



中国平安  
PING AN



江泰保险经纪股份有限公司  
Jiang Tai Insurance Brokers Co., Ltd.

向建国七十周年献礼  
国家重大项目与保险系列丛书

# 隧道工程建设 风险与保险

## Tunnel Construction Risk and Insurance

谢雄耀 主 编 张玉红 宋学良 副主编



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

# 隧道工程建设风险与保险

谢雄耀 主 编

张玉红 宋学良 副主编



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

隧道工程建设风险与保险 / 谢雄耀主编. —上海:  
同济大学出版社, 2019.10

ISBN 978-7-5608-8772-2

I. ①隧… II. ①谢… III. ①隧道施工-风险管理②隧道  
施工-工程保险 IV. ①U455.1②F840.681

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 223828 号

---

---

## 隧道工程建设风险与保险

主编 谢雄耀 副主编 张玉红 宋学良

责任编辑 吕 炜 助理编辑 吴世强 责任校对 徐春莲 封面设计 唐思雯

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

排 版 南京月叶图文制作有限公司

印 刷 浙江广育爱多印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 23

字 数 574 000

版 次 2019 年 10 月第 1 版 2019 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-8772-2

---

定 价 168.00 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

此书献给中国隧道工程的建设者们!

## 编委会名单

编委会主任	曹六一	游华							
编委会副主任	徐霆	陶涛	徐华	李登雨					
主编	谢雄耀								
副主编	张玉红	宋学良							
编审委员会委员	范杰民(首席)	万颖群	马江锋	潘红亮	袁勇民	李洁			
	曾惜	袁海波	焉琼跃	李剑云	刘晟阳	檀芳	张翔		
	冯兵	李晴	钟凯	罗航	孙跃东				
技术总顾问	伍振志								
总策划兼统筹协调	杨沈勇								
策划	郭春梅	代建林							
统稿与审稿	孙超	王韬	郑军文	何湘锋	代建林	杨沈勇	朱文杰		
技术支持	李晨	杨桦	熊全国	马德胜	张京晓	王强	刘艺		
	刘婷	王沁元	邵光信	陈伟伟	郑敏	郑琦			
编写组成员	谢雄耀	朱文杰	易成敏	王啸剑	曾里	张玉红	钟海南		
	金振毅	魏振宇	孙超	陈阳	刘宸希	聂银银	姜涛		
	胡娟	杨沈勇	彭华山	田甜	张和林	付丹丹	伍振志		
	邵光信	陈伟伟	郑军文	张云飞	周志川	魏明星	曾维		
	孙雪莲	杨宗柏	姚峰	卑红	田刚	吴丽	陆春岸		
	沈佳铨								
编务助理	李梦玉								
发行推动	李佳	谈湧祥							

# 序 一

孙 钧

男,中共党员,1926年10月23日生于江苏苏州,祖籍浙江绍兴。孙钧为我国著名工程力学家,国内外知名隧道与地下工程学者和技术专家,同时也是同济大学土木工程学院岩土与隧道工程研究所荣誉一级教授、中国科学院(技术科学部)资深院士。孙钧院士长期从事高校地下建筑工程专业教学,进行地下结构理论研究,对发展地下结构流变力学、黏弹塑性理论和防护工程抗爆动力学等学科有重大贡献。



隧道工程是地下工程领域的一个重要分支,它是铁路、公路、市政地铁、水利工程、煤炭矿山、国防人防等各类地下通道遇到岩土、水体等障碍物时开凿的穿越岩土介质或江湖河海的地下建筑物,归属于各个级别的“生命线”建设工程。我国是隧道工程建设大国,现在已是世界范围内隧道工程建设上规模最大、数量最多、建设总里程最长、应用技术难度也最高的国家之一。各类隧道工程因在施工环境、建设条件、维养管理等存在许多制约与不确定的风险因素,导致重大工程事故时有发生,隧道工程建设中的风险管理与保险问题愈益引起业界行家们的密切关注。

