



全国交通土建高职高专规划教材

(第二版)

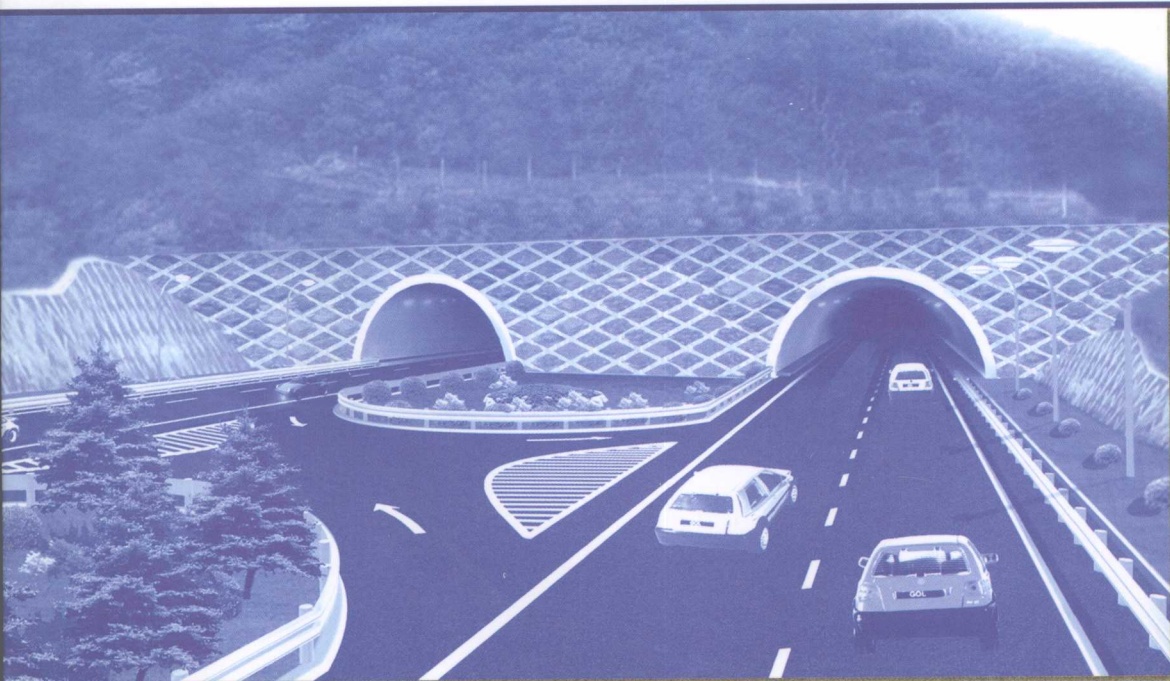
隧道工程

Guidao Gongcheng

黄成光 主 编

冼长策 和永诚 牟 云 副主编

关宝树 [西南交通大学] 主 审



人民交通出版社

China Communications Press

全国交通土建高职高专规划教材

Suidao Gongcheng

隧道工程

(第二版)

黄成光	主 编
冼长策 和永诚 牟 云	副主编
关宝树[西南交通大学]	主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了隧道工程的基本概念和设计方法及施工工艺,详细介绍了隧道构造和各种常用的施工方法、施工管理技术和质量检测技术。本书内容包括:公路隧道构造和总体设计、隧道工程调查与围岩分级、隧道支护结构设计、隧道施工准备和施工测量、隧道洞口工程和洞身工程、山岭隧道洞身开挖掘进和支撑与衬砌、支护质量检验、防水与排水、现场质量监控量测、隧道机电及其他设施,并附有公路隧道施工组织设计与管理示例等。

本书为道路桥梁工程专业和工程监理专业的规划教材,也是一本实用科技图书,可作为交通运输部公路工程监理工程师执业资格考试学习参考用书,也可供从事公路隧道工程设计、施工、监理的技术人员和管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

隧道工程/黄成光主编. —2版. —北京:人民交通出版社,2008.6

全国交通土建高职高专规划教材

ISBN 978-7-114-07251-2

I. 隧… II. 黄… III. 隧道工程—高等学校: 技术学校—教材 IV. U45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 093129 号

书 名: 全国交通土建高职高专规划教材
隧道工程(第二版)

著 作 者: 黄成光

责任编辑: 卢仲贤

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

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: 北京密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.75

字 数: 435 千

版 次: 2001 年 8 月 第 1 版

2008 年 6 月 第 2 版

印 次: 2008 年 6 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 10 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07251-2

印 数: 28001~31000 册

定 价: 33.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

总 序

针对高职高专教材建设与发展问题,教育部在《关于加强高职高专教材建设的若干意见》中明确指出:先用2至3年时间,解决好高职高专教材的有无问题。再用2至3年时间,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材,形成**一纲多本、优化配套**的高职高专教育教材体系。

2001年7月,由人民交通出版社发起组织,15所交通高职院校的路桥系主任和骨干教师相聚昆明,研讨交通土建高职高专教材的建设规划,提出了28种高职高专教材的编写与出版计划。后在交通部科教司路桥工程学科委员会的具体指导下,在人民交通出版社精心安排、精心组织下,于2002年7月前完成了28种路桥专业高职高专教材出版工作。

