

高等学校教材

隧道工程

(第二版) 上册

王毅才 主编

人民交通出版社

高等学校教材

Suidao Gongcheng 隧道工程

(第二版)

上册

王毅才 主编

人民交通出版社

内 容 简 介

本书是高等学校土木工程专业隧道及地下工程方向、桥梁工程方向、公路与城市道路工程方向使用的专业教材,也可以供相关专业工程技术人员设计和施工时参考,还可以供公路隧道管理人员和隧道工程管理人员工作时参考。

全书共分上、下两册。上册为基础及专题部分,其中第一篇(绪论、第一~三章)总论,主要叙述公路隧道的总体设计要领;第二篇(第四~六章)山岭公路隧道,主要讲述荷载与结构计算;第三篇(第七~十三章)锚喷支护设计与质量控制,介绍新奥法的支护理念及锚喷支护与预应力锚喷支护的设计理论、方法与实践;第四篇(第十四~十七章)竖井设计与施工,系统介绍竖井的常规设计与施工方法;第五篇(第十八~十九章)公路隧道的防排水设计与施工,系统介绍山岭隧道防排水设计方法与施工技术;第六篇(第二十~二十一章)公路隧道的营运通风与营运照明,系统叙述营运通风与照明的设计理论与方法;第七篇(第二十二~二十九章)公路隧道交通工程设施,介绍公路隧道管理系统的组成与运作方法。共七篇计二十九章。下册为浅埋隧道、新奥法施工、特殊工法施工和软土隧道。

图书在版编目(CIP)数据

隧道工程.上册/王毅才主编.—2版.—北京:人民交通出版社,2006.3

ISBN 7-114-05952-3

I.隧... II.王... III.隧道工程 IV.U45

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第018284号

书 名:隧道工程(第二版)(上册)

著 作 者:王毅才

责任编辑:曲 乐(010-85285984 qlpress@163.com)

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:北京凯通印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:46

字 数:1156千

版 次:1993年12月 第1版 2006年6月 第2版

印 次:2006年6月 第2版 第1次印刷 累计第8次印刷

书 号:ISBN 7-114-05952-3

定 价:65.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编写委员会

主任委员:王秉纲 (长安大学)

副主任委员:胡长顺 (长安大学)

陈艾荣 (同济大学)

王 炜 (东南大学)

杜 颖 (人民交通出版社)

委 员:周 伟 (交通部交通科学研究院)

郑健龙 (长沙理工大学)

张建仁 (长沙理工大学)

刘小明 (北京工业大学)

梁乃兴 (重庆交通学院)

向中富 (重庆交通学院)

徐 岳 (长安大学)

郭忠印 (同济大学)

杨晓光 (同济大学)

黄晓明 (东南大学)

叶见曙 (东南大学)

黄 侨 (哈尔滨工业大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

马松林 (哈尔滨工业大学)

赵明华 (湖南大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

王殿海 (吉林大学)

符铎砂 (华南理工大学)

秘 书 长:韩 敏 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套面向 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

面向 21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能

力的培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

21 世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

面向 21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会

第2版前言

本教材是为隧道工程专业、桥梁工程专业、公路与城市道路专业编写的专业课教材,是在第1版《隧道工程》(上册,1987.6;下册,1993.12)的基础上,经过十余年的试用大幅度改编而成的。全书分为上、下两册,教材全面系统地介绍公路隧道的设计及公路隧道的营运管理等基础知识。在编写过程中,我们本着系统、成熟、综合、实用和运用先进技术的总体要求,对资料进行了筛选,尽量使读者在阅读本书后能基本上掌握公路隧道的设计和营运管理的基础理论知识,并为进一步深入学习该学科的各分支打下基础。为此,在第1版《隧道工程》教材内容涉及范围基础上,拓宽了它们的范围和深度,扩展了一些实际工程中所需要的专题部分,增加了可读性和实用性。

