



“十一五” 国家重点图书出版规划项目

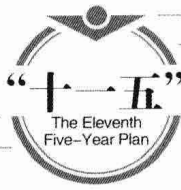
TUNNELLING AND
UNDERGROUND ENGINEERING
TECHNOLOGY IN CHINA

中国隧道及地下工程修建技术

王梦恕 等 著



人民交通出版社
China Communications Press



“十一五”国家重点图书出版规划项目

TUNNELLING AND UNDERGROUND ENGINEERING TECHNOLOGY IN CHINA

中国隧道及地下工程修建技术



王梦恕 等著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书历时五年,在当前我国隧道及地下工程大发展的形势下,在建成的数千座隧道及地下工程的基础上,以大量工程建设中的数据、经验和教训为依托,全面客观地对我国隧道及地下工程修建技术进行梳理、总结和提升,并加以系统阐述。

全书共分十一章,涵盖了钻爆法、浅埋暗挖法、明挖法、盾构法、掘进机法、沉埋管段法等六大隧道施工方法以及相应的辅助工法,并包括特殊围岩隧道、水下隧道、风险管理等内容,内容全面、系统、创新,提出了诸多宝贵的理念、原则和要点,逐渐形成了较完整的中国隧道修建法。

本书将全面展现我国隧道建设的水平,并引领世界隧道建设的技术进步,在当下对我国规模庞大的隧道及地下工程建设将有极大的指导意义。

本书可供我国从事隧道及地下工程修建的设计、施工、科研技术人员以及广大师生使用和学习,亦可供国外同行参阅和交流。

图书在版编目(CIP)数据

中国隧道及地下工程修建技术/王梦恕等著. —北京:
人民交通出版社,2010.5
ISBN 978-7-114-08240-5

I. 中… II. 王… III. ①隧道工程—工程技术②地下工
程—工程技术 IV. U45 TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 028230 号

书 名: 中国隧道及地下工程修建技术

著 作 者: 王梦恕

责任编辑: 陈志敏 刘彩云

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: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 59.75

字 数: 1827千

版 次: 2010年5月 第1版

印 次: 2010年5月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08240-5

印 数: 00001—10000册

定 价: 168.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

中国隧道及地下工程修建技术

作者简介



王梦恕(1938. 12. 24—),隧道及地下工程专家,1995年当选中国工程院院士。中铁隧道集团副总工程师,北京交通大学土建工程学院教授、博士生导师,隧道及地下工程试验研究中心主任。兼任北京市、南京市、厦门市地下工程专业顾问、西南交大等12所大学的名誉教授和客座教授、4个学会常务理事、副理事长、河南省政府参事等

职。培养博士后、博士研究生50多名,已毕业的博士后、博士生有26名。

开拓了铁路隧道复合衬砌新型结构领域的理论研究,摸清了结构受力特点、机理,确定了施工要点及工艺;主持并参加大瑶山隧道深孔光面爆破、喷锚支护、监控量测、反馈信息指导施工、周边钻孔预注浆等关键技术成果的开发、研究和应用,实现了大断面、大型机械化快速施工,使长大隧道修建技术有了重大突破;主持双线铁路隧道不稳定地层信息化施工,首次系统地创新了超前支护稳定工作面支护体系的理论分析和应用,创造了新型网构钢拱架支护型式、小导管超前支护,并广泛应用于地下工程;主持创造了“浅埋暗挖法”修建城市地铁和车站的施工配套技术,为城市地铁及地下工程修建开辟了一条新路。主持国内多条山岭隧道、海底、江河水下隧道、地下铁道的设计、施工、科研,获国家科技进步特等奖1次,二等奖1次,三等奖3次;铁道部科技进步特等奖1次,二等奖6次;北京市科技进步一等奖1次,二等奖3次,广州市科技进步一等奖1次。结合研究成果,先后在国内外、省部级、国家级杂志上发表论文90余篇,主编并已出版的著作6本,其中专著《大瑶山隧道——二十世纪隧道修建新技术》120万字,荣获1997年国家科技图书二等奖,广东省科技图书一等奖;专著《地下工程浅埋暗挖技术通论》100万字,荣获2006年首届中华优秀出版物奖。