进入21世纪以来,我国日益重视隧道工程风险管理。国家、地方城市和有关行业陆续制定了一系列的相关政策、风险管理规范,建立起各类别的风险管理机制体系,在隧道建设风险管控的应用实践中起到了重要的指导作用。同时,现代信息技术的积累与突破性发展也给我国隧道工程风险管控带来了很大促进。现今我国在隧道工程施工监测和运营检测技术以及智慧感知等方面都取得了显著进展,大大提高了我国隧道工程风险管理的技术水平。

工程保险作为项目风险转移和管理的一种有效技术手段,为我国各种类型的隧道工程建设提供了有益的风险保障。各级各类保险公司不仅主动承担了工程风险转移职责,还积极参与到隧道工程建设风险管控的实践中,这些年来快速提升的工程保险业务服务和技术水平值得称道。随着我国基础设施建设的大力发展,以及保险行业整体服务能力的提升,我国在工程保险领域取得了质的发展与进步,前景十分喜人。

《隧道工程建设风险与保险》凝聚了我国隧道工程建设风险管理和保险服务的宝贵经验与先进理念,基于多年来风险管理及保险服务的大量实践,本书以多项科研课题成果、项目总结、工程事故大数据集成、防灾防损服务新技术研发等成果数据为依托,深入分析

探讨了我国近年来隧道工程建设的风险情况,介绍了风险管控方面的一些前沿创新技术及其应用实践;还全面系统地梳理了隧道工程保险项目中有关核保、防灾防损、理赔工作的原则、内容、实施流程及其相关要素,展示了一系列疑难问题的解析、防灾防损服务实践创新、典型理赔案例分析等,内容丰硕,不一而足。本书吸纳了工程界、学术界、保险业界的相关先进经验,对推动隧道建设行业发展、为我国隧道建设安全风险保驾护航,定将有相当助益,值得推荐。

隧道建设作为一项大的系统工程,其建设历程中将涉及多个学科领域的交叉配合与技术革新。《隧道工程建设风险与保险》一书是我国隧道工程风险与保险相关理论和实践的一次有益的创新融合,它凝聚了同济大学等相关领域的学者专家以及中国平安保险团队集体的心血和汗水。相信本书的付梓问世能在引领我国隧道工程建设与工程保险业务发展方面起到有益的创新驱动作用!

本书经笔者粗阅一过,赞赏之余,乐予写述了上面的一点文字,是为序。

孫 鈞  
2019/9/21

## 序 二

### 董 波

男，中共党员，1967年生于内蒙古赤峰市，1989年自南开大学保险专业毕业后进入中国人民银行工作；1998年起供职于原保监会，历任财产保险监管部副处长、处长、副主任；2013年起任原黑龙江保监局局长；现任中国保险学会党委书记、会长。董波具有近20年的保险监管工作经历，拥有深厚的理论功底和丰富的监管经验，参与多项有关保险业改革与发展的重大课题研究和制度建设工作。



改革开放40年来，我们伟大的祖国发生了辉煌的巨变，尤其在基础设施建设领域取得了全球瞩目的成就。基础设施已作为中国的名片之一，在“一带一路”倡议中发挥出举足轻重的作用。国内基建的巨大需求给中国隧道工程技术的发展和进步创造了机遇，一个个长度、高度、跨度、深度、技术复杂度、环境复杂度创世界纪录的隧道工程项目，给中国隧道工程的施工企业和工程师们提出了艰巨的挑战，也提供了难得的锻炼机会。若以隧道和地下工程的建设规模和建设速度来衡量，我国已居世界首位。发展之路上总会有风险结伴而生。在隧道工程的建设过程中，因地质、技术、管理甚至偶发不可控因素等风险导致的事故和经济损失，让我们交了一次又一次的学费，也让我们积累了越来越多的经验，这便是成长的代价。作为有效避免和尽量减少这种成长代价的重要手段之一，风险管理和保险成为大家越来越重视的领域，这正是本书的主要研究内容。

