



高职交通运输与土建类专业规划教材

隧道施工

SUI DAO SHI GONG



主 编 宋秀清 刘 杰



人民交通出版社
China Communications Press



高职交通运输与土建类专业规划教材

隧道施工

SUI DAO SHI GONG



主 编 宋秀清 刘 杰



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书为高职高专交通运输与土建类专业规划教材之一。

本书根据最新铁路、公路隧道设计和施工规范编写,全面系统地介绍了隧道施工技术。全书共分十四章,包括隧道基本构造、隧道施工方法、隧道辅助作业、特殊地质地段隧道施工、隧道养护与维修等内容。

本书适于高职高专与各类成人教育的铁道工程、道路与桥梁工程、隧道及地下工程、城市轨道交通工程等相关专业学生使用,亦可为相关领域工程技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

隧道施工/宋秀清,刘杰主编. —北京:人民交通出版社,2009.9

ISBN 978-7-114-07173-7

I. 隧… II. ①宋…②刘… III. 隧道工程—工程施工—施工技术 IV. U455

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 093542 号

书 名:隧道施工

著 作 者:宋秀清 刘 杰

责任编辑:杜 琛

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:17.75

字 数:434 千

版 次:2009 年 9 月第 1 版

印 次:2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07173-7

定 价:35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高职交通运输与土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

邹德奎

副主任委员

车绪武 徐 冬 田和平 韩 敏

委员

(以姓氏笔画为序)

于景臣 刘会庭 李林军 孙立功

张修身 陈志敏 韩建芬 周安福

郑宏伟 赵景民 荣佑范 费学军

总顾问

毛保华

顾问

岳祖润 王新敏 王恩茂 关宝树

秘书

杜 琛

前言 Preface

21 世纪是地下空间资源大力开发利用的世纪,是隧道和地下工程大发展的世纪。隧道及地下工程是土木工程的一个重要领域,是人类拓展生存空间的重要方式,同时其具有节能、环保、抗震防灾、防御战争损毁等优势,因而在铁路、公路、水利水电、城市交通、市政设施、国防等方面得以广泛应用。当前,我国隧道及地下工程建设正步入高速发展时期,预计到 2020 年,我国将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。

本书是高职交通运输与土建类专业规划教材之一。本教材按最新铁路、公路隧道设计规范和施工规范要求编写。内容上将铁路、公路及城市轨道交通知识交叉、整合,力求使学生全面掌握隧道知识,并注重培养学生的职业能力,以实现高职高专学生所学知识和就业岗位要求贴合。本书适于高职高专院校隧道及地下工程专业、城市轨道交通工程专业及相关专业学生选作教材使用,亦可为相关领域的工程技术人员和管理人员参考使用。

全书共十四章,重点介绍了一般条件下隧道施工技术、特殊地质地段隧道施工技术、掘进机与盾构施工技术、沉管法施工技术以及隧道养护维修等方面的内容,并附以工程实例。

本书由宋秀清、刘杰任主编并统稿。具体编写人员分工如下:陕西铁路工程职业技术学院刘杰(绪论、第十二章、第十三章)、天津铁道职业技术学院张齐坤(第一章、第二章、第五章)、陕西铁路工程职业技术学院宋秀清(第四章、第六章、第九章、第十章、第十一章)、西安铁路职业技术学院张军(第三章、第七章、第六章第三节)、陕西铁路工程职业技术学院毛红梅(第八章、第十四章)。

本书在编写过程中得到了人民交通出版社的大力支持和帮助,并参考了大量国内专家和学者的著作资料,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不当和错误之处,敬请批评指正。

编者

2009 年 6 月

目录

Content

绪论	1
第一章 围岩分级与围岩压力	8
第一节 围岩分级	8
第二节 围岩压力	14
思考与练习	19
第二章 隧道基本构造	20
第一节 隧道主体建筑物	20
第二节 铁路隧道附属建筑物	35
第三节 公路隧道附属建筑物	41
第四节 案例(太行山隧道)	44
思考与练习	47
第三章 隧道施工方法	49
第一节 概述	49
第二节 隧道开挖方法	52
第三节 洞口和明洞施工	59
第四节 浅埋暗挖法	64
第五节 案例	65
思考与练习	68
第四章 隧道开挖	69
第一节 凿岩机具	69
第二节 爆破一般知识	71
第三节 隧道爆破设计	76
第四节 控制爆破	81
第五节 案例(IV级钻爆设计)	83

