

全国大学版协优秀畅销书

21世纪

高等学校

本科系列教材

# 隧道工程

(第三版)

**Suidao Gongcheng**

主 编 覃仁辉 王 成

副主编 彭 念 唐晓勇

主 审 杨其新



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

## 内容提要

本书详细地介绍了公路隧道的勘察设计和施工方法。全书共分12章,主要内容包括隧道的勘察、隧道总体设计、隧道的结构形式及构造、围岩分类及围岩压力、隧道结构计算、锚喷支护结构设计与施工、隧道通风、隧道照明、隧道施工方法及其基本作业、连拱隧道和小间距隧道、掘进机及盾构法施工。每章后附有思考题,供学习时使用。

本书是高等院校土木工程专业隧道工程课程的教学用书,亦可供公路隧道工程建设的管理、施工、设计、监理等工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

隧道工程/覃仁辉,王成主编. —3版. —重庆:重庆大学出版社,2011.7

土木工程专业本科系列教材

ISBN 978-7-5624-6083-1

I. ①隧… II. ①覃…②王… 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(2011)第073438号

## 隧道工程

(第三版)

主 编 覃仁辉 王 成

副主编 彭 念 唐晓勇

主 审 杨其新

责任编辑:曾显跃 丁薇薇 版式设计:曾显跃

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:518千

2011年7月第3版 2011年7月第13次印刷

印数:40 001—45 000

ISBN 978-7-5624-6083-1 定价:38.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 土木工程专业本科系列教材 编审委员会

主 任 朱彦鹏

副主任 张永兴 周志祥 程赫明 陈兴冲 黄双华

委 员 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于 江 | 王 旭 | 王万江 | 王汝恒 | 王秀丽 |
| 王泽云 | 刘 星 | 刘连新 | 刘德华 | 孙 俊 |
| 朱建国 | 米海珍 | 邢世建 | 宋 彧 | 张东生 |
| 张建平 | 张科强 | 张维权 | 杜 葵 | 沈 凡 |
| 陈朝晖 | 周水兴 | 马铭彬 | 钟 辉 | 郭荣鑫 |
| 肖明葵 | 崔自治 | 曹万智 | 黄 勇 | 黄呈伟 |
| 黄林青 | 彭小芹 | 程光均 | 董羽蕙 | 韩建平 |
| 周亦唐 | 樊 江 |     |     |     |

# 第三版前言

本书是普通高等院校土木工程专业系列教材中的专业课教材。自2001年12月第一次出版以来,承蒙广大读者厚爱,先后印制了11次,共计4万余册。该教材除了作为土木工程专业课教材外,也可作为高速公路山岭隧道建设的管理、施工、设计、监理等部门技术人员的参考书。

本次改版是按照《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)的相关规定进行修订的。各章节中与该规范有关的内容表格均已改动。第5章中隧道围岩分级部分与改版前教材有较大变动,即遵照《公路隧道设计规范》(JTG D70—2004)中相应规定执行。根据我国公路隧道的高速发展,为适应高校土木工程专业“隧道工程”课程的教学需要,以及满足公路隧道管理、施工、设计、监理等部门技术人员的建设需求,增加了第11章“连拱隧道和小净距隧道”和第12章“掘进机及盾构法施工”。

通过本课程的学习,使学生掌握有关公路隧道的勘察、设计和构造原理以及计算理论和计算方法,熟悉有关施工方面知识,将隧道工程基本概念、设计与施工等内容有机地融为一体,使学生对道路的山岭隧道工程各个方面知识比较全面而系统深入地了解,具备从事隧道工程设计、施工、管理的基本知识和能力,具有初步研究开发的能力,以及解决各类围岩隧道中遇到的较复杂问题的初步能力。

