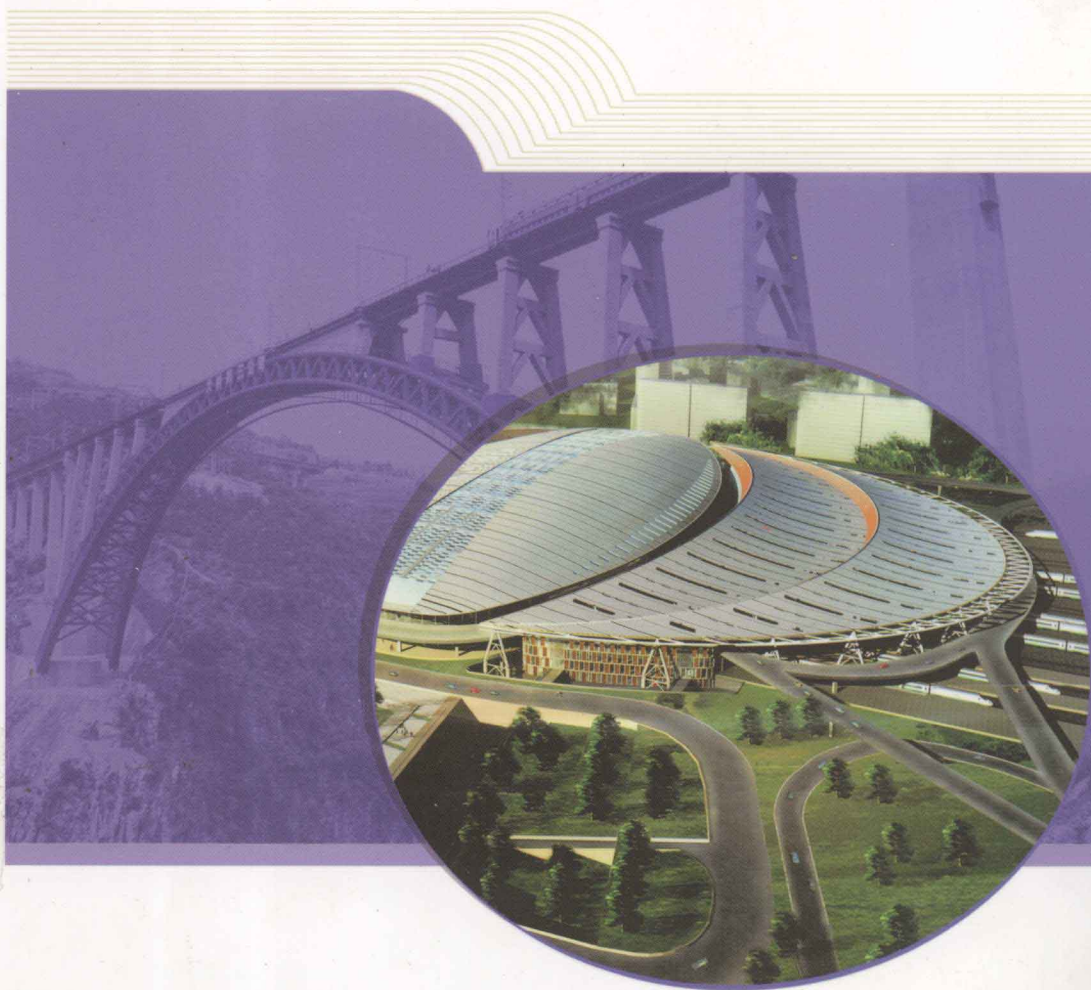




普通高等教育铁道部规划教材

铁路隧道

刘维宁 主编 钱征宇 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书共分七章,主要内容包括:绪论、铁路隧道工程地质与分级、铁路隧道平纵面设计、铁路隧道结构设计及计算、铁路隧道矿山法施工概论、铁路隧道其他施工方法、铁路隧道防排水技术等。另外,书末还设有附录,主要内容有喷射混凝土的材料及工艺、盾构施工同步注浆技术。

本书为高等学校道路与铁道工程专业教材,也可作为相关专业工程技术和经营管理人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铁路隧道/刘维宁主编. —北京:中国铁道出版社,2011.2

普通高等教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-12182-2

I. ①铁… II. ①刘… III. ①铁路隧道—隧道工程 IV. ①U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 220485 号

书 名:铁路隧道

作 者:刘维宁 主编

责任编辑:程东海

电话:010-51873135

教材网址:www.tdjiaocai.com

封面设计:崔丽芳

责任校对:胡明锋

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:14 字数:344 千

书 号:ISBN 978-7-113-12182-2

定 价:35.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

本书是普通高等教育铁道部规划教材,由铁道部教材开发领导小组组织编写,并经铁道部相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学及铁路专业技术人员使用。本书为铁道工程系列教材之一。

中国铁路隧道建设已有 120 年的历史,从 1889 年台湾岛的狮球岭隧道(3 km),到目前国内最长的太行山铁路隧道(27.839 km),中国铁路隧道经历了三个历史成长期,已进入快速发展期,成为令全世界瞩目的隧道大国。随着综合国力的增强和技术进步,中国铁路隧道正在迈向世界隧道强国,并向过去认为的隧道修建禁区发展,出现了大量的岩溶区高水压隧道、穿越煤层高瓦斯地区隧道、高海拔多年冻土隧道、长距离跨海隧道、长度超过 30 km 以上的高速铁路隧道。大量新建铁路干线隧道数量多达百座以上,所占比例愈来愈高,标志着我国隧道建设水平显著提高。

