



普通高等教育规划教材

道路建筑材料

DAOLU JIANZHU CAILIAO

◎主 编 黄维蓉 ◎副主编 杨德斌 李德军 ◎主 审 赵 可



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育规划教材

Daolu Jianzhu Cailiao

道路建筑材料

	黄维蓉	主 编
杨德斌	李德军	副主编
	赵 可	主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分两篇十五章。第一篇为道路建筑材料的基础理论部分,由八章组成;第一章到第八章分别介绍了常用道路建筑材料(主要包括石料与集料、沥青、沥青混合料、水泥与石灰、水泥混凝土、钢材、无机结合料稳定材料、土工合成材料等)的基本技术性质、测试方法和技术指标、组成设计方法等内容。第二篇为试验方法,由五章组成,叙述了道路建筑材料基本性能的常用测试评价方法,以方便试验课程使用。

本书可作为高等学校土木工程专业、交通运输工程专业本科生的教学用书和教学参考书,也可作为从事土木工程专业及相关专业的科研人员、设计人员、施工人员、管理人员和工程监理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料 / 黄维蓉主编. — 北京:人民交通出版社, 2011.7

ISBN 978-7-114-09238-1

I. ①道… II. ①黄… III. ①道路工程-建筑材料-高等学校-教材 IV. ①U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129603 号

书 名:道路建筑材料

著 作 者:黄维蓉

责任编辑:尤晓玮

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) 59757969, 59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:27.25

字 数:683千

版 次:2011年7月 第1版

印 次:2011年7月 第1次印刷

印 数:0001-3000册

书 号:ISBN 978-7-114-09238-1

定 价:45.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前 言

道路建筑材料泛指用于道路和桥梁工程及其附属构造物所用的各类建筑材料,主要包括土、砂石、沥青、水泥、石灰、工业废料、钢铁、工程聚合物、木材等材料及其复合材料。道路建筑材料是道路工程建设与养护的物质基础,其性能直接决定了道路工程质量和使用寿命。系统学习道路建筑材料的基本性质、技术指标、测试技术、组成设计以及应用技术等方面的知识,不仅是道路工程相关专业重要的知识结构组成,而且也是科学合理地选择、设计、评价、应用和研发道路建筑材料的理论基础。

为适应道路建筑材料课程的特点和道路工程科技发展的需要,本教材对常用道路建筑材料的技术性能和质量要求、性能影响因素、测试评价技术和组成设计方法等基础理论知识进行了重点论述,同时编入了一批具有代表性的新材料、新技术和新测试方法,以培养和激发学生的科技创新能力。本书共分两篇十五章。第一篇为道路建筑材料的基础理论部分,由八章组成;第一章到第八章分别介绍了常用道路建筑材料(主要包括石料与集料、沥青、沥青混合料、水泥与石灰、水泥混凝土、钢材、无机结合料稳定材料、土工合成材料等)的基本技术性质、测试方法和技术指标、组成设计方法等内容。第二篇为试验方法,由七章组成,叙述了道路建筑材料基本性能的常用测试评价方法,以方便试验课程使用。

本教材在编写过程中,对庞杂的知识点进行整理凝练,对重要内容、次要与提高内容用不同字体加以区分,力求重点突出、层次分明。在各章节后对主要知识点进行归纳总结、列出复习题目,力求形成易教、易学的知识结构体系。本书坚持道路材料领域科研为先导、教材内容与时俱进的理念,在修订过程中吸纳了一些道路建筑材料领域最新研究成果。本书篇幅较大,作为教材使用时,相关专业的任课教师可根据教学计划选择合适的内容。

本教材由重庆交通大学黄维蓉教授主编,杨德斌教授、李德军高级工程师担任副主编,全书由重庆交通大学赵可教授主审。第一章由重庆交通大学朱建勇编写,第二章由重庆交通大学张兰芳编写,第三章由重庆交通大学杨德斌编写,第四章由重庆交通大学黄维蓉编写,第五章由重庆交通大学刘燕燕编写,第六章由重庆交通大学王念编写,第七章和第八章由重庆交通大学何丽红编写。试验篇由刘大超、张祖棠和李德军编写。全书由黄维蓉统稿、定稿。编写工作得到重庆交通大学相关部门的大力支持,在教材的编写过程中,黄伟、张淑林、张文娜等协助进行了绘图和校核工作,在此一并表示衷心感谢!