本教材共分12章。第1章,介绍国内外隧道的发展概况,以及隧道的作用和分类;第2章,介绍隧道的勘察方法和主要勘察手段,地质勘察和水文勘察要求,以及隧道结构建设环境影响评价,由于隧道工程是直接开挖山体,注重人类环境保护具有重要意义;第3章,介绍隧道的总体设计,包括隧道的平纵横几何设计、隧道衬砌断面设计、内轮廓线求法和隧道勘测设计文件的内容及组成等;第4章,介绍隧道衬砌类型及支护结构,包括洞门形式及结构、明洞形式及基础形式、通风用竖井及斜井、隧道内装修及噪声消减、隧道路面及隧道防排水等;第5章,介绍公路隧道围岩分类方法及其影响围岩稳定性因素;第6章,

介绍隧道结构常用计算方法,主要针对不同围岩类别设计选用的几种隧道结构进行的计算方式,包括有半衬砌计算模式、曲墙式衬砌计算模式、直墙式衬砌计算模式以及有限杆单元计算模式,由于隧道结构与围岩共同作用的计算方法目前尚不成熟,本章未作介绍,读者可查阅有关研究文章;第7章,介绍新奥法意义下的锚喷支护结构设计原理,即引入围岩自承的概念进行隧道支护结构的设计原理和方法,由于新奥法隧道设计与施工紧密联系,本章介绍了锚喷支护施工的一些原则;第8章,介绍公路隧道通风,包括如何计算隧道空气中有害物质的浓度及其稀释有害物质所需的通风量,以及通风方式和通风机的选择等,使学生能使用规范进行通风设计计算;第9章,介绍隧道照明计算原理、照明质量及其照明设计 and 要求等;第10章,介绍目前国内隧道施工的几种常用方法;即新奥法、矿山法及其不良地质条件下的施工方法等,对隧道开挖及支护的一些基本作业也进行了介绍;第11章,介绍连拱隧道及小净距隧道,包括双连拱隧道基本结构式与分类及施工方法、小净距隧道设计技术要求及施工;第12章,介绍掘进机及盾构法施工,包括掘进机类型及构造、全新面掘进机施工方法、盾构的分类及构造、盾构施工方法等。

本书第1至第5章由覃仁辉编写;第6、7、8章由王成编写;第9、10、12章由彭念、余健编写;第11章由唐晓勇编写,并对各章节图表进行核对。全书由覃仁辉、王成担任主编,彭念、唐晓勇担任副主编,杨其新担任主审。

由于编者水平有限,教材中不可避免有错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011年3月

# 第二版前言

本书是普通高校土木工程专业系列教材中的专业课教材。自 2001 年 12 月第一次出版以来,除了作为专业课教材外,也可作为高速公路山岭隧道建设的管理、施工、设计、监理等部门技术人员的参考书,因而 2003 年 3 月第二次印刷。

2004 年 7 月,高校教材编审委员会专门召开了土木工程教材改版会议。根据会议精神,对本教材在使用过程中发现的勘误,进行了查漏补缺,改错。同时,对以下章节进行了修改增补。第 3 章,3.1.1 部分增加了隧道方案与自然条件的关系;第 4 章,4.2.2 洞门部分修改为洞门与洞口段。第 7 章,7.2.1 部分增加了喷锚支护与传统支护结构的差异。第 10 章,10.2 节新奥地利隧道施工法部分进行了修改。

由于编者水平有限,读者若发现本书有错误和不完善之处,请予以批评指正,以便进一步修改补充。

编 者

2005 年 6 月

我国公路隧道随着交通建设的高速发展而不断增加,目前国家将建设重点向我国西部地区转移,高速公路网的建设必须面临大量的隧道工程。在此之际,高校教材编写委员会于2000年7月召开了会议,审订了《隧道工程》编写大纲及编写原则,以适应高校土木工程专业“隧道工程”课程的教学需要。本教材主要介绍了道路山岭隧道的勘测设计、通风与照明设计、衬砌结构计算、山岭隧道施工方法。通过本课程的学习,使学生掌握有关公路隧道的勘察、设计和构造原理以及计算理论和计算方法,熟悉有关施工方面知识,力求将隧道工程基本概念、设计与施工等内容有机地融为一体,使学生在学完这门课程后对道路山岭隧道工程各个方面知识有比较全面、系统、深入的了解,具备从事隧道工程的设计、施工、管理的基本知识和能力,具有初步研究开发的能力以及解决各类围岩隧道中遇到的较复杂问题的初步能力。