针对目前大规模铁路建设,急需培养大量的隧道设计与施工技术人才。本教材正是为了适应这个需要,结合近年来的新技术、新理论、新成果编写了此教材。适用于铁道工程专业方向的本科生、研究生和技术人员的课堂教学,也可作为铁路隧道的设计和施工的参考用书。

本书以现代矿山法建造铁路隧道为重点,全面介绍了铁路隧道的构造特点、设计原理、施工方法与施工管理,概要介绍了盾构隧道、沉管隧道的设计与施工。

全书共分七章,第一章概论,重点介绍我国铁路隧道的概况与发展,由刘维宁、王秀英、仇文革编写;第二章铁路隧道工程地质勘察与环境,重点介绍铁路隧道工程地质环境与围岩分类等内容,由仇文革、刘维宁编写;第三章铁路隧道平纵面设计,重点介绍铁路隧道的限界、平面、纵面以及曲线设计,由张俊儒、王英学、仇文革编写;第四章铁路隧道结构的设计原则与计算方法,由项彦勇、刘维宁编写;第五章铁路隧道矿山法施工,重点介绍了现代矿山法铁路隧道施工方法与施工管理,由彭立敏、李兆平、傅洪贤编写;第六章铁路隧道其他施工方法,重点介绍了铁路隧道施工的掘进机法和沉管法,掘进机法施工由袁大军编写,沉管法施工由王秀英编写;第七章铁路隧道防排水技术,重点介绍了铁路隧道防排水设计与施工的最新理念与技术,由王秀英编写。

本书由北京交通大学刘维宁任主编,西南交通大学仇文革任副主编,铁道部科技司钱征宇任主审,北京交通大学孙晓静对文字及图表进行了认真的校对工作。

本书继承了钟桂彤教授主编《铁路隧道》的优秀传统,结合近年来有关研究、设计和施工单位的科研成果。许多成果已被反复运用成为基本知识,未在本书中一一注出,在此一并表示衷心感谢。

编 者
2011年1月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 铁路隧道的分类与组成	1
第二节 我国铁路隧道建设史	7
第三节 世界铁路隧道	12
第四节 高速铁路隧道	13
复习思考题	18
第二章 铁路隧道工程地质与分级	19
第一节 概 述	19
第二节 铁路隧道工程规划与地质勘察	20
第三节 围岩的工程地质性质与分级	29
复习思考题	39
第三章 铁路隧道平纵面设计	40
第一节 铁路隧道工程规划概述	40
第二节 铁路隧道平纵面	43
第三节 限界与曲线	46
复习思考题	56
第四章 铁路隧道结构设计与计算	57
第一节 铁路隧道结构与构造	57
第二节 隧道结构设计原理与方法	62
第三节 隧道荷载计算方法	76
第四节 隧道结构设计计算方法	84
第五节 隧道围岩应力与变形分析	89
复习思考题	95
第五章 铁路隧道矿山法施工概论	96
第一节 铁路隧道施工方法综述	96
第二节 铁路隧道矿山法施工	99
第三节 隧道围岩预加固方法	105
第四节 洞口段施工方法	110

第五节 隧道爆破施工技术·····	113
第六节 隧道支护结构施工·····	120
第七节 隧道结构衬砌施工·····	124
第八节 铁路隧道监控量测与信息化施工·····	127
第九节 隧道施工通风与降尘·····	134
第十节 隧道施工组织方法·····	139
第十一节 隧道施工安全与风险管理·····	148
复习思考题·····	153
第六章 铁路隧道其他施工方法·····	154
第一节 铁路隧道掘进机法施工·····	154
第二节 沉管法施工·····	176
复习思考题·····	189
第七章 铁路隧道防排水技术·····	190
第一节 概 述·····	190
第二节 隧道防排水基本要求及原则·····	190
第三节 矿山法隧道结构防排水技术·····	192
第四节 盾构法隧道结构防排水技术·····	202
第五节 沉管法隧道结构防排水技术·····	206
复习思考题·····	210
附录一 喷射混凝土的材料及工艺·····	211
附录二 盾构施工同步注浆技术·····	214
参考文献·····	218

第一章

绪论

第一节 铁路隧道的分类与组成

一、概述

隧道是人类利用地下空间的一种形式,是埋置于地层中的工程构筑物。1970年OECD(世界经济合作与发展组织)隧道会议综合了各种因素对隧道定义为:以任何方式修建,最终使用于地表面以下的条形建筑物,其空洞内部净空断面在 2 m^2 以上的条形洞室。

隧道工程属于地下工程的一部分,是土木工程的一个分支,其中铁路隧道是铁路交通的重要构筑物。本书主要论述铁路隧道的规划、勘测、设计和施工技术。

我国是一个多山的国家。山地、丘陵、高原等山区面积约占全国面积的 $2/3$ 。铁路穿越这些地势起伏、山峦纵横的地区时,往往会遇到高程或平面障碍。而铁路限坡平缓,无法拔起需要的高度,同时,限于地形又无法绕避时,需要修建隧道以克服高程或平面障碍。隧道既可使线路顺直、缩短;又可以减少线路纵坡,使运营条件得以改善,从而提高牵引定数、多拉快跑。所以,在铁路线上,尤其在山区地形,修建隧道的范例很多。例如,川黔线上的凉风垭隧道,使跨越分水岭时,拔起高度小、展线短、线路顺直、造价也低,越岭高度降低了 96 m ,线路长度缩短了 14.7 km ,并避开了不良地质区域。宝成线穿越秦岭一段(图1-1),设有32座隧道群,总延长为 16.5 km ,占线路总延长的 56.9% 。标志我国铁路隧道建设技术水平转折点的大瑶山双线铁路隧道(图1-2),长 14.29 km ,于1989年建成通车。从此我国铁路隧道修建全面步入采用新奥法的机械化施工阶段。1999年建成的西康线平行单线秦岭隧道(图1-3),全长 18.452 km ,最大埋深 1600 m ,首次采用全断面隧道掘进机再次穿越秦岭,大大缩短了线路长度。这标志着我国隧道施工技术进入世界先进行列。2001年我国在世界屋脊青藏线上修建了2座世界海拔最高的多年冻土隧道,年均气温 $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中风火山隧道(图1-4)轨面海拔高度 4905 m ,长 1338 m 。广深客运专线的狮子洋铁路隧道(图1-5),长 10.8 km ,盾构法施工,是我国第一条穿江越洋的水下高速铁路隧道。从1949年前最长铁路隧道 3 km ,到目前国内最长的太行山铁路隧道(27.839 km),铁路隧道的修建能力正在飞速提高。