《隧道工程建设风险与保险》是一本由保险公司、施工企业、经纪公司的业务专家联合高校隧道工程的研究学者，将实践与理论相结合，保险与技术相渗透的专业书，让读者可以更好地了解隧道工程的风险识别和分析，知晓工程保险在隧道工程项目方面的承保、风险防控、理赔操作，对实操具有重要指导意义。它由平安产险发起，凝聚了同济大学隧桥涵洞专家、江泰保险经纪公司相关业务专家多年积累的经验和知识。该书与平安产险此前为响应国家“一带一路”发展倡议而编撰的工程保险类书籍——《山区管道工程风险分析与保险应对》为姊妹篇，二者均为平安产险服务客户、回馈行业的精心之作。

近20年来，中国保险业为我国各种类型的隧道工程建设提供了坚实的风险保障，与中国隧道工程共同成长。作为中国保险行业的主力保险公司之一，平安产险在平安集团“金融+科技”的战略指引下，运用科技力量打造产业生态，将保险打造成实现高科技防灾减损技术与前沿工程产业对接、结合的桥梁，在隧道工程建设和运营风险管理方面打造自

己的核心竞争力。在风险控制领域,平安产险开发的 KYD 动态风险预测模型、平安灾害管理鹰眼系统(DRS)、风险管理云(KYR)、平安智慧工地等风控平台,汇集了行业最前沿的卫星遥感技术、探地雷达技术、声呐渗流控制技术,在行业内独树一帜,引领发展。

我国工程保险保源丰富,但专业核保人才缺乏和保险公司考核体制不完善等原因导致市场恶性竞争,近年来市场整体处于亏损状态,这对行业未来的可持续发展提出了严峻挑战。平安产险通过物联网、大数据、云计算、生物识别、遥感探测等新科技和数字化管理手段的应用,让保险插上科技的翅膀,以高于同业水平的专业化团队和工具来提升风险管理效率、降低保险赔付成本,从而在艰难的市场大环境下得以生存、发展,并最终实现保险公司与客户的双赢互益。平安作为金融科技理念与实践领先的财产保险公司,与隧道工程技术研究全球领先的同济大学土木工程学院密切合作,加之得到隧道工程施工实践全球领先的中国交通建设股份有限公司的大力支持,终得以将本书呈现给读者,希望它能成为一个产业、金融、学校在技术层面深入结合的优秀案例。

本书副主编宋学良邀请我为本书作序,我欣然答应。拿着沉甸甸的书稿,可以切身感受到所有策划、参编及审校人员在忙碌的日常工作之余所付出的辛劳,也可以感受到大家勇于开拓的精神和善于总结的能力。本书内容翔实、深入浅出,由理论到实践,由传统到前沿,分析透彻,案例生动,相信对于相关专业学生、工程建设领域技术人员和保险从业人员都有较好的参考价值。衷心希望本书能够发挥作用,引导建筑和保险行业从业人员深入认识、思考隧道工程的技术与保险,促进中国工程保险持续、健康地发展。



2019年8月16日

# 前 言

隧道工程作为在地下、水下或者山体中修建通道的施工类型,因其高难度、高损失和高技术而被视为高风险类型的工程。首先,本书从风险识别和分析入手,围绕不同环境、各种类型的隧道工程施工风险,分享同济大学的专家团队关于隧道工程建设中自然、技术和人为等主要风险类型的最新研究成果。其次,本书从风险管理的重要手段——保险实务出发,开展风险分析,对从投保、承保到风控、理赔等一系列流程进行实务论述,旨在帮助读者更好地理解 and 认识建设工程保险为隧道工程量体裁衣的设计和应用。最后,由中国平安财产保险公司的保险理赔专家针对每个风险类型匹配若干保险案例,在陈述事故的基础上,解析风险事故发生的原因、遇到的疑难点,思考如何更好地设计条款、规避出险理赔争议,并对今后如何吸取教训、做好防损减灾提出了建议。