这套教材的出版发行,首先解决了交通高职教育教材的有无问题,有力支持了路桥专业高职教育的顺利发展,也受到了全国各高职院校的普遍欢迎。

随着高职教育教学改革的深入发展、高职教学经验的丰富与积累,以及本行业有关技术标准、规范的更新,本套教材在使用了2至3轮的基础上,对教材适时进行修订是十分必要的,时机也是成熟的。

2004年8月,人民交通出版社在新疆乌鲁木齐召开了有19所交通高职院校领导、系主任、骨干教师共41人参加的教材修订研讨会。会议商定了本套教材修订的基本原则、方法和具体要求。会议决定本套教材更名为“交通土建高职高专统编教材”,并成立了以吉林交通职业技术学院张洪滨为主任委员的“交通土建高职高专统编教材编审委员会”,全面负责本套教材的修订与后续补充教材的建设工作。

2005年6月,编委会在长春召开了同属交通土建大类、与路桥专业链接紧密的“工程监理专业、工程造价专业、高等级公路维护与管理专业”主干课程教材研讨会,正式规划和启动了这三个专业教材的编写出版工作。

2005年12月,教育部高等教育司发布了“关于申报普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”选题的通知(教高司函[2005]195号),人民交通出版社积极推荐本套教材参加了“十一五”国家级规划教材选题的评选。

2006年6月,经教育部组织专家评选、网上公示,本套教材中有十五种入选为“十一五”国家级规划教材,2008年1月,又有六种教材在“十一五”国家级规划教材补报中列选,共计21种,标志着广大参与本套教材编写的教师的辛勤劳动得到了社会的认可、本套教材的编写质量得到了社会的认同。

2006年7月,交通土建高职高专统编教材编审委员会及时在银川召开会议,有24所各省区交通高职院校或开办有交通土建类专业的高等学校系部主任、专业带头人、骨干教师以及人民交通出版社领导共39位代表出席了本次会议。会议就全面落实教育部“十一五”国家级规划教材的编写工作进行了研讨。与会代表一致认为必须以入选的十五种国家级规划教材为基本标准,进一步全面提升本套教材的编写质量,编审委员会将严格按照国家级规划教材的要求审稿把关,并决定本套教材更名为“**全国交通土建高职高专规划教材**”,原编委会相应更名为“**全国交通土建高职高专规划教材编审委员会**”。以期在全国绝大多数交通高职院校和开办有交通土建类专业的高等院校的参与、统筹、规划下,本套教材中有更多的进入“十一五”国家级

规划教材行列。

2007年5月,编委会在湖南长沙召开工作会议,就“十一五”国家级规划教材主参编人员的确定和教材的编写原则作出了具体安排,全面启动“十一五”国家级规划教材的编写与出版工作。

2008年4月,编委会在广东珠海召开工作会议,研讨了“工学结合”高职高专教材编写思路,决定在“十一五”国家级规划教材编写过程中,注重高职教学改革新方向,注重工程实践经验的引入,倡导“工学结合”。

本套高职高专规划教材具有以下特色:

——顺应交通高职院校人才培养模式和教学内容体系改革的要求,按照专业培养目标,进一步加强教材内容的针对性和实用性,适应学制转变,合理精简和完善内容,调整教材体系,贴近模块式教学的要求;

——实施开放式的教材编审模式,聘请高等院校知名教授和生产一线专家直接介入教材的编审工作,更加有利于对教材基本理论的严格把关,有利于反映科研生产一线的最新技术,也使得技能培训与实际紧密结合;

——全面反映2003年以来的公路工程行业已颁布实施的新标准、规范;

——服务于师生、服务于教学,重点突出,逐章均配有思考题或习题,并给出本教材的参考教学大纲;

——注重学生基本素质、基本能力的培养,教材从内容上、形式上力求更加贴近实际;

——为加强学生的实际动手能力,针对《工程测量》、《道路建筑材料》等课程,本套教材特别配套有实训类辅导教材;

——为方便教学,本套教材配套有《道路工程制图多媒体教材》、《公路工程试验实训多媒体教材》、《路基路面施工与养护技术多媒体教材》、《桥涵设计多媒体教材》、《桥涵施工技术多媒体教材》、《现代道路测量仪器与技术多媒体教材》等。

本套教材的出版与修订再版,始终得到了交通部科教司路桥工程学科委员会和全国交通职教路桥专业委员会的指导与支持,凝聚了交通行业专家、教师群体的智慧和辛勤劳动。愿我们共同向精品教材的目标持续努力。

向所有关心、支持本套教材编写出版的各级领导、专家、教师、同学和朋友们致以敬意和谢意。

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会

人民交通出版社

2008年5月

前 言

公路隧道是供汽车和行人通行的,在山岭或丘陵区建设隧道能缩短公路里程、改善线路通行条件、提高车速、节省营运时间、降低运输成本、保护环境和节约用地等。当今,我国在每一条山区高速公路中修建的隧道,少则几座、多达十几座乃至几十座,长 1 000m 以上的长公路隧道已不胜枚举,长 3 000m 以上的特长公路隧道目前已有 30 多座,长 18km 的秦岭终南山已经建成。我国公路隧道建设水平开始迈上了一个新的台阶。