1998年起被选为第九届、第十届、第十一届全国人大代表和全国第九届、第十届全国政协委员。1990年获“国家有突出贡献中青年专家”并享受国家政府津贴;1993年和1998年,分别荣获首届詹天佑成就奖和詹天佑大奖;1999年荣获人事部“科技专业技术人才”一等功。



主 编:王梦恕

副主编:洪开荣 千昆蓉 杨会军

编 委(按姓氏笔画顺序):

丁 恒 千昆蓉 方俊波 王立川 刘东亮
孔 恒 孙 谋 肖广智 李治国 杨会军
卓 越 陈 智 赵运臣 郑爱元 洪开荣
姚 兰

审 稿(按姓氏笔画顺序):


马锁柱 方维鹏 刘 春 刘建国 宋克志
吴鸣冈 吴鸿军 陈韶章 陈振林 张 炜
张顶立 张双亚 杨小林 谭忠盛 韩忠存
魏忠良

主要参编单位:

中国中铁隧道集团

北京交通大学

广州地铁建设集团



中国隧道及地下工程修建技术

自序

《中国隧道及地下工程修建技术》这本专著是在建成的数千座隧道及地下工程的基础上,历时五年之久的文稿反复,在和许多从事隧道工程建设的各类专家、技师们,咨询、讨论、关心下写出来的;是在我国铁路、公路、地铁、城市地下空间、水利、地下储备库、军工等领域隧道大发展的形势下写出来的;是在穿越近18种特殊复杂地层,曾被视为隧道修建禁区的条件下成功建成的一批隧道及地下工程的背景下写出来的。

这本专著以大量工程建设过程中的数据、经验和血的教训为启迪、为依托,全面、客观地将地质复杂、工程浩大、技术高难、修建艰巨的大量建设难点、创新点,清晰、公正地进行了总结和分析,肯定正确的理念和做法,否定、更正错误的做法,以期避免错误的再现。

专著的许多作者都是主持、参与各种施工方法实践与研究的专家,本着尊重工程实践的精神,本书总结、提升了许多宝贵的理念、原则和要点,逐渐形成了中国隧道修建法。近年来,我国出现了许多超越国外隧道建设的做法,我们有责任和权力把这些可贵的成果解析出来,全面展示出我国隧道建设的水平,并引领世界隧道建设的技术进步。

20世纪80年代,作者参与、主持过多项应用新原理、新技术、新结构、新方法、新设备、新工艺修建的隧道及地下工程项目,创新性地首次采用深孔光面钻爆法、监控量测、复合式衬砌等十大配套技术,建成了我国当时最长的大瑶山双线铁路隧道,改变了我国旧的隧道建设理念,新方法 with 配套技术推动了我国隧道及地下工程建设的技术进步,将落后国外30多年的隧道修建水平提升到国际先进水平,其中,有三项配套技术达到国际领先水平,1992年成果被评为国家科技进步特等奖,并出版了一本有影响的专著。

在同一时期,作者主持、参与建成的军都山铁路双线隧道黄土试验段和北京地铁复兴门折返线工程,首创的浅埋暗挖法,给城市地铁软弱地层的修建开辟了一条新路,并很快在全国推广应用,取得了显著的环境、社会、经济效益,该方法整体上达到了国际领先水平,成果被评为国家科技进步二等奖。

可以自豪地讲,钻爆法和浅埋暗挖法是我国隧道建设的两大方法,是具有中国特色的施工方法。这两种修建方法,是我国最基本的、最重要的,也是每个建设者、设计者、施工单位必须了解、掌握的基本施工方法,也是最优选择的方法。

数千次的工程实践证明,它最灵活、应变能力最强、能穿过任何复杂地层进行隧道修建。就在写“序”的现在,仅铁路、公路两个领域,应用这两大方法正在施工的隧道总长达5 000公里以上,近三年,铁路、公路、部分地铁即将开工的隧道长度有1万公里以上仍采用这两大方法进行修建。这本书在当下出版,对已开工和即将开工的1.5万公里隧道及地下工程建设将有极大的借鉴和指导意义。

