

免费提供
精品教学资料包
服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com

职业教育铁道运输系列创新教材

职业教育铁道运输系列创新教材

铁路隧道施工与养护

铁路隧道施工与养护

铁路隧道施工与养护

主编 刘园 殷艳萍

主编 刘园 殷艳萍

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

ISBN 978-7-5661-4190-3



9 787566 141903 >

定价: 49.80元

选题策划: 金颖杰
责任编辑: 于海燕
封面设计: 黄燕美

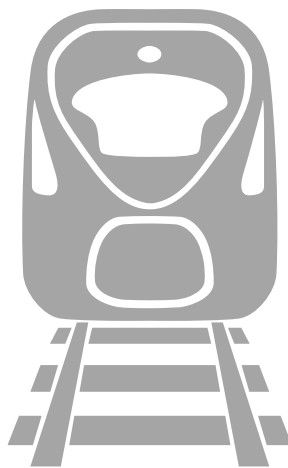
哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



职业教育铁道运输系列创新教材

铁路隧道施工与养护

主 编 刘 园 殷艳萍
副主编 高永刚
主 审 王军龙



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书共分为9个项目,内容包括绪论、隧道超前地质预报与围岩分级、铁路隧道构造及设计、隧道施工方法、隧道施工基本作业、隧道施工辅助作业、不良地质隧道施工、高速铁路隧道、铁路隧道常见病害及养护维修。

本书既可作为职业教育铁道运输类相关专业的教材,也可供隧道施工技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路隧道施工与养护 / 刘园, 殷艳萍主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2023. 12

ISBN 978-7-5661-4190-3

I. ①铁… II. ①刘… ②殷… III. ①铁路隧道-隧道施工
②铁路隧道-隧道维护 IV. ①U459.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 233465 号

铁路隧道施工与养护

TIELU SUIDAO SHIGONG YU YANGHU

选题策划 金颖杰

责任编辑 于海燕

封面设计 黄燕美

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

发行电话 0451-82519328

传 真 0451-82519699

经 销 新华书店

印 刷 三河市骏杰印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 16.5

字 数 341 千字

版 次 2023 年 12 月第 1 版

印 次 2023 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5661-4190-3

定 价 49.80 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前言

PREFACE

随着我国高速铁路事业的迅猛发展,铁路隧道工程也越来越多。我国已成为世界上隧道数量最多、建设规模最大、发展速度最快的国家。在这种情况下,国家迫切需要大量能参与隧道施工,并善于维护隧道的人才。

铁路隧道施工与养护是职业教育铁道运输类相关专业的核心课程,主要用于培养掌握隧道工程施工及维修保养技术技能的复合型人才。

本书依据《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2016),结合当代高等职业教育注重实践性和实用性的特点,按照国家对职业院校学生的培养要求,以党的二十大精神为指导进行编写。通过本书的学习,学生可以掌握有关铁路隧道的构造和设计原理,熟悉有关施工方面的知识,具备从事隧道工程的设计、施工、养护和维修等工作的基本知识和能力。

本书的内容及学时安排(推荐)如下:

序 号	内 容	学 时
项目 1	绪论	2
项目 2	隧道超前地质预报与围岩分级	4
项目 3	铁路隧道构造及设计	6
项目 4	隧道施工方法	6
项目 5	隧道施工基本作业	16
项目 6	隧道施工辅助作业	2
项目 7	不良地质隧道施工	6
项目 8	高速铁路隧道	4
项目 9	铁路隧道常见病害及养护维修	6
总计		52

本书由西安铁路职业技术学院刘园、殷艳萍任主编,由西安铁路职业技术学院高永刚任副主编,蒙华铁路公司蒙陕指挥部总工程师、教授级高工申志军参与编写。全书由西安铁路职业技术学院王军龙教授主审。具体编写分工如下:项目 1、项目 3、项



目 4、项目 5 由刘园编写,项目 2、项目 7、项目 8 由殷艳萍编写,项目 6 由申志军编写,项目 9 由高永刚编写,申志军提供了本书的所有工程案例。

本书在编写过程中参考了大量文献资料及网络资源,恕不一一列举,在此对相关作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中存在的疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