思考与练习	84
第五章 装碴运输	86
第一节 装碴运输机具	87
第二节 装碴	90
第三节 运输	91
第四节 卸碴	93
第五节 案例(太行山隧道装碴运输情况)	95
思考与练习	96
第六章 支护	97
第一节 初期支护	97
第二节 超前支护	109
第三节 二次衬砌混凝土施工	115
第四节 案例(复合式衬砌施工工序)	118
思考与练习	121
第七章 量测	122
第一节 监控量测	122
第二节 案例(将军沟隧道围岩监控量测)	131
思考与练习	136
第八章 辅助坑道	137
第一节 横洞	137
第二节 平行导坑	138
第三节 斜井	139
第四节 竖井	142
第五节 隧道建成后辅助坑道的处理	143
第六节 案例(函谷关隧道辅助坑道设计)	144
思考与练习	144
第九章 隧道防排水技术	145
第一节 概述	145
第二节 隧道防排水措施	147
第三节 防排水施工工艺	151

第四节 案例(溪涌隧道防排水技术)	156
思考与练习	158
第十章 辅助作业	159
第一节 通风防尘	159
第二节 压缩空气供应	165
第三节 施工供水与排水	168
第四节 施工供电及照明	170
第五节 案例(某隧道开工前准备工作)	173
思考与练习	175
第十一章 特殊地质地段隧道施工	176
第一节 膨胀性围岩	176
第二节 黄土	178
第三节 溶洞	180
第四节 松散地层	183
第五节 坍方	184
第六节 流沙	186
第七节 岩爆	187
第八节 高地温	188
第九节 瓦斯地层	190
第十节 案例	193
思考与练习	197
第十二章 掘进机与盾构	198
第一节 掘进机	198
第二节 盾构	205
第三节 案例(成都地铁盾构4标)	219
思考与练习	222
第十三章 沉管法施工	223
第一节 概述	223
第二节 沉管隧道设计	226
第三节 沉管施工	230
第四节 基础处理	235
第五节 案例(某沉管水底隧道方案)	240

思考与练习	243
第十四章 隧道养护与维修	244
第一节 隧道养护概述	244
第二节 隧道档案的建立	247
第三节 隧道水害及整治	249
第四节 衬砌裂损及整治	253
第五节 衬砌侵蚀及整治	259
第六节 有害气体防治	261
第七节 案例	264
思考与练习	269
参考文献	270

绪 论

一 隧道的概念

隧道工程是与人类生活息息相关的古老工程,原始人用以栖息而开挖的洞穴,是最原始的隧道工程。伴随着人类社会的发展与科学技术的进步,各种用途的隧道相继出现。

隧道通常是指修建在地层中的地下通道等工程建筑物。它被广泛地应用于公路、铁路、矿山、水利、市政和国防等方面,因此,可单纯理解为“地下通道”的隧道概念,也可扩大到地下空间利用的各个方面,即也可以把各种用途的地下通道和洞室都称之为隧道。

1970年,国际经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development,简称 OECD)隧道会议中定义隧道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大于 2m^2 的条形建筑物。

隧道建筑在 21 世纪以前,大多是交通运输隧道和水利隧道。由于隧道的修建使用,克服了平面、高程、江河等障碍,改善了运输条件,缩短了里程,节省了运费,提高了运输能力,使线路更加平缓顺直,从而能更好地满足高速行车的要求,取得理想的经济效果,因而大量隧道应用于铁路和公路等交通运输中,并且单座隧道的长度越来越长,已成为当前发展的趋势。

目前世界各国铁路上已建成的特长隧道有 50 多座,其中我国占 6 座,即大瑶山双线隧道(14.295km)、长梁山双线隧道(12.782km)、秦岭两座单线隧道(18.46km)、兰武铁路乌鞘岭单线铁路隧道(左、右线隧道各长 20.05km)、渝怀铁路圆梁山单线隧道(11.07km)。世界上最长的隧道为日本青函海底隧道(53.85km),第二长的是英、法海底隧道(50.5km)。近几年,由于客运专线开始建设,超过 10km 的单双线铁路隧道越来越多,如石太客运专线太行山隧道(左右线隧道各长 27.84km)、武广客运专线大瑶山隧道群(大瑶山 1 号隧道 10.08km,大瑶山 2 号隧道 6.03km,大瑶山 3 号隧道 8.39km)。隧道单座长度不断向长隧道发展,首先在技术上要解决一系列重大问题,而单座隧道长度是衡量隧道工程技术发展水平的重要标志之一。