作者参与、主持研究过我国首次采用的开敞式硬岩掘进机(TBM),完成了我国当时最长的特硬岩秦岭铁路单线隧道和软弱围岩的磨沟岭铁路隧道的施工,该工程荣获国家科技进步一等奖。这一工程实践首次否定了双护盾TBM掘进机在山岭隧道中的应用,肯定了开敞式掘进机是最适合硬岩又适合于软岩的最好机型。

作者在20世纪60年代参与和主持我国第一条北京地铁的建设,采用降水明挖法和开敞式网格压缩混凝土盾构设计、制造、试验、施工,整个工程未用国外任何技术和装备,独立自主,从土建到设备、机车车辆全部国产化,许多建设理念、技术至今都需要认真学习和反思。

作者参与的广州三元里至越秀公园二区间地铁隧道的创新活动,研制的首台复合式盾构,克服了穿越软、硬岩石、复杂地质、地面房屋、铁路站场等建设难题成功建成,开创了中国特色的盾构类型,为我国地铁盾构法施工开创了先例,成果被评为国家科技进步二等奖。

作者参与了我国内地第一座沉埋隧道工程修建技术的研究,参与了广州两座珠江沉埋管段的设计与施工,在沉埋管段的制作,干坞的修建,管节浮运与沉放、对接、回填等领域进行了广泛、深入的研究。

作者还参与、主持了多条水下隧道采用不同施工方法修建的众多的工程实践。

总之,本书作者做了许多开创性的工作,从许多不同施工方法的建设过程中,提炼出许多可供借鉴的理念、方法和要点,而不是凭空想出来的,本书有着坚厚的工程背景和理论提升。全书用复杂问题简单化的思维方法,把工程分为十一章进行结论性的论述,而不是教科书式的写法,目的在于应用,希望在应用中去理解、回味、讨论和提高。

正如我们在总论中写的,书中任何珍贵的历史经验、理念、观点、内容,至今都是有价值的,是能经得起历史考验的。

这本专著是丝毫不带感情和私利的,我希望在今天以至明天的工程建设天平上,对其能进行公正的评价和认真地执行,将我们的工程建设好,将建设水平超越国外,对此,我充满信心,但在建设道路上应力戒被成功经验所束缚而固步自封,力戒重复过去的错误,自觉或不自觉成为妨碍前进的桎梏。我们更怕对工程不实事求是,不尊重周边环境,不合理工期、不合理造价、不合理方案、不合理合同要求的做法,像癌症一样侵犯到工程建设中来,用错误的理念、方法在混淆着人们的耳目,这种现象应引起工程界的警惕。

我坚信,在21世纪隧道及地下工程大发展的今天,会随着浩大的工程建设出现更多、更好的理念和方法。

在“自序”中,我深切地感谢为该书提供许多宝贵的工程资料、数据的上千名

建设者,也追念在建设中用血和泪甚至生命进行拼搏的广大技术人员和工人师傅们。

最后,我用1994年冬为《大瑶山隧道——二十世纪隧道修建新技术》一书中“跋”的一段话来结束这本专著的“序”。

“历史的脚步往往是毫不留情地把千千万万人筑起的一座座里程碑抛在身后,使它们很快就变得朦胧不清,年轻一代的神圣职责便是在新的跨越中去矗立更高的丰碑。”

不过,我相信,对于21世纪的初期、中期,《中国隧道及地下工程修建技术》这座里程碑毕竟还会清晰地屹立着。

中国工程院院士



2009年冬



中国隧道及地下工程修建技术

前言

自 1888 年在台湾修建第一条狮球岭隧道之后,掀开了中国隧道修建史的序幕。经历了 120 多年艰难曲折的发展历程,隧道建设从 20 世纪 80 年代开始突飞猛进,在勘测设计、施工、运营、科研等方面都有许多重大成就和创新,中国的隧道修建技术得到飞速发展。我们可以自豪地说,我国已经是世界上隧道数量最多、技术发展最快,地质条件和隧道结构形式最复杂的国家,也是引领隧道修建技术的世界强国。

