

高等教育应用型人才培养规划教材

隧道工程

主 编◎张俊儒

副主编◎龚 伦 仇文革

主 审◎龚彦峰

Suidao
Gongcheng



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等教育应用型人才培养规划教材

隧道工程

主 编◎张俊儒

副主编◎龚 伦 仇文革

主 审◎龚彦峰



*Suidao
Gongcheng*

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

隧道工程 / 张俊儒主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2013.9
高等教育应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-5643-2128-4

I. ①隧… II. ①张… III. ①隧道工程—高等学校—教材 IV. ①U45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 214728 号

高等教育应用型人才培养规划教材

隧道工程

主编 张俊儒

责任编辑	张 波
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	21.25
字 数	529 千字
版 次	2013 年 9 月第 1 版
印 次	2013 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2128-4
定 价	42.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书为高等教育应用型人才培养规划系列教材之一，主要应用于全日制本科生、专科生，网络教育或成人教育学生的教学。基于土木工程专业课程的知识体系，考虑近年来高速铁路工程建设背景，本教材重点以高速铁路隧道为对象，并兼顾公路隧道及市政隧道，全面讲解隧道工程的规划、设计、施工与维修养护，使学生在掌握隧道工程基本理论的同时，进一步培养学生解决实际工程技术问题的能力；同时也可供从事隧道工程的设计、施工及管理人员参考。

本教材共分八章，重点介绍现代矿山法修建隧道工程，并概要介绍了隧道掘进机、沉管等方法。第一章绪论，重点介绍隧道工程的特点、分类以及发展现状，由张俊儒、仇文革编写；第二章隧道结构的基本构造，重点介绍隧道洞身主体结构、洞门结构、洞口缓冲段、明洞、底部结构以及附属建筑物等，由张俊儒、要美芬编写；第三章隧道工程的规划与勘察，重点介绍隧道工程地质调查和勘测、隧道结构围岩分级、隧道工程线路规划以及洞门位置及洞口形式选择，由冯冀蒙编写；第四章隧道平纵横断面设计，重点介绍隧道平面、纵断面以及横断面的设计，由冯冀蒙编写；第五章隧道工程的结构设计及计算，重点介绍隧道结构的荷载计算方法、隧道结构计算方法以及特征曲线法的应用，由冯冀蒙编写；第六章隧道工程矿山法施工，重点介绍隧道开挖方法、隧道预加固措施、隧道洞口施工、隧道爆破施工技术、装渣及运输、初期支护、监控量测、防排水施工工艺、二次衬砌以及施工组织等，由龚伦编写；第七章隧道工程其他施工方法，重点介绍掘进机法、沉管法等施工技术，由龚伦编写；第八章隧道工程运营期安全保障技术，重点介绍高速铁路隧道结构耐久性、防排水技术、防灾救援疏散技术以及维修管理技术，由张俊儒编写。本书由张俊儒统稿，龚彦峰审定。

本书在编写过程中，引用了部分国内外已有专著、文章、规范等的成果，在此向作者及相关人士表示感谢；个别引用的文献或图片未能找到原文，谨对原文作者表示谢意和歉意；特别感谢中铁第四勘察设计院集团有限公司对本书出版的支持。

鉴于编者的学识水平有限，疏漏不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2013年8月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 隧道工程的特点及分类	1
第二节 我国隧道工程的发展现状	9
第三节 本课程特点及主要内容	16
第二章 隧道结构的基本构造	18
第一节 洞身主体结构	18
第二节 明洞结构	24
第三节 洞门及洞口缓冲结构	28
第四节 高速铁路隧道底部结构	36
第五节 隧道内附属构筑物	43
第三章 隧道工程的规划与勘察	48
第一节 隧道工程地质调查和勘测	48
第二节 隧道结构围岩分级	58
第三节 隧道工程线路规划	68
第四节 洞门位置及洞口形式选择	76
第四章 隧道平纵横断面设计	82
第一节 隧道平面设计	82
第二节 隧道纵断面设计	84
第三节 隧道横断面设计	89
第五章 隧道工程的结构设计及计算	103
第一节 隧道结构设计概述	103
第二节 隧道结构的荷载	112
第三节 隧道结构设计计算方法	124
第四节 隧道结构特征曲线	156
第六章 隧道工程矿山法施工	160
第一节 隧道矿山法概述	160
第二节 围岩预加固方法	160
第三节 洞口段施工方法	169
第四节 爆破施工技术	172