CONTENTS

项目 1	绪论	1
	任务 1.1 隧道的基本概念与基本特征	2
	任务 1.2 隧道的基本构成与分类	3
	任务 1.3 隧道的施工方法	4
	任务 1.4 隧道工程的发展与现状	5
	思考与练习	11
项目 2	隧道超前地质预报与围岩分级	12
	任务 2.1 隧道超前地质预报方法	16
	任务 2.2 围岩分级与围岩压力	23
	思考与练习	41
项目 3	铁路隧道构造及设计	42
	任务 3.1 隧道构造	44
	任务 3.2 隧道线路设计	56
	任务 3.3 隧道断面设计	69
	思考与练习	73
项目 4	隧道施工方法	74
	任务 4.1 概述	76
	任务 4.2 隧道的开挖方法	78
	任务 4.3 洞口和明洞施工	85
	思考与练习	94
项目 5	隧道施工基本作业	95
	任务 5.1 预支护	99
	任务 5.2 爆破作业	107
	任务 5.3 装碴运输	121



任务 5.4	初期支护	128
任务 5.5	围岩变形监测	143
任务 5.6	防排水施工	156
任务 5.7	二次支护	166
任务 5.8	辅助坑道施工	174
思考与练习		181
项目 6	隧道施工辅助作业	182
任务 6.1	压缩空气供应	186
任务 6.2	通风与防尘	189
任务 6.3	供水与排水	192
任务 6.4	供电与照明	194
思考与练习		198
项目 7	不良地质隧道施工	199
任务 7.1	膨胀性围岩	203
任务 7.2	黄土	206
任务 7.3	溶洞	208
任务 7.4	风积沙	211
任务 7.5	瓦斯地层	212
任务 7.6	岩爆	214
任务 7.7	高地温	215
任务 7.8	塌方	217
思考与练习		219
项目 8	高速铁路隧道	220
任务 8.1	高速铁路隧道空气动力学问题	222
任务 8.2	高速铁路隧道断面设计	226
任务 8.3	高速铁路隧道洞门设计	232
思考与练习		233
项目 9	铁路隧道常见病害及养护维修	234
任务 9.1	隧道性能检查	237
任务 9.2	隧道水害及其防治	238
任务 9.3	隧道冻害及其防治	243
任务 9.4	衬砌裂损及其防治	246
任务 9.5	衬砌腐蚀及其防治	253
思考与练习		255
参考文献		257

项目1 绪论

隧道是修建在地层或山体中的通道。本项目主要描述隧道的基本概念、隧道的基本构成及分类、常见的隧道施工方法等。

教学目标



知识目标

通过本项目的学习,学生应掌握隧道的基本概念、隧道的基本构成与分类、隧道工程的发展与现状。



能力目标

通过本项目的学习,学生能够对隧道进行分类,认识隧道的基本构成部分,了解常见的隧道施工方法。



案例

秦岭天台山特长隧道

1. 工程概况

宝坪(宝鸡—坪坎)高速公路是国家高速银昆线(G85)的组成路段,也是陕西省“2367”高速公路网宝鸡至汉中高速公路的重要组成部分。全线控制性工程——秦岭天台山特长隧道(图 1-1)全长 15.56 km,为双向六车道分离式隧道,总投资 24.5 亿元。隧道距地面垂直高度达 70 m,建设规模、施工难度居世界第一,其工程量居世界公路隧道之首,刷新了中国高速公路多车道隧道建设的历史纪录。2016 年 11 月 20 日,2 000 多名施工人员进驻秦岭深山中,克服寒冷、地质复杂和无电带来的困难,全面展开了施工。中交二公局宝坪 11 标承建该隧道第二区段,采用大坡度、长距离有轨运输斜井辅助正洞施工,包括隧道正洞左、右线各 3 185 m,1 号斜井左线 868.694 m,1 号斜井右线 962.706 m 的掘进任务。



2. “四新”技术

2020年1月12日,宝坪高速公路秦岭天台山特长隧道左线进口和右线出口相继贯通,工期较计划提前400多天,这标志着目前世界上在建规模最大的公路隧道——秦岭天台山特长隧道工程建设实现了新突破。2020年12月28日,秦岭天台山特长隧道实现贯通。

