

新世纪土木工程系列规划教材

隧道工程

岳强 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新世纪土木工程系列规划教材

隧道工程

主 编 岳 强

副主编 赵志刚 路桂华

参 编 茅晓辉 史 红 赵 曼



机械工业出版社

前言

隧道具有缩短线路长度,提高道路的可靠性和安全性,以及在国防意义上存在的隐蔽性等优点。我国是一个多山地带国家,隧道工程一直比较发达,至今隧道总长度居世界第一。我国当前正在进行大规模的基础建设,可以预见在未来的几十年内中国必将修建大量的铁路、公路和市政交通隧道。

我国的隧道建设正面临着一个新的发展时期,近年来,随着公路、高速铁路和城市市政工程建设的发展,特别是大量高等级公路和铁路的修建,促进了隧道工程技术的发展。我国在隧道工程的设计理论及方法、建筑材料和施工工艺、养护技术与管理等方面都开展了大量的研究工作,取得了许多新的科技成果,积累了丰富的工程实践经验。

本书力求反映本领域最新的科学技术成就,吸收国内外成功的经验和先进的理论与方法,并且以我国最新出版的相关工程技术标准、规范为依据,叙述隧道工程中的关键技术,以达到理论联系实际的目的。内容着眼于使读者掌握隧道工程的基本概念、基本理论和施工方法,希望通过课程学习和工程实践,使读者掌握隧道工程的特点及技术要领,了解其发展趋势和融入这一领域内的新技术、新理论和新进展,使读者能逐步应用所学知识,参考及运用有关规范,顺利地从事隧道工程方面的技术工作,分析和解决隧道工程中的问题。

本课程是一门理论与实践并重、工程性较强的课程,讲授本课程除了系统的课堂教学之外,应配合实地参观、试验操作、课程设计、施工实习等教学环节,以提高学生的感性认识和系统接受能力。

全书共12章,第1、6、8章由山东农业大学岳强编写;第4、5、9章由山东科技大学赵志刚编写;第2、3、10章由山东农业大学路桂华编写;第7章由中煤科工集团重庆研究院茅晓辉编写;第11章由石家庄铁道大学赵曼编写;第12章由山东交通学院史红编写,茅晓辉为本书编写提供了大量工程实例,全书由岳强完成统稿和修改工作。

限于编者水平,本书如有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 隧道工程的概念及种类	1
1.2 世界隧道工程的发展简况	4
1.3 我国隧道建设中应注意的问题	9
第2章 隧道工程勘测设计	11
2.1 隧道工程勘测	11
2.2 隧道及洞门位置选择	14
2.3 隧道平、纵断面设计	19
2.4 隧道横断面设计	21
第3章 隧道结构构造	26
3.1 衬砌构造	28
3.2 洞门	34
3.3 明洞	41
3.4 内壁装饰、顶棚及路面	44
3.5 隧道的通风构造物及其他附属设施	49
第4章 围岩分级及围岩压力	57
4.1 隧道围岩的概念及工程性质	57
4.2 围岩分级	66
4.3 围岩压力	78
第5章 隧道支护结构设计计算	92
5.1 隧道设计计算理论的发展	92
5.2 结构力学方法	96
5.3 岩体力学方法	121
5.4 隧道洞口计算	128
5.5 隧道抗震计算	134
第6章 隧道施工	139
6.1 概述	139
6.2 新奥法施工方法	142

6.3	传统矿山法	153
6.4	围岩的预加固	157
6.5	洞口段施工方法	167
6.6	明洞施工方法	170
6.7	隧道爆破施工	172
6.8	装渣与运输	179
6.9	初期支护	185
6.10	监控量测与数据分析	191
6.11	二次衬砌	196
6.12	辅助坑道	201
第7章	隧道特殊地质地段施工	205
7.1	概述	205
7.2	膨胀土围岩	206
7.3	黄土地质	209
7.4	溶洞处理措施	210
7.5	松散地层和流砂	213
7.6	岩爆	215
7.7	高地温	216
7.8	瓦斯地层	218
7.9	坍方处理	220
第8章	隧道掘进机施工	224
8.1	概述	224
8.2	开敞式掘进机	227
8.3	掘进施工	231
8.4	掘进机施工配套的支护形式	236
第9章	隧道施工辅助作业	239
9.1	压缩空气供应	239
9.2	施工供水和排水	242
9.3	供电及照明	247
9.4	通风与防尘	253
第10章	隧道防水、排水设计与施工	264
10.1	隧道防水、排水设计	264
10.2	隧道防水、排水施工	287
10.3	隧道渗漏治理	300

