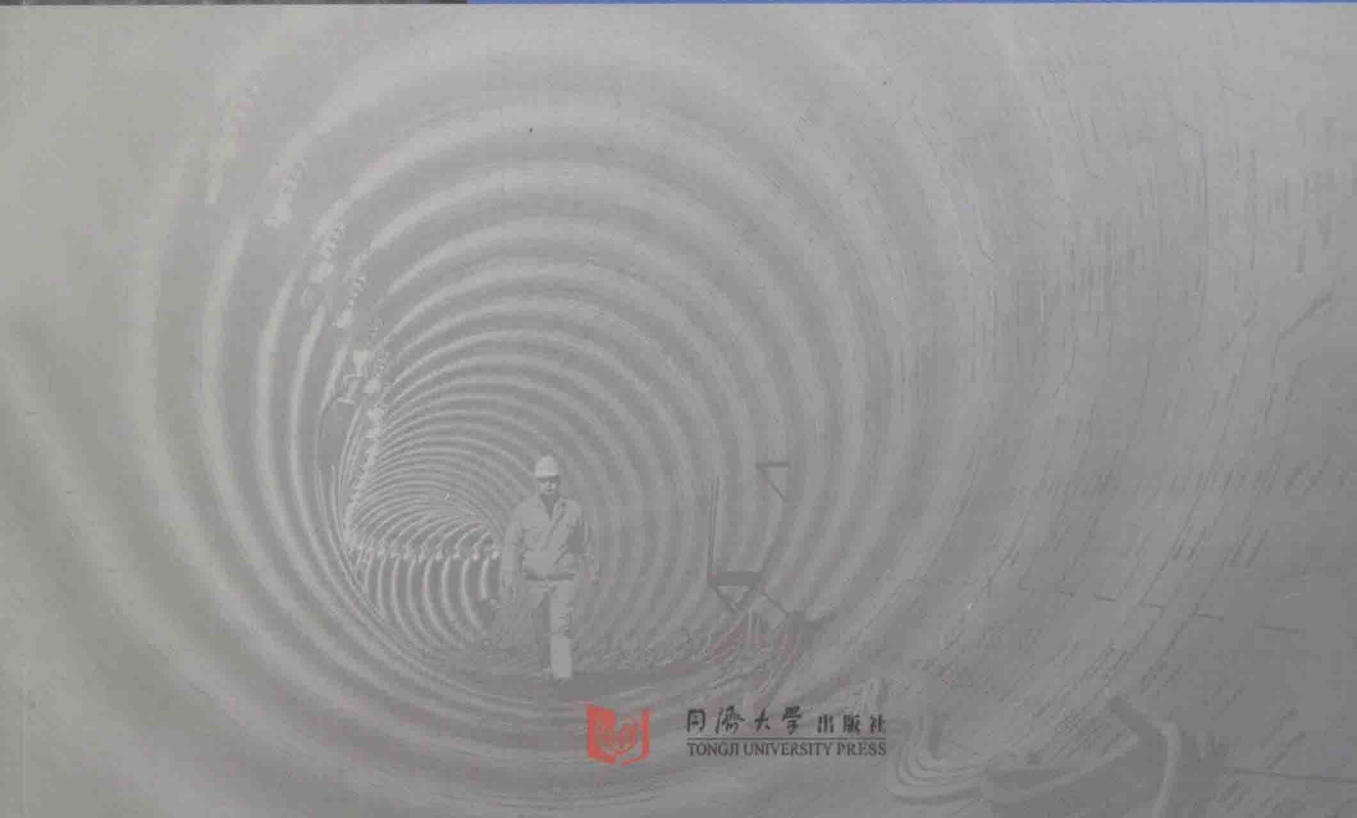




城市隧道工程

URBAN TUNNEL ENGINEERING

杨新安 丁春林 徐前卫 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

城市隧道工程

杨新安 丁春林 徐前卫 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

城市隧道工程 / 杨新安, 丁春林, 徐前卫编著. -- 上海: 同济大学出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-5608-5572-1