经过近20年的发展,公路隧道建设在中国有了长足的发展。第1版《隧道工程》教材已经完成了它从无到有的使命。在此期间已经出版了两版《公路隧道设计规范》、《公路隧道施工技术规范》、《公路隧道通风照明设计规范》也相继出版。这次再版(第2版)主要在以下几方面加以强调:在内容上加以修订、拓宽和延伸;加强实用性;依托“国家标准”和“行业规范”进行改编;在编写的总体规划上,仍把全书分为上、下两册。上册为基础及专题部分,山岭隧道基础部分增加大量篇幅加强山岭隧道中的“新奥法”,专题部分增加了防排水、竖井专题,丰富了公路隧道通风与照明的内容,大幅度扩展了公路隧道交通工程设施部分;下册为矿山法施工、新奥法施工、特殊工法施工和软土隧道。把第1版的第二篇中有关隧道施工和第三篇“软土隧道的设计与施工”部分列为下册,增加了特殊工法部分;与第1版相比,大大增强了山岭隧道知识的全面系统性。

第2版《隧道工程》系根据2000年高等学校路桥专业教材编审委员会编写规划,对全书进行全面修订改编。由于资料的来源有限,篇幅有限,距离全、新、实用的总要求还有一定的差距,也难免有不妥之处,请广大读者多加指正。

本书由王毅才主编,陶纪南、颜静仪、杨彦民为副主编。其中上册第一篇第一、二章由王毅才编写,第三章由王奇辉改编;第二篇第四章由杨彦民、曹振编写,第五章由杨彦民、曹振改编,第六章原作狄武陵由曹振整理录入;第三篇由陶纪南编写。第四篇由卢清国编写;第五篇由杨彦民、曹振编写;第六篇由王毅才编写;

第七篇由颜静仪组稿,其中第二十二、二十五章由杨峰编写,第二十三、二十四、二十八章由盛刚编写,第二十六章由孙继洋编写,第二十七章由朱建军编写,第二十九章由马俊峰编写,全篇由颜静仪、盛刚校验。下册后续出版。全书由周熹主审。

编者
2005年5月

第1版前言(上册)

本教材是为桥梁工程、公路与城市道路工程专业编写的专业课试用教材,是在各院校多年来使用的讲义的基础上编写的。书中主要介绍了道路隧道的勘测设计、经济分析方法、通风与照明设计、衬砌结构计算、山岭隧道施工方法、软土隧道的设计与施工方法以及隧道的运营与养护等。在编写中试图以较少的篇幅综合介绍这门多学科的专业内容,并尽可能的充实新理论、新技术,使读者阅读之后能够受到一定的启迪,为进一步学习该学科的各个组成部分打下一定的基础。本教材着重介绍道路隧道的勘测设计与施工的基本知识。限于篇幅缘故,对于其它类型隧道未作介绍。道路隧道与铁路隧道相比,在结构设计、施工方法等方面有许多共同点,在勘测设计、结构构造、通风与照明、运营与养护以及施工等方面也存在许多差异。这些差异是由道路隧道多种多样的使用要求引起的。从这个意义上讲,道路隧道目前还不能像铁路隧道那样采用标准图。用少量的标准图满足多样化的使用要求是相当困难的。也就是说,道路隧道必须根据经济能力和实际使用要求逐个设计。这本综合性教材对解决这个问题可能有些教益。

本教材系以1982年11月高等学校路桥专业教材编审委员会制定的《隧道工程》教学大纲为依据编写的。由于这种教材是首次编写,所以无论在深度和广度上可能都不能满足读者的要求,也难免存在许多缺点错误,诚恳地希望读者指正。

全书由西安公路学院王毅才主编,重庆交通学院周熹主审。上册书中绪论、第一、二、三、四、五、七(除第六、七节)章由王毅才编写;第六、七(第六、七节)、十、十一、十二章由南京工学院蒋晃编写;第八章由重庆公路科学研究所狄武陵编写;第九章由交通部第一公路勘测设计院缪怀甫编写。

编者

1985年12月

第1版前言(下册)