全书分为4篇16章,各篇章相辅相成、互为依托,力争全面透彻地阐明隧道工程风险与保险的精髓。第1篇为“工程风险与保险基础知识”,主要介绍工程风险以及工程保险的基本概念;第2篇为“隧道工程建设风险分析与保险应对”,介绍隧道工程建设的主要风险和保险应对;第3篇为“隧道工程建设风控与理赔实务”,主要介绍平安产险参与隧道工程保险服务的实践经验以及同济大学在隧道工程风险管理方面的创新实践成果,并对隧道工程保险理赔的基本内容和常见问题进行探讨;第4篇为“隧道工程建设风险事故及保险案例”,介绍平安产险关于隧道工程的理赔案例,通过精选保险案例,对风险事故发生的原因、遇到的疑难点进行解析,并阐述由此引发的思考,提出了今后防损减灾的建议。本书在隧道工程风险管理理论、技术手段及保险实务的融合方面,做了有益的探索和诠释,对公路、城市轨道交通以及基础设施建设等涉及隧道工程领域的建设者们具有较高的参考价值。

本书由中国平安财产保险股份有限公司副总经理曹六一担任编委会主任,同济大学土木工程学院副院长谢雄耀教授担任主编,中国平安财产保险股份有限公司伍振志为技术总顾问、杨沈勇为总策划(详见编委会名单),由同济大学土木工程学院、中国平安财产保险股份有限公司及江泰保险经纪联合编撰,中国交通建设股份有限公司作为本书的支持单位。参与编写的人员如下:第1篇,谢雄耀、朱文杰、孙超、陈阳、刘宸希、聂银银、姜涛、胡娟;第2篇,谢雄耀、杨沈勇、易成敏、朱文杰、王啸剑、曾里、孙超、彭华山、田甜、张和林、陈阳、付丹丹、姜涛;第3篇,伍振志、郑军文、张云飞、周志川;第4篇,郑军文、魏明星、

曾维、孙雪莲、杨宗柏、姚峰、卑红、田刚。

孙超、郑军文、王韬、何湘锋、代建林、杨沈勇、朱文杰负责本书的统稿和审稿,钟海南、金振毅、魏振宇、王强、吴丽和刘艺也参与了文稿的修订和完善,并提供了不少有价值的照片及前期资料。平安城市科技(深圳)有限公司的邵光信、陈伟伟等专家也为本书提供了技术支持。此外,李梦玉、郑琦、李佳和谈湧祥承担了本书的编务和征订发行工作。

感谢所有参与本书编写工作的朋友! 特别感谢隧道工程技术与理论的学术泰斗——中国科学院孙钧院士以及中国保险学会会长董波先生为本书作序。

由于本书题材跨度大、涉及面广,作者力求尽量覆盖隧道工程行业进程与风险管理特点,并展示新技术的应用,但囿于水平,难免有疏漏和不足,敬请读者批评指正。

编委会

2019年7月22日

# 目 录

序一 .....	i
序二 .....	iii
前言 .....	v
绪论 .....	1

## 第 1 篇 工程风险与保险基础知识

1 工程风险 .....	12
1.1 风险的基本概念 .....	12
1.2 工程风险 .....	14
1.3 工程风险评估 .....	19
1.4 工程风险的处理 .....	25
2 工程保险基础 .....	28
2.1 工程保险的概念 .....	28
2.2 工程保险的发展 .....	28
2.3 工程保险的特点 .....	31
2.4 工程保险的基本功能 .....	31
2.5 工程保险的主要险种 .....	32

## 第 2 篇 隧道建设工程风险与保险应对

3 工程施工准备期风险 .....	44
3.1 工程准备与社会影响风险辨识 .....	44
3.2 工程准备与社会影响风险分析 .....	45
3.3 工程准备与社会影响风险控制措施 .....	50
4 明挖隧道施工风险 .....	52
4.1 明挖隧道施工工艺与流程 .....	52
4.2 明挖隧道施工风险辨识 .....	53
4.3 明挖隧道施工风险分析 .....	59
4.4 明挖隧道施工风险控制措施 .....	63
5 隧道工程盾构法施工风险 .....	66
5.1 隧道工程盾构法施工工艺与流程 .....	66