第五节	初期支护施工	211
第六节	衬砌结构施工	220
第七节	隧道施工通风与降尘	228
第八节	隧道施工组织	238
第七章	隧道工程其他施工方法	257
第一节	隧道掘进机施工方法	257
第二节	沉管法施工	265
第八章	隧道工程运营期安全保障技术	285
第一节	高速铁路隧道结构耐久性	285
第二节	高速铁路隧道防排水技术	293
第三节	高速铁路隧道防灾救援疏散	303
第四节	高速铁路隧道维修管理技术	316
参考文献		333

第一章 绪 论

第一节 隧道工程的特点及分类

一、隧道的概念

隧道式埋置于地层中的工程建筑物，是人类利用地下空间的一种形式。1970 年国际经济合作与发展组织召开的隧道会议综合了各种因素，对隧道所下的定义为：“以某种用途、在地面下用任何方法按规定形状和尺寸修筑的断面积超过 2 m^2 的洞室。”

二、隧道工程的特点

众所周知，隧道工程所处的环境条件与地面工程是全然不同的。与地面建筑工程相比，隧道工程更加复杂、建设风险更大、建设周期更长、单位造价更高，其主要有以下特点。

（一）建设工程处于地质体中

工程岩体（土体）是隧道工程结构的一部分。这些隧道工程埋设在不同的地层中，可能遇到各种各样的复杂地质问题。因此，隧道工程的设计、施工均与建筑地区的地质条件有着密切的关系，地质环境对隧道工程设计、施工的影响主要表现在以下六个方面：

1. 地貌与气候

地形地貌对隧道建设的影响主要表现在地应力特征上，隧道处于沟谷地带时隧道结构将承受较大的水平应力或偏压应力；气候的影响以温度和降雨量两因素最为显著，在特点的地质条件下可引起围岩工程特性的变化，产生新的工程地质问题。如：高原高寒地区的冻土会带来冻融、劳动力及机械降效等问题；温暖潮湿、雨量充沛的气候环境，则会使地层中储藏大量地下水，易出现隧道渗漏水、承载力不足等问题。

2. 地质构造

地质构造是指在造山运动等大规模的地壳变动中，岩体产生变形、断裂、破碎后留下的痕迹，如褶皱、断层、挤压破碎带、节理裂隙带等。褶皱和断层对隧道建设的影响，前者主要表现在成为瓦斯和水的汇集场所，后者则主要表现在围岩力学性质发生巨大劣化，围岩破碎，易引起隧道坍塌等。

3. 岩（土）体结构

岩（土）体结构是指岩（土）体结构面和结构体的总称，它表达了结构面的发育程度及组合关系，反映了结构体的规模、形态及排列情况。

岩体结构面既然是分割岩体的裂面,则不论其是否有填充物,也不论其规模大小和形态如何,其力学性质均较“岩块”要差,这在坚硬岩体中更为明显。因此,隧道围岩分级中将结构面发育程度及相关描述作为度量围岩承载能力的一类指标。

4. 岩(土)体性质

按照地壳岩石的成因,岩石分为沉积岩、岩浆岩和变质岩三类。不同成因的岩体,其物质组成与成岩结构不同,岩性对隧道建设的影响最终表现在工程力学性质上。坚硬的岩浆岩、灰岩、砂岩等,由于其强度高,抵抗外力的能力强,因而稳定性好;千枚岩、片岩、泥岩等,强度较低,抵抗外力的能力差,稳定性较差;土质地层,其力学性质与所含黏土矿物的种类与比例关系密切,对围岩的稳定性有特殊影响。如膨胀岩产生膨胀应力,放射性地层产生放射污染,瓦斯地层产生瓦斯溢出问题等。

