

交通职业教育教学指导委员会推荐教材
高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书

高等职业教育规划教材

道路材料

主编 陈晓明 主审 张美珍



人民交通出版社
China Communications Press

交通职业教育教学指导委员会推荐教材
高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书

高等职业教育规划教材

道路材料

Daolu Cailiao

主编 陈晓明

主审 张美珍

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是交通职业教育教学指导委员会推荐教材,由路桥工程学科委员会组织编写。全书分为基础理论篇和试验篇。基础理论篇共有9章,主要介绍了石料、集料、石灰和水泥、水泥混凝土和砂浆、土和无机结合料稳定土、沥青、沥青混合料、工程聚合物材料、建筑钢材和木材等原材料的技术性质、技术标准以及混合料的组成设计与技术性质。试验篇共有8章,主要介绍上述原材料与混合料的常规试验。书中标有*的为选修内容。

本书是高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书,也可供相关专业教学使用,或作为有关专业的继续教育及职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

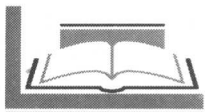
道路材料/陈晓明主编. —北京:人民交通出版社,
2005.7
高等职业教育规划教材
ISBN 7-114-05656-7

I.道... II.陈... 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079750号

书 名: 道路材料
著 者: 陈晓明
责任编辑: 毛宝兴
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: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 25.25
字 数: 635千
版 次: 2005年9月第1版
印 次: 2005年9月第1次印刷
书 号: ISBN 7-114-05656-7
印 数: 0001—5000册
定 价: 40.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



交通职业教育教学指导委员会
路桥工程学科委员会

主任：柴金义

副主任：金仲秋 李加林 夏连学

委员：（按姓氏笔画为序）

于敦荣 王 亮 李全文 张洪滨

张贵元 陆春其 周志坚 俞高明

郭发忠 施 斌 梁金江 谢远光

彭富强 程兴新

秘书：伍必庆



出版说明

CHUBAN SHUOMING

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,提高道路桥梁工程技术专业的教学质量,按照教育部“以教育思想、观念改革为先导,以教学改革为核心,以教学基本建设为重点,注重提高质量,努力办出特色”的基本思路,交通职业教育教学指导委员会路桥工程学科委员会在总结教育部路桥专业教学改革试点的 6 所交通高职高专院校办学实践经验的基础上,经过反复调研和讨论,制定了三年制“高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学指导方案”,随后又组织全国 20 多所交通高职高专院校道路桥梁工程技术专业的教师编写了 18 门课程的规划教材。

本套教材依据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式及与之相适应的知识、技能、能力和素质结构的要求进行编写。为使教材中所阐述的内容反映最新的技术标准和规范,路桥工程学科委员会还组织有关人员参加了新技术和新规范学习班。

按照 2004 年 10 月路桥工程学科委员会所确定的编写原则,本套教材力求体现如下特点:

1. 结构合理性。按照道路桥梁工程技术专业以培养技能型人才为主线的要求,对传统的专业技术基础课和专业课程进行了整合,教材的体系设计合理,循序渐进,符合学生心理特征和认知及技能养成规律。所编写的教材更适合高职教育的特点,强调现代教学技术应用的需要和教学课件的应用,以节省教学成本和提高教学效果。每章列有教学要求、本章小结和复习思考题,便于学生学习本章核心内容。

2. 知识实用性。体现以职业能力为本位,以应用为核心,以实用、实际、实效为原则,紧密联系生活、生产实际,及时反映现阶段公路交通行业发展和公路交通科技进步对道路桥梁工程技术专业人才的需要,采用最新的技术标准、规范和规程。加强教学针对性,与相应的职业资格标准相互衔接。在内容的取舍方面,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. 职业教育性。渗透职业道德和职业意识教育,体现就业导向,有助于学生树立正确的择业观。教材中所选编的习题、例题均来自工程实际,不仅剪表性剪,而且对解决实际问题具有较强的针对性。在教材编写中注重培养学生爱岗敬业、团队精神和创业精神,树立安全意识和环保意识。

4. 使用灵活性。本套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。

《道路材料》是高职高专院校道路桥梁工程技术专业规划教材之一,内容包括:第一篇,砂石材料,石灰和水泥,水泥混凝土和建筑砂浆,土的工程性质,无机结合料稳定材料,沥青材料,沥青混合料,工程聚合物材料的应用,建筑钢材和木材共九章;第二篇有砂石材料试验15个,石灰和水泥试验6个,水泥混凝土和建筑砂浆试验6个,土的工程性质试验5个,无机结合料稳定土试验2个,沥青试验4个,沥青混合料试验5个,建筑钢材试验3个,共八章46个试验。