随着公路隧道建设的发展,隧道工程已成为一门应用科学,为实现隧道建设可持续发展和提高隧道工程科学水平,遵循人类不断总结经验,不断进取的教诲,笔者尽己所能,在总结长期从事隧道工程教学和公路工程监理教学的基础上,吸取国内外隧道建设经验,结合国内隧道建设实际,将公路隧道设计、施工、工程监理、监控与量测技术和方法较系统归纳总结,编写出《隧道工程》一书,作为全国交通土建高职高专公路与桥隧专业和公路工程监理专业教学用书,同时,也可作为交通运输部公路工程监理工程师执业资格考试备考的参考书。

本书所述内容,以现行的《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)、《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)、《公路隧道施工技术规范》(JTJ 042—94)、《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1—2004)(隧道部分)、《交通部公路工程监理工程师执业资格考试大纲》(2007 年版)等为依据,同时参考了公路隧道方面的一些图书和技术资料,分别介绍了公路隧道类别、构造、受力性质和特点、隧道调查与围岩分级、设计与施工方法、公路隧道掘进施工、支护与衬砌、工程地质和地下水对隧道稳定性的影响、防水与排水、监控与量测、公路隧道机电及其他设施和工程监理等基本知识,培养学生分析与解决实际问题的能力,贯彻执行相关规范和标准的实践能力。

本书在编写过程中,突出了“调整内容、加强实践、培养能力、适应需要”的思想,理论紧密联系实践,注重培养学生操作能力、应用能力和实作能力,力图使所编教材具有科学性、先进性、实用性及可操作性。本书共分十章。第一章公路隧道构造和总体设计;第二章隧道工程调查与围岩分级;第三章隧道支护结构设计与施工;第四章隧道施工准备和施工测量;第五章山岭公路隧道洞身开挖施工;第六章隧道衬砌结构设计与施工;第七章隧道监控量测与施工质量监理服务;第八章隧道防水与排水;第九章隧道交通工程及通风与照明;第十章公路隧道施工组织设计与管理示例。

本书由云南交通职业技术学院黄成光担任主编,冼长策、和永诚和牟云担任副主编,其中冼长策负责编写前言、绪论、第一章、第二章、第三章;和永诚负责编写第四章、第五章、第六章、第七章;牟云负责编写第八章、第九章、第十章。

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会特邀西南交通大学关宝树教授担任本书主审,关教授十分认真地审查了本书书稿,提出了许多宝贵意见和建议,在关教授的指导下,作了较大的修改。在此,向关教授深表谢意。全书由云南省交通职业技术学院杨亚楠、汪晓明、苏晓梅、墨金宝、晏美良、陶用会、李鸿武绘图及统稿。

在本书的编写过程中,得到各兄弟院校和有关设计、科研、施工及监理单位有关领导、专家的大力支持和帮助,人民交通出版社卢仲贤、韩敏同志给予了具体指导,在此一并致谢!

编 者

2008 年 3 月于昆明

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会

主任委员 张洪滨(吉林交通职业技术学院)

副主任委员 (按姓氏笔画为序)

田 平 (河北交通职业技术学院)

刘建明 (青海交通职业技术学院)

李加林 (广东交通职业技术学院)

陆春其 (南京交通职业技术学院)

钟建民 (山西交通职业技术学院)

郭发忠 (浙江交通职业技术学院)

刘 志 (贵州交通职业技术学院)

陈方晔 (湖北交通职业技术学院)

李全文 (四川交通职业技术学院)

张润虎 (贵州交通职业技术学院)

俞高明 (安徽交通职业技术学院)

彭富强 (湖南交通职业技术学院)

委 员 (按姓氏笔画为序)

王丰胜 (安徽交通职业技术学院)

王连威 (吉林交通职业技术学院)

王常才 (安徽交通职业技术学院)

孙元桃 (宁夏交通学校)

刘福明 (南昌工程学院)

杨 平 (四川交通职业技术学院)

陈纪胜 (甘肃交通职业技术学院)

张保成 (内蒙古大学交通学院)

杨晓丰 (黑龙江工程学院)

吴继锋 (江西交通职业技术学院)

周传林 (南京交通职业技术学院)

周志坚 (福建交通职业技术学院)

易 操 (湖北城市建设职业技术学院)

赵树青 (山东交通职业学院)

晏 杉 (云南交通职业技术学院)

夏连学 (河南交通职业技术学院)

梁金江 (广西交通职业技术学院)

程兴新 (陕西省交通厅交通工程定额站)

谢远光 (重庆交通职业技术学院)

薛安顺 (陕西交通职业技术学院)

王 彤 (辽宁交通高等专科学校)

王海春 (青海交通职业技术学院)

王穗平 (河南交通职业技术学院)

刘孟良 (湖南城建职业技术学院)

李中秋 (河北交通职业技术学院)

李仕东 (鲁东大学交通学院)

沈建康 (徐州建筑职业技术学院)

张美珍 (山西交通职业技术学院)

张铁成 (广东同望科技股份有限公司)

李绪梅 (新疆交通职业技术学院)

金仲秋 (浙江交通职业技术学院)

金 桃 (贵州交通职业技术学院)

姚 丽 (辽宁交通高等专科学校)

高占云 (呼和浩特职业学院)