I. ①城… II. ①杨…②丁…③徐… III. ①城市隧道—隧道工程—高等学校—教材 IV. ①U459.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 172004 号

城市隧道工程

杨新安 丁春林 徐前卫 编著

出品人 支文军 策划编辑 杨宁霞 责任编辑 胡毅(huyi@china.com)

封面设计 陈益平 责任校对 徐春莲

出版发行 同济大学出版社 www.tongjiipress.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、建筑书店、网络书店

印 刷 大丰市科星印刷有限责任公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 15

字 数 374 000

版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5572-1

定 价 38.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

内 容 提 要

本书结合近年来城市隧道工程设计理论、施工技术与运营管理的发展,较为系统地介绍了城市隧道工程地质、线路设计与结构设计、施工方法和技术要点,以及城市隧道安全与防灾、运营与管理。全书共分7章,第1章为绪论,第2—7章以地铁隧道、城市公路隧道、城市铁路隧道三种类型城市隧道为对象,分别阐述了城市隧道工程地质、城市隧道线路设计、城市隧道结构设计、城市隧道工程施工、城市隧道安全与防灾和城市隧道运营与管理。

本书可作为高等学校土木工程、交通工程专业城市隧道工程课程的教材或参考书,也可供从事城市隧道工程研究、设计、施工和运营管理的人员参考。

前 言

城市隧道是城市地下空间的重要形式,是庞大的城市地下空间的主要组成部分,是城市地下空间的“动脉”。城市隧道工程是从事研究和建造城市各种隧道工程的规划、勘察、设计、施工和维护的一门综合性应用科学与工程,是土木工程的一个分支。

世界,特别是中国的城市化进程越来越快,大城市和特大城市越来越多。“城市让生活更美好”道出了人类对理想城市生活的期望,而“隧道让城市更美好”则说明了人类在城市发展到一定阶段后,“向地下要空间”成为一种必然选择。城市隧道所处的特殊的地理位置、地层介质和复杂环境,决定了城市隧道的设计、施工需要考虑比山岭隧道更多的因素和有着更高的要求,也存在许多需要解决的特殊问题,尤其是沿海沿江城市,淤泥土、软土、复合地层等特殊地层导致其施工难度更大。

在中国,城市隧道工程的学科理论处于发展初期,但工程建设又正处在高潮期,这方面的理论、技术都非常迫切地需要发展起来。遗憾的是,有关城市地下空间的书籍较多,而城市隧道工程方面的专门书籍还几乎没有。在当前城市隧道工程实践迫切需要与之相适应的设计理论、施工技术、运营管理与维修技术时,本书试图满足这一需求,反映现代城市隧道的学科内容和进展,既为高等院校师生提供一种适用的专门教材,也可供隧道工程科技人员参考。

本书共分7章,第1章绪论说明了城市隧道的概念、特征、类型和城市隧道工程发展与面临的问题,第2—7章以地铁隧道、城市公路隧道、城市铁路隧道三种主要类型的城市隧道为对象,分别讨论了城市隧道工程地质、城市隧道线路设计、城市隧道结构设计、城市隧道工程施工、城市隧道安全与防灾和城市隧道运营与管理。

本书由同济大学杨新安、丁春林、徐前卫编著,杨新安编写第1、2、7章,丁春林编写第4、5章,徐前卫编写第3、6章,全书由杨新安和郭乐统稿。同济大学研究生郭乐、李志清、苏培森协助整理书稿并查阅资料,郭乐还参与了本书第2、4、5章部分内容的编写工作,为本书完成作出贡献。

本书在编写过程中,参阅了大量论文和技术资料,恐未全部列出,在此谨向有关专家和作者表示感谢!由于作者学术水平有限,书中疏漏之处难以避免,欢迎读者批评指正,意见请 Email:xyang@tongji.edu.cn。

