



高等学校
工程管理专业应用型本科规划教材

Highway Material

公路工程材料

主 编	柳俊哲	
副主编	田文玉	姚佳良
	张嘎吱	吕丽华
主 审	申爱琴	



人民交通出版社

China Communications Press



高等学校
工程管理专业应用型本科规划教材

*H*ighway *m*aterial

公路工程材料

主 编 柳俊哲
副主编 田文玉 姚佳良
张嘎吱 吕丽华
主 审 申爱琴



人民交通出版社

China Communications Press

图书在版编目 (CIP) 数据

公路工程材料 / 柳俊哲主编. —北京: 人民交通出版社, 2007.1

ISBN 978 - 7 - 114 - 06317 - 6

I. 公... II. 柳... III. 道路工程 - 建筑材料 - 高等学校 - 教材 IV.U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 146691 号

书 名: 公路工程材料

主 编: 柳俊哲

责任编辑: 王 霞

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.ccpress.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: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 18.25

字 数: 334 千

版 次: 2007 年 1 月 第 1 版

印 次: 2007 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 06317 - 6

定 价: 27.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



内 容 提 要

本书为高等学校土建学科工程管理专业应用型本科规划教材。

本书共分七章，内容包括砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土和砂浆、建筑钢材、沥青材料、沥青混合料、合成高分子材料及附录，附录共收录七个试验。

本书系高等学校土建学科工程管理专业（公路工程方向）教材，也可以作为道路与渡河工程专业和成人教育的培训教材。对从事公路工程施工、工程监理、试验检测工作的工程技术人员也是非常好的参考书。



高等学校工程管理专业应用型本科规划教材编委会

主任委员

朱宏亮

副主任委员

刘长滨

盛承懋

尹贻林

周直

韩敏

委员 (以姓氏笔画为序)

丁晓欣
王延树
王恩茂
刘津明
吴飞
张泽平
李相然
邵军义
陈起俊
赵利
袁剑波
赖茂宇

上官子昌
王阿忠
邓晓盈
刘新社
吴怀俊
张涑贤
李锦华
邹坦
陈德义
凌天清
郭树荣
缪晟

马斌
王卓甫
邓铁军
吕广
吴信平
张敏莉
杨平
陈赞
周云
唐祥忠
陶学明
臧秀平

马振东
王孟钧
石振武
朱佑国
宋伟
李芊
杨少伟
陈双
周海婷
徐永杰
舒丽雅
谭敬胜

马楠
王金凤
刘元芳
齐宝库
宋博通
李建峰
苏有文
陈立文
庞永师
徐学东
董肇君
薛姝

方俊
王选仓
刘伊生
刘余宏
张云波
李朋林
苏振民
陈志华
庞南生
栗宜民
蒋根谋



高等学校工程管理专业应用型本科规划教材审稿委员会

主任委员

任宏

副主任委员

成虎

委员 (以姓氏笔画为序)

尹贻林
申爱琴
刘浩学
杨少伟
陈起俊
盛承懋

王建廷
石勇民
朱宏亮
杨华峰
陈锦昌
黄政宇

王选仓
石振武
过静琚
沈蒲生
周直
黄安永

王雪青
刘开生
邬晓光
邵军义
庞永师
谭大璐

卢有杰
刘长滨
张建仁
陈轮
武永祥

田金信
刘晓君
李启明
陈忠达
袁剑波



高等学校工程管理专业应用型本科规划教材出版说明

工程管理专业自 1998 年设置以来,伴随着国民经济及工程建设的迅猛发展,已逐步成熟完善,目前已有近 300 所院校开设该专业。在这些院校里面,有相当一部分以“应用型”定位为主,各院校结合自身的专业特点,形成了各具特色的教学培养模式。为满足广大“应用型”本科院校的需要,加强特色方向教材的出版,人民交通出版社深入调研,周密组织,在高等学校工程管理专业指导委员会的热情鼓励和悉心指导下,蒙清华大学朱宏亮教授尽心主持,得到了国内近七十余所高校的积极响应,邀请一大批各院校骨干教师参与,由国内一流专家审稿,组织、编写、出版了本套高等学校土建学科工程管理专业应用型本科规划教材。

本套教材以《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》为纲,结合专业建设、课程建设和教学改革以及本学科的最新研究成果,设置了技术平台课程、管理平台课程、经济平台课程、法律平台课程,以及工程项目管理方向课程、房地产经营与管理方向课程、投资与造价管理方向课程、公路工程项目管理方向课程,进行了相应的教材开发,供各院校选用。