5. 地质体赋存环境

地质体赋存环境因素主要有三种:地应力、地下水、地温。它们对岩土体的变形、破坏和力学性质具有重要的控制作用。

岩体中的初始地应力是指在工程开挖前岩体中存在的天然应力,是各种自然力和人为活动综合作用的结果,主要由自重应力和构造应力组成。初始应力对隧道建设的影响主要表现在决定隧道所处位置的应力状态(方向)及应力水平上,它决定着“平衡拱”的形状和尺度,因此,也直接决定着隧道支护结构的荷载。对岩石损伤强度理论的研究成果表明,围岩的“自承能力”在地应力为三维等压状态时达到最高,“自承能力”随着三维压应力差值的增大而降低。

水是造成洞室围岩失稳的一个重要原因。地下水对隧道建设的影响表现在两个方面:一是形成流体能量,产生隧道涌泥、涌石、涌水等;二是弱化岩体的强度,降低围岩承载能力。

地温是指地面以下地中环境的温度,其量值具有沿深度增大而增加的变化规律,通常用每 1 000 m 深度温度的增加值来度量,即地温梯度,又称地热梯度、地热增温率,指不受大气温度影响的地层温度随深度增加的增长率。地温对隧道工程的影响主要表现在温度增高会引起人员、设备工作效率的降低,不做特殊处理无法施工;另一发面,从能量转化的角度出发,温度升高,预示着地质环境中能量活动的增大,能量转化的概率增大,处理不当,可引起相应的工程问题。如:产生的附加温度应力可能引起衬砌开裂,对衬砌结构的安全及耐久性不利;隧道内的高温高湿将导致机械设备的工作条件恶化、效率降低、故障增多等。

6. 特殊地质

特殊地质可定义为在承载特性及施工安全上需进行特殊设计和施工的地质条件。按其对应隧道修建的影响特性,可分为结构突变型、应力时效型及有害物质型三类。

结构突变型:如隧道穿越岩溶洞穴、断层带、岩堆体等。这类地质特点是围岩的承载特性突然发生巨大的改变,导致隧道稳定性及施工安全性受到威胁,往往造成重大地质灾害,其共同特点是突发性和劣化性。

应力时效型:如高地应力、膨胀岩、黄土、冻土等。这类地质特点是隧道周边围岩压力随时间发生较大变化,使隧道结构发生过度变形或破坏的特性。高地应力在硬岩隧道中则表现为应力的快速释放,发生岩爆,危及施工安全;在软岩中则产生大变形,引起支护结构的破坏。膨胀岩遇水产生膨胀压力,大大增加了支护荷载。冻土在环境温度发生变化时产生冻融现象,导致隧道围岩应力发生周期性不均匀变化,带来结构稳定性影响。

有害物质型：如瓦斯、放射性等。这类地质的特点是危及施工人员及机械设备的安全，需要进行特殊防护与施工控制。

（二）基础理论体系尚未建成

中国是隧道及地下工程建设大国，但还不是建设理论强国，许多现代设计理论仍然来自西方，我国原始创新的地下工程建设理论需要得到系统的总结与发扬，每一个隧道及地下工程的建设者都应肩负起这个重任，建立中国自己的隧道及地下工程建设理论体系。

隧道工程建设涉及的学科范围很广，学科的科学思想体系、研究对象、服务领域及在工程技术上的广泛应用，使其具有地学、力学、技术学科的特征和显著的多学科交融的性质，既具有基础研究的内容，又带有强烈的实践性特点。隧道工程的基础研究与应用研究几乎是同步进行的，至今尚未成熟。