作 者

2014年12月于同济园

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 城市隧道	1
1.1.2 城市隧道工程	1
1.2 城市隧道种类与特征	2
1.2.1 城市隧道的种类与功能	2
1.2.2 城市隧道工程特征	3
1.3 城市隧道工程发展和存在的问题	4
1.3.1 世界城市隧道发展	4
1.3.2 中国城市隧道发展	6
1.3.3 城市隧道发展中需要注意及解决的问题	7
第 2 章 城市隧道工程地质	9
2.1 城市隧道工程地质勘察	9
2.1.1 城市隧道工程地质勘察工作流程	9
2.1.2 不同勘测阶段的工作内容	10
2.1.3 勘察方法	12
2.2 城市隧道工程地质类型	13
2.2.1 砂卵石地层	13
2.2.2 软土地层	15
2.2.3 复合地层	17
2.2.4 岩石地层	20
2.2.5 黄土地层	21
2.3 岩土工程性质与分级(类)	24
2.3.1 意义与重要性	25
2.3.2 分类原则和依据	25
2.3.3 土的分类	26
2.3.4 岩石的分级(类)	27
2.3.5 岩土的描述	32

2.4 地层应力	35
2.4.1 基本概念与基本知识	35
2.4.2 初始应力实测成果与一般规律	36
2.4.3 浅部地层地应力实测	38
2.4.4 隧道开挖过程中的应力释放和位移释放	40
第3章 城市隧道线路设计	41
3.1 城市地铁线网规划	41
3.1.1 地铁线网规划的原则及内容	41
3.1.2 地铁线路设计	46
3.2 城市隧道平面、纵断面设计	49
3.2.1 城市地铁隧道	49
3.2.2 城市公路隧道	52
3.2.3 城市铁路隧道	53
3.3 城市隧道横断面设计	56
3.3.1 城市地铁隧道	56
3.3.2 城市公路隧道	57
3.3.3 城市铁路隧道	59
第4章 城市隧道结构设计	62
4.1 城市隧道结构与构造	62
4.1.1 矿山法隧道结构与构造	62
4.1.2 浅埋暗挖法隧道结构与构造	65
4.1.3 盾构法隧道结构与构造	66
4.1.4 沉管法隧道结构与构造	68
4.1.5 明挖法隧道结构与构造	69
4.2 围岩压力	70
4.2.1 围岩压力定义及分类	70
4.2.2 影响围岩压力的因素	71
4.2.3 围岩松动压力的形成	71
4.2.4 围岩松动压力的确定方法	72
4.3 盾构隧道结构设计计算	82
4.3.1 弹性匀质圆环法	82
4.3.2 弹性铰圆环法	85
4.3.3 梁-弹簧模型算法	91
4.3.4 管片截面设计计算	93
4.4 矿山法隧道结构设计计算	96
4.4.1 结构力学方法	96
4.4.2 岩体力学方法	101

4.4.3 衬砌截面设计计算	109
4.5 明挖法隧道结构设计计算	113
4.5.1 结构计算模型	113
4.5.2 荷载作用模式	114
4.5.3 结构计算方法	114
4.6 沉管法隧道结构设计计算	114
4.6.1 作用荷载	115
4.6.2 结构计算	116
4.6.3 浮力计算	116
4.7 城市隧道防排水设计	117
4.7.1 城市隧道防排水原则与等级	117
4.7.2 城市隧道工程防水要求	119
4.7.3 暗挖法隧道防排水技术	120
4.7.4 盾构法隧道防水技术	127
4.7.5 沉管隧道防水技术	131
4.7.6 明挖法隧道防水技术	132
第5章 城市隧道工程施工	135
5.1 新奥法施工	135
5.1.1 概念与发展	135
5.1.2 新奥法基本原则	137
5.1.3 新奥法支护系统	138
5.2 浅埋暗挖法施工	139
5.2.1 地层预加固和预支护技术	140
5.2.2 隧道开挖	141
5.2.3 初期支护	142
5.2.4 二次衬砌	142
5.3 盾构法施工	142
5.3.1 盾构构造与分类	143
5.3.2 盾构选型	149
5.3.3 盾构施工技术	151
5.3.4 盾构施工地表沉降预测和控制	159
5.4 沉管法施工	162
5.4.1 干坞修筑	163
5.4.2 管段预制	163
5.4.3 管段浮运	164
5.4.4 沉管基槽施工	164
5.4.5 管段沉放	165
5.4.6 水下连接	167