本套教材以“应用型”定位为出发点,结合教学实际,全面规划成系列开发近 50 个品种。教材编委会、审稿委员会、编写与审稿人员全力以赴,为打造精品教材做出了不懈努力,希望能够以此推动工程管理专业的教材建设。

本套教材适用于高等学校工程管理专业,各高校独立学院、成人教育学院及网络教育中的工程管理、工程造价等相关专业亦可选用。

人民交通出版社

2006 年 12 月

前 言

本教材依据高等学校工程管理专业培养目标与教学计划而编写。《公路工程材料》是公路工程方向的工程管理专业本科生重要的技术基础课,是工程管理系列课程中的先导课,它既是引导学生进入专业领域的入门课程,也是培养学生自学能力、独立分析能力和动手能力的综合训练课程,在工程管理专业课程体系中起着承上启下,为后续课程打基础的作用。

现有各类《土木工程材料》教材多为针对建筑工程或道桥专业编写,内容较多,篇幅较大,对于《土木工程材料》学时数较少的工程管理专业学生来说难以把握住重点,且浪费精力和财力、增加了学生负担。因此编写适合于公路工程方向工程管理专业的《公路工程材料》教材成为当前一项较为紧迫的任务。

本书参考了多种版本的《土木工程材料》、《建筑材料》和《道路建筑材料》等书籍,吸收了本学科国内外的最新成果和我国有关的新技术、新规范,从全面提高学生实际操作能力、工程应用能力和创新能力出发,充分体现《公路工程材料》在工程管理专业的技术基础课特色,即基本概念清晰、重视实践,注意将新理论、新技术和新方法充实到教材中。同时根据与时俱进的原则注意突出常用材料和基本理论,缩减已过时的或不常用的一部分传统材料,更新和补充部分常用新型材料,对部分章节的编排作了调整,内容结构体系完整,各章内容衔接良好,逻辑性强,符合学生认知规律,使教材通俗易懂,便于学生理解和掌握。在材料性质论述中,力求概念准确、条理清晰、层次分明;在论证方法上,注意贯彻理论联系实际的原则,运用深入浅出的表述方法,满足工程管理类人才对公路工程材料的基本知识和基本操作技能的需要,填补了适用于工程管理专业的《公路工程材料》教材空白。

本书的编写人员都是富有教学、科研与工程实践经验的教师,书中内容基本上反映了当代最新的材料和技术,紧密联系工程实际,因此特别适合于本科与成人教育公路工程方向的工程管理专业学生使用,也是从事土木工程建设的有关人员的良好参考书。

本书由东北林业大学柳俊哲任主编,重庆交通大学田文玉、长沙理工大学姚佳良、长安大学张嘎吱、东北林业大学吕丽华任副主编。各章节具体编写分

工为：绪论、第2章、第4章由柳俊哲编写；第3章、第5章、附录试验五及试验六由田文玉编写；第1章、第7章、附录试验一及试验二由姚佳良编写；第6章及附录试验七由张嘎吱编写；附录试验三及试验四由东北林业大学吕丽华编写。

本书由长安大学申爱琴主审，为本书提供了许多建设性的意见，在此表示感谢。

近年来由于我国基础建设的迅猛发展，公路工程材料随之也涌现出很多新品种和新材料，本书未能涵盖所有工程材料，同时由于编者水平有限，加之时间仓促，书中缺点和错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006年11月

目 录

绪论	1
第 1 章 砂石材料	6
1.1 岩石的组成与分类	6
1.2 常用石料品种	12
1.3 集料的技术性质与矿质混合料的组成设计	16
复习思考题	31
第 2 章 石灰和水泥	32
2.1 石灰	32
2.2 水泥	38
复习思考题	68
第 3 章 水泥混凝土和砂浆	70
3.1 概述	70
3.2 水泥混凝土的组成材料	72
3.3 新拌混凝土性能	85
3.4 水泥混凝土的力学性能	90
3.5 水泥混凝土的变形	96
3.6 水泥混凝土耐久性	98
3.7 普通水泥混凝土配合比设计	101
3.8 其他功能水泥混凝土	113
3.9 建筑砂浆	120
复习思考题	123
第 4 章 建筑钢材	125
4.1 钢材的冶炼和分类	125
4.2 建筑钢材的技术性能	127
4.3 钢材的化学成分对钢材性能的影响	133
4.4 钢的冷加工强化及时效处理	135