郭秀芹 (山东省公路高级技工学校)

栗振锋 (太原科技大学)

曹雪梅 (四川交通职业技术学院)

彭 芳 (内蒙古河套大学)

裴俊华 (甘肃林业职业技术学院)

秘 书 长 卢仲贤 (人民交通出版社)

目 录

绪论	1
第一章 公路隧道构造和总体设计	4
第一节 公路隧道的基本构造及分类	4
第二节 公路隧道总体设计的基本内容	8
第二章 隧道工程调查与围岩分级	14
第一节 隧道工程调查	14
第二节 隧道围岩分级	16
第三章 隧道支护结构设计与施工	22
第一节 隧道支护结构设计的基本要点	22
第二节 隧道施工前预设计	25
第三节 量测与信息反馈修正设计的基本要求	29
第四节 隧道施工辅助工程稳定措施设计	31
第五节 锚杆施工技术要求 and 施工要点	33
第六节 喷射混凝土施工工艺和要点	38
第七节 钢拱架制作与安设施工	46
第八节 防水隔离层及二次衬砌施工	47
第九节 隧道浅埋段开挖施工方法	54
第十节 隧道施工安全技术措施	55
第十一节 隧道支护质量检验和竣工验收	59
第四章 隧道施工准备和施工测量	71
第一节 隧道施工前准备工作	71
第二节 隧道施工测量	74
第三节 隧道竣工测量简介	88
第五章 山岭公路隧道洞身开挖施工	90
第一节 山岭公路隧道洞身基本开挖方法	90
第二节 隧道洞身爆破开挖方法	93
第三节 隧道开挖出渣运输	117
第四节 隧道开挖地质预报	121
第六章 隧道衬砌结构设计与施工	129
第一节 概述	129
第二节 隧道衬砌主要类型及技术要求	130
第三节 隧道衬砌结构设计与施工要点	132

第七章 隧道监控量测与施工质量监理服务	143
第一节 隧道现场监控量测目的和任务	143
第二节 隧道现场监控量测内容与方法	144
第三节 监控量测数据处理与应用	165
第四节 隧道施工监控量测管理	169
第五节 隧道工程施工质量监理服务	171
第八章 隧道防水与排水	197
第一节 隧道防排水设计原则	197
第二节 隧道防排水设计技术	198
第三节 隧道防排水施工要求	204
第四节 隧道施工中涌水处理措施	206
第五节 新工艺、新材料在防排水中的应用	207
第九章 隧道交通工程及通风与照明	215
第一节 隧道交通工程设施	215
第二节 公路隧道通风照明设计简介	229
第十章 公路隧道施工组织设计与管理示例	234
第一节 隧道施工组织设计编制前的准备工作	234
第二节 隧道施工组织设计	236
第三节 隧道施工方案和施工方法的选择	240
第四节 隧道施工场地布置	242
第五节 隧道施工进度计划与控制	244
第六节 隧道施工计划管理	250
第七节 隧道施工技术管理	252
第八节 隧道施工质量管理	254
第九节 隧道施工经济管理	265
第十节 隧道施工安全管理	268
参考文献	272

绪 论

在交通运输行业中,公路是一种重要的运输方式,它具有其他运输方式不可替代的作用。同时,公路是我国国民经济的重要动脉,并具有特有的灵活性和很多优越性。公路建设是国家重要的基础产业之一,对于拉动其他相关产业发展,发挥着重要作用。公路隧道是公路工程的重要组成部分。随着公路工程建设的发展,隧道工程已成为一门独特的应用学科。

本书主要介绍公路隧道设计与施工及工程监理专业技术方面的基本知识。

一、公路隧道在交通领域的地位和作用

我国是一个多山的国家,75%左右的国土是山岭或重丘,为缩短公路里程、保护生态环境和节约土地等,在山区公路建设中应重视隧道方案。近十多年来,随着我国公路交通事业的发展,公路隧道的建设规模越来越大,已建成中梁山隧道、二郎隧道、大溪岭隧道、华蓥山隧道、九鼎山隧道、飞鸾岭隧道、大风垭口隧道等十几座特长山岭公路隧道和18km超长秦岭终南山公路隧道等。目前,长3km以上的特长公路隧道已有30多座。这些隧道在降低交通事故发生率、缩短行车距离、提高车速、保护环境、改善公路线形和汽车运输条件等诸方面,发挥了特别显著的作用,取得了良好的社会效益和经济效益。

为什么修建公路隧道?缩短公路里程、提高公路路线技术等级和行车交通效率,保障良好的安全经济性,是修建公路隧道的基本目的;同时,隧道可以从根本上免除许多病害;隧道不改变地形自然原貌,保护了环境,还充分利用了地下空间,节省了公路建设用地等。因此,可以说隧道工程是公路路线上非常有价值的一种建筑物形式。然而,隧道工程尤其是长大公路隧道,造价不低,如何在保证使用功能的前提下,安全、经济地建设(规划、设计、施工和监理)公路隧道至关重要。

我国为了保持国民经济的持续发展,扩大内需,加快基础设施建设,并实施西部大开发战略目标,近年来加大了公路建设的投入,公路建设迎来了又一个春天。因此,今后隧道修建数量会愈来愈多,以充分发挥隧道工程在公路交通建设事业中的重要作用。