本教材共分10章,包括隧道的勘察、隧道总体设计、隧道洞身衬砌构造、隧道围岩分级与围岩压力确定、隧道结构计算、锚喷支护结构设计原理与施工、隧道通风和照明、隧道施工方法及其基本作业等。第1章,介绍国内外隧道的发展概况、隧道的作用和分类;第2章,介绍隧道的勘察方法和主要勘察手段、地质勘察和水文勘察要求以及隧道结构建筑环境评价,由于隧道工程是直接开挖山体,注重人类环境保护具有重要意义;第3章,介绍隧道的总体设计(即在现行隧道规范意义下如何进行隧道选址)、隧道的平纵横几何设计、隧道衬砌断面设计、内轮廓线求法和隧道勘测设计文件的内容及组成等;第4章,介绍隧道衬砌类型及支护结构、洞门形式及构造、明洞形式及基础形式、通风用竖井斜井、隧道内装修及噪声消减、隧道路面及隧道防排水等;第5章,介绍公路隧道围岩分类方法及其影响围岩稳定性因素;第6章,介绍隧道结构常用计算方法,主要针对不同围岩类别设计选用的几种隧道结构类型进行的计算方法,有半衬砌计算模式、曲墙式衬砌计算模式、直墙式衬

砌计算模式以及有限杆单元计算模式,由于隧道结构与围岩体共同作用的计算方法目前尚不成熟,本章未作介绍,读者可查阅有关研究文章;第7章,介绍新奥法意义下的锚喷支护结构设计原理,即介绍引入围岩自承的概念进行隧道支护结构设计的原理和方法,由于新奥法隧道设计与施工紧密联系,本章介绍了锚喷支护施工的一些原则;第8章,介绍公路隧道的通风,即根据《公路隧道通风照明设计规范》(JTJ 026.1—1999)的要求,介绍如何计算隧道空气中有害物质的浓度及其稀释有害物质所需的通风量,通风方式和通风机的选择等,使学生能使用规范进行通风设计计算;第9章,介绍隧道照明计算原理、照明质量及其照明设计的要求等;第10章,介绍目前国内隧道施工的几种常用方法,即新奥法和矿山法及其不良地质条件下的施工方法等,对隧道开挖及支护的一些基本作业也进行了介绍。