纵观中国隧道及地下工程发展历史,共经历了四个大的阶段:第一阶段为技术落后阶段,中华人民共和国成立前,隧道施工基本上是人 力开挖、手工操作、机具简单、技术落后的时期,这一阶段,人们靠着勤劳的双手,在建设隧道工程中思索着上万年的地层特性;第二阶段为初步发展阶段,该阶段采用钻爆法施工,以人工和小型机械凿岩、装载为主,临时支护采用原木支架和扇形支撑,这一阶段,人们借助简单的机械设备,探索着如何制服隧道周边岩土体;第三阶段为快速发展阶段,隧道修建采用新技术、新设备、新工艺、新结构、新材料和新的施工方法,是我国隧道修建技术追赶世界先进水平的时期,以 20 世纪 80 年代衡广复线大瑶山隧道(全长 14.29km,最大埋深 910m)为代表,攻克了双线特长隧道设计施工的难题,解决了双线特长隧道施工大型机械化配套问题,大断面和全断面施工取得成功,是中国隧道建设史上的新突破,标志着双线特长隧道施工技术和设备达到国际先进水平,这一阶段,广大技术人员通过分析总结,提出了隧道的工程思维体系和工程方法,形成了驾驭隧道围岩的理念;第四阶段为引领世界隧道建设阶段,特长隧道、穿江越海隧道及岩溶、软弱破碎、高压水等复杂困难地层隧道的成功修建,标志着中国隧道及地下工程修建技术已达到国际先进水平,并在引领着世界隧道修建技术的新方向,这一阶段,广大隧道技术人员无论面对如何复杂的岩土结构,都能用创造性的思维和“艺术化”的手法,推动着隧道和地下空间的利用向着现实的需要和未来昂首前进。

中铁隧道集团(原铁道部隧道工程局)自成立以来,肩负着中国重大隧道及地下工程的修建任务,推动、引领了中国隧道修建技术的迅猛发展。作为中国隧道第一人的王梦恕院士,带领常年在施工一线的施工、设计、科研技术人员,不断创新、完善、总结多年来的设计施工经验,历时五年完成了《中国隧道及地下工程修建技术》这本专著,是我国本领域第一部全面系统并具有创新的学术专著!

本书共分十一章,涵盖了钻爆法、浅埋暗挖法、明挖法、盾构法、掘进机法、沉埋管段法等六大隧道施工方法以及相应的辅助工法,并包括特殊围岩隧道、水下隧道、风险管理等内容。第一章总论,开创性地提出中国隧道及地下工程设计施工的基本原则,形成较完整的中国隧道修建法;第二章钻爆法隧道施工技术,系统论述了钻爆法隧道施工的四条主要作业线(钻爆开挖、运输、初期支护、二次衬砌作业线)和三条辅助作业线(施工通风、防水、测量量测作业线);第三章特殊围岩隧道施工及地质灾害防治要点,针对各种不良地质条件,提出针对性的施工措施,同时强调应开展综合超前地质预报;第四章浅埋暗挖施工技术,进一步完善并拓展了其应用范围,尤其是特殊条件下的浅埋暗挖隧道施工,包括邻近既有线、桩基托换、有水条件下等复杂环境;第五章明挖法设计与施工,针对近年来施工中出现的安全风险,对围护结构、支撑体系提出了优化设计理念,提出了开挖支护、主体结构施工的关键控制技术;第六章开敞式岩石掘进机与复合衬砌施工,明确了山岭隧道施工应优先采用开敞式掘进机,不宜采用双护盾掘进机和管片结构;第七章盾构法设计与施工,对盾构机选型及设计关键点、设计的主要理念和方法、施工关键技术进行全面论述;第八章沉埋管段隧道修建技术,论述了干坞工程,管节制作,基槽开挖与回填,管节浮运、沉放、对接,基础处理等施工关键技术;第九章辅助施工方法,对注浆法、降水法、岩溶地区释能降压法等进行论述,首次提出先注浆后冷冻法、释能降压法;第十章水下隧道,分析了选择水下隧道的优势,对各种条件下的水下隧道施工方法进行对比分析;第十一章隧道及地下工程建设风险管理,分析了建设工程各阶段的风险及现阶段风险管理存在的问题,提出隧道及地下工程安全风险需重点研究的内容,并明确指出隧道风险管理“重在规划、关键在勘测设计、动态管理在施工、安全监测在运营”的原则,明确指出不合理工期、不合理造价、不合理方案、不合理全同不是科学发展观。

这部历经五年经过反复总结、提炼完成的《中国隧道及地下工程修建技术》专著,主要阐释了隧道的工程思维与工程方法,我们期望其能够成为指导隧道建设规划、设计、施工、管理技术的宝典,成为引领隧道修建技术发展的明灯,成为促使隧道技术人员不断进步的动力,成为推动中国隧道修建技术更大发展的源泉!