自1949年以来,我国共建成铁路隧道8230余座,总延长 6840 km ,连同此前修建的664座、总延长 156 km 的铁路隧道,截止到2009年,现共有8894座,总延长约 7000 km 的铁路隧道在运营中,其中,长度超过 10 km 以上的特长隧道有18座,总长度超过 276 km 。

近年来我国高速铁路飞速发展。根据国务院批复的《中长期铁路规划网》,到2020年全国铁路运营里程将不少于 12 万 km 。其中需要建设总长度超过 9000 km 以上的铁路隧道,长度大于 10 km 以上的特长隧道约122座,总长度超过 1760 km 。在行驶速度超过 200 km/h 以上的高速铁路项目中,隧道总长度也将超过 1000 km 。

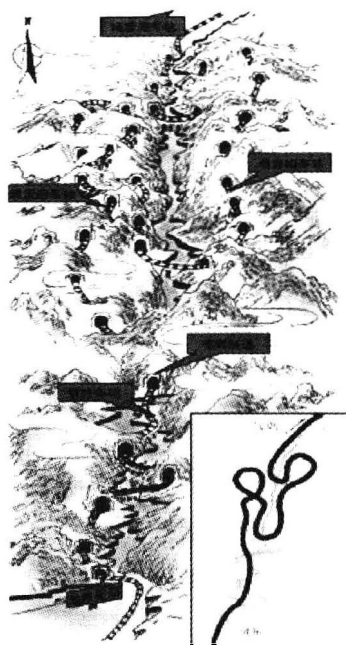


图 1-1 宝成铁路秦岭隧道群



图 1-2 京广铁路复线大瑶山铁路隧道

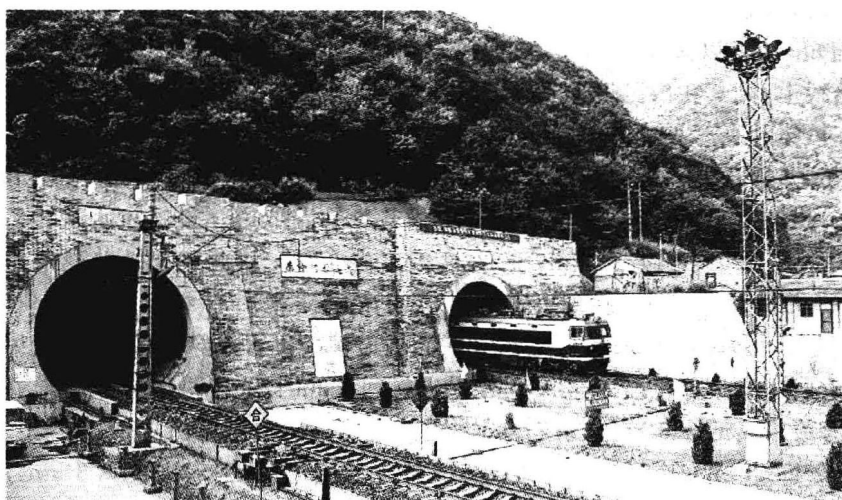


图 1-3 西康线秦岭铁路特长隧道

二、隧道的分类

从不同的角度,可以得出不同的隧道分类方法。如按地层分,可分为岩石隧道(软岩、硬岩)、土质隧道;按所处位置分,可分为山岭隧道、城市隧道、水底隧道;按埋置深度分,可分为浅埋和深埋隧道;按国际隧道协会定义的断面面积划分标准分,可分为特大断面(100 m^2 以上)、大断面($50\sim 100\text{ m}^2$);按隧道内铁路线路数,可分为单线、双线、多线隧道;按长度分,可分为短隧道(长度小于 3 km),长隧道(长度小于 10 km ,大于 3 km)、特长隧道



图 1-4 青藏高原铁路隧道——风火山隧道

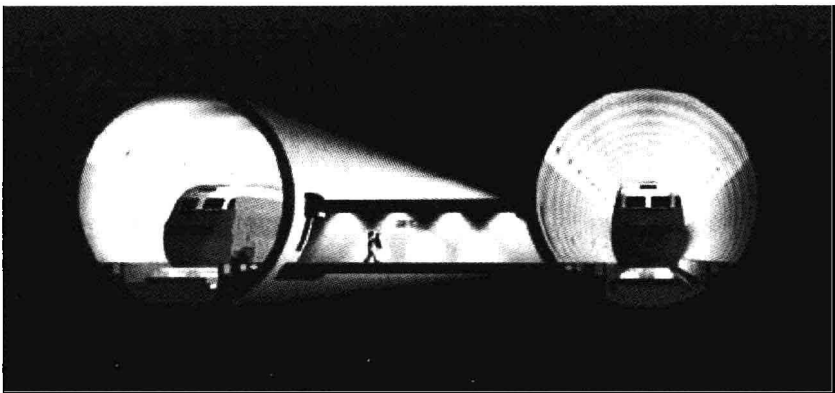


图 1-5 广深客专狮子洋水下盾构铁路隧道

(长度大于 10 km),见表 1-1。目前,使用比较广泛的隧道分类按其使用目的可分为铁路隧道、公路隧道、地下铁道、航运隧道、人行地道、水工隧道(水利部门习惯称为“水工隧洞”)、市政隧道、矿山隧道等。