限于编者的学识水平和实践经验,书中不足之处,恳请读者批评指正。

编著者
2011年5月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 基础理论

第一章 石料与集料.....	7
第一节 石料.....	7
第二节 集料	17
第三节 矿质混合料的组成设计	26
第四节 集料的工程应用	39
本章小结	41
复习思考题	42
第二章 石灰和水泥	43
第一节 石灰	43
第二节 硅酸盐水泥	46
第三节 掺混合材料的硅酸盐水泥	55
第四节 其他品种水泥	60
本章小结	65
复习思考题	65
第三章 水泥混凝土和砂浆	67
第一节 概述	67
第二节 普通混凝土的组成材料	68
第三节 普通混凝土的技术性质	71
第四节 混凝土外加剂	89
第五节 混凝土的质量检验与评定	97
第六节 普通混凝土配合比设计.....	101
第七节 路面水泥混凝土的配合比(按抗弯拉强度设计)	106
第八节 高强高性能混凝土.....	108
第九节 其他品种混凝土简介.....	114
第十节 建筑砂浆.....	143
本章小结.....	149
复习思考题.....	149
第四章 沥青材料.....	152
第一节 石油沥青.....	153

第二节 改性沥青·····	186
第三节 乳化沥青·····	194
第四节 煤沥青·····	202
第五节 其他沥青简介·····	204
本章小结·····	210
复习思考题·····	211
第五章 沥青混合料 ·····	212
第一节 概述·····	212
第二节 热拌沥青混合料·····	214
第三节 新型沥青混合料·····	250
第四节 其他沥青混合料简介·····	268
本章小结·····	270
复习思考题·····	271
第六章 建筑钢材 ·····	273
第一节 钢材的分类·····	273
第二节 钢材的技术性能·····	274
第三节 路桥结构工程常用建筑钢材的技术要求·····	279
第四节 钢材的腐蚀与防腐·····	287
本章小结·····	288
复习思考题·····	288
第七章 无机结合料稳定材料 ·····	289
第一节 无机结合料稳定材料的性能·····	289
第二节 石灰稳定材料·····	291
第三节 水泥稳定材料·····	296
第四节 石灰粉煤灰稳定材料·····	300
本章小结·····	302
复习思考题·····	302
第八章 土工合成材料 ·····	304
第一节 土工合成材料的种类·····	304
第二节 土工合成材料的性质·····	308
第三节 土工合成材料的应用·····	316
本章小结·····	322
复习思考题·····	322

第二篇 实验方法

第九章 砂、石材料试验 ·····	325
第一节 岩石的密度试验、毛体积密度试验·····	325
第二节 岩石单轴抗压强度试验·····	329
第三节 粗集料筛分试验·····	330

第四节	粗集料密度及吸水率试验(网篮法)	333
第五节	粗集料堆积密度及空隙率试验	335
第六节	针、片状颗粒含量试验	337
第七节	粗集料压碎值试验	339
第八节	粗集料磨耗试验	341
第九节	粗集料磨光值试验	345
第十节	细集料筛分试验	349
第十一节	细集料表观密度试验(容量瓶法)	351
第十二节	细集料堆积密度及紧装密度试验	352
第十三节	细集料压碎指标试验	353
第十四节	细集料含泥量试验(筛洗法)	354
第十章	水泥试验	356
第一节	水泥细度、标准稠度用水量、凝结时间和安定性测定	356
第二节	水泥强度试验	364
第三节	水泥胶砂流动度试验	367
第十一章	水泥混凝土试验	369
第一节	新拌混凝土试验	369
第二节	水泥混凝土力学试验	372
第十二章	建筑砂浆试验	385
第一节	稠度试验	385
第二节	密度试验	385
第三节	分层度试验	386
第四节	保水性试验	387
第五节	立方体抗压强度试验	388
第十三章	沥青试验	390
第一节	沥青针入度、延度和软化点试验	390
第二节	沥青薄膜烘箱加热试验	395
第三节	沥青黏附性试验	397
第十四章	沥青混合料试验	400
第一节	沥青混合料的拌制与试件制作	400
第二节	沥青混合料试件物理力学指标的测定	405
第十五章	无机结合稳定材料试验	418
第一节	无机结合料稳定材料的击实试验	418
第二节	无机结合料稳定土的无侧限抗压强度试验	422
参考文献		425