5.2	隧道工程盾构法施工风险辨识	67
5.3	隧道工程盾构法施工风险分析	72
5.4	隧道工程盾构法施工风险控制措施	77
<b>6</b>	<b>隧道工程钻爆法施工风险</b>	<b>80</b>
6.1	隧道工程钻爆法施工工艺与流程	80
6.2	隧道工程钻爆法施工风险辨识	81
6.3	隧道工程钻爆法施工风险分析	85
6.4	隧道工程钻爆法施工风险控制措施	90
<b>7</b>	<b>沉管隧道工程施工风险</b>	<b>97</b>
7.1	沉管施工工艺与流程	97
7.2	沉管隧道工程风险辨识	98
7.3	沉管隧道工程风险分析	101
7.4	沉管隧道工程风险控制措施	104
<b>8</b>	<b>顶管隧道施工风险</b>	<b>107</b>
8.1	顶管隧道施工工艺与流程	107
8.2	顶管隧道施工风险辨识	108
8.3	顶管隧道施工风险分析	111
8.4	顶管隧道施工风险控制措施	113
<b>9</b>	<b>盾构隧道交叉节点工程施工风险</b>	<b>116</b>
9.1	盾构隧道交叉节点工程施工风险辨识	116
9.2	盾构隧道交叉节点工程施工风险分析	119
9.3	盾构隧道交叉节点工程施工风险控制措施	123
<b>10</b>	<b>不良地质区钻爆隧道施工风险</b>	<b>126</b>
10.1	不良地质区钻爆隧道施工风险辨识	126
10.2	不良地质区钻爆隧道施工风险分析	128
10.3	不良地质区钻爆隧道施工风险控制措施	133
<b>11</b>	<b>不同沉管隧道浮运方案施工风险</b>	<b>137</b>
11.1	不同沉管隧道浮运方案施工流程	137
11.2	不同沉管隧道浮运方案施工风险辨识	143
11.3	不同沉管隧道浮运方案施工风险分析	144
11.4	不同沉管隧道浮运方案施工风险控制措施	149
<b>12</b>	<b>人员安全与影响周边环境风险</b>	<b>151</b>
12.1	人员安全与影响周边环境风险辨识	151
12.2	人员安全与影响周边环境风险分析	154
12.3	人员安全与影响周边环境风险控制措施	157
<b>13</b>	<b>隧道建设工程保险应对</b>	<b>161</b>
13.1	隧道建设工程保险投保与承保	161
13.2	隧道保险保单要点说明	163
13.3	隧道建设工程保险定价与方案设计	173

13.4 隧道建设工程保险核保要点 .....	177
13.5 建设工程保险关联方 .....	180

### 第 3 篇 隧道建设工程风控与理赔实务

14 隧道工程保险防灾防损 .....	188
14.1 防灾防损主要范围及内容 .....	188
14.2 常规防灾防损服务 .....	189
14.3 防灾防损服务创新实践 .....	193
14.4 平安易建及智能安全管理 .....	207
14.5 隧道施工风控新技术 .....	214
15 隧道工程保险理赔 .....	230
15.1 工程保险的一般性应用原则 .....	230
15.2 工程保险索赔 .....	234
15.3 工程保险理赔 .....	243
15.4 隧道工程保险理赔常见争议问题 .....	247