建设过程中,项目积极推广聚能+水压爆破、混凝土溜槽、水泥斜槽、洞内混凝土拌和运输一体化等“四新”技术,全面提升了施工效率和建设品质;通过优化绞车系统安全保护措施,引进北斗定位技术和视频实时监控,保证了建设期间有轨运输安全运行330 000 km;同时不断优化隧道通风方案,通过聚能+水压爆破技术及建设风仓、增加射流风机等措施改善作业环境。

宝坪高速公路建成通车后将成一条穿越秦岭南北的运输大通道,实现银昆线陕西境内的全线贯通,对完善国家高速公路网布局、加强关中和陕南地区沟通与交流、推进新一轮西部大开发和“一带一路”倡议,以及促进关天、成渝两大经济区合作交流,推进宝鸡全国性综合交通枢纽建设,助力陕西新时代追赶超越等具有重要意义。



图 1-1 秦岭天台山特长隧道入口

任务 1.1 隧道的基本概念与基本特征

1.1.1 隧道的基本概念

(1)隧道。其修建于地下或山中,具有出入口和一定断面大小,具有特定使用功能的人工建筑物。从广义上说,隧道可涵盖各种人工修建的地下建筑物,因而有各种不同的类型。

铁路隧道:修建在地下、山中或水下,铺设轨道供机车及可在轨道上行走的机具通行的建筑物。

(2)隧道工程。它是土木工程的一个分支,指从事研究和建造各种隧道及地下工程的规划、勘察、设计、施工与养护的一门应用科学和工程技术。

1.1.2 隧道的基本特征

(1)隧道具有特定的使用功能。

①提供到达地下矿体的通道,利于地下资源开采和地质勘探。

②缩短交通线路长度,改善道路线形,提高行车速度和道路通行能力,并减少修建道路对植被的破坏。

③实现引水、排水、通风和管线铺设。

④实现交通立交,减少交通堵塞,改善城市路况。

⑤开发利用地下空间,增加城市有效面积,改善城市环境。

⑥战争期间,提供地下的安全庇护场所,增加胜利的概率。

(2)长度大于断面尺寸,并具有一定的断面尺寸,其断面面积应大于 2 m^2 。

任务 1.2 隧道的基本构成与分类

1.2.1 隧道的基本构成

隧道由主体建筑物和附属建筑物构成。主体建筑物指洞身衬砌、洞门;附属建筑物包括通风、防排水、照明和各种安全设施与设备。

此外,洞身的组成要素因隧道长度不同而异,一般地,交通隧道的洞身包含大、小避车洞,隧道间的联络洞,通风井和变电硐室,各种排水沟,电缆槽等,如图 1-2 所示。

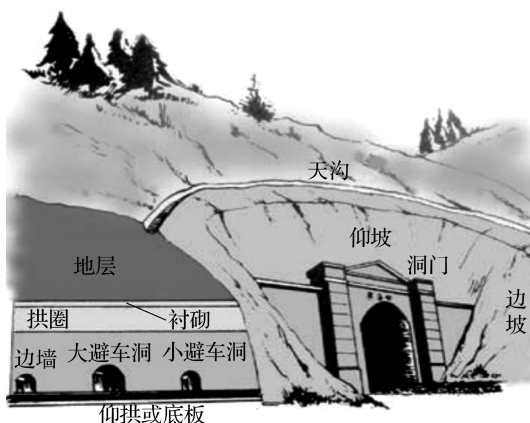


图 1-2 隧道构造

隧道构成要素及作用见表 1-1。

表 1-1 隧道构成要素及作用

构成要素		作用
主体建筑物	洞身衬砌	承受围岩压力、结构自重、其他荷载
	洞门	承受仰坡、边坡土体压力及滚石、落石的撞击压力,美化洞口
附属建筑物		人行、避车、防排水、通风、消防、照明等



1.2.2 隧道的分类

(1)按照隧道所处的地质条件,隧道可以分为土质隧道和石质隧道。

(2)按照国际隧道协会(ITA)定义的隧道横断面积的大小,隧道可以分为极小断面隧道($2\sim 3\text{ m}^2$)、小断面隧道($3\sim 10\text{ m}^2$)、中等断面隧道($10\sim 50\text{ m}^2$)、大断面隧道($50\sim 100\text{ m}^2$)和特大断面隧道(大于 100 m^2)。