绪 论

道路建筑材料是道路、桥梁等交通基础设施建设和养护的物质基础,其品质和类型直接决定了道路工程的使用性能、服务寿命和结构形式。纵览我国公路路面发展历程,从低等级的砂石路面、渣油路面到高等级的沥青混凝土路面、水泥混凝土路面,道路建筑材料的进步与发展直接支撑了公路路面性能的提升与路面结构形式的革新。随着道路交通事业的蓬勃发展以及交通量和车辆荷载与日俱增,对道路建筑材料的使用性能提出了更高的要求。科学合理地选择、设计和应用道路建筑材料成为保障和提高路桥工程使用质量,提高路桥工程建养技术水平的基础和关键。

一、道路建筑材料的主要类型

1. 道路桥梁工程结构对材料的要求

(1) 道路工程结构用材料

在道路工程的使用环境中,行车荷载和自然因素对道路路面结构的作用程度随着深度的增加而逐渐减弱,对材料的强度、承载能力和稳定性要求也随着深度的增加而逐渐降低。因此,通常在路基顶面以上分别采用不同质量、不同规格的材料,将路面结构由下而上铺筑成由垫层、基层和面层等结构层次组成的多层体系。

面层结构直接承受行车荷载作用,并受到自然环境中温度和湿度变化的直接影响,因此用于面层结构的材料应有足够的强度、稳定性、耐久性和良好的表面特性。道路面层结构中的常用材料主要是沥青混合料、水泥混凝土、粒料和块料等。

基层位于面层之下,主要承受面层传递下来的车辆荷载的竖向应力,并将这种应力向下扩散到垫层和路基中,为此基层材料应有足够的强度、刚度及扩散应力的能力。环境因素对基层的作用虽然小于面层,但基层材料仍应具有足够的水稳定性和耐冲刷性,以保证面层结构的稳定性。常用的基层材料有结合料稳定类混合料、碎石或砾石混合料、天然砂砾、碾压混凝土和贫混凝土、沥青稳定集料等。

垫层是介于基层和路基之间的结构层次,主要作用是改善路基的湿度和温度状况,扩散由基层传来的荷载应力,以减少路基变形,通常于季节性冰冻地区或土基水温状况不良的路段中设置,以保证面层和基层的强度、稳定性及抗冻能力。对垫层材料的强度要求虽然不高,但其应具备足够的水稳定性。常用的垫层材料有碎石或砾石混合料、结合料稳定类混合料等。

(2) 桥梁工程结构用材料

桥梁的墩、桩结构应具有足够的强度、承载能力,以支撑桥梁上部结构及其传递的荷载,并具有良好的抗渗透性、抗冻性和抗腐蚀能力,以抵抗环境介质的侵蚀作用;桥梁的上部结构将直接承受车辆荷载、自然环境因素的作用,应具有足够的强度、抗冲击性、耐久性等。用于桥梁结构的主要材料有钢材、水泥混凝土、钢筋混凝土,用于桥面铺装层的有沥青混合料及各种防水材料等。

2. 道路建筑材料的主要类型

常用道路建筑材料可以归纳为以下几类:

(1) 石料与集料

石料与集料包括人工开采的岩石或轧制的碎石、天然砂砾石及各种性能稳定的工业冶金矿渣(如煤渣、高炉渣和钢渣等),这类材料是道路桥梁工程结构中使用量最大的一宗材料。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、桥梁工程结构及附属构造物;性能稳定的岩石集料可制成沥青混合料或水泥混凝土,用于铺筑沥青路面或水泥路面,也可直接用于铺筑道路基层、垫层或低级道路面层;一些具有活性的矿质材料或工业废渣,如粒化高炉矿渣、粉煤灰等经加工后可作为水泥原料,也可以作为水泥混凝土和沥青混合料中的掺和料使用。