参加本书编写工作的有:江西交通职业技术学院陈晓明(编写绪论、第三章水泥混凝土部分)、周娟(编写第九章),河南交通职业技术学院谭萍(编写第一章及第二章石灰部分),湖北交通职业技术学院唐涛(编写第四、五、六章),湖南交通职业技术学院吴丽君(编写第七、八章),内蒙古大学职业技术学院乔志琴(编写第二章水泥部分及第三章建筑砂浆部分)。全书由陈晓明担任主编,山西交通职业技术学院张美珍担任主审。

本套教材是路桥工程学科委员会委员及长期从事道路桥梁工程技术专业教学与工程实践的教师们工作经验的总结。但是,随着各项改革的逐步深化,书中难免有错误之处,敬请广大读者批评指正。

本套教材在编写过程中,得到了交通职业教育教学指导委员会的关心与指导,全国各交通职业技术学院的领导也给予了大力支持,在此,向他们表示诚挚的谢意。

交通职业教育教学指导委员会
路桥工程学科委员会
2005年5月

绪论	1
复习思考题	4
第一篇 基础理论	
第一章 砂石材料	7
第一节 岩石	7
第二节 集料	13
第三节 矿质混合料的组成设计	20
第四节 工业废渣	30
复习思考题	34
第二章 石灰和水泥	36
第一节 石灰	36
第二节 水泥	41
复习思考题	58
第三章 水泥混凝土和建筑砂浆	60
第一节 普通水泥混凝土	60
第二节 其他功能混凝土	100
第三节 建筑砂浆	108
复习思考题	118
第四章 土的工程性质	120
第一节 土的三相组成	120
第二节 土的物理性质	123
第三节 土的颗粒级配	134
第四节 土的工程分类与野外鉴别	138
复习思考题	146
第五章 无机结合料稳定材料	148
第一节 无机结合料稳定材料的组成	148
第二节 无机结合料稳定材料的技术性质	152
第三节 无机结合料稳定材料的组成设计	160
复习思考题	163

第六章 沥青材料	164
第一节 石油沥青	164
第二节 其他品种沥青	180
复习思考题	194
第七章 沥青混合料	195
第一节 概述	195
第二节 热拌沥青混合料	197
第三节 其他沥青混合料	219
复习思考题	226
第八章 工程聚合物材料的应用	227
第一节 高聚物材料概论	227
第二节 高聚物材料在道路与桥梁工程中的应用	228
复习思考题	233
第九章 建筑钢材和木材	234
第一节 建筑钢材	234
第二节 建筑木材	251
复习思考题	258

第二篇 试 验

第一章 砂石材料试验	261
试验一 岩石密度试验	261
试验二 岩石毛体积密度试验及孔隙率计算	263
试验三 岩石吸水率试验	266
试验四 岩石单轴抗压强度试验	268
试验五 细集料筛分试验	270
试验六 细集料表观密度试验(容量瓶法)	272
试验七 细集料堆积密度及紧装密度试验	274
试验八 粗集料及集料混合料的筛分试验	276
试验九 粗集料密度及吸水率试验(网篮法)	282
试验十 粗集料堆积密度及空隙率试验	284
试验十一 粗集料压碎值试验	287
试验十二 粗集料磨耗试验	289
试验十三 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒含量试验(规准仪法)	292
试验十四 沥青路面用粗集料针片状颗粒含量试验(游标卡尺法)	294
试验十五 矿粉亲水系数试验	295
第二章 石灰和水泥试验	297
试验一 石灰 CaO、MgO 含量测定试验	297
试验二 水泥细度试验	304