三、隧道的组成

隧道结构可分为主体建筑物和附属建筑物。前者是为了保持隧道的稳定,保证隧道正常使用而修建的,由洞身支护结构及洞门组成(图 1-6),在铁路线上洞口附近容易坍塌或有落石危险时则需要加筑明洞;附属建筑物指保证隧道正常使用所需的各种辅助设施,例如铁路隧道供过往行人及维修人员避让列车而设的避车洞、供火灾等紧急情况下使用的消防疏散隧

表 1-1 按隧道长度进行的隧道分类

隧道长度(km)	隧道分类
<3	短隧道
3~10	长隧道
>10	特长隧道



道、为加强洞内外空气更换而设的机械通风设施以及必要的消防、报警装置等。

(一)洞身及其衬砌

洞身是隧道结构的主体部分,是列车通行的通道,其净空应符合国家规定的铁路隧道建筑限界的要求。其长度由两端洞门的位置来决定。

隧道衬砌是承受周围地层压力,阻止周围地层变形,维持地层稳定同时提供隧道使用空间的永久性支撑物。衬砌按照建造形式可以分为:矿山法施工的整体式现浇混凝土衬砌(往往与喷锚支护联合使用作为复合式衬砌)、采用纤维喷射混凝土和锚杆的单层式衬砌、盾构法施工的预制管

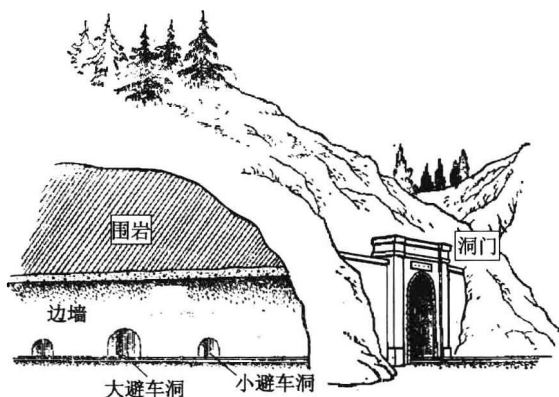


图 1-6 隧道的组成

片装配式衬砌。矿山法施工的隧道根据不同围岩类别和隧道跨度可以分为直墙式衬砌和曲墙式衬砌两种,盾构法施工的隧道衬砌主要是圆形,近年的发展也有圆角直墙的组合盾构衬砌。

(二)洞 门

洞门位于隧道出入口处,用来保护洞口土体和边坡稳定,排除仰坡流下的水。它由端墙、翼墙及端墙背部的排水系统所组成。

由于隧道洞口所处的地形、地质条件不同,洞门形式也有所不同,主要有如下几种。

1. 端墙式洞门

端墙式洞门是最常见的洞门,见图 1-7。它适用于地形开阔、石质较稳定(Ⅱ~Ⅲ级围岩)的地区,由端墙和洞门顶排水沟组成。端墙的作用是抵抗山体纵向推力及支持洞口正面上的仰坡,保持其稳定。洞门顶水沟用来将仰坡流下来的地表水汇集后排走。

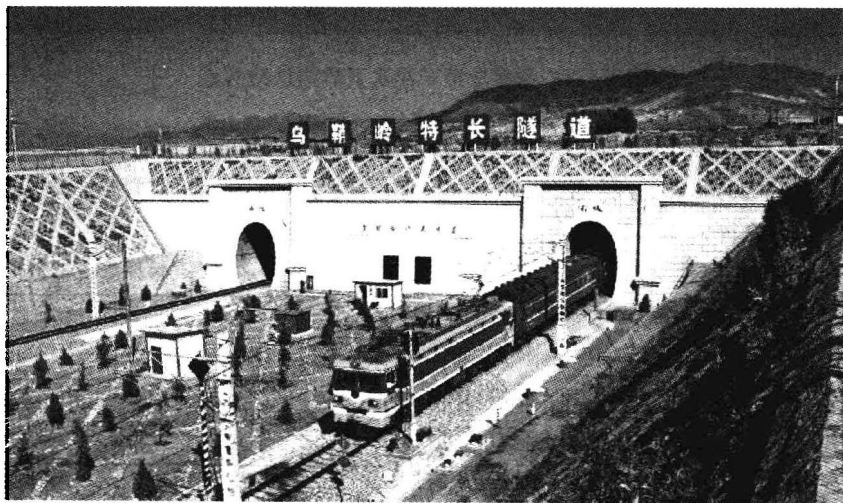


图 1-7 端墙式洞门



2. 翼墙式洞门

当洞口地质较差(Ⅳ级及以上围岩),山体纵向推力较大时,可以在端墙式洞门的单侧或双侧设置翼墙,见图 1-8。翼墙在正面起到抵抗山体纵向推力,增加洞门的抗滑及抗倾覆能力的作用。两侧面保护路堑边坡起挡土墙作用。翼墙顶面与仰坡的延长面相一致,其上设置水沟,将洞门顶水沟汇集的地表水引至路堑侧沟内排走。