(2) 结合料与聚合物类

沥青、水泥和石灰等是道路工程中常用的结合料,它们的作用是将松散的集料颗粒胶结成具有一定强度和稳定性的整体材料。塑料(合成树脂)、橡胶和纤维等聚合物材料也可以作为结合料,除了可用做混凝土路面的填缝料外,还可用于改善道路建筑材料的技术性能,如配制改性沥青、制作聚合物水泥混凝土等。

(3) 水泥混凝土与砂浆

水泥混凝土是由水泥与矿质集料组成的复合材料,它具有较高的强度和刚度,能承受较繁重的车辆荷载作用,主要用于桥梁结构和高等级道路面层结构。水泥砂浆主要由水泥和细集料组成,用于砌筑和抹面结构中。

(4) 沥青混合料

沥青混合料是由矿质集料和沥青材料组成的复合材料,具有较高的强度、柔韧性和耐久性。用其所铺筑的沥青路面连续、平整,具有弹性和柔韧性,适合于车辆高速行驶,是高等级道路,特别是高速公路和城市快速路面结构及桥梁桥面铺装层的重要材料。

(5) 无机结合料稳定类混合料

无机结合料稳定类混合料是以石灰(粉煤灰)、少量水泥(石灰)或土固化剂作为稳定材料,将松散的土、碎砾石集料稳定、固化形成的复合材料,具有一定的强度、板体性和扩散应力的能力,但耐磨性和耐久性略差,通常用于高等级道路路面基层结构或低级道路面层结构。

(6) 其他道路建筑材料

在道路或桥梁工程结构中,其他常用材料包括钢材、填缝料等。钢材主要应用于桥梁结构及钢筋混凝土结构中,填缝料则主要应用于水泥混凝土路面接缝构造中。

二、道路建筑材料的研究内容

1. 道路建筑材料的基本组成与结构

材料的矿物组成或化学成分及其组成结构决定了材料的基本特性,如石料的矿物组成、水泥的矿物组成、沥青的化学组分等,对这些材料的技术性能有着显著的影响。在各类混合料中,其组成材料的质量与相对比例确定了材料的组成结构状态。这种组成结构状态直接影响着混合料的物理力学性能,如沥青混合料的组成结构对其强度、稳定性和耐久性有着显著影响。

充分地了解和认识材料的基本组成结构及其与材料技术性能的关系,是合理地选择材料、正确地使用材料、改善材料性能、研发新材料的基础。

2. 道路建筑材料的基本技术性能

材料的基本技术性能包括物理性能、力学性能、耐久性和工艺性等。只有全面地掌握这些性能的主要影响因素、变化规律,正确评价材料性能,才能合理地选择和使用材料,这也是保证工程中所用材料的综合力学强度和稳定性,满足设计、施工和使用要求的关键所在。

(1) 基本物理性能

道路建筑材料常用的物理性能指标有物理常数(密度、孔隙率、空隙率)及吸水率等。材料的物理常数可用于混合料配合比设计、材料体积与质量之间的换算等。材料的物理常数取决于材料的基本组成及其构造,既与材料的吸水性、抗冻性及抗渗性有关,又与材料的力学性质及耐久性之间有着显著的关系。

(2) 基本力学性能

在行车荷载作用下,材料将承受较大的竖向力、水平力、冲击力以及车轮的磨损作用,所以道路建筑材料应具备足够的强度、刚度、变形特征、抗冲击能力和柔韧性等力学性能。材料的各项力学性能指标也是选择材料、进行组成设计和结构分析的重要参数。

(3) 耐久性

裸露于自然环境中的路桥工程结构物,将受到各种自然因素的侵蚀作用,如温度变化、冻融循环、氧化作用、酸碱腐蚀等。为此应根据材料所处的结构部位及环境条件,综合考虑引起材料性质衰变的外界条件和材料自身的内在原因,从而全面了解材料抵抗破坏的能力,保证材料的使用性能。