二、公路隧道设计与施工的基本理念

公路隧道由洞门、洞身和洞内路面所组成。

(一)公路隧道设计的基本理念

公路隧道设计是指对隧道开挖施工支护结构、衬砌结构、防排水、路面和各类洞室等土建主体结构与通风、照明、供配电、防灾与减灾、交通工程、测量监控等营运设置两大部分构成的设计。对于高速公路特长隧道或者地质情况非常复杂的长大隧道,必要时应针对其中的技术难题,如不良质地、大涌量地下水、大跨扁平大断面(三车道或六车道)公路隧道、通风、防灾等进行专项研究和技术设计。

隧道设计的基本理念是:“围岩是主题、支护是手段、实践是基础、解析是验证”。隧道设计的四大理念的含义分别是:“围岩是主题”——设计的一切考虑都要围绕“围岩”来做文章。

例如在坚硬岩石中,要采用不损伤或尽量少损伤遗留围岩固有支护能力的方法和措施;而在软弱破碎围岩中就要采用各种手段和方法增强围岩支护能力的方法和措施。“支护是手段”——隧道结构的设计实质上是支护结构的设计。隧道支护包括围岩自身、初期支护、超前支护、衬砌等,除了围岩以外都是辅助围岩的手段,用来提高围岩强度、或者是防止围岩掉块及风化、或者是减少围岩松弛、或者是提高支护结构安全度等。“实践是基础”——现阶段隧道的预设计是以“经验设计”或“类比法设计”为基础的,通过实践不断积累丰富经验设计和类比设计的内容和方法,又因为隧道施工中的地质条件是不断变化的,其力学动态也是不断变化的,因此,应进行相适应的变更设计,根据暴露出来的围岩状态采取对策,这是隧道设计的基本原则。

(二)公路隧道施工的基本理念

公路隧道施工是指修建隧道的施工方法、施工技术和施工管理的总称。

隧道施工方法是指开挖方式和方法、支护施工方式和方法、衬砌结构施工方式和方法、洞内运输方式、辅助方法和通风方式等的总称。

隧道施工的基本理念是:“保护围岩、内实完美、重视环境和动态施工管理”。隧道施工的四大理念的含义分别是:“保护围岩”——一是不损伤或少损伤遗留围岩的固有支护能力,可以通过采用机械掘进技术和控制爆破技术予以解决;二是通过各种手段和方法,如采用支护技术、预加固技术以及各种辅助施工技术增强围岩的自支护能力等,这些技术形成了隧道施工的核心技术。“内实外美”——关键是内实,内实的关键是“四密实”,即混凝土密实、喷混凝土密实、喷混凝土与围岩密实、二次衬砌与初期支护密实。“重视环境”——一是指内部环境,即施工作业环境;二是指外部环境,即对周边环境的影响,重视环境保护是时代的要求,环保与工程并重。“动态施工管理”——隧道施工过程中的地质条件及力学状态是不断变化的,因此,施工过程中的施工方案和方法就不可能是一成不变的,在施工过程中必须采用相适应有效的各种施工方法和技术措施。因此,隧道施工的各种状态决策都要在施工阶段的地质条件、施工阶段的量测技术和施工阶段的质量控制技术的基础上进行动态施工管理。

隧道施工技术主要研究解决各种施工方法所需要的技术方案和措施(如开挖、掘进、支护、衬砌施工方案和措施),隧道穿越山体中特殊地质地段(如膨胀土、黄土、塌方、流沙、溶洞、高地温、岩爆、瓦斯地层等)时的施工技术方案,隧道施工中通风防尘、防有害气体、照明、风水电作业方式方法和对围岩变化的测量监控方法等。

隧道施工管理主要解决施工组织设计(如施工方案的选择、施工技术措施、施工场地布置、施工计划安排、进度控制、材料供应、劳力和机具安排等)和施工管理(包括计划管理、技术管理、质量管理、经济管理、安全管理等)。

本课程系统地介绍公路隧道设计与施工及工程监理方面的基本知识。

三、公路隧道设计与施工科学技术发展

为了提高公路隧道设计与施工的科学技术水平,交通部门有关单位近年来围绕工程实际问题开展了针对性科学研究,如围岩稳定监控技术与支护技术的研究,隧道防排水技术、高寒地区公路隧道防冻保温技术,大跨扁平隧道设计与施工技术,小净距或连拱隧道设计与施工技术,公路隧道纵向竖井或组合通风方法研究,公路隧道通风、照明、防灾及其监控综合系统研究等,已取得较好的成果。我国修建特长隧道或大断面(三车道)公路隧道的经验和已有较多的积累和较大的提高。

由于岩土材料物理特性和力学特性非常复杂,并且岩土的非连续介质特性,预设计时用解析手段预测隧道工程地质和岩土的力学动态及设计参数,其解析结果与实际情况往往差异较大。隧道开挖面前方地质情况虽是未知的,但同时也是可再设计的,即在施工现场开挖过程中不断地对围岩变形进行测量,以这些位移测量信息为依据,反算围岩物理力学参数,在此基础上重新评价隧道结构的预设计,确定更符合围岩动态的支护参数。将此过程称为动态设计或称信息化设计。由于该设计工作是在隧道施工过程中完成的,又称它为隧道施工现场临床诊断式的设计与施工。