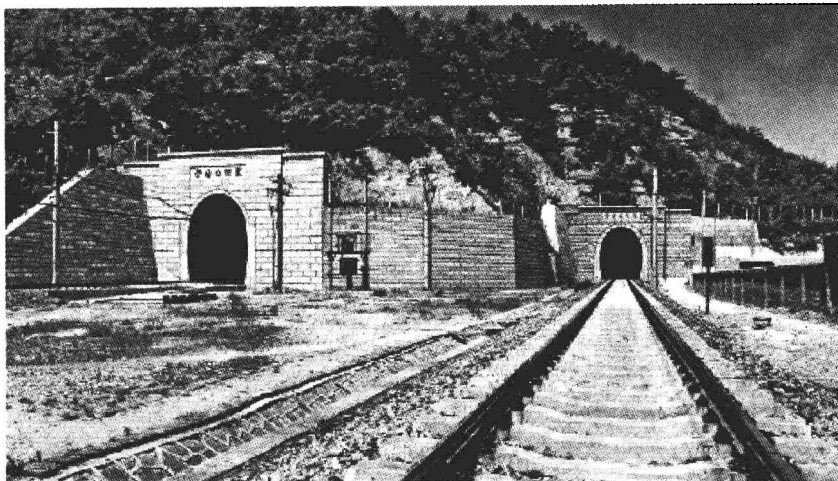


图 1-8 翼墙式洞门

3. 柱式洞门

当地形较陡(Ⅳ级围岩),仰坡有下滑的可能性,又受地形或地质条件限制,不能设置翼墙时,可在端墙中部设置 2 个(或 4 个)断面较大的柱墩,以增加端墙的稳定性,见图 1-9。柱式洞门比较美观,适用于城市附近、风景区或长大隧道的洞口。



图 1-9 柱式洞门



4. 环保式洞门

出于环境保护或风景美观的要求,促进隧道洞门出现许多新的形式,见图 1-10、图 1-11。

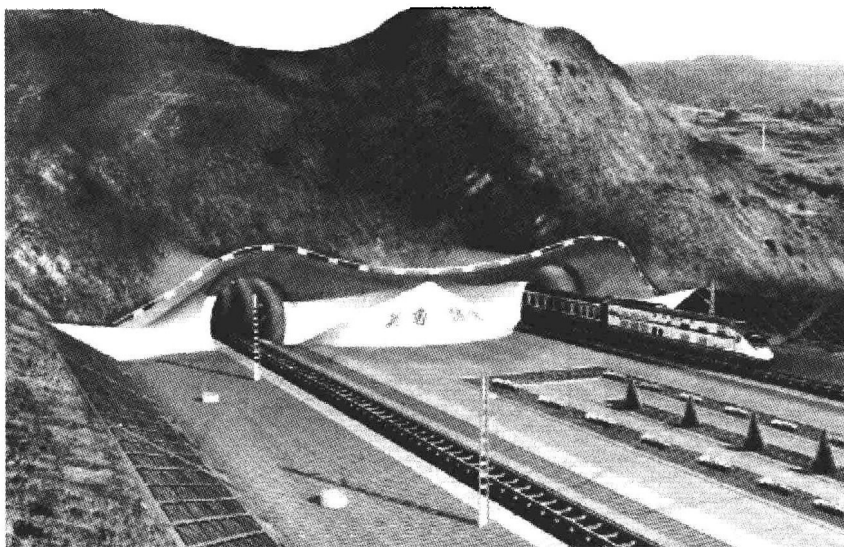


图 1-10 关角隧道洞门

对于高速铁路,高速列车进入隧道后,会在隧道出口产生微气压波效应,引起空气压力变化和噪声,对洞口建筑物的安全产生影响,为解决微压波问题,隧道洞门需修建缓冲结构,逐渐扩大洞口断面,见图 1-11。

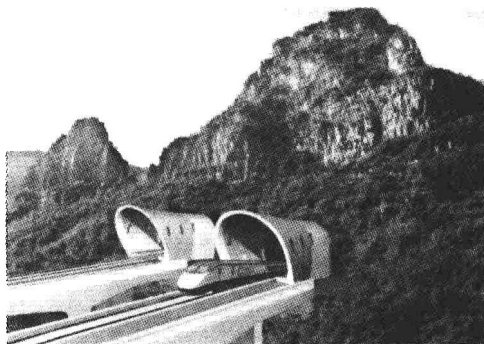


图 1-11 太行山隧道洞门

(三) 明洞

明洞(图 1-12)是隧道的一种变化形式,它用明挖法修筑。所谓明挖指把岩体挖开,在露天修筑衬砌,然后回填土石。这样修筑的构筑物,外形几乎与隧道无异,有拱圈、边墙和底板,净空与隧道相同,和地表相连处,也设有洞门、排水设施等。

明洞一般修筑在隧道的进出口处,当遇到地质差且洞顶覆盖层较薄,用暗挖法难以进洞时,或洞口路堑边坡上有落石而危及行车安全时,或铁路、公路、河渠必须在铁路上方通过,且不宜做立交桥或涵渠时,均需要修建明洞。它是隧道洞口或线路上起防护作用的重要建筑物,