(3)按照隧道所在的位置,隧道可以分为山岭隧道、水底隧道和城市隧道。

(4)按照隧道的长度,隧道可以分为短隧道、中长隧道、长隧道和特长隧道。由于铁路隧道和公路隧道对通风要求的不同,其长度划分的界限也不同,见表 1-2。

表 1-2 隧道长度划分界限

单位:m

隧道类型	特长隧道	长 隧 道	中长隧道	短 隧 道
铁路隧道	$L > 10\ 000$	$3\ 000 < L \leq 10\ 000$	$500 < L \leq 3\ 000$	$L \leq 500$
公路隧道	$L > 3\ 000$	$1\ 000 < L \leq 3\ 000$	$500 < L \leq 1\ 000$	$L \leq 500$

(5)按照隧道埋置的深度,隧道可以分为浅埋隧道和深埋隧道。

(6)按照隧道的用途,隧道可以分为交通隧道、水工隧道、市政隧道、矿山隧道,如图 1-3 所示。

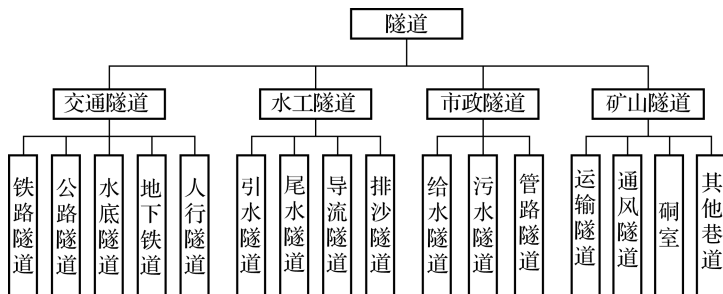


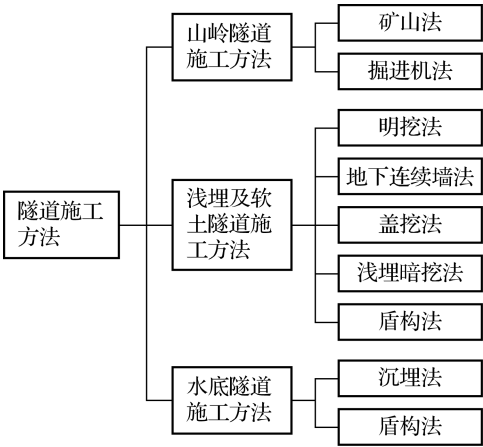
图 1-3 隧道按用途分类

交通隧道是为交通运输而在地下修筑的工程建筑物,常见的有铁路隧道、公路隧道、水底隧道、地下铁道和人行隧道等。水工隧道是水利枢纽的重要组成部分,是为水力发电而在地下修筑的供引水、排水、发电及变电机组安装的硐室,常见的有引水隧道、尾水隧道、导流隧道、排沙隧道等。市政隧道是城市中为安置各种不同市政设施而修建的地下孔道,常见的有给水隧道、污水隧道、管路隧道,为了便于养护维修,也可将多种隧道合建,称之为共同沟。矿山隧道是为矿体开采而修筑的从地表通往矿床的通道,常见的有运输隧道、通风隧道、硐室和其他巷道等。

任务 1.3 隧道的施工方法

目前,可供选择的隧道施工方法如图 1-4 所示。具体隧道施工方法的选取需要根据隧道所处位置的工程地质和水文地质,并结合隧道的断面尺寸、长度、衬砌类型、使用功能、施

工设备与施工技术水平等因素,综合考虑后决定。



不同的岩性条件对各种开挖方法具有特定的适用性,见表 1-3。

表 1-3 不同的岩性条件对各种开挖方法的适用性

岩性等级	岩石类别	密度/ (kN/m^3)	内摩擦角 / $(^\circ)$	开挖方法				
Ⅵ	松土	15~16	9~27	人工开挖				盾构加单臂掘进机、拼装衬砌
Ⅴ	普通土	15~18	30~40					
Ⅳ	硬土	18~20	56~60			宜用单臂掘进机		
Ⅲ	软岩	22~26	65~70		宜用 钻爆法		可用全断面隧道掘进机	
Ⅱ	次坚岩	24~28	70~80					
Ⅰ	坚硬岩	25~30	80~87					