第 11 章 隧道的管理与养护维修	305
11.1 公路隧道运营管理系统	305
11.2 隧道的防灾	310
11.3 隧道的养护与维修	312
11.4 隧道病害处治	319
11.5 隧道附属设施养护	323
第 12 章 高速铁路的隧道工程	325
12.1 国内外高速铁路隧道发展概况	325
12.2 高速铁路隧道工程的特点	327
12.3 高速铁路隧道的空气动力学问题	333
12.4 减少隧道空气动力效应的工程对策	337
参考文献	340

第 1 章 绪 论

1.1 隧道工程的概念及种类

隧道是构筑在离地面一定深度的岩层或土层中用做通道的工程建筑物，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，将隧道定义为“以任何方式修建，最终使用于地表以下的条形建筑物，其空洞内部净空断面大于 2m^2 的洞室”。

隧道工程的泛指有两方面的含义：一方面是指从事研究和建造各种隧道工程的规划、勘测、设计、施工和养护的一门应用科学和工程技术，是土木工程的一个分支；另一方面也指在岩体或土层中修建的通道和各种类型的地下建筑物。

在山岭地区，隧道可用于克服地形或高程障碍、改善线形、提高车速、缩短里程、节约燃料、节省时间、减少对植被的破坏、保护生态环境，还可用于防止落石、坍方、雪崩、崩塌等危害。在城市，隧道可减少用地，构成立体交叉，解决交叉路口的拥挤阻塞和疏导交通。在江河、海峡、港湾地区，隧道可不影响水路通航。修建隧道能使路线平顺、行车安全、节省费用，能提高行车舒适性，战时能增加隐蔽性和提高防护能力，并且不受气候影响。

隧道的种类繁多，从不同角度区分，可得出不同的隧道分类。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（ 100m^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（ 3m^2 以下）；按车道数分，可分为单车道隧道、双车道隧道、多车道隧道。2010 年交通运输部颁布的 JTG/T D70—2010《公路隧道设计细则》中，按照隧道的长度分为特长隧道（大于 3000m ）、长隧道（大于 1000m 并小于等于 3000m ）、中长隧道（大于 500m 并小于等于 1000m ）和短隧道（小于等于 500m ）。一般认为按隧道的用途分类比较明确，介绍如下：

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，一般包括以下几种：

(1) 公路隧道 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,宁愿延长距离而节省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况、缩短运行距离、提高运输能力、减少事故等方面起到重要的作用。我国2007年竣工的秦岭终南山隧道长18.1km,它的建成将翻越秦岭的道路缩短约60km,时间减少2个多小时。

(2) 铁路隧道 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,山岭地区限于地形,无法绕行,常常不能通过展线获得所需的高程。开挖隧道穿越山岭是一种合理选择,其作用是可以使线路缩短,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,占线路总长的37.75%。

(3) 水底隧道 修建于江、河、湖、海下,供汽车和火车运输行驶的通道。当交通线路通过江、河、湖、海时,可以选择的方案有架桥、轮渡和隧道。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,越来越受到人们青睐。在我国上海跨越黄浦江、广州穿越珠江都修建跨江的水底隧道缺点是造价较高。

(4) 地下铁道 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,可以大量、快速、安全、准时地输送乘客,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,对改善城市的交通状况,减少交通事故起到了重要的作用。目前,我国已有36个城市上报了城市轨道交通建设规划,其中33个城市正规划建设地铁,已经得到国家批复的有28个。