近十几年来,隧道工程的科学技术水平不断提高。在设计理论和方法方面,以充分发挥山体围岩自承载能力为基本原理,以喷锚支护及复合柔性衬砌设计为主要特征及基于现场施工监控量测和信息反馈(信息设计)的围岩稳定分析技术,大力研究和应用于我国公路隧道的设计与施工。同时在公路隧道建筑材料和施工工艺方面,隧道防排水、锚杆、喷射混凝土等材料 and 工艺有较大进步和提高。总之,我国公路隧道设计与施工技术的进步,为使公路隧道达到安全使用、质量可靠、经济合理、技术先进奠定了基础。

但应看到,我们所取得成果与国外先进技术相比,在围岩稳定、支护与衬砌结构、防排水、营运通风、交通监控等方面的技术水平仍存在较大差距。我们应共同努力学习,奋发进取、与时俱进,大力提高高速公路隧道设计与施工技术水平,为确保隧道工程质量而努力奋斗。

鉴于我国耕地少,农业人口多,生态脆弱等,进行公路隧道建设(规划、设计、施工、监理等)应贯彻执行我国“工程建设与环保并重”的基本国策,必须符合国家土地管理、环保、水土保持等法规的有关要求。

四、编写本书的目的及对学生学习本书的基本要求

编写本书的目的:本书是作为全国交通高职高专院校公路与桥梁专业和公路工程监理专业的规划教材。

本教材内容包括:公路隧道构造和总体设计,公路隧道工程的基本知识、施工准备工作,公路隧道洞口工程,公路隧道施工开挖、支护、衬砌、防排水的设计与施工方法和工艺,公路隧道现场质量监控测量,工程监理服务等。

对学生学习本课程的基本要求:本科目要求学生 and 考生较为全面系统地掌握公路山岭隧道工程的基本概念和施工工艺,具备较强的分析与解决隧道工程施工管理和工程监理实际问题的能力,贯彻执行公路隧道施工技术规范和质量检验评定标准的实际能力,并要求参加监理工程师考试的考生对本教材不同章节内容有一定的了解、熟悉、掌握,并能在理解的基础上又能正确地运用到公路隧道施工和工程监理工作实践中,争取获得良好的成果。

最后必须指出,由于隧道设计、施工和监理均与工程实践有密切联系,因此在学习本课程时应和生产实习紧密结合,使学生有一定的感性认识,才能加深对本课程知识内容的理解。在系统学习本课程知识时,还必须学会结合工程实践,掌握综合运用书本知识解决和处理隧道设计、施工与监理工作中遇到的各种实际问题。例如:如何提高公路隧道设计、施工和监理的技术水平;如何提高隧道施工中复杂多变的地质勘探工作水平;如何促进隧道施工的机械化和新技术、新材料、新工艺的研究和应用;如何提高公路隧道使用的耐久性和检测技术水平;如何加强隧道施工监理去避免施工风险及进行风险管理;如何在隧道设计中考虑运营阶段的维修管理;如何加强隧道施工现代化管理等实际问题。

第一章 公路隧道构造和总体设计

第一节 公路隧道的基本构造及分类

一、公路隧道的构造

公路隧道工程按照各部分功能不同,分为两大部分;一是洞室结构,是公路隧道的主体部分;二是交通工程部分(机电部分),是保证隧道安全运营部分,称为公路隧道的附属建筑物。

(一)公路隧道洞室结构主体建筑

公路隧道主体构造物是为了保持岩体的稳定和行车安全而修建的人工永久建筑物,通常指洞身衬砌和洞门构造物(图 1-1)。洞身衬砌的平、纵、横断面的形状由公路隧道的几何设计确定,衬砌断面的轴线形状和厚度由衬砌计算确定。在山体坡面有崩坍和落石的可能时,往往需要接长洞身或修建明洞。洞门的构造形式由多方面的因素决定,如岩体的稳定性、通风方式、照明状况、地形地貌以及环境条件等。公路隧道主体构造物包括洞身、洞门、明洞等。

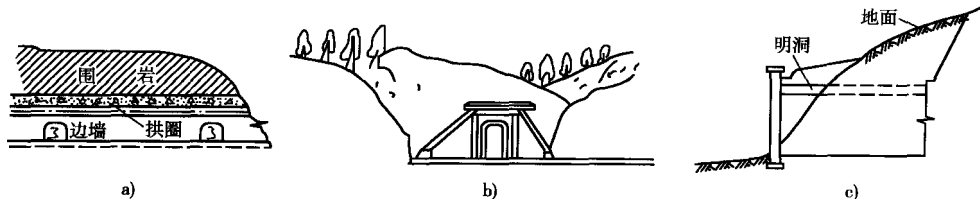


图 1-1 公路隧道主体构造物组成
a) 洞身;b) 洞门;c) 明洞

(二)公路隧道附属结构

公路隧道附属结构物是主体构造物以外的其他构造物,是为了运营管理、维修养护、给水排水、储蓄发电、通风照明、通信、安全等而修建的构造物,包括人行道(或避车洞)、防水和排水、通风和照明、消防和救援、通信和监控等设施。