4.5 钢材的选用	136
4.6 钢材的腐蚀与防止	140
复习思考题	141
第5章 沥青材料	142
5.1 石油沥青	142
5.2 其他沥青	167
复习思考题	188
第6章 沥青混合料	189
6.1 概述	189
6.2 沥青混合料的组成材料	190
6.3 沥青混合料的技术性质和技术要求	194
6.4 沥青混合料的配合比设计	199
复习思考题	204
第7章 合成高分子材料	205
7.1 高分子化合物基本知识	205
7.2 常用建筑高分子材料	210
7.3 高分子材料在公路工程中的应用	215
复习思考题	229
附录 公路工程材料试验	230
试验一 石料的强度和磨耗试验	231
试验二 集料密度和筛分试验	233
试验三 石灰试验	240
试验四 水泥试验	245
试验五 普通混凝土试验	257
试验六 沥青针入度、延度和软化点测定	270
试验七 沥青混合料马歇尔稳定度试验	277
参考文献	281

绪论

《公路工程材料》是公路工程方向工程管理专业的一门技术基础课，是研究公路工程材料组成、性能和应用的一门课程。

1.《公路工程材料》课程的内容与任务

公路工程材料是指公路建设过程中所用材料的总称，是公路工程不可缺少的物质基础。公路工程材料种类较多，使用量很大。正确选择和使用公路工程材料，不仅与公路工程耐久和适用性有关，而且直接影响到工程造价，因此，在选材时应充分考虑材料的技术性能和经济性。随着公路与桥梁建筑技术的发展，用于公路与桥梁建筑的材料在品种上日益增多，而且对其质量也不断提出新的要求。现将一些常用公路工程材料分述如下。

(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) 无机胶凝材料及制品

在道路与桥梁建筑中最常用的无机胶凝材料是石灰和水泥。水泥与集料配制的水泥混凝土是桥梁工程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，水泥混凝土路面已发展成为主要的路面类型之一，而随着半刚性路面的发展，石灰、粉煤灰、水泥与土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。

(3) 有机胶凝材料及制品

有机胶凝材料主要是指沥青类材料，它与不同粒径的集料配合，可以修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凝土修筑的，所以沥青混合料是现代路面工程中极为重要的一种材料。

(4) 合成高分子材料

分子量数千乃至数百万以上的组成单元相互多次重复连接而构成的物质，称为



高分子材料。一般土木工程所用的高分子材料均为聚合反应而成，因此称为合成高分子材料，如合成树脂、合成橡胶。高分子材料在土木工程中使用的时间较短，但近年来随着化学工业的发展，多种高分子材料逐渐应用于道路和桥梁工程中，其主要是用来改善沥青混合料或水泥混凝土的性能，是一种近期发展较快的新材料。

(5) 钢材

钢材是桥梁钢结构、钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土结构的重要组成材料。

本课程的任务是使学生获得有关公路工程材料的性质和应用的基本理论以及基本知识，并学会主要工程材料试验方法。通过对材料基本性质的学习，要求了解密度和孔隙率、空隙率等材料性质的一些基本概念，并掌握无机胶凝材料、水泥混凝土、钢材、沥青材料、沥青混合料、合成高分子材料等常用公路工程材料的各项基本力学性质、物理性质、化学性质、耐久性质以及存在的问题和改善途径，具备根据公路工程材料的使用条件及性能要求，合理选材及应用的初步能力。

2. 公路工程材料在路桥工程中的地位

公路工程材料是公路工程建设的基础。材料质量的优劣、配制是否合理及选用是否适当等均影响建造后的公路工程结构物的质量。

在道路与桥梁总修筑费用中，用于材料的费用约占 30%~50%，某些特殊工程甚至可达到 70%~80%。所以，要节约工程投资，降低工程造价，认真合理地选配和应用材料是很重要的一个环节。

在道路与桥梁工程中要实现新设计、新技术、新工艺，新材料也是其中重要环节。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，所以公路工程材料的研究，是道路与桥梁技术发展的重要基础。

3. 公路工程材料应具有的技术性质

道路与桥梁工程是一种承受频繁交通动荷载作用的结构物；同时又是一种裸露于大自然并受到各种复杂的自然因素及恶劣环境影响的结构物。所以用于修筑公路的工程材料，不仅需要具有抵抗复杂应力作用的综合力学性能，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减，维持良好的耐久性。

为了保证公路工程材料的综合力学性能和良好耐久性，要求公路工程材料具有以下四个方面的性质。

(1) 力学性质

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。目前建筑材料力学性质的评价，主要包括抗压、抗拉、抗弯、抗剪等强度以及磨损、冲击、磨光等。