(5) 航运隧道 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,克服高程障碍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 专供行人通过的通道。一般修建于城市闹区穿越街道或铁路、高速公路等行人众多,往来交错,车辆密集,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。

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 将水引入水电站的发电机组或为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,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，故分为有压隧道和无压隧道两种类型。

(2) 尾水隧道 用于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 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，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 用来冲刷水库中淤积的泥沙而修建的隧道。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。

3. 市政隧道

在城市的建设和规划中，为充分利用地下空间，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、工作和生产的关系十分密切，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 为城市自来水管网敷设系统修建的隧道。在城市中，有序、合理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选择。

(2) 污水隧道 为城市污水排送系统修建的隧道。城市的污水，除部分对环境造成污染的要进行净化返用或排放外，大部分的污水需要排放到城市以外的河流中去，因此需要有地下的排污隧道。

(3) 管路隧道 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的孔道中。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 为电力和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，可以修建专门的地下孔道安置电缆。

(5) 人防隧道 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，是为了满足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。

在现代化的城市中，将给水隧道、污水隧道、管路隧道和线路隧道这四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。

4. 矿山隧道

在矿山开采中，为了能从山体以外通向矿床和将开采到的矿石运输出来，通过修建隧道来实现，矿山隧道的作用主要是为采矿服务，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。

(2) 给水隧道 送入清洁水为采掘机械使用，并将废水及积水抽排出洞外。

(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，工作人员呼出的气体，使得巷道内空气变得污浊。如果地层中的气体含有瓦斯，将会危及人身安全。因此，净化巷道的空气，创造良好的工作环境，必须设置通风巷道，把有害气体排除，补充新鲜空气。

1.2 世界隧道工程的发展简况

人类很早以前就利用自然洞穴作为住处。当社会发展到能够制造挖掘工具时，就出现了人工挖掘的隧道。我国最早有文字记载的地下人工建筑物，出现在东周初期（约公元前七百年），《左传》中有“掘地及泉，随而相见”的记载。最早用于交通的隧道为“石门”隧道，位于今陕西省汉中市褒谷口内，建于公元66年。用做地下通道的还有安徽亳州城内的古地下坑道，建于宋末元初（约十三世纪），是我国最早的城市地下通道。

在其他古代文明地区也有很多著名的古隧道，如公元前2180至公元前2160年，在古巴比伦城幼发拉底河下面修筑的人行隧道，是迄今已知最早用于交通的隧道，为砖砌构造物。那不勒斯与普佐利（今意大利境内）之间的婆西里勃隧道，完成于公元前36年，至今仍可使用。它是在凝灰岩中凿成的垂直边墙无衬砌隧道。

约于公元7世纪，我国隋末唐初时的孙思邈在《丹经》一书中记载了黑火药的制法，公元1225年以后传入伊斯兰国家，13世纪后期传到欧洲，17世纪初奥地利的工业家首先用于开矿。1866年瑞典人诺贝尔发明黄色炸药，为开凿坚硬岩石提供了条件。

近代隧道兴起于运河时代，从17世纪起，欧洲陆续修建了许多运河隧道。法国的兰葵达克运河隧道，建于1666~1681年，长157m，它可能是最早用火药开凿的隧道。1830年前后，铁路成为新的运输手段。随着铁路运输事业的发展，隧道也越来越多。1895~1906年已出现了长19.73km穿越阿尔卑斯山脉的最大铁路隧道。目前最长的铁路隧道已达57km。最早出现的较为完善的水底道路隧道建于1927年，位于纽约哈德逊河底。