本教材是为桥梁工程、公路与城市道路工程专业编写的专业课试用教材。全书分为上下两册,上册已于1987年6月出版,内容分为两篇,即总论和山岭隧道。下册分为两篇,即软土隧道的设计与施工和道路隧道的运营管理与养护,主要介绍了盾构隧道、明挖隧道、沉管隧道、顶管隧道、道路隧道的运营管理和隧道养护概说等内容,既讲述了最常见的软土和水下隧道的基本形式,也介绍了迫切需要的道路隧道运营管理和养护知识。在编写过程中,参编学者都力图以有限的篇幅介绍更多的内容。道路隧道运营管理部分是道路隧道的设计者渴望得到的知识,本书首次纳入教材中的内容,虽还很不完善,但就解决实际工程问题的涉及范围来讲,大体上够用,希望通过这些介绍,能起到抛砖引玉的作用。

本教材是根据高等学校路桥专业教材编审委员会制定的《隧道工程》教学大纲编写的。成稿于1986年,后经过三年试用,并加以修改,成为今天的初稿,供读者试用。由于这套以道路隧道为主的《隧道工程》,是初次编写,这在建国以来还是首次,在深度和广度上难免有不尽人意之处和存在许多缺点错误,诚恳地希望读者指正。

全书由西安公路学院王毅才主编,重庆交通学院周熹主审。下册书中第十三、十四章由同济大学陆同寿编写;第十五章由上海城市建设学院郑汉璋编写;第十六章由上海市隧道工程设计院江中孚编写;第十七章由西安公路学院王毅才编写(其中第三节由颜士连编写);第十八章由王毅才编写。

在全书编写过程中,承蒙各方鼎力支持,这里谨致谢意。上册插图第一~第七章由王毅才绘制;第八~第十二章由交通部第一公路勘察设计院薛文蕙描绘,西安公路学院撒民力参加了插图的整理工作。下册插图由交通部第一公路勘察设计院何希馥描绘,西安公路学院张永清参加了插图的整理工作,撒民力、张海英参加了校对工作。全稿由西安公路学院果凤荣整理和校对。在此向以上同志表示衷心感谢。

编 者

1992年8月

目 录

第一篇 总 论

绪论	3
第一章 公路隧道的勘测设计	7
第一节 公路隧道的工程调查	7
一、概述	7
二、文献资料的收集	7
三、地形地质调查	9
第二节 隧道的总体设计	15
一、总体设计的内容	15
二、隧道管理区的概念	16
三、隧道洞内的分区	16
四、洞外管理区的范围	17
五、管理区入口附近	17
六、组织交通流	18
七、环境设计	18
第三节 公路隧道定位	19
一、路线和隧道位置的选择	19
二、平面线形	21
三、纵断线形	22
四、隧道引线的概念	23
五、与平行隧道或其它结构物的间距	24
六、净空断面和建筑限界	25
七、断面设计	29
第四节 山岭隧道的类型	32
一、越岭隧道	32
二、傍山隧道	33
第五节 城市隧道	33
第六节 水底隧道	34

第七节 公路隧道洞口位置选择	35
一、地质特点的对策	35
二、洞口位置的避讳	35
三、洞口为悬崖陡壁时	35
四、洞口地形平缓时	36
五、隧道中线与地形等高线正交	36
六、洞门附近的施工场地	36
七、洞口段埋深较小时	36
八、废气和噪声对周围环境的影响	36
九、特殊工程	36
十、平交路口对隧道的影响	37
十一、隧道延长的计算	37
十二、公路隧道洞口位置选择图例	37
第二章 公路隧道结构构造	39
第一节 衬砌材料与构造	39
一、衬砌材料	39
二、洞身衬砌类型	40
三、衬砌基本尺寸拟定	43
第二节 洞门	43
一、概述	43
二、洞门形式	44
第三节 明洞	46
一、拱式明洞	46
二、棚式明洞	47
第四节 内部装饰、顶棚及路面	47
一、内部装饰	47
二、顶棚	48
三、路面	49
四、噪声的消减	49
第五节 隧道的附属设施	52
一、紧急停车带与方向转换场	52
二、公用隧管	53
第六节 防排水设施	54
第三章 长大公路隧道的经济分析	56
一、概述	56
二、隧道经济分析的前提条件和范围	58
三、成本估算	58