（三）建设过程具有复杂性

地下工程受地理与地质环境、工程情况、经济水平、材料科学发展水平、施工过程控制水平以及地下工程在国民经济中的地位等因素的影响，其建设过程具有复杂性。地理与地质环境本身就是复杂的，它是天然的介质（涉及地应力、地下水、岩性、地质结构、地质构造等），几乎没有地质条件完全相同的两个工程。工程情况则是指工程规模、断面形状与尺寸、施工技术、过程控制、环境控制、工程材料和人机料的协调水平等，这些因素又具有显著的历史特征与动态特征。工作面状态在时间和空间上的动态性、技术发展的历史性均增加了地下工程的复杂性。这也是我们特别强调的动态信息化施工、动态信息化设计、结合实际的动态信息化管理在地下工程建设中的重要性和特别性。

要想解决岩石力学在隧道工程设计与施工中的普及问题，单纯应用力学、数学的理论分析是行不通的，必须从隧道工程实际出发，以系统概念为指导，依靠原型观测的验证修改，走理论分析、经验分析、工程类比相结合的道路。

（四）体现人文、自然和谐性

隧道及地下工程应能顺应自然与人文环境，与自然和谐共存，而不是对自然的掠夺；应能为子孙后代留下一片绿荫，而不是一片灰白和荒漠。城市建设不能失掉风貌，欧洲一些城市就采用地下立交形式突出其城市特色。采用摩天大楼、大型高架立交桥、穿河跨海大桥等地面建筑的做法，在使用中已出现了污染城市环境、增加安全隐患的负面影响。美国城市基本放弃了高架高速路；波士顿从 1999 年开始拆除高架路，恢复地面，发展地下铁道和地下公共交通，让步行者拥有城市。

三、隧道工程的分类

隧道的种类繁多，从不同的角度来区分，就有不同的分类方法。依照地下工程的功能不同，可将地下工程分为交通运输、城市地下空间开发、能源开发与储藏、防御减灾四大类。又可根据所处地域位置及功用不同，可归纳为以下几种。

(一) 山岭隧道

山岭隧道为连接各大城镇,穿越山脉的交通隧道,发挥客货两运的功能,分为铁路隧道和公路隧道。现行《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2005)根据隧道长度的不同,将其分为特长隧道(长度 10 000 m 以上)、长隧道(长度 3 000 ~ 10 000 m)、中长隧道(长度 500 ~ 3 000 m)以及短隧道(长度 500 m 及以下);横断面有圆形、马蹄形、蛋形等多种形状。随着经济建设需求的增长和隧道建设技术的提升,近年来大断面隧道日渐增多,如六沾铁路乌蒙山二号隧道横断面积达到 354 m^2 ,如图 1.1.1 所示。