在城市轨道交通中,地下铁道是解决大城市中繁忙的地面交通运输问题的重要手段之一。当前,我国地铁也正处于蓬勃发展阶段,北京、天津、上海、广州、南京、深圳等城市已有近 800km 地铁投入运营,新的线路正在不断修建。全国地铁已规划里程达 5500km。

随着我国城市化进程的进一步加快,城市人口的快速增长和土地资源的日趋稀缺,土地开发利用的重点已由地面向地下空间发展,需要大量建设地下交通、停车场、体育文化和地下商业等;同时,西部大开发、南水北调、西气东输、西电东送等重大工程的实施,将有许多穿山越岭的工程需要修建;沿海、沿江地区的进一步发展,需要解决大量的穿越江河湖海的交通问题;国家能源储备的加快需要建设更多的地下储藏洞室;水利水电资源的开发,将要修建更多的输水(引水)隧洞及地下厂房。总之,随着人们生活、生产需要,今后多用途、多功能的隧道,将会越来越多地修建。

隧道的基本分类与功能

依隧道所处的地质条件,可以分为土质隧道和石质隧道。

根据隧道的长度可以分为短隧道(铁路隧道规定: $L \leq 500\text{m}$;公路隧道规定: $L \leq 500\text{m}$)、中长隧道(铁路隧道规定: $500\text{m} < L \leq 3000\text{m}$;公路隧道规定: $500\text{m} < L < 1000\text{m}$)、长隧道(铁路隧道规定: $3000\text{m} < L \leq 10000\text{m}$;公路隧道规定: $1000\text{m} \leq L \leq 3000\text{m}$)和特长隧道(铁路隧道规定: $L > 10000\text{m}$;公路隧道规定: $L > 3000\text{m}$)。

按国际隧道协会(International Tunnelling Association,简称 ITA)定义的隧道的横断面积的大小划分标准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 100m^2)。

依隧道所在的位置,可以分为山岭隧道、水底隧道和城市隧道。

依埋置的深度,可以分为浅埋隧道和深埋隧道。

按照它的用途,可以分为交通隧道、水工隧道、市政隧道和矿山隧道。

1. 交通隧道

交通隧道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,一般包括以下几种。

1) 铁路隧道

开挖隧道直接穿山而过,既可使线路顺直,避免许多无谓的展线,使线路缩短;又可以减小坡度,使运营条件得以改善,从而提高牵引定数,多拉快跑。

2) 公路隧道

高速公路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。

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了重要的作用。

3) 水底隧道

当交通线路需要跨越江、河、湖、海、洋时,水底隧道方案的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,因此越来越受到青睐。

4) 地下铁道

地下铁道是解决大城市中交通拥挤、车辆堵塞问题的,能大量、快速地运送乘客的一种城市交通设施。

5) 航运隧道

当运河需要越过分水岭时,隧道将分水岭两边河道贯通,既可缩短航程,又可以省去船闸费用,并使航运条件大为改善。

6) 人行地道

为了提高交通运送能力及减少交通事故,除架设街心高跨桥以外,也可以修建人行地道来穿越街道或跨越铁路、高速公路等。

2. 水工隧道

水工隧道是水利工程和水力发电枢纽的重要组成部分,一般包括以下几种。

(1) 引水隧道。进行水资源的调动或把水引入水电站的发电机组,产生动力资源。引水隧道有的内部充水因而内壁承压,有的只是部分过水,因而内部只受大气压力而无水压,分别称