(4) 工艺性

工艺性是指材料适合于按一定工艺要求加工的性能。能否在现行的施工条件下,通过必要操作工序,使所选择材料或混合料的技术性能达到预期的目标,并满足使用要求,也是选择材料和确定设计参数时必须考虑的重要因素。

3. 混合料的组成设计方法

混合料的组成设计包括选择原材料并确定原材料用量比例。首先应根据工程要求、使用条件、当地材料供应情况、材料的质量规格和技术要求,选择并确定出混合料中各种组成材料品种;然后根据工程的结构特征与技术要求,确定各种材料在混合料中的比例。通过组成设计,从质量与数量两个方面保证混合料具备所要求的体积特征、力学性质和稳定性,从而满足结构的使用要求。

三、道路建筑材料的性能检验与技术标准

1. 材料的性能检测

道路建筑材料的基本技术性质需要通过适当的检测手段来确定。材料性能的检测方法应能够反映实际结构中材料的受力状态,所得到的试验数据和技术参数应能够表达材料的技术特性,并具有重复性与可比性。为此,材料性能检测应按照当前技术标准中规定的标准程序进行,以保证试验结果的科学性、公正性和权威性。

根据工程重要性与材料试验规模,材料的检测层次分为:

- (1) 实验室原材料与混合料的性能测定;
- (2) 实验室模拟结构物的性能测定;
- (3) 现场足尺寸结构物的性能测定。

2. 技术标准

材料的技术标准是有关部门根据材料自身固有特性,结合研究条件和工程特点,对材料的规格、质量标准、技术指标及相关的试验方法所做出的详尽而明确的规定。科研、生产、设计与施工单位,应以这些标准为依据进行道路材料的性能评价、生产、设计和施工。

目前,我国的建筑材料标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四类。国家标准是由国家标准局颁布的全国性指导技术文件,简称“国标”,代号“GB”。行业标准由国务院有关行政主管部门制订和颁布,也为全国性指导技术文件,在国家标准颁布之后,相关的行业标准即行作废。企业标准适用于本企业,凡没有制订国家标准或行业标准的材料或制品,均应制订企业标准。

国际上较有影响的技术标准有国际标准(ISO)、美国材料试验学会标准(ASTM)、日本工业标准(JIS)和英国标准(BS)等。

随着材料测试手段和测试设备功能的提高、基础理论与试验工作的不断深入,工程实践与应用技术的成熟,对各种道路建筑材料的认识将不断完善,有关技术标准中的具体条款和技术参数将会被不断地修订和补充。

第一篇 *Chapter*

基础理论



第一章 石料与集料



本章提要

本章阐述石料与集料的岩石学特性、物理力学性能、耐久性的评价方法和评价指标;介绍集料的级配原理及表示方法、矿质混合料配合比设计方法和集料的工程应用。

通常将石料和集料统称为砂石材料,是道路与桥梁工程及其他建筑工程中使用量最大的一种材料。正确地认识、合理地选择和科学地使用石料和集料,对于保证建筑结构工程质量、降低生产成本、可持续发展有着重要的意义。

第一节 石 料

在建筑结构工程中,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。

一、石料的岩石学特性

岩石是由各种不同的地质作用所形成的天然矿物的集合体。组成岩石的矿物称为造岩矿物。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。在工程实践中,为了更好地选用天然石料,需要了解和掌握一些石料岩石学特性的基本知识。

1. 造岩矿物

造岩矿物有石英、长石、云母、角闪石、方解石、白云石、黄铁矿、石膏、菱镁矿、磁铁矿和赤铁矿等。各种造岩矿物由于化学成分和结构特征不同,具有不相同的颜色和特性,工程中常用岩石的主要造岩矿物及特性见表 1-1。

岩石可以由单种矿物组成,如纯质的大理石由方解石组成,而大多数岩石则由两种或者两种以上的矿物组成,如花岗岩的主要矿物为石英、长石和云母等。

2. 岩石的分类

岩石的性能除决定于岩石所含矿物成分外,还取决于成岩条件。按岩石的形成条件可将岩石分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类,它们具有显著不同的矿物结构与构造。