任务 1.4 隧道工程的发展与现状

1.4.1 我国隧道的发展历程

相传春秋末年轻丘明所著的《左传》中,曾有“隧而相见”的记载;东汉末年的“官渡之战”中,曹操采用挖掘地道的方式进攻袁绍;部分朝代修建了大型的帝王坟墓陵寝等。

17 世纪初宋应星所著的《天工开物》是我国记载有关地下工程方面内容的最早书籍。

19 世纪以来,帝国主义列强争相在我国修建铁路,出现了铁路隧道。我国第一座铁路隧道是在台湾修建的狮球岭隧道。

完全由中国人自行设计和修建的隧道则是 1908 年建成的八达岭隧道,它是由我国著名工程师詹天佑主持施工的。

中华人民共和国成立前,我国经济不发达,隧道修建不多。中华人民共和国成立后,隧



道工程技术有了飞跃的进步,隧道的修建得到蓬勃发展。

随着时代的发展,我国修建隧道的技术水平不断提升,建成的隧道一个比一个长,一个比一个质量好。值得一提的有陕西秦岭终南山隧道、甘肃乌鞘岭隧道。

截至 2021 年年底,我国投入运营的铁路隧道达 17 532 座,总长约 21 055 km。

1.4.2 我国在隧道工程领域取得的成就

在克服不良地质条件方面,我国已经积累了修建各种隧道的丰富经验。随着我国高速公路建设的快速发展,公路隧道的建造也取得了迅猛发展。

在隧道施工机械化方面,大型全液压的钻孔台车得到应用;修建衬砌已由砖石垒砌发展到混凝土就地模筑、混凝土泵送,进而采用喷射混凝土的柔性衬砌,目前已普遍推广使用双层复合式衬砌;20 世纪 90 年代中期,引进全断面掘进机用于西康线的秦岭隧道施工;而在大城市的地下铁道建造中已普遍开始使用机械化盾构。

在施工方法上,新奥法的应用日益普遍,推广小导坑超前、少分块的大断面开挖方法。

在隧道工程的理论方面,有限元方法,围岩和支护结构共同作用理论,岩体的弹性、塑性和黏性等岩性模型用于支护受力的分析中。

应当指出,尽管近年来我国隧道工程已经取得了一定的成就和相应的发展,但是还存在许多问题。例如,隧道结构仍比较粗大厚实、施工环境还很恶劣、工人劳动强度还很大、工程进度不快和工程造价较高等。

1.4.3 我国隧道工程的发展前景

我国隧道工程的发展前景将是非常广阔的,同时隧道工程的发展也是我国国民经济发展、西部大开发战略、开展通海战略的迫切需要。

(1)交通隧道方面,我国西部多山地区的不断延伸,海南岛与陆地的跨海延伸以及辽东半岛、胶东半岛之间的跨海连接,崇明岛与上海等长江沿线的地下连接等都需要巨大的隧道工程来支撑。我国铁路隧道、公路隧道的单体长度及数量纪录,都将不断被刷新。

(2)目前,国内已提出跨越渤海湾连接辽东半岛与胶东半岛的南桥北隧固定联络通道,跨越长江入海口连接上海—崇明—启东的江底隧道,甚至提出了兴建台湾海峡隧道的设想。

(3)在水电隧道方面,随着我国西部大开发的进行,雅鲁藏布江、金沙江等水力资源丰富的江河上梯级电站建设,我国水利水电隧道的建设也将进入一个全新的发展时期。

(4)我国地下工程的建设,特别是东部经济发达地区和大中城市,将迎来建设高潮。

(5)隧道工程发展的近期,除了以交通为目的的隧道以外,又扩大到其他多方面用途的地下工程,如地下仓库、地下工厂、地下电站、地下武器库、地下停车场、地下粮仓、防空洞、地下影院、地下招待所、地下游乐场、地下体育中心、地下街、地下餐厅、地下会堂、地下战备医院和地下养殖场等。