在铁路线上使用较多。

明洞的结构类型常因地形、地质和危害程度的不同,有多种形式,采用最多的为拱式明洞和棚式明洞两种。

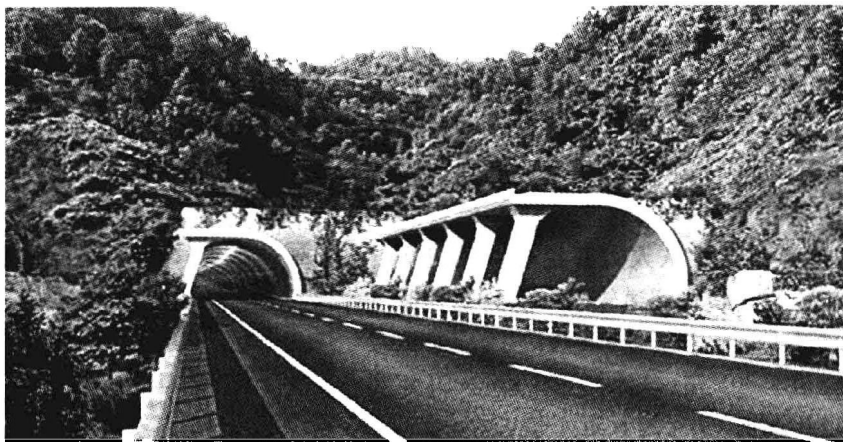


图 1-12 老虎山隧道棚洞

(四) 附属建筑物

为工作人员、行人及运料小车避让列车而修建的避人洞和避车洞;为防止和排除隧道漏水或结冰而设置的排水沟和盲沟;为机车排出有害气体的通风设备;电气化铁道的接触网、电缆槽等都属于隧道的附属建筑物。

铁路隧道的附属建筑物通常包括:避车洞、防排水设施、电力及通信设施、运营通风建筑物等。

第二节 我国铁路隧道建设史

清末时期(1888~1911 年),我国兴建的大部分铁路是靠外资和借外债完成的。其中,1888~1890 年建成的台湾狮球岭隧道是我国最早建成的铁路隧道,长 261 m,最大埋深 61 m,是一条窄轨(轨距 1 067 mm)单线铁路隧道。1903 年在滨洲线建成兴安岭隧道,按双线断面施工,铺设单线,长 3 077 m,是我国第一座长度超过 3 km 的铁路隧道。

1908 年,詹天佑主持修建的京张铁路,是我国自行设计、施工的第一条铁路,在关沟段建成有 4 座隧道,总延长 1 645 m,其中最长的八达岭隧道(1 091 m),建成于 1908 年,是我国自力修建的第一座越岭铁路隧道。1939 年为增建滨绥二线修建的杜草隧道,长 3 840 m。

这一时期,我国共修建铁路隧道 238 座,总长度 42.46 km。它们客观上对中国经济起到了推动作用,为修建铁路和隧道积累了经验。



图 1-13 台湾狮球岭隧道



民国时期(1912~1949年),我国共兴建铁路隧道427座,总长度达113.881 km。这一时期隧道大部分分布在东北(包括热河省在内)地区的线路上。这些隧道的兴建培养造就了一批中国自己的隧道建设人才和专家,为日后中国内地大规模的隧道建设事业创造了条件和积蓄了力量。

20世纪50年代初期,铁路隧道修建依旧以人工开挖为主。1958以后,掀起了一个以小型机具和机械代替人工施工的热潮。其中,宝成铁路的秦岭隧道在施工中首次使用了风动凿岩机和轨行式矿车,成为我国隧道修建中从人力开挖过渡到机械开挖的标志。这一时期建成隧道较多的铁路主要有宝成、天兰、丰沙Ⅰ线、石太复线、鹰厦、川黔、太焦等线。共建成隧道1005座,总延长306 km。10年建成隧道的数量比此前60年增长近1倍。

60年代,西南铁路建设中,建成一批隧道较多的山区铁路,隧道建设在停建、发展、延滞的曲折前进中取得了成就。相继建成贵昆、成昆、京原以及东川、嫩林、盘西、水大、渡口等干支线,这一时期共修建隧道1113座,总延长660 km。总延长为50年代的2倍多。

70年代,由于铁路路网迅速扩展,进行大规模铁路建设,完成了较多的隧道工程,主要是焦枝、枝柳、襄渝、京通、阳安、湘黔等线,这都是路网中隧道较多的山区铁路干线,工程非常艰巨。这一时期共建成隧道1954座,总延长1035 km,在规模、速度和数量上,又大大超过五六十年代,是中国铁路隧道建设史上建成隧道较多的时期。

80年代,由于改革开放的需要,为改变铁路运输的紧张状态,旧线改造和新线建设重点放在加强晋煤外运通道和改造既有铁路能力不足的“瓶颈”上,加速了衡广、沪宁、沪杭、浙赣等复线建设和修建京秦、大秦、兖石、新菏等铁路。这一时期共建成隧道319座,总延长199 km,从数量上看虽然比六七十年代大为减少,但建成的长隧道特别是双线长隧道增加了许多。其中衡广复线大瑶山隧道(14.295 km)是我国已建成最长的双线隧道。大秦铁路的军都山(8.46 km)、白家湾(5.06 km)等双线隧道也都是在这一时期建成的。从70年代末,中国内地开始了解和接受新奥法的施工理念,并率先在修建大瑶山隧道中采用。大瑶山隧道使用重型机械进行综合机械化施工,它的建成标志着我国隧道设计、施工技术和科学研究开拓了一个新领域,跃升至一个新的阶段,已跻身于世界长隧道之林。

同一时期,北京地铁复兴门折返线引入军都山隧道在洪积、冲积地层浅埋矿山法施工的经验,逐渐开始了在城市地铁中采用浅埋矿山法修建区间隧道及各种跨度车站的新时代,由于解决了在城市环境条件下,不拆迁、不扰民的问题,大大提高了施工进度,因此这一方法在1987年8月25日被定名为“浅埋暗挖法”。在明挖法、盾构法不适应的条件下,浅埋暗挖法显示了巨大的优越性。根据多年的工程实践,目前浅埋暗挖法已有自己全套的设计、施工理论作为建设部命名的国家级工法已被国内外所采用。