之为有压隧道和无压隧道。

(2)排水隧道。它是把发电机组排出的废水送出去的隧道。

(3)导流隧道或泄洪隧道。它是水利工程中的一个重要组成部分,由它疏导水流并补充溢洪道流量超限后的泄洪作用。

(4)排沙隧道。它是用来冲刷水库中淤积的泥沙,把泥沙裹带运出水库。有时也用来放空水库里的水,以便进行库身检查或修理建筑物。

3. 市政隧道

市政隧道指安置各种市政设施、改善人居环境、合理利用地下空间的洞室。

(1)给水隧道。布置城市自来水供水管网。

(2)污水隧道。本身导流排送或由管道排污。一般排污隧道的进口处,多设有拦碴隔栅,把漂浮的杂物拦在隧道之外,不致涌入隧道造成堵塞。

(3)管路隧道。供给煤气、暖气、热水等。

(4)线路隧道。铺设电力电缆、通信电缆等。

(5)人防隧道。为战时的防空目的而修建的防空避难隧道。

4. 矿山隧道

在矿山开采中,常设一些为采矿服务的隧道,从山体以外通向矿床,并将开采到的矿石运输出来。

1)运输巷道

主巷道:向山体开凿,通到矿床的隧道,是主要出入口和主要的运输干道。

支巷道由主巷道通往各个开采面的巷道,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

净化巷道中的空气,创造良好的工作环境,用通风机及时把有害气体和污浊空气排出去,并把新鲜空气补充进来。

隧道的基本构成

隧道能充分利用岩土地层的固有性质,达到最有效修建隧道的目的,从而获得良好的社会效益和经济效益。隧道一般由主体结构物和附属结构物两大部分构成。

1. 隧道主体结构物

主体结构物由围岩和支护结构共同组成,用来保持岩体的稳定和隧道在使用中的安全。支护结构又包括初期支护和二次衬砌。

隧道开挖后,为了有效控制和约束围岩的变形,根据不同围岩的稳定状态,及时施作喷射混凝土、锚杆、钢筋网、喷射钢纤维混凝土、钢支撑等结构组合起来的初期支护,以充分调动和发挥围岩的自承能力。同时,凭借初期支护良好柔性的特点,使得它在与围岩体共同变形的过程中,能有效地调整围岩应力,控制围岩作有限度的变形,进而将围岩体与初期支护构成统一的承载体系,提高围岩与支护的共同作用。

二次衬砌可以用喷射混凝土层柔性支护,也可以采用模筑混凝土施作,起到增加安全度、保护防水层、防止喷射混凝土层或围岩的风化并作为安全储备的作用,确保隧道主体结构的永久稳定和安全。

2. 隧道附属结构物

为了使隧道能够正常使用,保证车辆安全通行,还要设置一些附属结构物来配合。其中包括:隧道通风建筑物、安全避让设备、避难救援通道、防排水设备、照明设施和电力及通信信号的安放设备等。

由此可见,隧道附属结构物是为运营管理、维修养护、给水排水、供需发电、通风、照明、通信、安全而设置的。

隧道主体结构物与附属结构物一同构成隧道永久性的建筑物。

3. 隧道施工方法简介

在长期的隧道工程实践中,我国已经积累了相当丰富的理论和经验,特别是新奥法“充分利用围岩自身支护能力,及时施作初期支护”原则,在隧道工程中的推广应用。伴随着施工机械的不断现代化、高效易行的支护技术的巨大进步,逐步形成了“爱护围岩、内实外美、重视环境、动态施工”的施工理念。

当前,隧道施工方法有矿山法、明挖法、掘进机法、沉管法、盾构法等。

1) 矿山法

矿山法仍然是我国目前应用最广、最成熟的山岭隧道修建方法。施工时严格按照“钻孔→装药→爆破→通风→出碴”的顺序,一步一步循环开挖,并趋向大断面少分部开挖,辅以简单易行、安全可靠的强有力的支护结构。如全断面法、台阶法、分部开挖法中的中隔墙法(CD、CRD法)、侧壁导坑法等都是当前的主要开挖方法。

2) 明挖法

明挖法是在露天的路堑地面上,或是从地表向下开挖的基坑内,先修筑衬砌结构物,然后敷设外贴式防水层,再回填覆盖土石。明挖法多用于地下铁道、城市市政隧道、山岭隧道等埋深浅但难以暗挖的地段。

3) 掘进机法

岩石隧道掘进机法(Tunnel Boring Machine,简称 TBM)是利用岩石隧道掘进机在岩石地层中暗挖隧道的一种施工方法。它是利用刀具一次便将隧道整个断面切削成型,掘进同时,还兼有出碴及自动推进的功能。1999年建成的全长 18.457km 秦岭隧道的 1 号线隧道则是用直径为 8.8m 的全断面掘进机开挖,实现了隧道施工机械化。岩石隧道掘进机的断面外径大,可达 10m 多,小则仅 1.8m,并且岩石掘进机和辅助施工技术日臻完善,以及现代高科技成果的应用(液压新技术、电子技术和材料科学技术等),大大提高了岩石掘进机对各种困难条件的适用性。