试验三	水泥标准稠度用水量试验	306
试验四	凝结时间测定试验	308
试验五	水泥安定性试验	309
试验六	水泥胶砂强度试验(ISO法)	312
第三章	水泥混凝土和建筑砂浆试验	317
试验一	水泥混凝土拌合物的拌制和工作性试验	317
试验二	水泥混凝土的强度试验	320
试验三	砂浆拌合物的拌制	324
试验四	砂浆稠度试验	325
试验五	砂浆的分层度试验	326
试验六	砂浆的抗压强度试验	327
第四章	土的工程性质试验	329
试验一	含水量试验	329
试验二	密度试验	331
试验三	界限含水量试验	332
试验四	颗粒分析试验	335
试验五	击实试验	338
第五章	无机结合料稳定土试验	344
试验一	无侧限抗压强度试验	344
试验二	水泥或石灰剂量测定方法	348
第六章	沥青试验	352
试验一	沥青针入度试验	352
试验二	沥青延度试验	355
试验三	沥青软化点试验	357
试验四	沥青标准粘度试验	360
第七章	沥青混合料试验	363
试验一	沥青混合料试件制作方法	363
试验二	压实沥青混合料密度试验	367
试验三	沥青混合料马歇尔稳定度试验	371
试验四	沥青混合料中沥青含量试验	374
试验五	沥青混合料车辙试验	377
第八章	建筑钢材试验	380
试验一	钢筋的拉伸试验	380
试验二	钢筋的冷弯试验	385
试验三	建筑钢材的硬度试验	386
参考文献	390



绪 论

道路材料是指道路与桥梁建筑用各种材料,它是道路与桥梁工程的物质基础。《道路材料》是研究道路与桥梁用各种材料的组成、性能和应用的一门课程。

一、道路材料在路桥工程中的作用

一切物质产品都是生产者对材料进行劳动加工的成果,工程师和建筑工人所建筑的道路、桥梁、房屋及其附属构筑物也不例外。

材料质量的好坏,配制是否合理及选用是否适当等,均直接影响结构物质量。在道路与桥梁结构物的修筑费用中,用于材料的费用占 30% ~ 50%,某些重要工程甚至可达 70% ~ 80%。所以,要节约工程投资,降低工程造价,认真合理地选用材料是很重要的一个环节。

在道路与桥梁工程中采用新设计、新技术、新工艺、新材料亦为其中重要一环。许多新型先进设计,由于材料一关未能突破,因而长期未能实现。某些新材料的出现,又推动新技术的发展,所以对道路材料的研究是道路与桥梁技术发展的重要基础。

二、本课程研究的内容和任务

1. 石料与集料

砂石材料有的是由地壳上层的岩石经自然风化得到的(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)。这类材料是道路与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;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,也可作为水泥混凝土和沥青混合料中的掺合料。

2. 无机结合料及制品

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。水泥混凝土路面也是主要的路面类型之一。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层结构。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组配,可以修筑成各种类型的沥青路面。沥青混合料是现代路面建筑中极为重要的一种材料。

4. 土

作为路堤与半刚性基层的原材料,土的性质对其质量有很大的影响。

5. 高聚物材料

各种高聚物材料应用于道路与桥梁工程中,除了可以替代传统材料外,更主要的是用来改善沥青混合料或水泥混凝土的性能。

6. 钢材

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材料。

在学习本课程时,应了解一些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;也要注意合理选用和保管、运输等问题。

三、道路材料在路桥工程中应具备的性质

道路与桥梁工程都是一种承受频繁交通动荷载反复作用的结构物,同时又是一种无遮盖而裸露于大自然的结构物,它不仅受到车辆复杂的力系作用,同时又受到各种恶劣自然因素的影响。所以,用于修筑道路与桥梁结构用材料,不仅需要具有抵抗复杂应力作用下的综合力学性能,同时还要保证在各种自然因素的长期影响下,综合力学性能不产生明显的衰降,即所谓持久稳定性。

为了保证道路与桥梁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,主要是测定各种材料静态的强度,如抗压、拉、弯、剪等强度;或者某些特殊设计的经验指标,如磨耗、冲击等。

2. 物理性质

材料的力学强度随着其环境条件而改变。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变化较小。

此外,通常还要测定一些物理常数,如密度、毛体积密度,孔隙率等。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,可以用于表证力学性质。

3. 化学性质

化学性质是材料抵抗周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁用材料除了受到周围介质(如桥墩在工业污水中)或者其他侵蚀外,通常还受到大气因素(如气温的交替变化、日光中紫外线、空气中氧,以及水等)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)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,水泥混凝土在硬化以前要求有一定的流动性,以便制成一定形状的构件,但是加工工艺不同,要求的流动性亦不同。



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

道路与桥梁材料应具备的性能的检验,必须通过适当的测试手段进行。检定供道路与桥梁用材料在实际结构物中的性质,通常可采用试验室内原材料性能检验和试验室内模拟结构试验,以及现场足尺寸结构物的性能的测定等方法。而本课程主要着重试验室内原材料性能的检验。对应上述道路材料应具备的性能。室内材料试验包括的内容有物理性质试验、力学性质试验、化学性质试验和工艺性质试验。