(2) 物理性质

材料的力学性质随其环境条件的改变而改变。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指标来表征其强度变化的程度。优质材料的强度应受环境条件的影响较小。此外还要测定一些材料的物理常数,如密度、毛体积密度、孔隙率和空隙率等指标。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性能。公路工程材料受到周围介质的侵蚀(如桥墩在工业污水中)会导致强度降低,耐久性下降;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、水等)的综合作用会引起材料的老化,特别是沥青等各种有机材料表现得更为严重。

(4) 工艺性质

工艺性质是材料适合于按照一定工艺流程加工的性能。例如,水泥混凝土在成型以前要求有一定的流动性,以便制作成一定形状的构件。材料工艺性质通过一定的试验方法和指标进行控制。

公路工程材料的以上四方面性能是相互联系、相互制约的,在研究材料性能时,往往要把各方面性能联系起来综合考虑。

4. 公路工程材料的技术标准分类

公路工程中使用的各种材料及其制品,应具有满足使用功能和所处环境要求的某些性能,而材料及其制品的性能或质量指标必须用科学的方法所测得的确切数据来表示。为使测得的数据能在有关研究、设计、生产、应用等部门得到承认,有关测试方法和条件、产品质量评价标准等均由专门机构制定并颁发“技术标准”,并作出详尽明确的规定作为共同遵循的依据。这也是现代工业生产各个领域的共同需要。

技术标准,按照其适用范围,可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等。

国家标准是指对全国经济、技术发展有重大意义,必须在全国范围内统一的标准,简称“国标”。国家标准由国务院有关主管部门(或专业标准化技术委员会)提出草案、报国家标准总局审批和发布。

行业标准也是专业产品的技术标准,主要是指全国性各专业范围内统一的标准,简称“行标”。这种标准由国务院所属各部和总局组织制定、审批和发布,并报送国家标准总局备案。

地方标准即地方主管部门发布的地方性指导技术文件。



企业标准为凡没有制定国家标准、行业标准的产品或工程，都要制定企业标准。这种标准是指仅限于企业范围内适用的技术标准，简称“企标”。为了不断提高产品或工程质量，企业可以制定比国家标准或行业标准更先进的产品质量标准。

现将国家标准及部分行业标准列于表 0-1。

国家及行业标准代号

表 0-1

标准名称	代号	标准名称	代号
国家标准	GB	交通行业	JT
建材行业	JC	冶金行业	YB
建工行业	JG	石化行业	SH
铁道部	TB	林业行业	LY

随着国家经济技术的迅速发展和对外技术交流的增加，我国还引入了不少国际和国外技术标准，现将常见的标准列入表 0-2。

国际组织及几个主要国家的标准和代号

表 0-2

标准名称	代号	标准名称	代号
国际标准	ISO	德国工业标准	DIN
国际材料与结构试验研究协会	RILEM	韩国国家标准	KS
美国材料试验协会标准	ASTM	日本工业标准	JIS
英国标准	BS	加拿大标准协会	CSA
法国标准	NF	瑞典标准	SIS

5.《公路工程材料》的学习方法

《公路工程材料》是一门技术基础课，学习本课程的目的为进一步学习专业课提供有关材料的基础知识，并为今后从事设计、施工和管理工作中合理选择和正确使用材料奠定基础。

《公路工程材料》课程的内容庞杂、材料品种繁多，涉及到许多学科或课程，其名词、概念和专业术语较多，各种公路工程材料相对独立，即各章之间的联系较少。此外公式推导少，而以叙述为主，许多内容为实践规律的总结。因此其学习方法与力学、数学等完全不同。学习《公路工程材料》时应从材料科学的观点、方法及实践的观点来进行，否则就会感到枯燥无味，难以掌握材料组成、性质、应用以及它们之间的相互联系。学习《公路工程材料》课程时，应从以下几个方面来进行。

(1) 了解或掌握材料的组成、结构和性质间的关系

掌握公路工程材料的性质与应用是学习的目的，但孤立地看待和学习，就免不了



了要死记硬背。材料的组成和结构决定材料的性质和应用，因此学习时应了解或掌握材料的组成、结构与性质间的关系。应特别注意掌握的是材料内部的孔隙数量、孔隙大小、孔隙状态及其影响因素，它们对材料的所有性质均有影响，同时还应注意外界因素对材料结构与性质的影响。