常用岩石的主要造岩矿物及其特性

表 1-1

矿物名称	化 学 成 分	性 质
石英	SiO_2	无色透明至乳白色。硬度、强度及耐腐蚀性高,但受热(573°C 以上)时,因晶型转变会产生裂缝,甚至崩裂。密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$,熔点 1600°C ,硬度 7
长石类 正长石 斜长石	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ $m(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2) +$ $n(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2)$	白色,但因含微量铁,故而也有灰、红、青等多种颜色。其硬度、强度、耐久性也较高,但低于石英,是岩浆岩中最多的矿物,约占总量的 $2/3$ 。密度 $2.6 \sim 2.7\text{g}/\text{cm}^3$,硬度 6
云母类 (白云母、黑云母)	$(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ $m[(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2] +$ $n[2(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2]$	片状。有黑、白两种。硬度低,解理完全,易裂成薄片,呈玻璃光泽。白云母稳定性好,黑云母稳定性差。密度:白云母 $2.8\text{g}/\text{cm}^3$;黑云母 $2.9\text{g}/\text{cm}^3$ 。硬度 2.5
角闪石 和辉石类	Fe、Mg、Al、Ca 等的硅酸盐化合物	在化学成分上两者有同种情况,结晶类型相同。有多种颜色,但均为深色,有暗色矿物之称。耐久性好。密度为:角闪石 $2.9 \sim 3.6\text{g}/\text{cm}^3$;辉石 $3 \sim 3.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。硬度 5~6
橄榄石	$2(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	暗绿色。硬度和强度较高,韧性和耐久性好。密度 $3.2 \sim 3.5\text{g}/\text{cm}^3$,硬度 7
方解石	CaCO_3	白色,但多数颜色淡。硬度、强度、耐久性次于上述矿物。易溶于酸。密度 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,硬度 3
白云石	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	白色,其硬度、强度、耐久性略高于方解石。遇酸后分解
黄铁矿	FeS_2	耐久性差,遇水和氧生成游离硫酸,且体积膨胀,并产生锈迹。是岩石中的有害矿物

注:矿物在外力等作用下沿一定的结晶方向易裂成光滑平面的性质称为解理,裂成的平面称为解理面。

(1) 岩浆岩

岩浆岩是岩浆冷凝而形成的岩石。根据冷却条件不同又分为深成岩、喷出岩及火山岩三类。

①深成岩是岩浆在地表深处,受上部覆盖层的压力作用,缓慢冷却而成的岩石。深成岩大多形成粗颗粒的结晶和块状构造,构造致密,在近地表处,由于冷却较快,晶粒较细。深成岩的共同特性是:密度大,抗压强度高,吸水性小,抗冻性好。工程上常用的深成岩有花岗岩、正长岩、辉长岩等。

②喷出岩是岩浆喷出地表时,在压力急剧降低和迅速冷却的条件下形成的岩石,多呈隐晶质或玻璃质结构。当喷出岩形成较厚的岩层时,其矿物结构与构造接近深成岩。当形成较薄的岩层时,常呈多孔构造,接近火山岩。工程上常用的喷出岩有玄武岩、安山岩、辉绿岩等。

③火山岩是火山爆发时,岩浆被喷到空中急速冷却后形成的岩石,如火山灰、火山砂、浮石等,为玻璃体结构且呈多孔构造。火山灰、火山砂可作为混合材料,浮石可作轻混凝土骨料。火山灰、火山砂经覆盖层压力作用胶结而成的岩石,称为火山凝灰岩。火山凝灰岩多孔、质轻、易于加工,可作保温建筑材料,磨细后可作为水泥的混合材料。

(2) 沉积岩

沉积岩是由母岩(岩浆岩、变质岩和已形成的沉积岩)在地表经风化剥蚀而产生的物质,经过搬运、沉积和硬结成岩作用而形成的岩石,因其多数是经水流搬运、沉积而成,又称水成岩。沉积岩由颗粒物质和胶结物质组成。颗粒物质是指不同形状及大小的岩屑及某些矿物,