4) 盾构法

盾构法(Shield)应用于软土、流沙、淤泥等特殊地层。盾构法隧道施工的基本原理是用一个有形的钢质组件沿隧道设计轴线开挖土体,并向前推进。这个钢质组件在初步或最终隧道衬砌建成前,主要起防护开挖出的土体、保证作业人员和机械设备安全的作用,这个钢质组件简称为盾构。盾构的另一个作用是能够承受来自地层的压力,防止地下水或流沙的入侵。上海、广州地铁线的施工表明,盾构施工不仅不受地面交通、河道、潮汐、气候条件的影响,而且盾

构的推进、出土、衬砌拼装等可实现自动化、智能化和施工远程控制信息化,掘进速度较快,施工劳动强度较低,并具有显著的环保功能。

5) 沉管法

沉管法是将预制好的隧道管段拖航浮运到隧址,沉入基槽并进行水下连接,从而形成隧道。珠江和甬江这两座水下隧道的成功修建,标志着我国已具备了用管段沉放法修建水下隧道的能力,并掌握了相关技术。

4. 我国隧道施工技术的发展

伴随着 21 世纪世界科学技术的创新、全球经济一体化的发展,在交通运输、水利水电、矿藏采掘,特别是高速铁路、城市轨道交通及多层次地下空间的利用等方面,对隧道工程在数量和难度上提出了更高的要求。大规模的地下工程建设必然促进隧道修建技术的进步。

1) 山岭隧道施工技术

(1) 大瑶山隧道

我国修建长度 10km 以上的铁路隧道的实践是从修建 14.295km 长的双线隧道——京广铁路大瑶山隧道开始的。在这座隧道的施工中,采用凿岩台车、衬砌模板台车和高效能的装运工具等机具配套作业,实行全断面开挖。大瑶山隧道是我国山岭隧道采用重型机具综合机械化施工的开端,将隧道工程的修建技术和修建长大隧道的能力提高到了一个新的阶段,缩短了同国际隧道施工先进水平的差距。

(2) 秦岭隧道

西康线秦岭隧道工程由 1 号线(左线)和 2 号线(右线)两座平行隧道组成,隧道通过地区岩性主要为混合片麻岩及混合花岗岩。其中 2 号线隧道是用新奥法开挖的。采用轨行门架三臂钻孔台车、挖掘机、装载机、大容积梭式矿车等重型机具,先开挖断面为 $26\sim 30\text{m}^2$ 的导坑,平均月进尺达 264m。值得指出的是,在 2 号线导坑的开挖中采用直径 1.3m 的风管,110kW 风机创造了单台风机独头通风距离 6000m 的记录,超过 6000m 后,再串联一台风机,到独头通风距离 9500m 时,作业面空气仍符合标准要求。秦岭隧道的 1 号线隧道则是用直径为 8.8m 的全断面掘进机开挖的,实现了隧道施工作业的工业化、自动化和信息化,为国内岩石掘进机施工积累了宝贵的经验。

(3) 秦岭终南山隧道

位于我国国道主线包头—北海段在陕西境内的西康高速公路北段,同时也是银川—武汉主干线的西部大通道共用的“咽喉工程”,隧道穿越秦岭山脉的终南山,单洞全长 18.02km,双洞长 36.04km。秦岭终南山特长公路隧道按双向车道高速公路标准建设,隧道净宽 10.5m,限高 5m,设计行车速度为 80km/h,总投资为 31.93 亿元人民币。工程于 2002 年 3 月开工,隧道已于 2004 年 12 月 13 日全线贯通,并于 2007 年 1 月 20 日正式通车。

这一具有世界规模的工程克服了地质断层、涌水、岩爆等施工中的难题,借鉴日本、美国、奥地利、德国、挪威等国家的特长隧道建设经验,吸取了欧洲三起隧道大火灾经验教训,破解通风、火灾、监控等运营中的重大技术难题,使秦岭终南山公路隧道具有国际领先的防灾救援系统、监控管理系统和运营服务系统。