到90年代,铁路干线隧道工程浩大,长隧道多,工程地质极其复杂,铁路隧道建设技术水



图 1-14 八达岭隧道



图 1-15 大瑶山隧道

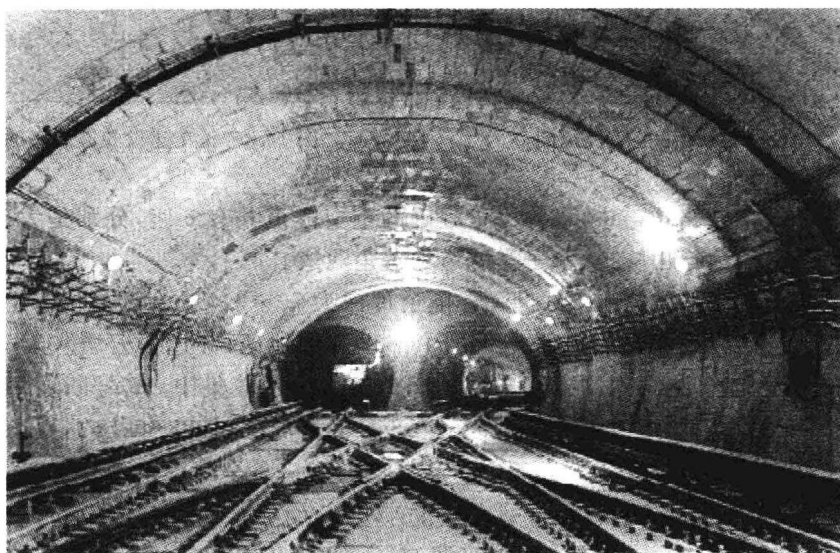


图 1-16 北京地铁复兴门折返线

平提高很快,隧道施工方法逐渐呈现出多样性。开挖方法由单线隧道的台阶法施工演变为大跨度的单侧壁、双侧壁导坑法,CD法,CRD法修建3线、4线等大跨度的铁路隧道及车站。1993年,大陆成功采用了沉管法修建了穿越珠江的公铁两用隧道,标志中国内地沉管法建造技术的成熟。另有许多著名的隧道,如南昆线米花岭隧道和家竹箐隧道、西康线秦岭Ⅰ线隧道、京九线五指山隧道以及朔黄线长梁山隧道等均在这一时期建成。1998年1月,全长18 km的西康线秦岭隧道Ⅰ线隧道,采用技术先进的敞开式全断面TBM建成,标志着我国铁路隧道机械化施工跨入了世界隧道建造的先进行列,整体上代表了我国现阶段铁路隧道工程的新水平。90年代共建成隧道1822座,总延长1311 km,是我国建成铁路隧道总延长最多、隧道平均长度最长的时期。

进入21世纪以来,中国铁路进入新一轮的发展高峰,许多隧道工程向过去的隧道修建禁



区发展,出现了大量的岩溶区高水压隧道,穿越煤层的高瓦斯地区隧道,高海拔多年冻土隧道、长距离跨海隧道、长度超过 30 km 以上的高速铁路隧道。大量新建铁路干线隧道多达百座以上,长度占全线的 37%~52%。而施工工期却大大缩短。渝怀线全长约 645 km,共有隧道约 190 座,总长约 241 km,占线路总长的 37%。宜万线全长约 386 km,共有隧道约 127 座,总长约 200 km,占线路总长的 52%。另外,修建横穿台湾海峡连接大陆与台湾的海底隧道和横穿琼州海峡连接大陆与海南岛的海底隧道也正在研究之中。厦门和胶州湾海底隧道就是一个积极的准备。随着更大量的公路隧道、城市地铁的建设,毫无疑问,我国正在由世界隧道大国步入世界隧道建造技术强国的行列。

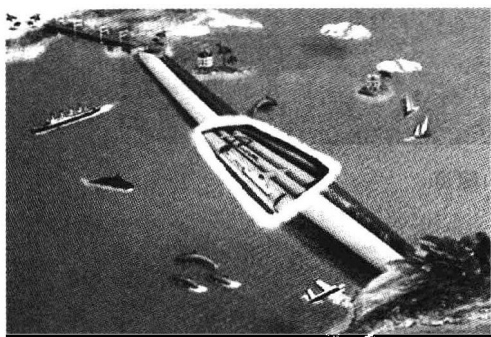


图 1-17 台湾海峡通道电脑模拟图



图 1-18 正在建设的厦门海底隧道

在已建成的众多铁路隧道中,堪称为里程碑的重要隧道共有 6 座,分别是大瑶山隧道、秦岭隧道、乌鞘岭隧道、太行山隧道、狮子洋隧道和关角隧道。

大瑶山隧道,长 14.294 km,双线断面。隧道埋深为 70~910 m。隧道位于广东大瑶山地区。洞身穿过的岩层以变质砂岩、板岩为主,中部班古坳地区,穿过白云质灰岩、泥灰岩及砂岩。隧道处于多雨地区,地下水丰富。断层破碎地带地下水较集中。9 号断层每天涌水量达 4 万 m^3 ,为国内外隧道所罕见。隧道从 1980 年 8 月开始施工,1988 年 12 月 16 日建成通车。从勘测到竣工,前后历时近 10 年。大瑶山隧道是我国第一条全断面机械化,按照新奥法原理设计、施工的铁路隧道。