本书在编写过程中得到了许多基层技术人员的支持与帮助,中铁隧道集团为本书的出版做了大量的组织和支持工作,在此一并向他们致以诚挚的感谢!

这本著作规模较大,参与人员较多,不可避免会有错漏,有些提法也可能需要大家一起讨论,敬请提出并指正。

洪开荣

2010年3月

中国隧道及地下工程修建技术

目 录

第一章 总论	1
第一节 中国将是引领世界隧道及地下工程修建技术的国家	1
一、我国隧道及地下工程建设成就与发展	3
二、几个值得思考与探索的问题	12
第二节 隧道及地下工程的种类	15
一、山岭隧道	15
二、城市地下铁路	15
三、城市地铁、城际铁路	16
四、水下隧道	16
五、城市地下空间利用	19
六、地下环境工程	20
七、地下储油气库	20
八、水利工程	20
九、地下军工设施	20
第三节 隧道及地下工程的建设特点与研究方法	22
一、隧道及地下工程的建设特点	22
二、隧道及地下工程的研究方法	27
第四节 围岩强度及压力理论研究	32
一、围岩强度理论研究	32
二、围岩压力理论研究	35
第五节 隧道及地下工程设计理论与方法	38
一、设计理论	40
二、设计方法	44
三、盾构管片衬砌设计计算方法的思考	52
四、洞门及洞口段设计	58
第六节 我国隧道及地下工程建设理念与要点	61
一、隧道及地下工程建设理念	61
二、隧道及地下工程设计原则	62
三、隧道及地下工程施工方法	64
四、主要施工方法要点	64
第二章 钻爆法隧道施工技术	69
第一节 钻爆法隧道施工综述	69

一、钻爆法隧道施工特点	69
二、钻爆法施工选择原则	70
三、钻爆法开挖隧道的发展趋势	70
第二节 钻爆法隧道施工技术要点	72
一、进行综合性的超前预报,并将其纳入正常的施工工序	72
二、初期支护要强,承受全部荷载,二次衬砌作为安全储备	73
三、尽可能多采用网构钢拱架,少用型钢拱架	78
四、软弱地层取消系统锚杆,只在拱架接头处设锁脚锚管	80
五、软弱及有水地层采用潮喷混凝土,不提倡采用湿喷混凝土	84
六、无钉铺设防水板,采用复合式衬砌形式	86
七、无纺布后部设置系统排水盲管,取消中部排水沟	87
八、软弱围岩宜采用正台阶法施工,台阶长度为1~1.5倍洞径	89
九、大断面硬岩隧道宜采用小导坑超前爆破开挖法施工	92
十、隧道不宜采用预裂爆破,而应采用光面爆破	94
十一、长大双洞隧道宜采用巷道式射流通风技术	97
第三节 钻爆法隧道施工	101
一、钻爆开挖作业线	101
二、装运作业线	164
三、初期支护作业线	185
四、二次衬砌作业线	194
第四节 钻爆法隧道施工辅助作业线	209
一、防排水作业线	209
二、施工通风作业线	217
三、测量与量测	222
第五节 长大隧道快速施工	229
一、长大隧道快速施工难点	229
二、辅助坑道的设置原则	230
三、设置平行导坑,实现长大隧道的快速施工	231
第三章 特殊围岩隧道施工及地质灾害防治要点	237
第一节 特殊围岩隧道施工概述	237
一、特殊围岩的判别	238
二、高风险隧道施工必须进行地质超前预报	238
三、地质灾害防治中应重视的问题	239
第二节 几类特殊围岩施工技术要点	241
一、煤层瓦斯隧道	241
二、高地应力隧道	246
三、岩溶及高压富水隧道	251
四、湿陷性黄土隧道	252
五、膨胀岩隧道	253
六、断层及岩堆体隧道	255
七、流沙隧道	256
八、高原冻土隧道	257
第三节 地质超前预报综述	258
一、地质超前预报目的及程序	258