二、公路隧道的分类

(一)按照隧道长度分类

隧道的长度通常是指进出洞门端墙墙面之间的距离,即两端洞门墙面与路线中线交点间的距离。从交通安全出发,长度大于 100m,隧道内应设置照明设施;长度 500m 以下公路隧道,一般采取自然通风;大于 500m 应当布设通风设备,设置交通管理和监控设施。因此,《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)依据我国的公路隧道建设状况,将隧道按其长度不同,分为短、中、长、特长隧道(表 1-1);有资料显示,对于很长的隧道,如超过 10km 以上的隧道,又称为超长隧道。

隧道按长度分类表

表 1-1

隧道分类	短 隧 道	中 隧 道	长 隧 道	特长隧道
隧道长度 $L(m)$	$L \leq 500$	$1\,000 \geq L > 500$	$3\,000 \geq L > 1\,000$	$L > 3\,000$

(二) 按照隧道地址分类

根据隧道所在地址的地形、地貌等,将隧道分为傍山隧道、越岭隧道、水底隧道等。

(三) 按照隧道施工方法分类

按照隧道施工方法,将隧道分为矿山法隧道、盾构法隧道、沉管法隧道等。

(四) 按照结构形式分类

按照隧道洞身结构形式,将隧道分为单拱隧道、连拱隧道、小间距隧道等。

三、公路隧道分部工程的划分

隧道工程的主要组成包括:洞身工程、洞口和洞门工程、洞内路基和路面工程等。

(一) 洞身工程

洞身工程通常指洞身衬砌工程,包括喷锚衬砌、整体式衬砌、复合式衬砌等。

1. 一般规定

(1) 公路隧道应作衬砌,根据隧道围岩地质条件、施工条件和使用要求可分别采用喷锚衬砌、整体式衬砌、复合式衬砌。高速公路、一级公路、二级公路的隧道应采用复合式衬砌;三级及三级以下公路隧道,在 I、II、III 级围岩条件下,隧道洞口段应采用复合式衬砌或整体式衬砌,其他段可采用喷锚衬砌。

(2) 隧道衬砌设计应综合考虑地质条件、断面形状、支护结构、施工条件等,并应充分利用围岩的自承能力。衬砌应有足够的强度和稳定性,保证隧道长期安全使用。

(3) 衬砌结构类型和尺寸,应根据使用要求、围岩级别、工程地质和水文地质条件、隧道埋置深度、结构受力特点,并结合工程施工条件、环境条件,通过工程类比和结构计算综合分析确定。在施工阶段,还应根据现场监控量测调整支护参数,必要时可通过试验分析确定。

2. 隧道衬砌的概念

隧道衬砌是指为控制和防止围岩的变形或坍落,确保围岩的稳定,或为处理涌水和漏水,或为隧道的内部轮廓(净空断面)整齐美观等目的,将隧道的周边围岩覆盖起来的结构体。

隧道根据围岩的地质条件、施工条件和使用要求,可分别采用喷锚衬砌、整体式衬砌、复合式衬砌和明洞衬砌等。

(1) 喷锚衬砌——概括起来说,是指喷射混凝土厚度约 5 ~ 30cm,或分别选用钢筋网喷射混凝土,或钢纤维喷射混凝土,或采用合成纤维喷射混凝土;采用的锚杆种类分类有全长黏结型锚杆、超前小导管、超前大管棚等的尾端支点,即采用锚杆和喷射混凝土为主要手段,及时地进行支护,控制围岩的变形和松弛,使围岩成为支护体系的组成部分(可通过对围岩和支护结构的量测、监控来指导隧道工程的设计和施工方法)。

(2) 整体式衬砌——整体式衬砌截面可采用等截面或变截面,设仰拱地段采用曲墙式边墙,仰拱宜与拱圈厚度相同;分别在明洞衬砌与洞内衬砌交界处和在洞内软硬地层交界处及 V、VI 级围岩中,每 30 ~ 80m 应设沉降缝一道;严寒与酷热温差变化大的地区,距洞口 100 ~ 200m 范围的衬砌段应设伸缩缝(沉降缝、伸缩缝可兼作整体式衬砌的施工缝)。在有明显偏

压地段,宜采用钢筋混凝土整体式结构作为抗偏压衬砌。

(3)复合式衬砌——复合式衬砌是初期支护和二次衬砌及中间夹防水层组合而成的衬砌形式(内容详见本书第六章)。

(4)明洞衬砌——洞顶覆盖层较薄,不宜采用大开挖修建路堑,并难于用暗挖法修建隧道的地段,或隧道洞口处于不良地质地段,或路线路堑边坡可能发生坍方、中小滑坡、落石、雪害、泥石流等危害的地段,均宜修建明洞和采用明洞衬砌。即以明挖法施工修建的隧道,或在露天修建而在顶部上回填土予以遮盖的衬砌结构,称为明洞衬砌。

(二)洞口和洞门工程

1. 一般规定

(1)洞口位置应根据地形、地质条件,同时结合环境保护、洞外有关工程及施工条件、营运要求,通过经济、技术比较确定。

(2)隧道应遵循“早进洞、晚出洞”的原则,不得大挖大刷,确保边坡及仰坡的稳定。

(3)洞口边坡、仰坡顶面及其周围,应根据情况设置排水沟及截水沟,并和路基排水系统综合考虑布置。

(4)洞门设计应与自然环境相协调。

2. 洞口工程

(1)洞口位置的确定应符合下列要求:

①洞口的边坡及仰坡必须保证稳定,有条件时,应贴壁进洞,条件限制时,边坡及仰坡的设计开挖最大高度可按表 1-2 控制;

洞口边坡、仰坡控制高度

表 1-2

围岩分级	I~II			III		IV			V~VI	
边坡、仰坡坡率	贴壁	1:0.3	1:0.5	1:0.5	1:0.75	1:0.75	1:1	1:1.25	1:1.25	1:1.5
高度(m)	15	20	25	20	25	15	18	20	15	18

注:设计开挖高度系从路基边缘算起。

②洞口位置应设于山坡稳定、地质条件较好处;

③位于悬崖陡壁下的洞口,不宜切削原山坡,应避免在不稳定的悬崖陡壁下进洞;

④跨沟或沿沟进洞时,应考虑水文情况,结合防排水工程,充分比选后确定;

⑤漫坡地段的洞口位置,应结合洞外路堑地质、弃渣、排水及施工等因素综合分析确定;

⑥洞口设计应考虑与附近的地面建筑及地下埋设物的相互影响,必要时采取防范措施。

(2)洞口工程的设计应遵循下列规定:

①洞口边坡、仰坡应根据实际情况采取加固防护措施,有条件时应优先采用绿化护坡;

②当洞口处有坍方、落石、泥石流等时,应采取清刷、延伸洞口、设置明洞或支挡构造物等措施。

3. 洞门工程

(1)隧道应修建洞门,洞门形式的设计应保证营运安全,并与环境协调。设在城镇、旅游区附近及高速公路、一级公路的隧道,尤应注意与环境相协调,有条件时,洞门周围应植树绿化。

(2)洞门宜与隧道轴线正交。

(3)洞门构造及基础设置应遵循下列规定。

①洞口仰坡坡脚至洞门墙背的水平距离不宜小于 1.5m,洞门端墙与仰坡之间水沟的沟底至衬砌拱顶外缘的高度不小于 1.0m,洞门墙顶高出仰坡脚不小于 0.5m。

②洞门墙应根据实际需要设置伸缩缝、沉降缝和泄水孔;洞门墙的厚度可按计算或结合其他工程类比确定。

③洞门墙基础必须置于稳固地基上,应视地形及地质条件,埋置足够的深度,保证洞门的稳定。

基底埋入土质地基的深度不应小于 1.0m,嵌入岩石地基的深度不应小于 0.5m;基底高程应在最大冻结线以下不小于 0.25m;地基为冻胀土层时,应进行防冻胀处理。基底埋置深度应大于墙边各种沟、槽基底的埋置深度。

④松软地基上的基础,可采取加固基础措施。

⑤洞门结构应满足抗震要求。

(三) 洞内路基和路面工程

1. 一般规定

(1)隧道路基应稳定、密实、匀质,为路面结构提供均匀的支撑。

(2)隧道路面应具有足够的强度和平整、耐久、抗滑、耐磨等性能。

2. 路基工程

(1)当隧道衬砌设置仰拱时,仰拱的填充材料和填充要求应符合隧道建筑材料和隧道衬砌的相关规定;不设仰拱的隧道,其路基应置于稳定的石质地基上。

(2)隧道内路基宜设完整的中央管(沟)排水系统,当路面上面层采用沥青铺装时,其排水系统应使地下水位不高于路基顶面以下 30cm。在季节性冰冻地区,地下排水系统应符合《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)有关防冻深度的要求。

3. 路面工程

(1)各级公路隧道可采用水泥混凝土路面。有条件时,可采用沥青混合料上面层与水泥混凝土下面层组成的复合式路面。

(2)不设仰拱的隧道路面结构宜设整平层、基层和面层;设仰拱的隧道路面可只设基层和面层。

(3)各级水泥混凝土路面结构可靠度设计标准、材料性能和结构参数及变异水平、设计方法、标准轴载、材料组成和性质参数均应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)的有关规定。

(4)岩石路基整平层混凝土的弯拉强度值应与基层相同,厚度为 10~15cm。

(5)基层宜采用素混凝土,适宜的厚度范围为 12~20cm,其抗压强度不低于 C20 或弯拉强度不低于 1.8MPa。在其弯拉强度值超过 1.8MPa 时,应设置与混凝土面层相对应的横向缩缝;一次摊铺宽度大于 7.5m 时,应设纵向缩缝。

(6)水泥混凝土面层:

①二、三、四级公路隧道路面一般宜采用设接缝的普通水泥混凝土面层;一级公路、高速公路隧道路面宜采用连续配筋混凝土面层或钢纤维混凝土面层。其层面板厚度、接缝构造与布设间距、钢纤维混凝土的钢纤维掺量、连续配筋混凝土的配筋率、面层特殊部位的配筋均应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)的有关规定。

②路面表面构造应采用刻槽、压槽、拉毛或凿毛等方法制作,构造深度在使用初期应满足表 1-3 的要求。表面构造采用刻槽时,宜采用纵向刻槽,或同时采用纵向和横向刻槽。