胶结物质的主要成分为碳酸钙、氧化硅、氧化铁及黏土质等。沉积岩的物理力学性质不仅与矿物和岩屑的成分有关,而且与胶结物质的性能有很大的关系,以碳酸钙、氧化硅质胶结的沉积岩强度较大,而以黏土质胶结的沉积岩强度较小。与岩浆岩相比,沉积岩的成岩过程压力不大,温度不高,大都呈层理构造。而且各层的成分、结构、颜色、厚度都有差异,这就使得沉积岩沿不同方向表现出不同的力学性能。与深成岩相比,沉积岩的密度小,孔隙率和吸水率大,强度较低,耐久性略差。常见沉积岩有石灰岩、页岩、砂岩、砾岩、石膏、硅藻土等,散粒状的有黏土、砂、卵石等。

(3) 变质岩

变质岩是原生的岩浆岩或沉积岩经过地质上的变质作用而形成的岩石。变质作用是指在地壳内部高温、高压、赤热气体和渗入岩石中水溶液的综合作用下,岩石矿物重新再结晶,有时还可能生成新矿物,使原生岩石的矿物成分和构造发生显著变化而成为一种新的岩石。变质岩在矿物成分与结构构造上既有变质过程中所产生的特征,也会残留部分原岩的某些特点,因此,变质岩的物理力学性能不仅与原岩的性质有关,而且与变质作用条件及变质程度有关。

在变质过程中受到高压和重结晶的作用,由沉积岩得到的变质岩更为紧密。如由石灰岩或白云岩变质而成的大理石岩,由砂岩变质而成的石英岩,它们均较原来的岩石坚固耐久。而原为深成岩的岩石,经过变质作用后,常因产生了片状构造,使岩石的性能变差,如由花岗岩变质而成的片麻岩,较原花岗岩易于分层剥落,耐久性降低。

3. 常用岩石类型

(1) 花岗岩

花岗岩是岩浆岩中分布最广的一种岩石,其主要矿物成分为石英、长石及少量暗色矿物和云母。花岗岩的颜色由造岩矿物决定,通常有深青、浅灰、黄、紫红等。优质花岗岩晶粒细,构造密实,没有风化迹象。花岗岩的技术特性是:密度大($1.5 \sim 2.8 \text{g/cm}^3$),抗压强度高($120 \sim 250 \text{MPa}$),孔隙率小,吸水率低,耐磨性强,耐久性好。

(2) 玄武岩

玄武岩属于喷出岩,主要造岩矿物是暗色矿物,属玻璃质或隐晶质斑状结构,气孔状或杏仁状构造。玄武岩的抗压强度随其结构和构造的不同而变化较大($100 \sim 500 \text{MPa}$),表现密度为 $2.9 \sim 3.5 \text{g/cm}^3$,硬度高,脆性大,耐久性好。

(3) 辉长岩

辉长岩的主要矿物为斜长石、辉石及少量橄榄石,为等粒结晶质结构和块状构造,常呈黑绿色。辉长岩表观密度大($2.9 \sim 3.3 \text{g/cm}^3$),抗压强度高($200 \sim 350 \text{MPa}$),韧性及抗风化性好,易于琢磨抛光,既可用于承重材料,也可用作饰面材料。

(4) 石灰岩

石灰岩的主要矿物组成为方解石,常含有少量黏土、白云石、氧化铁、氧化硅和碳酸盐及有机物质等。石灰岩的颜色随所含杂质而不同,含黏土或氧化铁等杂质的石灰岩呈灰色、浅黄或浅红色,当有机质含量多时呈深灰或黑色。

石灰岩的构造有散粒、多孔和致密等类型。松散土状的称作白垩,其组成几乎完全是碳酸钙,是制造玻璃、石灰、水泥的原料。多孔构造的如贝壳石灰岩可作保温建筑的墙体。致密构造的为普通石灰岩,各种致密石灰岩表观密度范围 $2.0 \sim 2.6 \text{g/cm}^3$,抗压强度范围 $20 \sim 120 \text{MPa}$,质地细密、坚硬、抗风化能力较强。硅质石灰岩强度高、硬度大、耐久性好。当石灰岩中黏土等杂质的含量超过 $3\% \sim 4\%$ 时,石灰岩的抗冻性和耐水性显著降低。当杂质含量高