5.4.7 基础处理及回填	168
5.5 明挖法施工	170
5.5.1 敞口放坡明挖法	170
5.5.2 具有围护结构的明挖法	171
5.6 掘进机法施工	174
5.6.1 隧道掘进机破岩原理	175
5.6.2 施工工艺	176
5.6.3 施工原则与特点	178
5.6.4 施工措施	179
5.7 隧道施工信息化监测	180
5.7.1 概述	180
5.7.2 暗挖法隧道施工监测	180
5.7.3 盾构法隧道施工监测	187
5.7.4 明挖法隧道施工监测	190
第6章 城市隧道安全与防灾	194
6.1 城市隧道防灾设计思想及措施	194
6.1.1 城市隧道防灾设计思想	194
6.1.2 城市隧道灾害预防措施	195
6.2 城市隧道防火灾	196
6.2.1 城市隧道火灾原因分析	196
6.2.2 城市隧道工程火灾特点	197
6.2.3 隧道防火设计	197
6.3 城市隧道防水灾	198
6.3.1 城市隧道防水现状	199
6.3.2 防水灾基本原则和重点	199
6.3.3 防水灾措施	199
6.4 城市隧道防恐	200
6.4.1 地铁恐怖灾害特点	201
6.4.2 地铁恐怖活动的目的	201
6.4.3 地铁恐怖活动的时间	201
6.4.4 地铁反恐策略	202
第7章 城市隧道运营与管理	204
7.1 城市隧道通风与照明	204
7.1.1 城市隧道内的空气质量标准	205
7.1.2 地下铁道通风	207
7.1.3 城市公路隧道通风	210
7.1.4 城市铁路隧道通风	211

7.1.5 城市隧道照明	211
7.2 城市隧道维修管理	214
7.2.1 城市隧道维修管理模式	214
7.2.2 城市隧道检查	215
7.2.3 城市隧道状态评估	217
7.2.4 城市隧道养护维修	218
7.3 城市隧道病害与防治	219
7.3.1 渗漏水	219
7.3.2 隧道收敛变形	221
7.3.3 盾构隧道纵向变形	222
7.3.4 管片开裂损伤	224
参考文献	226

第1章 绪论

城市隧道是城市地下空间的主要组成部分,有多种类型,它明显不同于山岭隧道,存在许多需要解决的特殊问题。在城市隧道工程快速发展的过程中,必须注意和解决好规划、设计、施工、风险管理等一系列问题。

1.1 概述

1.1.1 城市隧道

城市是人类社会经济发展到一定阶段的产物。根据2010年第六次全国人口普查数据,截至2010年底,按市辖区城镇常住人口计算,中国大陆有特大城市87座,其中2000万以上1座,1000万~2000万3座,500万~1000万10座,200万~500万28座,100万~200万45座。

在世界城市化快速发展过程中,许多大中城市普遍存在“城市病”,表现为中心地区人口密集、建筑物林立、空间拥挤、交通堵塞等现象。城市空间饱和与交通拥堵成为其中的共性问题,在许多特大与大城市中表现得非常突出。

针对上述问题与现状,立体化地利用城市空间,即合理协调地利用城市地上、地面和地下空间成为必然选择。合理开发与综合利用城市地下空间资源,不仅有助于缓解当前存在的各种城市矛盾,满足社会和经济发展的需要,而且为进一步建设现代化城市开辟了广阔的前景。城市地下空间开发利用已经成为提高城市容量、缓解城市交通、改善城市环境的重要手段。发达国家城市化发展中的经验为我们提供了很好的借鉴,通过城市地下空间开发和利用,实现部分城市功能向地下转移,伦敦、纽约、巴黎和东京等城市都有成功的实例可供参考。