1.4.4 国内外著名隧道

1. 青函隧道

青函隧道(图 1-5)横越津轻海峡,1964 年动工,1987 年建成,共耗资约



图文
隧道工程新
技术

27 亿美元。主隧道全长 53.9 km,海底部分 23.3 km,是目前世界上最长的海底隧道。它由 3 条隧道组成,主隧道宽 11.9 m,高 9 m,断面面积 80 m²。最大水深 140 m,最小覆盖层厚 100 m。工程地质条件复杂,施工难度大。由于海底复杂的地质断层和软岩构造,曾多次出现严重渗水事故,隧道于 1969 年和 1976 年两度被海水淹没,每次水害都耗时近 5 个月才整治完成。

2. 圣哥达隧道

圣哥达隧道(图 1-6)位于瑞士中部阿尔卑斯山区的一条高速铁路上,连接瑞士和意大利。设计时速 250 km,全长 57 km,是目前世界上最长的山岭隧道。1999 年动工,2010 年全隧贯通。2016 年 12 月 11 日已正式运营。



图 1-5 青函隧道



图 1-6 圣哥达隧道

3. 洛达尔隧道

洛达尔隧道(图 1-7)位于挪威洛达尔与艾于兰之间,全长 24.5 km,是目前世界上最长的公路隧道。洛达尔隧道于 1995 年 3 月动工,2000 年 11 月 27 日正式通车,整个工程项目共耗资约 1 亿美元。过去来往于奥斯陆与卑尔根的车辆不仅要在洛达尔乘 3 h 的轮渡穿越松恩峡湾,还要通过一段地势非常险峻的山路,并且在冬季冰冻时期禁止通行。洛达尔隧道通车后,奥斯陆与卑尔根之间的行车时间从以往的 14 h 缩短至 7 h,车辆在冬季照常通行无阻。

4. 德拉瓦隧道

德拉瓦隧道(图 1-8)全长 169 km,宽 4.1 m,是世界上最长的输水隧道。从 Rondout 水库取水,通过 Chelsea 泵站抬高水头,经 West Branch 水库、Kensico 水库到达纽约市郊区的 Hillview 水库,工程于 1939 年动工,1945 年完工,每天经该隧道运输的水量约 4 900 000 m³,占纽约市用水量的一半。



图 1-7 洛达尔隧道



图 1-8 德拉瓦隧道



5. 英吉利海峡隧道

英吉利海峡隧道(图 1-9)于 1986 年 2 月 12 日开工,1994 年 5 月 6 日开通,耗资约 100 亿英镑(约 150 亿美元)。隧道全长约 51 km,海底段 37.5 km,由 2 条直径 7.6 m 的铁路隧道和 1 条直径 4.8 m 的服务隧道组成。隧道勘探时发现海底有一层泥灰质白垩岩,厚度约 30 m,抗渗性好,硬度不大,裂隙也较少,易于掘进。隧道线路就布置在它的下部,距海底 25~40 m,最大埋深 100 m。隧道轴线在平面和立面上均呈平坦的“W”形,采用盾构掘进机施工。工程相继解决了“盾构在深层高水压下的密封防水技术”“钢筋混凝土管片衬砌的结构和防水”“长距离掘进的运输”等技术难题。隧道的规划设计把施工和运行安全放在极重要的地位,运输、供电、照明、供水、冷却、排水、通风、通信、防火等系统都充分考虑了紧急备用的要求,提高了运行、维护的可靠性。例如,2008 年 9 月 11 日,英吉利海峡海底隧道发生火灾,两天后的 9 月 13 日即恢复客运服务。

6. 港珠澳大桥海底隧道

中国港珠澳大桥海底隧道(图 1-10)是世界著名的海底隧道,也是当今世界上埋深最大、综合技术难度最高的沉管隧道。港珠澳大桥工程集桥、岛、隧于一体,主体工程由海底沉管隧道和桥梁工程组成,隧道两端建有东、西两个人工岛。港珠澳大桥海底隧道全长 6.7 km,是首条超长、外海、深埋沉管隧道,约 5.6 km 的沉管隧道是已建海底隧道中技术精度、技术要求最高的,在全面通车后,从香港到珠海、澳门的陆路车程由 3.5 h 缩短为 0.5 h。