我国的公路隧道建设起步较晚，在全国解放时，我国公路隧道数量仅有30多

座，其总长约为 2.5km，其平均长度不足百米。从 1978 年改革开放起，我国基础设施建设十分迅速，隧道建设的数量和规模不断扩张，20 世纪 80 年代，首先在我国经济较为发达的东南沿海地区修建了长度超过 1000m 的隧道，如深圳的梧桐山隧道长度超过 2000m，并首次在国内采用全横向通风。20 世纪 90 年代，公路的迅速发展对公路隧道提出了越来越高的要求，隧道建设的意义也越来越多地为人们所认识和重视，公路隧道工程遍布全国各地，同时，施工和管理难度也不断加大，我国早期建成的长度为 3160m 的成渝高速公路中梁山隧道，施工过程中遇到了大量涌水和瓦斯等不良地质问题；长度超过 4000m 的川藏公路二郎山隧道，位于高海拔严寒地区，开挖遇到了高地应力和岩爆等问题；2007 年建成的秦岭终南山隧道，长度超过 18km，建设过程中几乎遇到了所有的不良地质类型，在通风和运行环境方面处理起来都很有难度。近 20 年来隧道建设年增长速度不断刷新，修建的国内特长隧道见表 1-1。

表 1-1 我国修建的部分特长公路隧道

序 号	隧 道 名 称	长度/m	位 置	车 道 数	通 风 方 式
1	秦岭终南山隧道	18020	陕西	2×2	3 竖井分段纵向式
2	大坪里隧道	12290	甘肃	2×2	2 竖井分段纵向式
3	包家山隧道	11500	陕西	2×2	3 斜井分段纵向式
4	宝塔山隧道	10391	山西	2×2	竖斜井送排式纵向通风
5	泥巴山隧道	9985	四川	2×2	斜井 + 竖井分段纵向式
6	麻崖子隧道	9000	甘肃	2×2	斜竖井送排 + 射流风机纵向式
7	龙潭隧道	8700	湖北	2×2	立坑送排 + 射流风机纵向式
8	米溪梁隧道	7923	陕西	2×2	左（右）洞单井送排式通风
9	括苍山隧道	7930	浙江	2×2	纵向式 + 半横流式（排烟）
10	方斗山隧道	7581	重庆	2×2	2 座斜井送排式纵向通风

随着我国城市化速度的不断推进，特别是山区城市建设的快速扩张，与宽阔的城市主干道对应的隧道必然是大跨度隧道，随着隧道跨度的增加，建设难度和工程造价大为提高，我国修建的部分大跨度公路隧道见表 1-2。

表 1-2 我国修建的部分大跨度公路隧道

序 号	隧 道 名 称	长度/m	位 置	车 道 数 × 隧 道 洞 数
1	白鹤嘴隧道	1240	重庆	4×2
2	龙头山隧道	1020	广东	4×2
3	万石山隧道	1170	福建	最宽处 25.89m 的地下立交
4	大阁山隧道	496	贵州	4×1

(续)

序号	隧道名称	长度/m	位置	车道数×隧道洞数
5	金州隧道	521	辽宁	4×1
6	雅宝隧道	260	广东	4×2
7	金鸡山隧道	200	福建	4×2(连拱)
8	罗汉山隧道	300	福建	4×2(连拱)
9	魁岐隧道	1596	福建	最宽处 27.42m 的地下立交

从 20 世纪 90 年代开始,随着隧道工程施工技术的提高,采用水下隧道连接江河两岸的路线已经常见,如上海延安东路隧道、广州珠江隧道、南京玄武湖隧道、宁波常洪隧道及厦门海底隧道等水下隧道。采用隧道下穿江河的方案有较多优点,既不影响地面景观,又不影响航运,还与两岸道路接线方便。1993 年在广州珠江建成了我国第一条江底沉管隧道,1995 年又在宁波甬江建成了我国第二条江底沉管隧道,这两条沉管隧道的建成为我国后来进一步在长江、黄河以及海峡修建水底沉管隧道积累了丰富经验。我国香港穿越维多利亚海湾连接九龙半岛与香港的 5 条通道中,全部为水底隧道,而没有采用桥梁方案。表 1-3 列出了我国建设的部分水下公路隧道。