四、经济效果	59
五、路线的交通经济分析方法	60

第二篇 山岭公路隧道

第四章 围岩压力	65
第一节 导论	65
第二节 工程技术规范采用的围岩压力计算方法	68
一、深埋隧道围岩压力的确定	68
二、浅埋隧道围岩压力的确定	70
三、偏压隧道围岩压力的确定	73
四、明挖浅埋隧道围岩压力的确定	76
五、斜井、竖井围岩压力估算	77
六、大跨隧道与小净距隧道围岩压力探讨	78
第三节 其他围岩压力计算方法简介	82
一、泰沙基方法确定围岩压力	82
二、M. M. 普罗托基亚可诺夫(简称普氏)方法	84
三、A·毕尔鲍曼方法确定围岩压力	87
四、W·利特方法	88
第四节 围岩压力量测简介	89
第五章 隧道衬砌结构计算	91
第一节 概述	91
一、简况	91
二、隧道衬砌荷载与分类	92
第二节 半衬砌计算	92
一、计算图式、基本结构及力法方程	92
二、单位变位及荷载变位计算	93
三、拱脚位移计算	95
四、计算各截面内力并校核计算正确性	96
第三节 曲墙式衬砌计算	97
一、计算图式	98
二、主动荷载作用下的力法方程和衬砌内力	99
三、最大弹性抗力值的计算	100
四、在 $\delta_0=1$ 弹性抗力作用下的内力	101
五、衬砌最终内力计算及校核计算结果的正确性	101
第四节 弹性地基上直梁的计算公式	101
一、基本计算公式的建立	101
二、梁上有分布荷载作用的情况	105

第五节 直墙式衬砌计算	105
一、计算原理	105
二、边墙的计算	106
第六节 衬砌截面强度检算	110
第七节 衬砌计算中存在的问题	112
第六章 隧道衬砌结构矩阵分析	113
第一节 导论	113
一、计算模型简述	113
二、计算简图和基本结构图式	114
三、非节点荷载的处理	115
四、直接刚度法的简述	117
第二节 单元刚度矩阵	117
一、衬砌单元刚度矩阵	117
二、链杆单元刚度矩阵	122
三、墙底弹性支座单元刚度矩阵	123
四、刚性单元	125
第三节 结构刚度方程	125
一、结构刚度方程的形成	125
二、结构刚度矩阵的特点	128
三、直接刚度法的求解	128
四、方程的解与改进	130

第三篇 锚喷支护设计与质量控制

第七章 锚喷支护原理	135
第一节 锚喷支护与现代支护理论	135
第二节 锚喷支护特点	137
一、及时性	137
二、紧贴性	138
三、柔韧性	138
四、深入围岩内部加固	139
五、支护组合和设置时间的灵活性	139
六、密封性	139
第三节 锚喷支护设计原则和方法	139
一、工程类比法	140
二、监控量测法	140
三、理论验算法	140
四、典型类比监控反演法	140

五、特征线法	141
第四节 预应力锚喷支护	141
一、预应力锚喷支护的优点	141
二、预应力锚喷支护的最佳应用领域和设计理念	142
第八章 锚喷支护结构类型及质量控制	143
第一节 锚喷支护结构类型	143
第二节 锚杆	143
一、锚杆类型	143
二、隧道及边坡工程中常用的几种锚杆	143
三、锚杆支护设计与质量控制	148
第三节 预应力锚杆(索)	149
一、预应力锚杆组成	149
二、外锚头的结构类型	150
三、内锚头的结构类型	166
四、预应力锚杆力学特征和应用领域	171
五、预应力锚杆质量控制	173
第四节 喷射混凝土支护设计与质量控制	181
一、喷射混凝土设计参数的基本要求	181
二、钢纤维喷射混凝土	182
三、喷射混凝土质量控制	183
第五节 钢筋网与钢拱架	187
一、钢筋网	187
二、钢拱架	187
第九章 锚喷支护工程类比设计	190
第一节 工程类比设计的原则与方法	190
第二节 工程岩体按稳定性分级标准	191
一、工程岩体按稳定性分级的指导思想	192
二、岩体基本质量分级	192
三、工程岩体级别的确定	198
四、国内几个有代表性的围岩稳定分级	202
第三节 用工程类比法设计锚喷支护参数	206
一、锚喷支护参数表	206
二、锚喷支护参数表的使用	210
三、锚喷支护设计的一般表达方式	211
第十章 锚喷支护监控设计	213
第一节 监控设计原理	213
第二节 现场量测的目的、内容和手段	214