2) 客运专线隧道施工技术

(1) 太行山隧道

太行山隧道为双洞单线,穿过海拔为 1311m 的太行山山脉主峰越宵山,全长 27.839km,是石太铁路客运专线重点控制性工程。

在太行山隧道施工过程中,通过采用长隧道硬质围岩快速施工技术、长距离掘进施工通风技术研究、双车道斜井无轨运输快速施工技术、轨道斜井有轨运输快速施工技术、长隧道控制测量技术等,以及多斜井多工作面同时开挖的高效组织模式,为国际和国内形成膨胀岩石判定统一标准提供了宝贵的参考依据,为我国特长隧道建设积累了宝贵经验。

太行山隧道于2005年6月11日动工修建,2007年12月22日全线贯通,2009年1月1日正式通车,2009年2月18日动车组试验车运行。

(2)秦东隧道

秦东隧道位于陕西省潼关县境内,为双线黄土隧道,是郑西铁路客运专线的控制性工程,最大开挖断面达 170m^2 ,而且为湿陷性黄土隧道,是我国特有的黄土高原地质隧道。

这座特大断面湿陷性全黄土隧道已于2008年4月顺利贯通。黄土隧道开挖时极易变形和坍塌,该隧道在施工过程中,提出了“步长控制”隧道安全施工理论,创造了黄土隧道施工单位作业面月进度 105m 的国内记录。

黄土高原占我国国土面积的近 $1/20$,在未来公路、铁路建设中,黄土隧道施工将占很大比例,而秦东隧道的施工经验将为国内黄土隧道施工提供可靠的实践和理论依据。

3)海底隧道施工技术

(1)武汉长江隧道

武汉长江隧道全长 3.63km ,为双线双车道,设计行车速度为 50km/h ,工程概算投资 20.5 亿元,是我国修建的第一条长江公路隧道。隧道过江段左右线合计 3630m ,工程涉及富水地层深基坑施工、大断面泥水平衡盾构掘进、大跨隧道浅埋暗挖施工、联络通道冷冻法施工等工程技术,施工综合性强。

武汉长江隧道采用了直径达 11.38m 的大断面泥水平衡盾构,在防洪设施密集、城市建筑众多的中心城区掘进中,很好地解决了盾构姿态控制、高水压、超浅埋、强透水等技术难题,并实现了复杂地质变化环境下,盾构机一次性成功穿越 2500 多米的长距离掘进。

该隧道于2008年4月19日成功双线贯通,并进入路面铺设阶段,2008年12月28日进行试通车,该隧道是长江上第一条穿江隧道,又称“万里长江第一隧”。

(2)厦门翔安隧道

厦门翔安隧道是一项规模浩大的跨海工程,全长 8.69km ,其中海底隧道长约 6.05km ,跨越海域 4.2km 。隧道最深处位于海平面下约 70m ,工程总投资约 32 亿元人民币,是我国大陆地区第一座海底隧道。设计采用三孔双向 6 车道隧道方案,两侧为行车主洞,各设置 3 车道,中孔为服务隧道,主线设计行车速度为 80km/h 。隧道于2005年开工,预计2009年底通车,按 100 年的设计使用年限确保工程的安全性和耐久性。

翔安隧道不仅是我国大陆第一座海底隧道,而且还是一座钻爆法施工的海底隧道。在强风化的松软土层、浅滩段透水沙层、海底风化深槽等恶劣地质条件下,分别采用了CRD四部工法和双侧壁导坑法施工,地下连续墙井点降水、全断面帷幕注浆技术等先进施工技术和工艺,对探索适合我国国情的海底隧道建造技术,为类似工程的动工兴建,缩小与世界先进水平的差距,都将起到里程碑式的作用。

4)高原隧道施工技术

青藏铁路有 4 座海拔在 4000m 以上的隧道。其中烽火隧道是高海拔的隧道,轨顶高程 4906m ,长 1210m 。昆仑山隧道处于海拔 $4600\sim 4700\text{m}$ 区段,全长 1686m ,地处两条逆冲断层间的隆起盘中。高原缺氧、冻土、冻融是高原隧道设计施工的巨大难题。昆仑山隧道设计采用

一次模筑支护+复合防水板+隔热保温层+复合防水板+二次钢筋混凝土衬砌5层结构,施工中采取特殊的控温、通风、排水、供氧和健康监测等措施,确保了隧道的顺利施工。

烽火山隧道和昆仑山隧道在2002年全线贯通,是我国在高原隧道的设计和施工技术方面取得的新突破,并位于世界前列。

关角隧道是青藏铁路西格(西宁—格尔木)二线重点控制性工程,隧道全长32.6km,是目前国内在建的海拔最高的隧道,施工难度罕见。关角隧道总投资约25亿元,预计2012年4月完工。