本教材第1至第5章由覃仁辉编写;第6、7、8章由王成编写,第9、10章由余健编写。全书由覃仁辉主编,杨其新主审。

由于编写水平有限,教材中不可避免有错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2001年7月

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....                    | 1  |
| 1.1 隧道在交通事业中的地位和国内外隧道发展概况 ..... | 1  |
| 1.2 隧道的分类及其作用 .....             | 4  |
| 思考题 .....                       | 7  |
| 第2章 隧道的勘察 .....                 | 8  |
| 2.1 隧道勘察的几个阶段 .....             | 8  |
| 2.2 隧道勘察的主要方法 .....             | 9  |
| 2.3 隧道勘察的主要手段 .....             | 13 |
| 2.4 地质勘察 .....                  | 15 |
| 2.5 水文勘察 .....                  | 19 |
| 2.6 建筑环境评价 .....                | 21 |
| 思考题 .....                       | 28 |
| 第3章 隧道总体设计 .....                | 29 |
| 3.1 隧道选址 .....                  | 29 |
| 3.2 隧道的几何设计 .....               | 35 |
| 3.3 衬砌内轮廓线及几何尺寸拟定 .....         | 41 |
| 3.4 道路隧道勘测设计文件的内容和组成 .....      | 47 |
| 思考题 .....                       | 49 |
| 第4章 隧道结构构造 .....                | 50 |
| 4.1 洞身衬砌 .....                  | 50 |
| 4.2 洞门 .....                    | 57 |
| 4.3 明洞 .....                    | 60 |
| 4.4 竖井、斜井 .....                 | 64 |
| 4.5 内装、顶棚及路面 .....              | 68 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 4.6 隧道的防水与排水 .....            | 71         |
| 思考题 .....                     | 75         |
| <b>第5章 隧道围岩分级与围岩压力</b> .....  | <b>76</b>  |
| 5.1 隧道围岩分级及其应用 .....          | 77         |
| 5.2 围岩压力的确定 .....             | 89         |
| 5.3 影响围岩稳定性的因素 .....          | 97         |
| 思考题 .....                     | 101        |
| <b>第6章 隧道结构计算</b> .....       | <b>102</b> |
| 6.1 概述 .....                  | 102        |
| 6.2 隧道衬砌上的荷载类型及其组合 .....      | 105        |
| 6.3 半衬砌的计算 .....              | 106        |
| 6.4 曲墙式衬砌计算 .....             | 111        |
| 6.5 直墙式衬砌计算 .....             | 115        |
| 6.6 衬砌截面强度验算 .....            | 120        |
| 6.7 单元刚度矩阵 .....              | 122        |
| 6.8 结构刚度方程 .....              | 131        |
| 思考题 .....                     | 135        |
| <b>第7章 锚喷支护结构的设计与施工</b> ..... | <b>136</b> |
| 7.1 概述 .....                  | 136        |
| 7.2 锚喷支护结构的受力与计算 .....        | 137        |
| 7.3 锚喷支护施工原则 .....            | 151        |
| 思考题 .....                     | 158        |
| <b>第8章 隧道通风</b> .....         | <b>159</b> |
| 8.1 概述 .....                  | 159        |
| 8.2 空气中有毒物质的设计浓度 .....        | 160        |
| 8.3 需风量计算 .....               | 165        |
| 8.4 通风方式及其选择 .....            | 169        |
| 思考题 .....                     | 178        |
| <b>第9章 隧道照明</b> .....         | <b>179</b> |
| 9.1 概述 .....                  | 179        |
| 9.2 隧道照明基础 .....              | 180        |
| 9.3 道路照明的质量 .....             | 191        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 9.4 隧道亮度曲线 .....                   | 195        |
| 9.5 照明设计 .....                     | 200        |
| 思考题 .....                          | 226        |
| <b>第 10 章 隧道钻爆施工方法及其基本作业 .....</b> | <b>227</b> |
| 10.1 概述 .....                      | 227        |
| 10.2 新奥地利隧道施工法 .....               | 229        |
| 10.3 传统的矿山法 .....                  | 237        |
| 10.4 不良地质条件下隧道施工 .....             | 240        |
| 10.5 开挖 .....                      | 256        |
| 10.6 隧道支撑及衬砌施工 .....               | 267        |
| 10.7 出渣运输 .....                    | 276        |
| 思考题 .....                          | 282        |
| <b>第 11 章 连拱隧道和小净距隧道 .....</b>     | <b>283</b> |
| 11.1 连拱隧道 .....                    | 283        |
| 11.2 小净距隧道 .....                   | 293        |
| 思考题 .....                          | 297        |
| <b>第 12 章 掘进机及盾构法施工 .....</b>      | <b>298</b> |
| 12.1 概述 .....                      | 298        |
| 12.2 掘进机类型及构造 .....                | 299        |
| 12.3 全断面掘进机施工方法 .....              | 304        |
| 12.4 盾构的分类及构造 .....                | 306        |
| 12.5 盾构施工方法 .....                  | 309        |
| 思考题 .....                          | 315        |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>316</b> |

# 第 1 章

## 绪 论

---

### 1.1 隧道在交通事业中的地位和国内外隧道发展概况

交通是国家基础建设重要的设施,在国民经济发展中占有十分重要的地位。世界各国的经济发展经验表明,快速畅通的交通网是经济发展必不可少的条件。

近年来随着我国社会经济快速发展,地面交通增长十分迅猛,而修建水平满足不了发展的需要,造成各种交通设施超负荷运转,交通事故、交通阻塞和交通公害等成为一大社会问题,阻碍了国家和地区经济的发展。因此,针对交通需求的高涨,解决好路面交通的规划和修建,是目前急需研究的课题之一。