一、现场量测的目的和意义	214
二、现场量测的内容和项目	215
三、量测手段	216
第三节 围岩应力应变和围岩与支护间接触应力量测	217
一、测试原理	217
二、测试手段	217
第四节 位移量测	220
一、净空相对位移测试(收敛测试)	220
二、拱顶下沉量测	223
三、地表下沉量测	223
四、围岩内部位移量测	224
第五节 支护的应力应变量测	228
一、锚杆轴力量测	228
二、钢支撑压力量测	229
三、衬砌应力测试	230
第六节 围岩声波测试	231
一、基本原理	231
二、测试仪器	231
三、围岩声波测试项目及其测试方法	232
第七节 现场量测的规划与实施	235
一、量测项目的确定和量测手段的选择	235
二、量测部位的确定和测点的布置	235
三、量测计划实施	237
第八节 量测数据的处理	238
一、数据处理的意义	238
二、测量数据的检查与相互印证	238
三、试验数据回归分析	239
四、位移测量值与全位移	243
第九节 量测数据的应用——反馈分析	243
一、采用经验方法实现量测信息对隧道设计和施工的反馈——定性反馈	243
二、量测数据反演——反分析设计	247
第十一章 按不稳定块体设计锚喷支护	259
第一节 局部不稳定性分析的原理与步骤	259
第二节 赤平极射投影与实体比例投影	261
一、赤平极射投影基本概念	261
二、基本作图法	263
第三节 隧道围岩不稳定块体稳定性分析手工图算法	269

一、洞顶四面不稳定块体的稳定性分析	269
二、洞壁四面不稳定块体的稳定性分析	271
三、复合部位四面不稳定块体的图解分析	273
四、不稳定块体的稳定分析	275
第四节 不稳定块体的锚喷支护计算方法	276
一、锚喷支护的承载作用	276
二、不稳定块体作用下锚喷支护的计算	277
三、岩体结构面 c 、 φ 值	282
第十二章 用特征线设计锚喷支护的理论与方法	283
第一节 特征线理论概述	283
第二节 轴对称条件下围岩特征线	283
一、围岩特征线内涵	283
二、建立围岩特征线的方法——虚拟荷载法	284
三、两类围岩特征线	285
第三节 轴对称条件下支护特征线	287
一、锚杆拉拔试验	287
二、锚杆支护特征线与锚杆无量纲支护特征线	288
三、预应力锚杆支护特征线与预应力锚杆无量纲支护特征线	288
四、网喷混凝土支护特征线	289
五、组合支护特征线	290
第四节 轴对称条件下锚喷支护设计	291
一、组合支护的两种设计方法	291
二、设计中几个问题的处理	292
第五节 非轴对称条件下锚喷支护设计	293
一、基本思路	293
二、无量纲特征线法原始数据的确定	294
三、无量纲特征线法的工作步骤	294
四、无量纲特征线法的计算实例	295
第六节 系统预应力锚杆组合支护的简易设计法——典型类比无量纲特征线法	297
一、典型类比特征线的理论基础	297
二、典型类比特征线法的工作步骤	297
三、预应力锚杆经济效益分析	298
第七节 无量纲特征线法设计预应力锚喷支护可靠性的实验验证	299
一、两类锚喷支护的现场对比试验	299
二、两类锚喷支护的模型对比试验	300
三、基本结论	302
第十三章 边坡工程预应力锚固设计	303