5) 隧道地质预报

地质预报是隧道施工的依据,超前进行地质预报,可以减少施工的盲目性,特别是确保恶劣地质条件下的施工安全。如渝怀(重庆—怀化)铁路是一条山岭铁路,在11km长的圆梁山隧道施工过程中,采用地质雷达、TSP202探测设备、钻孔法等综合技术,对隧道地质进行超前探测和预报。

当前,对施工中的地质超前预报技术的开发与完善,发展多种勘探手段以迅速获取更多的地质信息资料,已成为隧道安全顺利施工的重要组成部分。

以上仅仅是我国隧道施工技术发展进步的一个侧面,有关隧道施工中的新技术、新工艺将在本书中作进一步介绍。随着我国经济的高速发展,从发展趋势来看,隧道将势必在公路、铁路等交通运输,以及城市地下空间利用这两个大的方面获得长足的发展,并将发挥越来越重要的作用。据不完全统计,目前我国大陆拥有铁路隧道7500余座,总延长米达4300km;拥有公路隧道4673座,总延长米达2555.5km。从最近几年的建设规模和难度来看,单洞长度超过20km的特长铁路隧道和连拱、单洞双车道以及单洞四车道的公路隧道、双层水下公路隧道均脱颖而出。在发展速度方面,铁路隧道和公路隧道分别以每年约300km和150km的速度增长。

根据我国中长期路网规划,近十几年内将修建1200km的客运专线隧道工程,相当于国外已通车运营的高速铁路隧道的总长度,客车速度目标值达到200km/h以上。截止到2004年底,国家已批复即开工的客运专线隧道有495座,总长度约663km。

随着2008年4月18日全长1320km京沪高速铁路(全线隧道总长度11.5km)的开工建设,预示着我国隧道施工建设正步入一个新的发展阶段。

第一章 围岩分级与围岩压力

【本章职业能力目标】 通过本章学习,使学生具备判断围岩级别的能力;具备判断隧道深浅埋的能力。

【学习要求】 了解隧道围岩的概念及围岩分级的方法;掌握围岩基本分级及其修正的因素;掌握围岩压力的计算方法。

第一节 围岩分级

一 概述

围岩是指隧道开挖后其周围产生应力重分布范围内的岩体,或指隧道开挖后对其稳定性产生影响的那部分岩体(这里所指的岩体是土体与岩体的总称)。

修建隧道所遇到的地质条件从松散的流沙到坚硬的岩石,从完整的岩体到极破碎的断裂构造带等,其变化幅度大。在不同的岩体条件中开挖隧道后岩体所表现出的形态是不同的,可归纳为充分稳定、基本稳定、暂时稳定和不稳定四种。

由于隧道工程所处的地质环境十分复杂,人们对它的认识还远不够完善。根据长期的工程实际,工程师们认识到各种围岩的物理性质之间存在着一定的内在联系和规律,依照这些联系和规律,可将围岩划分为若干级,这就是围岩分级。围岩分级的目的是:作为选择施工方法的依据;进行科学管理及正确评价经济效益;确定结构上的荷载(松散荷载);给出衬砌结构的类型及尺寸;作为制定劳动定额、材料消耗标准的基础等。

围岩分级在当前以经验判断为主的技术水平的情况下,显得尤为重要。因此各国都研究实施了众多的分级方法。人们从使用的角度,要求比较理想的分级方法是:准确客观,有定量指标,尽量减少因人而异的随机性;便于操作,适于一般勘测单位所具备的技术装备水平;最好在挖开地层前得出结论。

二 围岩的分级方法

围岩分级的方法有多种,它是在人们的不断实践和对围岩的地质条件逐渐加深了解的基础上发展起来的,不同的国家、不同的行业都根据各自的工程特点和目的提出了各自的围岩分级方法。现行的许多围岩分级方法中,作为分级的基本要素大致有以下三大类。

第Ⅰ类:与岩性有关的要素,例如分为硬岩、软岩、膨胀岩等。其分级指标是岩石强度和变形性质等,例如岩石的单轴抗压强度、岩石的变形模量或弹性波速度等。

第Ⅱ类:与地质构造有关的要素,如软弱结构面的分布与性态、风化程度等。其分级指标采用诸如岩石的质量指标、地质因素评分法等。这些指标实质上是对岩体完整性或结构状态