组成。试验用的试样是按一定规格组成的级配石料，总质量为（5 000 ± 50）g。当试样加入磨耗鼓的同时，加入 12 个钢球，钢球总质量为（5 000 ± 50）g，磨耗鼓以 30 ~ 33r/min 的转速旋转，在旋转时，由于搁板的作用，可将石料和钢球带到高处落下。经旋转 500 次后，将石料试样取出，用 2mm 圆孔筛或边长 1.6mm 的方孔筛筛去试样中的石屑，用水洗净留在筛上的试样，烘至恒重并称其质量。石料磨耗率按式（1-8）计算：

$$Q_{磨} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-8)$$

式中：Q_磨——石料磨耗率（%）；

m₁——装入圆筒中的试样质量（g）；

m₂——试验后洗净烘干的试样质量（g）。

（2）狄法尔式磨耗试验（也称双筒式磨耗试验）

将石料加工为一定块数（100 块）的单粒级（50 ~ 70mm）试样 2 份，分别放在磨耗机的两个筒中，以 30 ~ 33r/min 转速旋转 10 000 次，由于石料相互摩擦冲击，使石料试样产生磨耗。与前述洛杉矶式磨耗试验的计算方法相同。

比较上述两种试验方法，我们可以看出，洛杉矶式磨耗试验比狄法尔式磨耗试验具有以下优点：

① 旋转 500 次，就能明显得到石料抗磨性优劣，而且省时、省工。

② 选用石料为按一定规格组成的级配。而狄法尔磨耗试验为单粒级的，与实际使用不一致。