二、地质超前探测作业特点	258
三、地质超前预报主要方法	259
四、地质超前预报常用探测技术	261
五、高风险不良地质预报要点	266
六、涌水量预测方法	267
七、块体理论与隧道围岩稳定预测	270
第四章 浅埋暗挖施工技术	275
第一节 概述	275
一、工程特点	275
二、浅埋暗挖法施工基本原则	282
三、浅埋暗挖法“18 字方针”	284
四、浅埋暗挖法发展趋势	284
第二节 浅埋暗挖隧道地质与环境调查	286
一、工程地质调查	286
二、水文地质调查	291
三、工程环境调查	295
第三节 开挖方法	296
一、开挖方法的选择	297
二、全断面开挖方法	302
三、台阶法施工	304
四、分部开挖法	306
五、特大断面施工	310
第四节 复杂条件下的浅埋暗挖施工	315
一、有水条件下的浅埋暗挖施工	315
二、联拱、小间距隧道施工	315
三、邻近隧道施工	326
四、软硬不均地层浅埋钻爆施工	335
五、山岭隧道浅埋段施工	339
第五节 浅埋暗挖法防塌限沉技术	342
一、隧道防塌技术	342
二、地表沉降控制技术	348
第六节 桩基托换及洞内桩基拆除	353
一、施工要点	354
二、工程实例	358
第七节 监控量测技术	359
一、体系设计	359
二、监控量测实施	361
三、监测控制标准	365
四、监控量测反馈程序	366
五、监控量测数据的采集、分析、预测	367
六、监测管理体系	368
七、远程自动监测技术	369
八、运营期间监控量测	379
第五章 明挖法设计与施工	380

第一节 概述	380
一、前言	380
二、国内外发展概况	380
三、明挖法的优缺点	383
四、明挖法种类及适用范围	383
五、明挖法基坑破坏形式	384
六、明挖法基坑施工原则	385
第二节 深基坑设计计算的主要内容	386
一、概述	386
二、支护结构的分类	386
三、设计基础工作	386
四、支护结构的设计理论	387
五、基坑侧壁安全等级及重要性系数	387
六、深基坑支护体系计算的主要内容	388
七、围护结构的选型原则和适用条件	388
八、土压力理论及荷载计算方法	389
第三节 深基坑设计计算理论和方法	401
一、概述	401
二、围护结构主要计算方法	401
三、放坡开挖	403
四、土钉支护	405
五、锚索支护	408
六、桩(墙)支护	411
七、基坑稳定性验算	414
八、支撑体系设计计算	416
第四节 围护结构和支撑体系施工	421
一、围护结构施工	421
二、内支撑体系施工	449
第五节 土方开挖与主体结构施工	452
一、放坡明挖法施工	452
二、垂直明挖法施工	458
三、盖挖顺作法施工	460
四、盖挖逆作法施工	463
五、盖挖半逆作法施工	464
六、结构防排水施工	464
第六节 施工监控量测	466
一、概述	466
二、施工监测的目的	466
三、监测范围和控制点	467
四、主要监测项目	467
五、监测频率	468
六、测点埋设方法	469
七、监测控制标准	475
八、监控量测实施过程	478