(2) 运用对比的方法

通过对比各种材料的组成和结构来掌握它们的性质和应用，特别是通过对比来掌握它们的共性和特性。这在学习水泥、混凝土、沥青混合料等时尤为重要。

(3) 密切联系工程实际，重视试验课并做好试验

《公路工程材料》是一门实践性很强的课程，学习时应注意理论联系实际，利用一切机会注意观察周围已经建成的或正在施工的工程，提出一些问题，在学习中寻求答案，并在实践中验证和补充书本所学内容。试验课是本课程的重要教学环节，通过试验可以验证所学的基本理论，学会检验常用材料的试验方法，掌握一定的试验技能，并能对试验结果进行正确的分析和判断。这对培养学习与工作的能力以及严谨的科学态度十分有利。



第 1 章

砂石材料

本章概要

通过本章学习,要求学生掌握集料的技术性质与矿质混合料的组成设计;熟悉天然岩石的技术性质与技术要求;了解主要造岩矿物特征及岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类岩石构造特点。

砂石材料是石料和集料(又称骨料)的总称。主要包括:直接开采的天然岩石或经机械加工制成的具有一定形状和尺寸的石料制品;天然岩石经长期风化、地质作用而形成的卵石、砂卵石以及经开采轧制加工得到的碎砾石等。

1.1 岩石的组成与分类

天然石材是人类使用最早的砌筑材料,它由天然岩石经人工开采加工而成。古埃及的金字塔、古罗马的大角斗场、隋代赵县安济桥等,都是著名的天然石材结构。在现代土木工程中,常利用天然石材的强度高、耐久性好、纹理与色泽美观大方等特点,广泛应用于建筑、道路、桥梁与大坝等工程。

1.1.1 常见的主要造岩矿物

构成岩石的矿物称为造岩矿物。由一种矿物聚集构成的岩石称为单矿岩,如石灰岩、石英岩等;由多种矿物聚集而成的岩石称为多矿岩,如花岗岩、玄武岩等。岩石的性质是由组成岩石的造岩矿物的性质及其相对含量和结构类型所决定的。同一种岩石,产地不同,其矿物组成和结构也有差异,其颜色、强度、耐久性等性质亦会有所不同。土木工程常用岩石的主要造岩矿物特征见表 1-1。

主要造岩矿物特征

表 1-1

矿物名称	主要特征
石英	密度 2.65kg/m^3 ；摩氏硬度 7；坚硬、强度高，化学性质稳定，抗风化能力强
长石	密度 $2.5\sim 2.7\text{kg/m}^3$ ；摩氏硬度 6；性能次于石英，较易风化
角闪石、辉石、橄榄石	密度 $2.9\sim 3.6\text{kg/m}^3$ ；摩氏硬度 1~7；主要分布于岩浆岩，较易风化
白云母	密度 2.8kg/m^3 ；摩氏硬度 2.1~3；性能稳定，主要分布于变质岩中
黑云母	密度 3.0kg/m^3 ；摩氏硬度 2.1~3；性能不稳定，主要分布于岩浆岩和变质岩中
方解石	密度 $2.6\sim 2.9\text{kg/m}^3$ ；摩氏硬度 3；易溶于酸，可溶于水，性能稳定，是石灰岩和大理岩的主要矿物
石膏	密度 2.3kg/m^3 ；摩氏硬度 1.1~2；呈层状分布于沉积岩中
滑石	密度 $2.6\sim 2.9\text{kg/m}^3$ ；摩氏硬度 1；性质软弱，是白云岩的主要变质矿物
黄铁矿	密度 $4.9\sim 5.2\text{kg/m}^3$ ，摩氏硬度 6~6.5；易风化，主要分布于岩浆岩、砂岩或石灰岩中

1.1.2 岩石的分类

砌筑用石材主要是天然岩石。天然岩石按地质成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

岩浆岩，又称火成岩，是由地壳深处或上地幔的岩浆及熔岩流冷凝形成的岩石。岩浆的主要成分是硅酸盐和一部分挥发分；熔岩流中的挥发分相对较少。火成岩的化学成分主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 等。

沉积岩，又称水成岩。它们是在地表或近地表，在常温常压下由风化剥蚀作用、生物作用或火山作用提供的一些碎屑物质和溶解物质，在原地或经外力搬运后沉积、压实而形成的坚固岩石。按成因沉积岩分为碎屑岩、黏土岩和化学及生物化学岩三类。

变质岩是原岩（火成岩、沉积岩或早已变质的岩石）经岩浆活动，地壳构造运动中产生的高压、高温作用，部分矿物在固态下变质，产生再结晶作用，使矿物、构造、成分发生部分或全部改变，重新组合而成的另一种新岩石。变质岩构造矿物较复杂而多样。

以上三大类岩石在土木工程中均有广泛应用。

1.1.3 岩石的结构与构造

岩石的结构是指其矿物的结晶程度、晶粒大小、晶粒的相对大小、晶体形状及