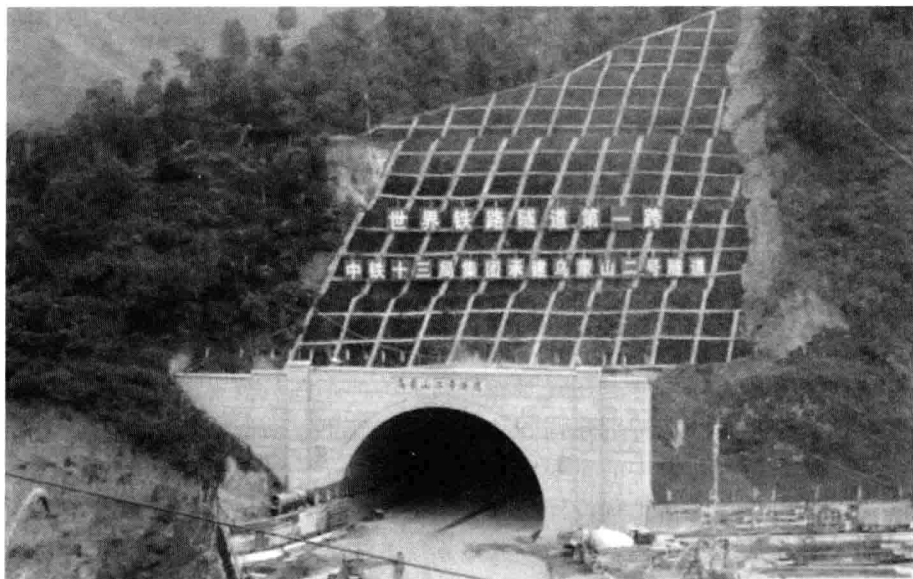


图 1.1.1 乌蒙山二号隧道

(二) 城市地下铁路

新建北京至石家庄铁路客运专线是铁路进城走向地下的试点工程,东西向的石家太(德)既有铁路线及南北向的京广既有线将石家庄分割为四个部分,地面交通十分不便,列车的噪声污染与高架接触网的安全隐患,给市民的生活带来诸多不便。因此,在进行新建京石线穿城方案时,对新建铁路和既有铁路均采用入地方案;深圳福田地下铁路站、天津火车北站,均采用了将铁路入地的建设方案。铁路运输采用地下方式穿越城市已成为一种发展趋势,体现了还地面于人民,立体空间利用的可持续建设理念。贵阳枢纽龙洞堡机场隧道为龙洞堡站铁路、城市轨道交通、航空客运紧密衔接的现代化立体交通枢纽的地下三层车站隧道,如图 1.1.2 所示。

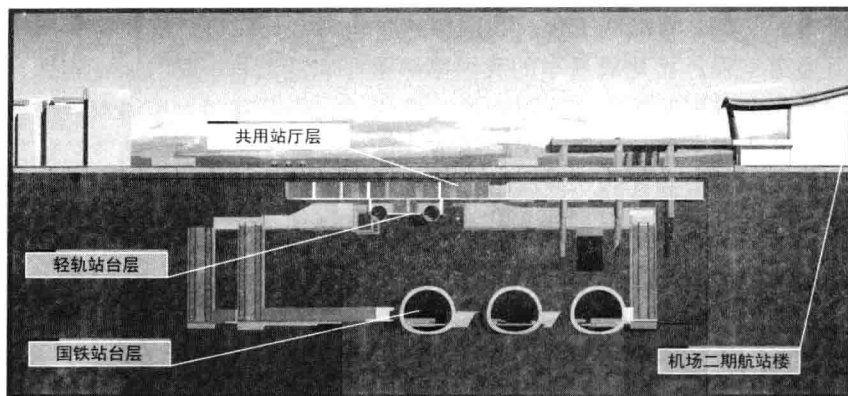


图 1.1.2 龙洞堡机场隧道

(三) 城市地铁

地下铁道是解决大城市交通拥挤、车辆堵塞等问题，且能大量快速运送乘客的一种城市交通设施。它可以使很大一部分地面客流转入地下，可以高速行车，且可缩短车次间隔时间，节省了乘车时间，便利了乘客的活动。在战时，还可以起到人防的功能。图 1.1.3 为芬兰赫尔辛基地铁某车站。



图 1.1.3 芬兰赫尔辛基某地铁车站

(四) 水下隧道

水下隧道是穿越江河湖海的交通隧道，水底隧道既不影响河道通航，也避免了风暴天气轮渡中断的情况，而且在战时不致暴露交通设施的目标，防护层厚，是国防上的较好选择。隧道的位置可位于水下岩石地层中，也可位于水底泥沙中，亦可位于水体中。水下隧道施工方法有钻爆法、TBM 法、沉管法等，目前世界上水下隧道的单隧长度已达 53.83 km。由于修建技术的不同，水下隧道的横断面形状有圆形、马蹄形、蛋形、矩形等，断面积与山岭隧道无大差别。

水下隧道中，一类是海湾线工程。我国穿越胶州湾、长江口、杭州湾等海湾线工程中，都需修建跨海通道工程；已建成通车的我国第一条海底隧道——厦门翔安隧道、青岛胶州湾海底隧道，即是完全采用钻爆法和浅埋暗挖法修建的大断面双向六车道双洞海底公路隧道。另一类是内陆水下隧道工程，如甬江沉管隧道、广深港狮子洋盾构铁路隧道、长沙穿越浏阳河采用钻爆法修建的浏阳河铁路公路隧道、武汉长江隧道以及跨越湘江的湘江隧道等；已建成通车的跨越长江的我国长江第一隧——武汉长江隧道（图 1.1.4），是采用盾构法和浅埋暗挖法两种方法修建的双向四车道公路隧道。