九、监测管理基准四级控制和预警	479
第六章 开敞式岩石掘进机与复合衬砌施工	480
第一节 概述	480
一、掘进机施工的特点	480
二、掘进机分类和衬砌方式	482
第二节 开敞式掘进机的结构及适应性分析	484
一、开敞式岩石掘进机的结构	484
二、开敞式掘进机适应性分析	507
第三节 TBM 施工组织与管理	516
一、TBM 施工作业系统分析	516
二、TBM 配套设施、人员、设备管理	518
三、TBM 主要施工工艺组织管理	521
四、质量与安全管理	542
第四节 施工实例	542
一、大伙房引水隧洞	542
二、台湾雪山(坪林)隧道	547
第七章 盾构法设计与施工	551
第一节 综述	551
一、盾构分类	551
二、盾构主要系统简介	559
三、盾构法的特点、适用范围与选用原则	579
四、盾构法施工的基本原则	581
第二节 盾构的选型与设计要点	582
一、影响盾构选型的主要地质因素	582
二、工程环境因素对盾构选型的影响	584
三、盾构设计要点	584
四、主要经验与教训	585
第三节 盾构法隧道设计	585
一、勘察	585
二、总体设计	589
三、衬砌设计	591
四、防水设计	628
第四节 盾构法隧道施工	635
一、施工准备	635
二、盾构组装及调试	637
三、施工测量与方向控制	639
四、衬砌	643
五、盾构施工过程	652
六、盾构特殊施工方法	678
七、地表沉降与建筑物保护	683
八、施工监测及施工记录	689
第八章 沉埋管段隧道修建技术	691
第一节 概述	691
一、沉管隧道发展历史	691

二、沉管隧道修建技术的重大进步	694
三、沉管隧道的优缺点及适用条件	696
四、沉管隧道的分类、断面形式与选择	697
五、存在的问题及展望	699
第二节 干坞工程	700
一、干坞的类型与设计	700
二、固定干坞的修建	703
三、移动干坞	706
四、管节预制工厂	707
第三节 沉管段设计	709
一、管节长度确定	709
二、管段横断面形式的选择	710
三、结构荷载	712
四、钢筋混凝土管节结构受力分析与配筋	714
五、浮力设计	715
六、管节接头组成及防水设计	720
七、抗震设计	723
第四节 管节制作	724
一、混凝土工程	724
二、管节防裂技术	736
三、管节防水技术	745
四、管节辅助设施	750
第五节 基槽开挖	754
一、沉管段基槽开挖设计	754
二、水下基槽边坡稳定性	755
三、水下基槽开挖与施工	757
第六节 管节浮运、沉放与对接	762
一、浮运安全性分析与计算	762
二、浮运	766
三、沉放与对接	771
第七节 沉管段基础处理与基槽回填	785
一、国内外基础处理常用施工方法	786
二、灌砂法基础施工要点	791
三、回填施工	793
第八节 岸上工程	795
一、岸上段形式	795
二、岸上段的护岸形式	796
三、通风竖井	796
四、人工岛	796
五、最终接头	798
第九节 沉管隧道修建工程实例	799
一、生物岛—大学城沉管隧道工程	799
二、仑头—生物岛沉管隧道工程	801
第九章 辅助施工方法	803

第一节 概述	803
一、分类与应用范围	803
二、施工原则	805
第二节 注浆法	812
一、注浆法原理	813
二、分类及应用范围	817
三、施工流程	819
四、施工要点	821
第三节 降水法	828
一、降水法原理	829
二、分类及应用范围	829
三、施工流程	829
四、施工要点	830
第四节 岩溶地区释能降压法	832
一、岩溶地区释能降压法原理	832
二、应用范围	832
三、施工工艺流程	832
四、施工要点	832
第五节 其他辅助施工方法	841
一、长管棚	841
二、水平旋喷法	846
三、注浆—冷冻法	849
第六节 隧道溶腔释能降压施工实例	851
一、溶腔突水概况	851
二、溶腔探测	851
三、溶腔释能降压施工	851
第十章 水下隧道	857
第一节 概述	857
一、国内外水下隧道工程建设现状和发展趋势	858
二、修建水下隧道的优越性	864
三、水下隧道工程建设原则	865
第二节 水下隧道基本施工方法及选择原则	866
一、水下隧道基本施工方法	867
二、水下隧道施工方法的选择原则	870
第三节 水下隧道修建方法及关键技术	875
一、钻爆法关键技术	876
二、盾构法关键技术	878
三、沉埋管段法关键技术	880
四、掘进机法关键技术	884
第四节 国内水下隧道工程实例	885
一、青岛胶州湾隧道工程	885
二、厦门东通道翔安海底隧道工程	887
三、长沙市浏阳河公路隧道工程	890
四、广深港狮子洋盾构铁路隧道工程	892