时,则成为其他岩石,如黏土含量为 25% ~ 60% 的称为泥灰岩,碳酸盐含量为 40% ~ 60% 时称为白云岩。石灰岩分布极广,开采加工容易,常作为地方材料,广泛用于基础、墙体、桥墩、台阶及一般砌石工程。石灰岩加工成碎石,可用作水泥混凝土、沥青混合料集料或道路基层用集料。由于方解石易被溶解侵蚀,石灰岩不能用于酸性或含游离二氧化碳较多的水中。

(5)砂岩

砂岩属于沉积岩,为碎屑结构,层状构造,主要矿物为石英、少量长石、方解石、白云石及云母等。根据胶结物的不同,砂岩可分为由氧化硅胶结而成的硅质砂岩,常呈淡灰色;由碳酸钙胶结而成的钙质砂岩,呈白色或灰色;由氧化铁胶结而成的铁质砂岩,常呈红色;由黏土胶结而成的黏土质砂岩,呈灰黄色。砂岩的性能与其中的胶结物种类及胶结的密实程度有关。硅质砂岩密实,坚硬耐久,耐酸,性能接近于花岗岩;钙质砂岩有一定的强度,容易加工,是砂岩中最常用的一种,但质地较软,不耐酸;铁质砂岩的性能稍差,其中密实铁质砂岩仍可用于一般建筑工程;黏土质砂岩的性能较差,易风化,长期受水作用会软化,甚至松散,在建筑工程中一般不用。

由于砂岩的胶结物和构造的不同,其性能波动很大,即使是同一产地的砂岩,性能也有很大差异。砂岩的抗压强度范围 5 ~ 200MPa ,表观密度范围 1.5 ~ 2.2g /cm³。

(6)石英岩

石英岩由硅质砂岩变质而成,结构均匀致密,矿物成分主要是结晶氧化硅。在几种主要岩石中,石英岩的强度较高(250 ~ 400MPa),十分耐久,但由于硬度较大,加工困难。

(7)片麻岩

片麻岩是由花岗岩变质而成的,其矿物成分与花岗岩类似。片麻岩结晶大多是等粒或斑状的,外表美观,因呈片状构造,各向性质不同。垂直于片理方向的抗压强度大(120 ~ 250MPa),沿片麻岩的片理易于开采加工,但在冻融循环作用下,易成层剥落。通常制成碎石、片石及料石等,用于地方性的一般建筑工程。

4. 矿物的主要化学组成

石料的化学组成通常以氧化物含量表示,如表 1-2 所示。主要化学成分为氧化硅、氧化钙、氧化铁、氧化铝、氧化镁,以及少量的氧化锰、三氧化硫等。

三种岩石的化学成分含量(%) 表 1-2

岩石名称	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	SO ₃	P ₂ O ₅
石灰石	1.01	56.27	0.27	0.27	0.057	0.0065	0.009	痕量
花岗石	69.62	1.81	2.60	15.69	0.022	0.022	0.14	0.02
石英石	98.43	0.21	1.23	0.09	痕量	0.006	0.21	0

注:以上数据仅供参考。

在大多数情况下,这些氧化物的化学稳定性较好,就石料本身来说是一种惰性材料。然而,当与水接触时,石料的化学成分比例直接将影响集料的亲水性以及集料与沥青的黏附性。在道路工程中,通常按照氧化硅 SiO₂ (含量 < 52%、2% ~ 65% 和 > 65%),将石料分为碱性集料(钙质石料)、中性集料和酸性集料(硅质石料)。大部分硅质石料,如花岗岩、石英岩等在水中带有负电荷,亲水性较大,而石灰岩等钙质石料在水中带正电荷,亲水性较弱,见表 1-3。由于石料对水的亲和力大于对沥青结合料的亲和力,水可能将集料上的沥青膜剥落,导致沥青混合料强度的降低。石料的亲水系数越大,水对沥青混合料水稳定性的不利影响就越大。