路面交通线一般由许多工程建筑物组成,其中包括路基、涵洞、桥梁、隧道等,而隧道是交通线上重要的组成部分。所谓隧道,是指一种修建在地层中的地下工程建筑物。它被广泛应用于公路、铁路、矿山、水利、市政和国防等方面。公路隧道是指专供公路运输使用的地下工程结构物。随着现代化高速公路的发展,它在公路工程中的作用和地位日益重要,特别是在山区公路的修建中更为显著。

隧道的产生和发展是和人类的文明历史发展相呼应的,大致可以分为如下 4 个时代:

#### (1) 原始时代

人类的出现到公元前 3000 年的新石器时代,是人类利用隧道来防御自然威胁的穴居时代。隧道是用兽骨、石器 etc 工具开挖,修筑在可以自身稳定而无需支撑的地层中。

#### (2) 远古时代

从公元前 3000 年到 5 世纪,即所谓的文明黎明时代,是为生活和军事防御目的而利用隧道的时代。这个时代隧道的开发技术形成了现代隧道开发技术的基础。例如,古埃及金字塔的建设就开始修建了地下建筑。公元前 2200 年间的古代巴比伦王朝为连接宫殿和神殿而修建了长约 1 km、断面为 3.6 m×4.5 m 的隧道,施工期间将幼发拉底河水流改道,采用明挖法建造,该隧道是一种砖砌建筑。

### (3) 中世纪时代

约从 5 世纪到 14 世纪的 1 000 年。这个时期正是欧洲文明的低潮期,建设技术发展缓慢,隧道技术没有显著的进步,但由于对地下铜、铁等矿产资源的需求,开始了矿石开采。

### (4) 近代和现代

近代和现代,即从 16 世纪以后的产业革命开始。这个时期由于炸药的发明和应用,加速了隧道技术的发展。如有益矿物的开采、灌溉、运河、公路和铁路隧道的修建,以及随着城市的发展修建地下铁道、上下水道等,使得隧道的技术得到极大的发展,其应用范围迅速扩大。

据现有资料记载,我国最早的交通隧道是位于今陕西汉中县的“石门”隧道,建于公元 66 年,是供马车和行人通行的。世界上最早的隧道是公元前 2200 年,巴比伦国王为连接宫殿和神殿而修建的隧道。

隧道技术的进步,是在进入罗马时代以后,测量技术的出现,人们利用棚架支撑岩层和卷扬提升土石,从两端洞口开挖隧道,数量较多的各种用途的隧道和水工隧道开始增多。尤其是约公元 7 世纪发明了火药,1679 年用于法国拉恩开得克运河隧道开挖,获得极大成功,隧道挖掘技术得到飞速的发展。19 世纪的产业革命,隧道开挖出现了各种新方法,迎来了近代隧道开挖技术的新曙光。1818 年布鲁内尔(Brunel)发明了盾构,意大利物理学家欧拉顿(Erardson)提出以压缩空气平衡软弱地层涌水压力防止地层坍塌的方法后,英国的科克伦(Co-Chrane)利用这个原理,发明用压缩空气开挖水底隧道的方法,第一次应用压缩空气和盾构修建水底隧道是 1896 年由英国人格雷特黑德(Greothed)实现的。在欧洲自贯穿阿尔卑斯山的辛普伦隧道建设开始,最先开始应用凿岩机和使用硝化甘油(TNT)炸药来开挖岩石隧道。

我国古代在地下工程方面具有悠久的历史 and 辉煌的成就,远在几千年前就能开采矿石,是世界上采矿工业发展最早的国家。公元前 1122 年金属矿石开采已相当发达,公元 1271—1368 年就有深达数百米的盐井。奴隶为封建统治者修建的墓穴,如长沙的楚墓、洛阳的汉墓、西安的唐墓、明十三陵之一的定陵等都是规模较大的地下工程,这些历史古迹都显示出我国古代在隧道建筑方面卓越的水平。

1949 年以前的近百年,由于长期处于半殖民地半封建社会,经济落后,地下建筑发展速度极其缓慢,隧道修建屈指可数,而且主要依靠人力开挖。1949 年以来,为改变国家的经济布局,发展内地和山区的经济,先后修建了数十条隧道比重较大的山区铁路,使得我国在铁路隧道的数量和施工技术上都有了较大发展,逐渐掌握了隧道建筑的近代技术,从人力为主体的施工转向以机械开挖为主体的施工,技术上有了质的飞跃。