表 1-3 我国修建的部分水下公路隧道

序号	隧道名称	长度/m	位置	车道数	通风方式
1	胶州湾海底隧道(钻爆)	7800	山东	3×2	纵向式
2	厦门海底隧道(钻爆)	5960	福建	3×2	纵向式
3	上海长江隧道(盾构)	8955	上海	3×2	横向式
4	南京长江隧道(盾构)	3825	江苏	3×2	纵向式
5	武汉长江隧道(盾构)	3630	湖北	2×2	横向式
6	上中路隧道(盾构)	2800	上海	2×2	横向式(双层双向)
7	复兴东路隧道(盾构)	2785	上海	3×2	横向式(双层双向)
8	南京玄武湖隧道(盾构)	2660	江苏	3×2	纵向式
9	大连路隧道(盾构)	2566	上海	2×2	横向式
10	外环越江隧道(沉管)	2882	上海	4×2	纵向式
11	珠江隧道(沉管)	1238	广东	3+3	纵向式(道路、铁道并用)
12	宁波常洪隧道(沉管)	1053	浙江	2×1	纵向式

目前世界上已建成公路隧道,最长的是挪威修建的拉尔达公路隧道,长度达 24.5km。世界上长公路隧道的概况列于表 1-4。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隧道,全长 11.6km,道路宽 7.0m,从顶板到路面高 6m,断面呈马蹄形,衬砌厚 80cm,法国侧入口标高为 1274m,意大利侧标高为 1381m,

最大埋深约 2500m，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。

表 1-4 世界各国已建成的部分长度大于 10km 的公路隧道

隧道名称	国家	长度/m
勃朗峰 (Mt. Blanc)	法国、意大利	11600
弗雷儒斯 (Frejus)	法国、意大利	12901
圣哥达 (St. Gothard)	瑞士	16918
秦岭终南山隧道	中国	18020
大坪里隧道	中国	12290
包家山隧道	中国	11500
宝塔山隧道	中国	10391
阿尔贝格 (Arlberg)	奥地利	13927
格兰萨索 (Gran Sasso)	意大利	10173
关越 I (Kan-Etsu)	日本	10920
关越 II (Kan-Etsu)	日本	11010
居德旺恩 (Gudvanga)	挪威	11400
Folgefonn	挪威	11100
Aurland Laerdal	挪威	24500
坪林 (Pinglin)	中国	12900
Hida	日本	10750

现代隧道建设的发展与以下因素有关：① 人类科学技术的进步，尤其是计算机技术和信息技术的快速发展，使得能够详细计算和分析隧道开挖过程的受力，计算和施工控制方法完全与隧道实际施工过程吻合；② 隧道掘进的机械设备不断完善并且智能化，可以最大限度保护围岩整体性；③ 人类对生态环境保护要求的提高；④ “以人为本”建设理念的深入。

现代隧道建设发展的特点包括下面几点：

1. 隧道越修越长

随着道路等级标准的逐渐提高，隧道设计理论和施工技术的不断改进，公路隧道的修筑长度由 20 世纪的 2~3km 发展到现在的数十千米。特长隧道的成功修建，除了公路等级标准要求的提高外，新的施工工艺、现代通风监测技术以及许多成功工程起着决定性的作用。

2. 曲线隧道多

在新的隧道设计理论和施工技术推动下，特别是在总结公路隧道运营管理的实

实践经验后,现代公路隧道的选线已经完全打破了过去“宁直勿弯”的规则,曲线隧道逐渐增多,目前国外更为多见。如奥地利巴拉斯基复线隧道,结合地形和环境条件设计了一段长1.2km的曲线隧道。曲线隧道逐渐增多的原因主要有:①避开不良地质区域,提高隧道结构安全性;②限制行车速度,充分保证行车安全;③有效控制加速出洞而引起眩光现象,对避免发生交通事故很有帮助,体现“以人为本”的设计理念。