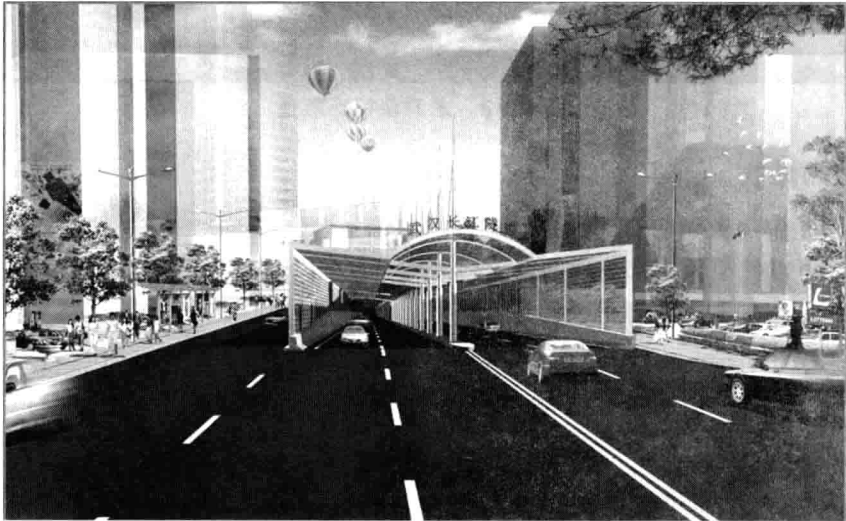


图 1.1.4 武汉长江隧道

（五）城市地下空间利用

1. 地下共同沟

共同沟最早是源自日本的叫法，是指设置于道路下，用于容纳两种以上公用、市政管线的构筑物及其附属设备，其设有专门的检修口、吊装口和监测系统。英文名称为“utility tunnel”，在我国大陆的相关规范中称为综合管沟或综合管廊，而在台湾地区称为共同管道。这些隧道以圆形或矩形断面为主，通常处于地下较浅层，埋深一般不超过 5 ~ 10 m，隧道管径通常在 3 ~ 5 m。

巴黎是共同沟发源地，19 世纪 80 年代，巴黎为防止霍乱首次设置了简陋的共同沟，使其与下水道分离；目前巴黎有共同沟一百多千米，并且共同沟中收容的管线也越来越多。图 1.1.5 为 1833 年巴黎修建的共同沟。在国内重庆市市政设计研究院在设计共同沟横断面方面有一些经验：根据工程的实际情况确定进沟管线后，再确定各进沟管线独自敷设一室还是处于同一沟内，如图 1.1.6 所示。