我国公路隧道的建设发展相对迟缓。近几年由于高速公路建设的加快,公路隧道的数量已开始成倍的增长,据不完全统计,到 1999 年底,我国已建成的公路隧道达 1 096 座,单洞总延长超过 340 km。我国已建成和正在建设的长度超过 3 km 以上的公路隧道见表 1.1。

目前世界上已建成公路隧道,最长的首推瑞士的长 16.918 km 的圣哥达隧道,而挪威正在修建的 Aurland—Laerdal 公路隧道,长度达 24.5 km。世界上长度大于 10 km 的公路隧道的概况见表 1.2。其中通过阿尔卑斯山最高峰下连接法国和意大利的勃朗峰(Mt. Blance)隧道,全长 11.6 km,道路宽 7.0 m,从顶板到路面高 6 m,断面呈马蹄形,衬砌厚 80 cm,法国侧入口标高为 1 274 m,意大利侧标高为 1 381 m,最大埋深约 2 500 m,双车道相向运行,最高限速为 80 km/h。1959 年开工,1965 年开始运营。世界上已建成和在建设的长度大于 10 km 的公路隧道见表 1.2。

表 1.1 我国已建成和正在建设的 3 km 以上的公路隧道概况

| 隧道名称    | 隧道长度/m | 营运条件      |
|---------|--------|-----------|
| 大溪岭隧道   | 4 100  | 双向、双车道    |
| 二郎山隧道   | 4 160  | 单向、双车道    |
| 华荃山隧道   | 4 770  | 单向、双车道    |
| 鹧鸪山隧道   | 4 400  | 单向、双车道    |
| 木鱼槽隧道   | 3 600  | 双向、双车道    |
| 八达岭隧道   | 3 455  | 双向、双车道    |
| 真武山隧道   | 3 100  | 单向、双车道    |
| 中梁山隧道   | 3 165  | 单向、双车道    |
| 牛郎河隧道   | 3 920  | 单向、双车道    |
| 猫狸岭隧道   | 3 600  | 单向、双车道    |
| 秦岭终南山隧道 | 18 100 | 双洞、单向、双车道 |

表 1.2 世界上已建成和在建设的长度大于 10 km 的公路隧道

| 隧道名称             | 国家及地区  | 长度/m   |
|------------------|--------|--------|
| 勃朗峰(Mt. Blance)  | 法国—意大利 | 11 600 |
| 弗雷儒斯(Frejus)     | 法国—意大利 | 12 901 |
| 圣哥达(St. Gothard) | 瑞士     | 16 918 |
| 阿尔贝格(Arlberg)    | 奥地利    | 13 927 |
| 格兰萨索(GranSasso)  | 意大利    | 10 173 |
| 关越 I (Kan-Etsu)  | 日本     | 10 920 |
| 关越 II (Kan-Etsu) | 日本     | 11 010 |
| 居德旺恩(Gudvanga)   | 挪威     | 11 400 |
| Folgefonn        | 挪威     | 11 100 |
| AurlandLaerdal   | 挪威     | 24 500 |
| 坪林(Pinglin)      | 中国台湾地区 | 12 900 |
| Hida             | 日本     | 10 750 |

隧道技术的发展表明:今后隧道技术的研究方向为非爆破的机械化施工、合理规划与环境保护、设计可靠合理、使用安全等方面。我国是发展中国家,经济和技术力量基础还不太强,在隧道技术开发研究时,应在引进同时,立足于国内技术力量,提高我国的隧道技术水平。