3. 纵向式通风方式占主导地位

20个世纪,国外建成的近400座长度超过3km的公路隧道中,多数为全横向式通风或半横向式通风,以瑞士、奥地利和意大利为代表。近年来,随着纵向通风方式在长大公路隧道的实践,公路隧道的通风方式基本上分为两个派别,以欧洲为代表的横向式通风或半横向式通风,和以亚洲日本为代表的纵向式通风。随着汽车排污限制标准的提高,控制公路隧道通风量的因素已经从CO逐渐过渡为烟雾浓度,加之双洞方案逐渐取代单洞方案,所以分段的纵向通风方式已经占主导地位。日本研究者认为:加静电除尘器的分段纵向通风方式可以适应任何交通形式和任何长度的公路隧道。欧洲各国也逐渐转变传统观念,在许多新建或者增加修建的复线长大公路隧道中,用分段纵向通风方式取代过去的横向通风方式。我国修建的若干座长大公路隧道基本上是采用纵向式通风方式或分段纵向通风方式。

4. 双洞取代单洞

单洞双向交通隧道不能充分利用车辆交通通风,并且要求通风设备装机容量增加,特别是单洞双向交通的事故率远远高于双洞单向交通,因而近年来双洞单向交通隧道逐渐取代单洞双向交通隧道。据不完全统计,国外正将早期建设的100多座单洞双向交通隧道改变为双洞单向交通隧道,这对于降低通风难度,节约能量,减少交通事故都很有帮助,此外,双洞交通可以大大提高交通量,满足防灾救灾和战备要求。我国建设的高速公路隧道全部为双洞单向交通隧道,二级公路及其二级以下公路隧道基本上都是单洞双向交通隧道。一些二级公路的单洞双向交通隧道,随着交通量的增大,也逐步改为双洞单向交通隧道。

5. 隧道功能多样化

特长公路隧道、建设难度大的隧道以及造价很高的隧道会引起人们的关注和好奇心,因此,旅游观光成为长大公路隧道的另一明显特点,突出例子有英吉利海峡隧道、东京湾隧道和上海延安东路隧道等,这些有特点的隧道不仅可作为观光场所,同时也是及其重要的交通通道。在我国秦岭终南山隧道建设前,陕西省政府曾提出了将隧道的通行功能和隧道区域自然环境与旅游观光融为一体的设想,在已经建成的秦岭终南山隧道内专门建设了若干景观带,有效地与通风设施和交通工程结合。此外,隧道常常还作为各种管道的通道,如水管、电气管道、通信管道以及其他特殊管道等,这些管道在隧道建设前都要做专门设计和布置。

1.3 我国隧道建设中应注意的问题

目前,世界科技发展正在开拓着两个引人注目的领域,一个是宇宙空间,另一个是地下空间。随着能源问题的矛盾日益尖锐,隧道会越来越受欢迎,因其在节能方面的作用,隧道工程将会起着越来越重要的作用。

近年来我国公路建设发展快速,到2020年,将基本建成国家高速公路网络——“7918”高速公路网,以满足人们出行需要和经济发展。由于高速公路线形的技术指标高,当高速公路进入山区或重丘区时,不可避免地需要采用隧道来穿越山岭。因此,在我国中西部山区修建高速公路,通常桥梁和隧道长度的比例都较高,大约占总长的40%~80%,而且建设难度较大。

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。我国是人口众多的发展中国家,进入21世纪后随着基础设施建设的快速推进和不断完善,经济增长速度快,经济实力不断增强,隧道和桥梁的数量已经跃居世界第一。但是,在施工设备及其自动化方面还有待提高,在隧道施工技术开发研究方面,应在引进国外先进技术的同时,立足于国内技术开发力量,提高我国的隧道施工机械装备水平,做到在隧道建设过程中尽量少损伤围岩,以提高隧道使用的安全度。

在隧道建设和维护技术方面,尚有以下若干急需解决的技术问题:

1) 进一步完善隧道工程设计施工的法规和技术规程建设,做到有法可依。树立科学发展观,实现工程建设、经济与自然环境的协调发展。

2) 加强设计、施工、验收、运营各阶段管理制度建设。实现隧道工程建设的科学管理,使管理体制同国际接轨。

3) 进一步通过科学试验和计算,完善在动静荷载作用下地下结构与围岩介质的共同作用理论,明确隧道和地下工程各阶段荷载分布,使结构内力分析、断面设计方法更符合实际。

4) 隧道地质勘察技术,隧道地质超前预报技术,地质类别评判技术等。

5) 隧道施工工艺,隧道围岩变形自动检测预警技术,机械自动喷射混凝土技术,现场衬砌拼装技术,防水、排水技术,长竖井施工技术,深水施工技术,富水和软岩隧道的人工冻结施工技术 etc。