秦岭隧道,长 18.456 km,单线断面,双洞,分 I 线和 II 线两座平行隧道,隧道中线间距 30 m。隧道埋深大于 1 000 m 的地段长约 3.8 km,最大埋深约 1 600 m。隧道位于陕西北秦岭地区。穿过的岩层主要为混合片麻岩和混合花岗岩,石质坚硬。秦岭 I 线隧道是我国首次采用 TBM 施工的铁路隧道,两台直径 8.8 m 开敞式掘进机。于 1997 年 9 月进入工地,完成了组装、调试后,分别于 1998 年 1 月和 2 月,在进、出口开始正式掘进。掘进至隧道中部长约 7.6 km 特别坚硬完整的围岩段时,改用钻爆法开挖,于 1999 年 8 月 29 日贯通,2000 年 5 月竣工。秦岭 II 线隧道大断面导坑隧道用钻爆法于 1995 年 1 月 18 日开工,1998 年 3 月 10 日贯通。最终建成于 2003 年。秦岭隧道修建中创造了一系列新技术、新突破,特别是在 TBM 施工技术方面的重大跨越,标志着我国在铁路隧道工程建设规模和总体水平上已进入世界先进国家行列。

乌鞘岭隧道,长 20.050 km,单线断面,双洞,隧道中线间距 40 m。隧道埋深 400~1 100 m,洞身在海拔 2 400 m 以上。隧道位于甘肃省祁连山脉东北部地区,所经地层岩性复杂,其中

泥岩、页岩和千枚岩等岩体,岩质软弱,其变形有明显的随时间缓慢增长的特性。特大型活动性断层、极高地应力和软岩大变形等问题是困扰隧道施工的主要地质难题。乌鞘岭隧道全部采用钻爆法施工,Ⅱ线隧道先期作为平行导坑,为Ⅰ线隧道施工探明地质并辅助Ⅰ线隧道施工,Ⅰ线隧道贯通后,再将Ⅱ线平行导坑扩挖成形。全隧道除在4个正面掘进施工外,Ⅰ线隧道设8座斜井,Ⅱ线隧道设5座斜井及1座竖井,共14个辅助坑道,增辟多个工作面,实施“长隧短打”,加快施工进度。隧道于2004年初进场施工,2006年3月30日Ⅰ线隧道开通,2006年8月12日Ⅱ线隧道开通,隧道施工仅用了约2.5年的时间。乌鞘岭隧道修建中技术上的新突破和建设管理上的新经验,将为我国今后大规模铁路隧道建设提供借鉴和起到指导作用。

太行山隧道,长27.839 km,单线断面,双洞,两线间距35 m。最大埋深为445 m,设计速度目标值为250 km/h。隧道位于石太客运专线小寨车站和孟县车站之间太行山山脉越青山地区。区域地表覆第四系松散堆积层、冲洪积层黄土,下伏白云岩、石灰岩、灰岩、花岗片麻岩和泥岩。隧道穿越高地应力及膨胀性围岩、突水突泥、坍塌冒落等不良地质较多。太行山隧道全部采用钻爆法施工。于2005年6月11日开工,2007年12月22日全部贯通,实际施工为30个月。隧道采用9座施工斜井,斜井总长11 120 m。太行山隧道为我国第一座特长高速铁路隧道,除了施工难度大以外,首次设计实施了考虑高速铁路空气动力学效应的特殊结构和包括“紧急救援站”在内的一整套防灾救援系统。

狮子洋隧道,长10.800 km,单线断面,双洞。设计速度目标值为350 km/h。隧道位于广深港客运专线东涌站—虎门站区间,穿越珠江口狮子洋河段,其中狮子洋水面宽3 300 m,水深达26.6 m,为珠江航运的主航道,设计水压达0.67 MPa。这是国内第一座水下及高速铁路隧道,也是世界上速度目标值最高的水下隧道。隧道引导敞开段长310 m,明挖暗埋段(含缓冲结构)1 104 m,盾构段9 340 m,工作井段46 m。盾构隧道段结构内径9.8 m,外径10.8 m,管片厚度50 cm,采用“7+1”分块方式。全隧道共设置左右线之间的连接横通道23处,其中盾构段19处。盾构段采用4台泥水平衡式盾构施工,左右线各2台,是国内首次在软硬不均岩层中采用大直径泥水盾构进行长距离掘进的实践。盾构机分别从入口工作井和出口工作井始发,在狮子洋河床下进行地中对接。单台盾构最大掘进长度约4 800 m。隧道于2006年5月开工,总工期41个月。

关角隧道,长32.645 km,单线断面,双洞,线间距40 m。隧道位于青海省天峻县和乌兰县境内,海拔高度3 324 m以上,是世界上最长的高原隧道。关角隧道地处青藏高原,地层岩性复杂多变,沉积岩、岩浆岩、变质岩三大岩类均有出露,伴随十几条区域断裂或次级断裂,地下水发育,涌水量变化较大,恶劣的施工环境给工程建设带来极大的困难。施工中克服了冲积细砂地层支护、软弱围岩大变形控制、岩溶裂隙水的防止和处理等多项技术难题。工程于2007年11月6日开工。采用10座斜井、18个施工横通道及局部平导来铺设正洞施工。建设总工期为5年。关角隧道的建成将既有线路缩短了36.837 km。

中国铁路隧道建设,走过一个多世纪的风雨历程,又面临着21世纪更大的挑战。国家进行西部大开发的战略计划中,在云、贵、川、藏以及南部沿海铁路等,都有大山阻隔,长隧道和隧道群不可避免,铁路隧道建设任重道远。《铁路科技发展“十五”计划》中将特长隧道建设和维护技术列入了重大专项,依托重点工程建设开展隧道技术攻关,不断提到我国铁路隧道修建和维护的技术水平。