## 1.2 隧道的分类及其作用

1970 年 OECD(世界经济合作与发展组织)隧道会议从技术方面将隧道定义为: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  $2\text{ m}^2$  以上者均为隧道。从这个定义出发,隧道包括的范围很大。从不同角度区分,可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;按施工方法分,可分为矿山法、明挖法、盾构法、沉埋法、掘进机法等;按埋置深度分,可分为浅埋和深埋隧道;按断面形式分,可分为圆形、马蹄形、矩形隧道等;按国际隧道协会(ITA)定义的断面数值划分标准分,可分为特大断面( $100\text{ m}^2$  以上)、大断面( $50\sim 100\text{ m}^2$ )、中等断面( $10\sim 50\text{ m}^2$ )、小断面( $3\sim 10\text{ m}^2$ )、极小断面( $3\text{ m}^2$  以下);按车道数分,可分为单车道、双车道、多车道。一般认为按用途分类比较明确,简述如下:

### 1.2.1 交通隧道

交通隧道是应用最广泛的一种隧道,其作用是提供交通运输和人行的通道,以满足交通线路畅通的要求,一般包括有以下几种。

#### (1) 公路隧道

公路隧道是专供汽车运输行驶的通道。

过去,在山区修建公路为节省工程造价,常常选择盘山绕行,宁愿延长距离而避开修建隧道昂贵的费用。随着社会经济和生产的发展,高速公路的大量出现,对道路的修建技术提出了较高的标准,要求线路顺直、坡度平缓、路面宽敞等,因此,在道路穿越山区时,出现了大量的隧道方案。隧道的修建在改善公路技术状态,缩短运行距离,提高运输能力,以及减少事故等方面起到重要的作用。我国正在修建的秦岭终南山隧道长  $18.1\text{ km}$ ,它的建成将翻越秦岭的道路缩短约  $60\text{ km}$ ,时间减少 2 个多小时。

#### (2) 铁路隧道

铁路隧道是专供火车运输行驶的通道。

铁路穿越山岭地区时,需要克服高程障碍,由于铁路限坡平缓,最大限坡小于  $2.4\%$ (双机牵引),这些山岭地区限于地形而无法绕行,常常不能通过展线获得所需的高程。此时,开挖隧道穿越山岭是一种合理的选择,其作用可以使线路缩短,减小坡度,改善运营条件,提高牵引定数。如宝成线宝鸡至秦岭段线路密集地设有 48 座隧道,占线路总延长的  $37.75\%$ ,可见山区铁路隧道的作用了。

#### (3) 水底隧道

水底隧道是修建于江、河、湖、海、洋下的隧道,供汽车和火车运输行驶的通道。

当交通线路跨越江、河、湖、海、洋下时,可以选择的方案有架桥、轮渡和隧道,但架桥受净空的限制,轮渡限制通行量,如果这些矛盾得不到有效的解决,水底隧道是一种很好的方案,其优点是不受气候影响,不影响通航,引道占地少,战时不暴露交通设施目标等优点,越来越受到人们青睐。在我国上海的黄浦江、广州的珠江都修建了跨江的水底隧道,水底隧道的缺点是造价较高。

#### (4) 地下铁道

地下铁道是修建于城市地层中,为解决城市交通问题的火车运输的通道。

地下铁道是在大城市中解决交通拥挤、车辆堵塞的有效途径之一。由于地下铁道能快速、安全、准时地大量输送乘客,成为大城市解决交通矛盾的有力手段。我国北京、上海、广州等城市已经建成的地下轨道交通系统,为改善城市的交通状况,减少交通事故起到了重要的作用。其他城市,如深圳、南京、青岛、大连、武汉、沈阳、重庆、哈尔滨、成都等已在规划和修建地下铁道。

#### (5) 航运隧道

航运隧道是专供轮船运输行驶而修建的通道。

当运河需要跨越分水岭时,克服高程的有力手段是修建运河隧道,其优点是:缩短航程,减少运营费用,河道顺直,航运条件大大改善。

#### (6) 人行隧道

人行隧道是专供行人通过的通道。

一般修建于城市闹区穿越街道,或跨越铁路、高速公路等行人众多,往来交错,车辆密集,以及偶有不慎便会发生交通事故的场合。人行隧道的作用是缓解地面交通压力,减少交通事故,方便行人。

### 1.2.2 水工隧道

水工隧道是水利工程和水力发电枢纽的一个重要组成部分。水工隧道包括以下几种:

#### (1) 引水隧道

引水隧道是将水引入水电站的发电机组或水资源的调动而修建的孔道。

引水隧道引入的水是水电站的发电机组的动力资源,因此,引水隧道作为引水的建筑工程,一般是要求内壁承压,但有时只是部分过水,内壁受大气压力而水压较小,甚至无水压,引水隧道可分为有压隧道和无压隧道。

#### (2) 尾水隧道

尾水隧道是将水电站发电机组排出的废水送出去而修建的隧道。

#### (3) 导流隧道或泄洪隧道

导流隧道或泄洪隧道是为水利工程中疏导水流并补充溢洪道流量超限后的泄洪而修建的隧道。它是水利工程的一个重要建筑,其作用主要是泄洪。

#### (4) 排沙隧道

排沙隧道是用来冲刷水库中淤积的泥沙而修建的隧道。

它是水库建筑物的一个组成部分,其作用是利用排沙隧道把泥沙裹带送出水库。同时也用来检查或修理时,放空水库里的水。

### 1.2.3 市政隧道

在城市的建设和规划中,充分利用地下空间,将各种不同市政设施安置在地下而修建的地下孔道,称为市政隧道。市政隧道与城市中人们的生活、工作和生产关系十分密切,对保障城市的正常运转起着重要的作用。其类型主要有:

### (1) 给水隧道

给水隧道是为城市自来水管网铺设系统修建的隧道。

在城市中,有序合理的规划和布置与人们生活和生产息息相关的给水管路,是城市市政基础设施的重要任务,要求不破坏市容景观,不占用地面,避免遭受人为的损坏。因此,修建地下孔道来容纳安置这些管道是一种合理的选择。

### (2) 污水隧道

污水隧道是为城市污水排送系统修建的隧道。

城市的污水,除部分对环境污染严重的采用净化返用或排放外,大部分的污水需要排放到城市以外的河流中去,这就需要有地下的排污隧道。这种隧道一般采用本身导流排送,此时隧道的形状多采用卵形,也可能是在孔道中安放排污管,由管道排污。排污隧道的进口处,多设有拦渣隔栅,把漂浮的杂物拦在隧道之外,不致涌入造成堵塞。

### (3) 管路隧道

管路隧道是为城市能源供给(煤气、暖气、热水等)系统修建的隧道。

城市中的管路隧道是把输送能源的管路放置在修建的地下孔道中,经过防漏及保温措施处理,能源就能安全地输送到生产和居家的目的地。

### (4) 线路隧道

线路隧道是为电力、通信系统修建的隧道。

在城市中,为了保证电力电缆和通信电缆不被人们的活动所损伤或破坏,避免悬挂高空影响市容景观,都修建专门的地下孔道安置它们。

在现代化的城市中,将以上4种具有共性的市政隧道,按城市的布局 and 规划,建成一个共用隧道,称为“共同管沟”。共同管沟是现代城市基础设施科学管理和规划的标志,也是合理利用城市地下空间的科学手段,是城市市政隧道规划与修建发展的方向。

### (5) 人防隧道

人防隧道是为战时的防空目的而修建的防空避难隧道。

城市中建造人防工程,是为了预防战争空袭的需要。人防工程是在紧急情况下,人们避难所用的,因此,在修建时应考虑人对生活环境的一般要求,除应设有排水、通风、照明和通信设备以外,还应考虑贮备饮水、粮食和必要救护设备。在洞口处还需设置防爆、防冲击波装置等。

## 1.2.4 矿山隧道

在矿山开采中,从山体以外通向矿床和将开采到的矿石运输出来,是通过修建隧道来实现的,其作用主要是为采矿服务的,有下列几种。

### (1) 运输巷道

向山体开凿隧道通到矿床,并逐步开辟巷道,通往各个开采面。前者称为主巷道,为地下矿区的主要出入口和主要的运输干道;后者分布如树枝状,分向各个采掘面,此种巷道多用临时支撑,仅供作业人员进行开采工作的需要。

### (2) 给水隧道

送入清洁水为采掘机械使用,并将废水及积水通过泵抽排出洞外。

### (3) 通风隧道

矿山地下巷道穿过的地层,一般都有地下有害气体涌出,采掘机械排出的废气,工作人