2. 道路材料的技术标准

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,应当制订国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门制订。

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订,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。

此外,对没有国家标准、行业标准,又需在省、自治区、直辖市范围内统一的技术要求,可以制订地方标准。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制订企业标准,作为组织生产的依据。

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/T 1346—2001)为例说明如下:

GB 为国家标准代号,1346 为标准编号,2001 为制定或修订年代号。

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/T 1346—1989,只改变年号。

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) 行业标准的表示方法

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:《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》(JTJ 052—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。

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。

国家标准及行业标准代号

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/T 14658—2001 建筑用卵石、碎石
交通行业标准	交通 JT(Jiao Tong)	JTJ 052—2000 公路工程沥青与沥青混合料试验规程
建筑工程行业标准	建工 JG(Jian Gong)	JGJ 55—2000 普通混凝土配合比设计规程
建材行业标准	建材 JC(Jian Cai)	JC/T 681—1997 行星式水泥胶砂搅拌机
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 中。

国际标准和几个主要国家的标准代号

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)
英国标准	BS(British Standard)
德国工业标准	DIN(Deutsche Industrie Normen)
日本工业标准	JIS(Japanese Standard)
法国标准	NF(Normes Francaises)

复习思考题

1. 试述道路材料研究的内容和任务及其在路桥工程建设中的地位和作用。
2. 试述道路材料应具备的主要技术性质以及试验室常用的一般检定方法。

第一篇

基础理论

第一章

砂石材料

教学要求

1. 具有砂石材料的技术性质和技术要求的知识,具有矿质混合料级配理论的知识;
2. 能合理选择砂石材料和配制矿质混合料;
3. 能进行砂石材料技术性质的检验;
4. 能描述岩石制品和粉煤灰、矿渣集料。

• 第一节 岩石 •

一、岩石的技术性质

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。

1. 物理性质

岩石的物理性质包括:物理常数(如密度、毛体积密度和孔隙率等)、吸水性(如吸水率、饱和吸水率等)和耐候性(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。

岩石可由各种矿物形成不同排列的各种结构,岩石的内部结构主要由矿质实体和孔隙(包括与外界连通的开口孔隙和不与外界连通的闭口孔隙)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-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,最常用的物理常数是密度、毛体积密度和孔隙率。通过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。此外,在混合料组成设计计算时,这些物理常数也是重要的原始资料。

(1) 密度。岩石在规定条件(105 ~ 110℃烘干至恒量,温度 20 ± 2℃称量)下单位体积(不包括开口与闭口孔隙体积)的质量,用 ρ_i 表示。

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

式中: ρ_i ——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)。

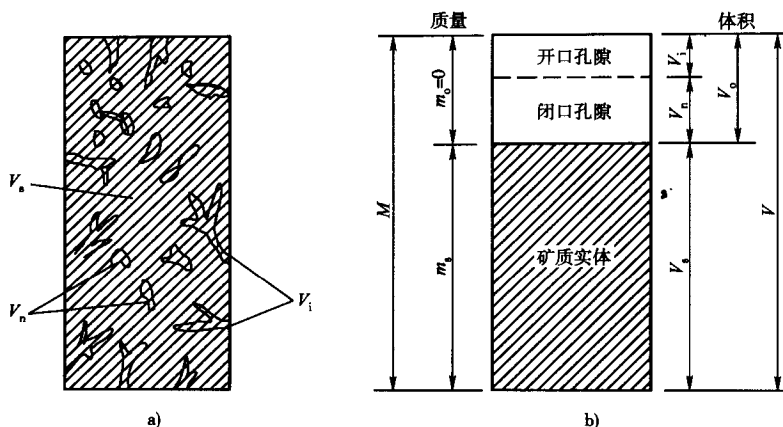


图 1-1 岩石组成结构示意图

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

由于测定岩石密度时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')。

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

式中: ρ_t 、 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),是将岩石样品粉碎磨细后,在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 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')求得真实密度。

(2) 毛体积密度。在规定条件下,烘干岩石(包括孔隙在内)的单位体积的质量,用 ρ_0 表示。

$$\rho_0 = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i} \quad (1-2)$$

式中: ρ_0 ——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, $V = V_s + V_n + V_i$, 故式(1-2)可写为式(1-2')。

$$\rho_0 = \frac{M}{V} \quad (1-2')$$

式中: ρ_0 ——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)。