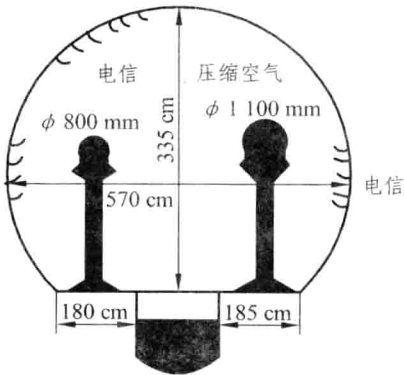


图 1.1.5 1833 年巴黎修建的共同沟

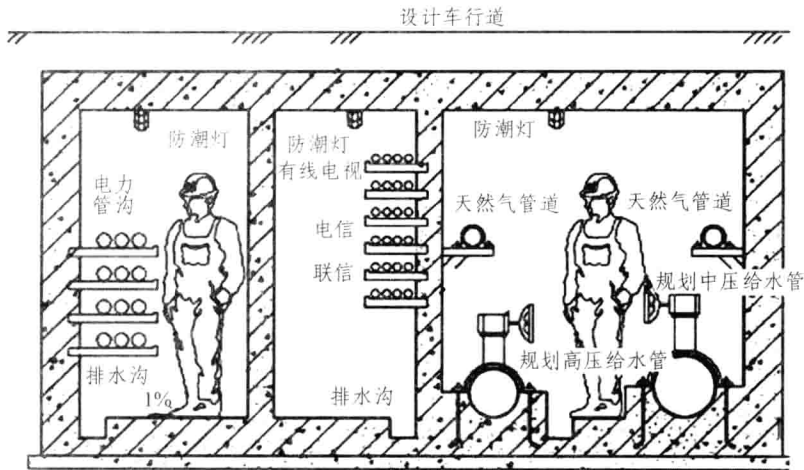


图 1.1.6 重庆市市政设计研究院设计的共同沟横断面

2. 地下商业街

修建在大城市繁华的商业街下或客流集散量较大的车站广场下，由许多商店、人行通道和广场等组成的综合性地下建筑，称地下商业街。地下商业街分布在城市，承担缓解地面占地压力，节约能源等任务。以长条形（即隧道形）为基本形态，呈面网状分布，可有一层或多层，层间亦由隧道相连；其断面形态各异，以马蹄形为主。由人防工程改造而来的地下商业街埋深多在地表 5 m 以下，新规划建设商业街主要位于地表下 5 ~ 10 m。图 1.1.7 为青岛龙山地下商业街效果图。



图 1.1.7 青岛龙山地下商业街效果图

3. 地下停车场

地下停车场是指建筑在地下用来停放各种大小机动车辆的建筑物，也称地下停车库。地下停车场主要分布在城市商业区、住宅区，为多层，横断面以矩形为主，埋深多在地表下 5~20 m。其净空高度尺寸多在 3 m 以上，跨度可达数十米。占地少的圆形竖井式垂直电梯型停车场，也是今后发展方向。图 1.1.8 为地下停车场入口。



图 1.1.8 地下停车场入口

4. 地下仓库

根据使用功能的不同，地下仓库可分布于港口、山区以及城市。地下仓库单体形态各异，断面以矩形或近似矩形为主，单体间以隧道相连，形成面状，许多仓库为多层结构，以储备物品为目的。根据用途不同，可置于地表下数百米不等。粮食、食品、饮用水、天然气等均可作为战备物资储备库将物资储存在地下仓库中。图 1.1.9 为地下酒窖。

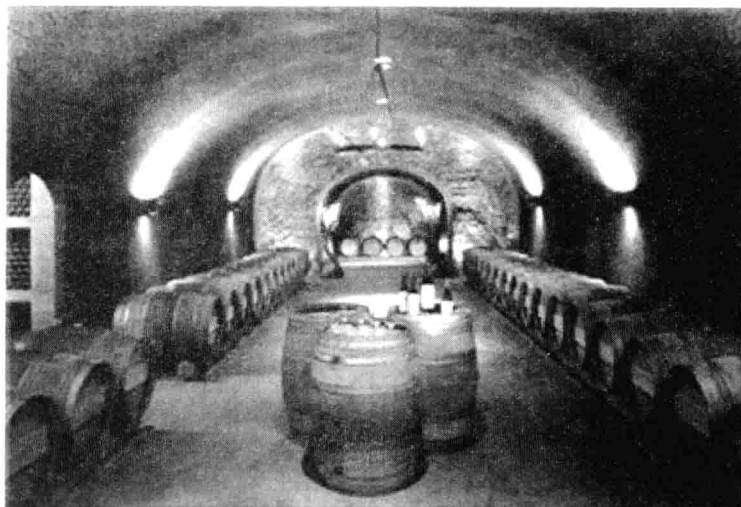


图 1.1.9 地下酒窖

除了以上工程以外，地下工程还在地下环境工程中、地下储油气库中、水利工程以及地下军工设施中等均有应用。

地下工程属于土木工程的范畴，而隧道工程是地下工程的一部分，其中铁路隧道式铁路交通的主要构筑物。本书主要以高速铁路隧道为背景，重点介绍高速铁路隧道的基本构造、规划、设计、施工与维修养护。