6) 先进施工机械的研制,先进的各类施工工法和专家系统的提出,如隧道凿岩机、各种盾构机和微型自动导航地下施工机械等。

7) 运营监控技术,高效节能照明技术,最佳自动风机调控技术,静电除尘技术等。

8) 隧道安全标准,隧道内交通标志设置技术,隧道灾害检测技术,隧道防渗

漏技术，隧道降噪防光污染技术，隧道防火救援救灾逃生技术，隧道灾害处理技术等。

9) 隧道废气处理技术，废水回收处理技术，隧道区域环境及生态保护技术等。

10) 促进施工队伍技术素质的提高，加强经济技术管理，降低工程造价。

11) 加强环境保护意识，注意隧道和地下工程施工运营中不产生对环境不利的影 响和公害或采取适当措施将影响减到可以接受的程度。应逐步建立、健全大型隧道及地下工程施工监测监控、环境病害预测防治系统。

隧道工程应用到许多领域，已经成为国家建设、人民生活和生产的重要组成部分。近年来我国隧道工程的建设取得了很大的成就，隧道技术有了相当大的发展，但是还存在许多问题和有待研究提高的地方，如到目前为止，我们对围岩的性质还只能从定性的角度去衡量，工程应用中偏离较大；计算模型的选用和计算理论还不完全符合实际；施工技术水平和 管理方法还较落后等，所有这些都 有待于隧道工作者去研究解决。我们相信：通过我们不懈的努力，勇于实践，不停地探索，我国的隧道建设技术一定会达到世界水平。

第2章 隧道工程勘测设计

隧道规划和设计应遵循充分发挥隧道功能和安全、经济建设隧道的基本原则，有完整的勘测和调查资料，综合考虑地形、地质、水文、气象、地震和交通量及其构成，以及营运和施工条件，进行多方案的技术、经济和环保比较，使隧道设计符合安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进的要求。

公路隧道工程勘测设计的一般规定包括以下几点：

1) 根据不同设计阶段的任务、目的和要求，针对公路等级、隧道的特点和规模，确定所要搜集、调查的资料的内容和范围，并认真进行调查、测绘、勘探和试验，调查的资料应齐全、准确，满足设计要求。

2) 调查应分施工前调查和施工中调查两个阶段。施工前各阶段的调查内容、范围、精度等应符合相应设计阶段的要求；施工中的调查应及时进行，预报和解决施工中遇到的地质问题，为验证或修改设计、施工提供依据。

3) 根据隧道所通过地区的地形、地质条件，并综合考虑调查的阶段、方法和范围等，编制相应的调查计划。在调查过程中，如发现实际地质情况与预计的情况不符，应及时修正调查计划。

4) 围岩分级应采用定性划分和定量评级相结合的综合评判方法。

2.1 隧道工程勘测

2.1.1 隧道工程勘测阶段

隧道是道路的组成部分，隧道的勘测与道路勘测相适应。道路勘测分三个阶段：可行性研究勘察阶段、初测阶段、定测阶段。隧道工程在公路可行性研究通过的基础上，分初测与定测两阶段。对于特长或控制路线方案的隧道和地形、地质条件复杂的隧道应当采取两阶段勘测；对于地形、地质相对简单的隧道可以采取一阶段勘测，称作一次定测。

1. 隧道的初测

初测是在批准的工程可行性研究报告推荐建设方案的基础上，在初步选定的路线内进行勘察，其任务是满足初步设计对资料要求。根据工程地质条件，优选路线方案。在路线基本走向范围内，对可能作为隧道线位的区间进行初勘，重点勘察不良地质地段，以明确隧道能否通过或如何通过，提供编制初步设计所需全部工程地