图 1-9 英吉利海峡隧道



图 1-10 港珠澳大桥海底隧道

7. 狮球岭隧道

狮球岭隧道(图 1-11)又名刘铭传隧道,位于中国台湾基隆市安乐区,是我国最早建成的铁路隧道,全长 261 m。隧道穿过页岩、砂岩及黏土地层,最大埋深 61 m。在地层压力较大处,拱部用砖作衬砌,边墙用石料作衬砌;在岩层较好处,则用木料作衬砌。隧道于 1887 年从南北两端同时开工,由外国工程师定出线路方向及中心桩的开挖高度,由清朝政府的军队负责施工。筑路官兵用粗笨工具开挖,克服了大塌方等不少困难,终于在 1890 年建成。狮球岭隧道南口外观以红砖砌成,在隧道竣工完成时,由巡抚刘铭传题额“旷宇天开”,左右对联:“十五年生面独开羽毅飙轮,从此康庄通海屿;三百丈岩腰新辟天梯石栈,居然人力胜神工”。目前狮球岭隧道已停止使用,仅供游人参观。

8. 八达岭隧道

八达岭隧道(图 1-12)全长 1 091.2 m,位于北京市延庆区,原京张铁路的青龙桥车站附

近,是我国自行修建的第一座单线越岭铁路隧道。1907—1908 年,由土木工程师詹天佑规划督造。隧道从长城之下穿越八达岭,进口端隧道外线路坡度为 32.35‰,隧道内线路最大坡度为 21.57‰。隧道穿过的岩层主要是较坚硬的片麻岩,还有部分角闪岩、页岩和砂岩等,风化呈破碎和泥质状态。八达岭隧道中部增设一竖井,增加两个工作面,缩短工期。同时,竖井上建有通风楼,供行车时排烟和通风用。隧道衬砌的拱圈采用预制混凝土块砌筑,边墙用混凝土就地灌注,底板用厚 99.87 mm 的石灰三合土铺筑。1968 年曾被大修改造,至今保存完好。



图 1-11 狮球岭隧道



图 1-12 八达岭隧道

9. 秦岭隧道

西康(西安—安康)铁路秦岭隧道(图 1-13)长 18.46 km,横穿秦岭山脉,最深处距山顶 1 600 m。1999 年 9 月 6 日贯通,当时居世界山岭隧道第 6 位、亚洲第 2 位。秦岭隧道是我国第一条特长铁路隧道,采用两座平行的单线隧道,分别长 18.452 km 和 18.456 km,间距仅为 30 m。

10. 终南山隧道

终南山隧道(图 1-13)在青岔至营盘间穿越秦岭,全长 18.4 km,设计速度为 80 km/h,是目前世界上最长的双洞高速公路隧道。工程于 2002 年 3 月动工,2007 年 1 月通车。通车后,西安至柞水的通行里程缩短约 60 km,行车时间由原来的 3 h 缩短为 40 min。

11. 风火山隧道

风火山隧道(图 1-14)为单线铁路隧道,轨面海拔标高 4 905 m,全长 1 338 m,全部位于永久性冻土层内,年均气温 -7°C ,冬季最低气温达 -41°C ,是目前世界上海拔最高的高原永久性冻土隧道。隧道最大埋深 100 m,最小埋深 8 m,进出口均设计有明洞,进口 35 m,出口 23 m,洞门形式采用斜切式结构,洞身采用 5 层先后施作的复合式衬砌结构形式。



图 1-13 秦岭隧道和终南山隧道

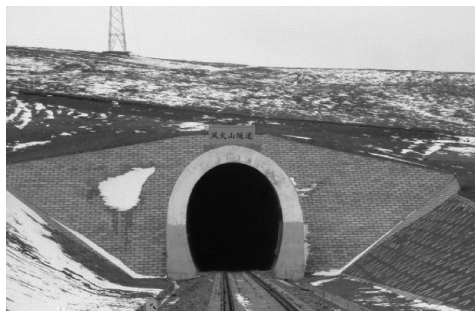


图 1-14 风火山隧道



12. 昆仑山隧道

青藏铁路昆仑山隧道(图 1-15)是世界高原多年冻土区第一长隧,位于昆仑山北麓,全长 1 686 m,海拔高度 4 648 m,处于高原腹地,具有独特的冰缘干寒气候特征。工程于 2001 年 9 月开工,2002 年 9 月 26 日贯通。工程设计采用保护冻土的原则,隧道防排水及衬砌隔热保温层选用聚氯乙烯-聚乙烯(PVC-PE)复合防水板、聚氨酯(PU)保温板、TN-1 型聚氨酯黏合剂等材料,采用粘贴工艺施工,真正做到无钉铺设,有效地提高了防水保温层的防水隔热效果。