### 第 4 篇 隧道工程建设风险事故及保险案例

16 隧道工程风险与保险案例 .....	264
16.1 工程施工准备期风险与保险案例 .....	264
案例一:某隧道工程暴雨损失案 .....	264
16.2 明挖隧道风险与保险案例 .....	272
案例二:某铁路工程明挖隧道基坑暴雨水毁案 .....	272
案例三:某市政工程明挖隧道基坑涌水、涌砂案 .....	277
16.3 盾构隧道风险与保险案例 .....	283
案例四:某盾构接收井洞门透水致成型隧道损失案件 .....	283
案例五:某盾构区间天然气爆炸事故 .....	291
案例六:某盾构区间联络通道突水涌砂案 .....	298
16.4 钻爆法隧道风险与保险案例 .....	303
案例七:某隧道变形案 .....	303
案例八:某隧道冒顶案 .....	309
16.5 沉管隧道风险与保险案例 .....	315
案例九:某大桥海底隧道 E15 沉管安装失败案 .....	315
16.6 顶管隧道风险与保险案例 .....	320
案例十:某公路工程箱涵下穿既有铁路营业线破损案 .....	320
16.7 盾构隧道交叉节点工程施工风险与保险案例 .....	324
案例十一:某地铁工程下穿既有铁路桥梁偏位案 .....	324

案例十二:某地铁工程过海通道泥水盾构掘进遇阻案 .....	329
16.8 钻爆法隧道不良地质区工程风险与保险案例 .....	332
案例十三:某铁路工程隧道塌方受损案 .....	332
案例十四:某公路工程隧道涌水案 .....	337
16.9 人员安全与周边环境影响风险与保险案例 .....	342
案例十五:某地铁工程三者房屋受损案 .....	342
案例十六:某地铁工程三者珍稀动物受损案 .....	348

# 绪 论

隧道是国家基础建设的重要设施,其所处环境条件及结构形式的特殊性使其不但能够满足全天候的交通物流,具有可靠的存储空间,还拥有路径便捷、环保节土、低碳节能、安全隐蔽等突出优势。随着我国城市地下空间的高速发展,隧道作为重要的地下建筑形式,正被广泛应用于城市轨道交通、地下道路和综合管廊等城市基础设施,改善并提高城市生活水平。与此同时,我国幅员辽阔,地质条件复杂,为了能够使各个地区之间拥有紧密而高效的交通联系,修建了大量穿越江河湖海与山岭的隧道,不仅完善了我国公路、铁路等交通基础设施网络,也带动了区域经济发展,缩小了东西部不同省份间的贫富差距。“十三五”是交通运输基础设施发展、服务水平提高和转型发展的黄金时期,我国隧道及地下工程事业将会有更大的进步和更为广阔的发展空间。

与此同时,随着铁路隧道、公路隧道和地铁区间隧道等隧道工程的大量、快速建设,隧道工程建设事故也时有发生,造成了巨大的经济损失和恶劣的社会影响。究其主要原因,一方面,隧道工程具有隐蔽性大、技术复杂、作业循环性强、建设工期长、作业空间有限等特点,在施工过程中存在许多不确定的风险因素,使得隧道工程具有高风险性;另一方面,相关建设人员风险意识淡薄、专业人才短缺、规范标准体系有待进一步完善,法律法规也有待健全。此外,不合理的工程造价和工期要求也是重要的事故诱发因素之一。隧道工程事故,尤其是重大及特别重大事故的发生,使隧道工程建设风险管理成为社会各界关切的问题。21世纪以来,国内开始关注隧道工程风险管理研究,国家、地方城市及行业也相继出台了一系列相关政策、风险管理规范及标准,风险评估、风险监控等技术逐步被应用于隧道工程建设。与此同时,工程保险作为一种风险转移的方式,逐步得到广泛应用。

工程保险是迄今采用最普遍、最有效的风险管理手段之一。通过工程保险,可以将许多项目风险转移给保险公司,并通过取得损失赔偿以保证项目能顺利进行。保险公司作为经营风险的社会性微观经济实体,鉴于防范和化解自身风险及提升经营管理水平的需要,也积极通过工程保险技术,在险种设计、核保、防灾减损、理赔鉴定等环节中,综合运用土木工程、工程管理、保险、法律、数学以及信息处理等多行业、多学科的专业知识和技术手段,针对隧道保险项目开展全面科学的咨询评估、风险管理和技术支撑。近年来,保险公司逐步将关注点从事后理赔向事前预防转移,愈加注重对承保隧道工程项目风险的全过程、全方位管控,积极引入高科技防灾减损服务技术,在隧道工程建设和运营风险管理工作中扮演着重要的角色。