第二节 我国隧道工程的发展现状

一、我国铁路隧道建设史

清末时期（1888—1911 年），我国修建的大部分铁路是靠外资和借外债完成的。其中，1890 年建成的台湾狮球岭隧道是我国第一座铁路隧道，位于台湾省基隆经台北至新竹窄轨铁路的基隆与七堵之间，轨距为 1 067 mm，全长 261 m，这座隧道通过页岩、砂岩及黏土地层，最大埋深 61 m，如图 1.2.1 所示。1903 年在滨州线建成兴安岭隧道，按双线断面建成；1993 年整治时全面套衬混凝土衬砌，改为单线行车，全长 3 078 m，是我国建成的第一座长度超过 3 km 的铁路隧道，如图 1.2.2 所示。



图 1.2.1 狮球岭隧道



图 1.2.2 兴安岭隧道

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。

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，为中国旧行政区划的省份之一）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 年以后, 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。这一时期建成隧道最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 1 005 座, 总延长 306 km。10 年建成隧道的数量比此前 60 年增长近一倍。

60 年代, 西南铁路建设中, 建成了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 1 113 座, 总延长 660 km。总延长数量是 50 年代的两倍多。

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 1 954 座, 总延长 1 035 km, 在规模、速度和数量上, 又大大超过五六十年代。

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, 从衡广复线大瑶山隧道 (14.295 km, 如图 1.2.3) 是我国已建成最长的双线隧道; 大秦铁路的军都山隧道 (8.46 km, 如图 1.2.4)、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。



图 1.2.3 大瑶山隧道

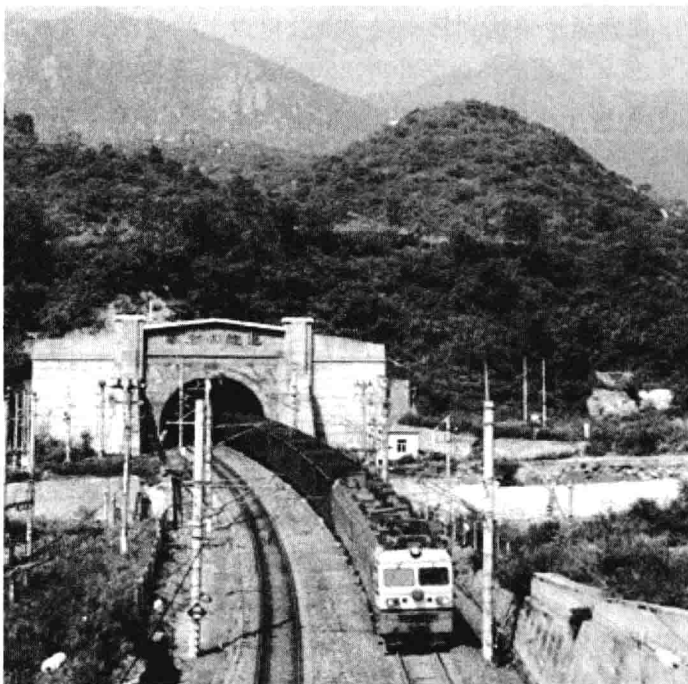


图 1.2.4 军都山隧道

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平提高很快, 隧道施工方法逐渐呈现多样性。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 法修建三线、四线等大跨度的铁路隧道及车站。有许多著名的隧道, 如南昆线米华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。2000 年 5 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 1 822 座, 总延长 1 311 km。

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 以上的铁路隧道。大量新建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。

二、我国高速铁路隧道发展

经济发展, 交通先行, 铁路运输以其运量大、能耗少、污染小的特点得到了世界各国的重视。高速行车时铁路现代化的重要标志, 国际铁路联盟 (UIC) 将通过改造原有线路 (直