13. 狮子洋隧道

狮子洋隧道(图 1-16)位于广深港客运专线东涌站至虎门站区间,穿越珠江口狮子洋河段,是我国第一座水下铁路隧道,行车目标值 350 km/h。隧道暗埋段长 10.49 km,采用 4 台泥水平衡式盾构施工;引道敞开段长 0.31 km,采用明挖施工。隧道采用双洞单线结构,内径 9.8 m,外径 10.8 m,管片厚度 50 cm,净空有效面积约 65 m²。2007 年 11 月 9 日狮子洋隧道第一台盾构机开始掘进,先后攻克了“高水压、强渗透地质条件下掘进机水中带压更换刀具”等多项世界性的技术难题,成功穿越深水、淤泥和超浅埋地段,2011 年 3 月 12 日盾构机水下精确对接,全隧贯通。

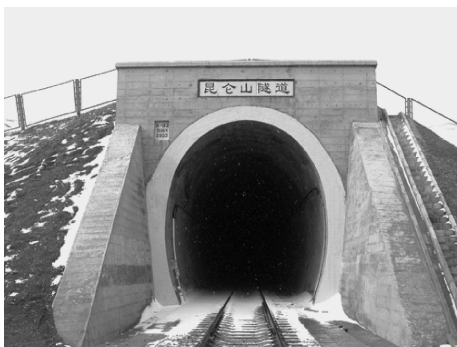


图 1-15 昆仑山隧道



图 1-16 狮子洋隧道

14. 函谷关隧道

函谷关隧道(图 1-17)全长 7 851 m,最大埋深 220 m,是我国最长及断面最大的黄土隧道。设计为单洞双线,线间距 5 m,行车目标值 350 km/h,断面净空有效面积约 164 m²。隧道所在区域地质条件复杂,且先后 4 次下穿连霍高速公路、7 次穿越冲沟,施工难度大,安全风险高,外界干扰大,是郑西客运专线重点控制工程。工程于 2005 年 9 月 25 日开工,2008 年 9 月 5 日全隧贯通。

15. 关角隧道

关角隧道(图 1-18)为西格(西宁—格尔木)铁路二线工程的控制性工程,2007 年 11 月 6 日开工,2014 年 4 月 15 日双线正洞全隧贯通。隧道设计为双洞单线,线间距 40 m,行车目标值 160 km/h,预留 200 km/h 的条件,采用钻爆法施工,全长 32.645 km,为我国的高海拔第一长隧。



图 1-17 函谷关隧道



图 1-18 关角隧道

16. 上海长江隧道

上海长江隧道(图 1-19)采用盾构施工穿越长江南港水域,工程主要分为引道段、暗埋段和盾构段,具有“长、大、深”三大特点。长——盾构一次性掘进距离长达 7.5 km,世界上绝无仅有;大——两台超大盾构直径达 15.43 m,堪称世界之最;深——江底高水压施工,最深处覆土达 55 m。

17. 厦门翔安隧道

厦门翔安隧道(图 1-20)全长 8.69 km,其中海底隧道长约 6.05 km,跨越海域宽约 4.2 km,是我国大陆地区第一座海底隧道。设计采用三孔隧道方案,两侧为行车主洞,各设置 3 车道,中孔为服务隧道。隧道最深处位于海平面下约 70 m。左、右线隧道各设通风竖井 1 座,全线共设 12 处行人横通道和 5 处行车横通道。工程于 2005 年 9 月 6 日正式开工,2009 年 11 月三条隧道全面贯通,2010 年 4 月 26 日开通运营。



图 1-19 上海长江隧道



图 1-20 厦门翔安隧道

思考与练习

1. 隧道的概念及特点是什么?
2. 隧道有哪些分类方法?
3. 查阅资料,谈谈你对未来隧道发展的看法。