## 一、隧道工程建设现状

近代隧道兴起于17世纪的运河时代,隧道掘进的早期技术大多来自于输水工程、采矿工程和军事工程。现代隧道工程发展迅速,世界上已有数百座城市修建了铁路、公路、地铁隧道,各种典型工程数不胜数。英法海峡隧道历时7年完成,长50 km,海底长度37 km;著名的公路隧道,如穿越阿尔卑斯山,连接法国和意大利的勃朗峰隧道,连通日本群馬县和新潟县的关越隧道,它们的长度均超过10 km。随着全球范围内隧道工程技术的推广与应用,隧道被广泛用

于铁路、公路交通和水力发电、灌溉等领域,也作为上下水道、输电线路等大型管路的通道。

随着公路、铁路等交通方式的发展,世界范围内的隧道修建进入黄金时期,但 20 世纪上半叶,中国公路和铁路的发展仍然举步维艰。1949 年前全国仅有 10 余座低等级公路隧道,最长不超过 200 m;铁路隧道 200 余座,最长约 4 km,如滇缅铁路碧鸡关隧道、大转弯隧道、密马龙隧道等。这些隧道整体建设水平较低,使用寿命较短,已无法满足当前的使用要求,目前几乎全部废弃。经过几代建设者几十年的不懈努力,我国的隧道工程建设水平已跻身国际前列,出现了一大批具有开创性和示范性的隧道工程。截至 2019 年初,在隧道修建长度方面,我国已经成功修建了 9 座 20 km 以上的交通隧道,最长的已建隧道是 32.69 km 的青藏铁路关角隧道;在建长度超过 20 km 的隧道有 6 座,最长的在建隧道是 34.5 km 的大瑞铁路高黎贡山隧道。此外,厦门翔安海底隧道(全国首条海底隧道,全长 8.69 km)、青岛湾海底隧道(全长 7.8 km)、港珠澳沉管隧道的开通运营都标志着我国海底隧道施工技术相继取得重要突破。我国隧道及地下工程建设取得了长足发展;各领域隧道总数与总长度快速增长,铁路、公路、地铁都达到每年千座隧道、上千千米的增长速度;在建隧道及地下工程特色突出、难点集中,多项修建技术取得了突破,总体进展顺利。

### 1. 铁路与高铁隧道(图 0-1)

截至 2018 年年底,我国铁路营业里程达 13.1 万 km,比 2017 年增长 3.0%,其中已投入运营高速铁路总长 2.9 万 km。投入运营的铁路隧道 15 117 座,总长 16 331 km,其中高速铁路隧道 3 028 座,总长 4 896 km。全国在建铁路隧道 3 477 座,总长 7 465 km。规划铁路隧道 6 327 座,总长 15 634 km。



图 0-1 铁路与高铁隧道

### 2. 公路隧道(图 0-2)

截至 2018 年年底,我国大陆(不含港澳台地区)运营公路隧道 17 738 座,总长约 17 236 km。目前运营的最长公路隧道是位于陕西省的终南山隧道,长 18.02 km;在建的最长公路隧道是位于甘肃省的木寨岭隧道,长 15.22 km;新近贯通的港珠澳大桥水下沉管隧道长达 5.66 km,最大覆水深度 44 m,是迄今世界上最长的海底沉管隧道。香港屯门一赤蠟角的连接线隧道工程(海底公路隧道)采用一台直径 17.6 m 的盾构施工,该盾构的直径超过了西雅图 SR99 工程中的 Bertha 号(直径 17.45 m),成为目前世界上直径最大的盾构隧道。