城市地下空间包括地铁、地下商场、地下娱乐场所、地下停车场、地下仓库、地下人防工程、地下变电站、地下管网等,其类型繁多、形态错综复杂。

城市隧道是修建在城市地下用于通行车辆、行人、缆线、空气、水等的通道,或者用于储存和商业目的的空间。城市隧道是城市地下空间的重要形式,是庞大的城市地下空间的主要组成部分,是城市地下空间的“动脉”。

1.1.2 城市隧道工程

城市隧道工程是对城市各种隧道工程的规划、勘察、设计、施工和维护等进行研究的一

门综合性应用科学与工程技术,是土木工程的一个重要分支。

城市隧道工程的规划须符合整个城市的总体规划,与城市地下空间的开发相互协调,实现城市地下空间与城市隧道一体化;其勘察需在城市复杂的环境中进行,但钻探深度不大;城市隧道的设计需综合考虑其交通类型或用途对其限界、线型、坡度、洞身所处地层层位等的要求;城市隧道的施工是在复杂的城市环境和地质体中实施的,其约束条件、要求和难度远大于山岭隧道;城市隧道的养护维修水平也比山岭隧道要高,要求更严格。

1.2 城市隧道种类与特征

1.2.1 城市隧道的种类与功能

隧道按所处位置分为山岭隧道和城市隧道;按埋深分为浅埋隧道和深埋隧道,城市隧道多为浅埋隧道。

城市隧道按所处地层介质分为土质隧道和石质隧道;按用途可分为地铁隧道、城市公路隧道、城市铁路隧道和其他类型城市隧道。

1. 地铁隧道

地下铁道,简称地铁。国际隧道协会定义地铁为轴重相对较重、单方向输送能力在3万人次/h以上的城市轨道交通系统。线路通常设在地下隧道内,在城市中心以外的地区线路也可从地下转到地面或高架上。地铁隧道主要有区间隧道、联络通道、折返线隧道、行人通道等形式。

2. 城市公路隧道

城市公路隧道是指城市交通道路在某区段采用地下隧道方式所建造的地下公路,包括下穿江河湖海、下穿立交的城市公路隧道。

随着城市规模的扩大和城市形态的变化以及交通方式的立体发展,为了缓解地面空间的拥挤,也为了实现交叉路口的立体通行和快速通畅,或者当城市处在山地丘陵地貌时,尤其当城市环境质量(空气中有毒有害气体、噪声等指标)要求已限制了发展地面、上部(高架)交通体系时,为了保证城市交通的正常和对城市发展的促进,就需考虑建设城市公路隧道,甚至建造地下快速公路网。在城市的交通量较大的地段,建设适当规模的地下快速道路是非常需要的,能够有效缓解交通矛盾。

3. 城市铁路隧道

为避免占用宝贵的城市土地资源,也为了减轻铁路对城市环境的影响,修建在城市地下的铁路隧道称为城市铁路隧道。城市铁路隧道有两类,一类是干线在城市地下穿越的隧道,如京广铁路石家庄城市铁路隧道、广深港铁路穿越深圳城区铁路隧道、武广高铁浏阳河隧道;另一类是连接大城市中两个车站之间的直径线,如北京站与北京西站直径线、天津站与天津西站直径线。城市铁路隧道要结合城市总体规划和城市地下空间的开发,综合考虑进行设计。城市铁路隧道的施工方法有盾构法、矿山法、明挖法等。随着城市土地资源日趋紧张,建设城市铁路隧道,将铁路置于城市地下是一种发展趋势。

4. 其他类型城市隧道

(1) 市政隧道

市政隧道包括市政给水、排水、引水以及铺设地下电缆、煤气管道等的隧道,如上海市“合流污水”工程建造了几十公里的大直径排水隧道,上海第三水源地工程——青草沙水源地原水工程修建了穿越长江口的大型水下引水隧道。

设置通信电缆、电气设备、燃气设备、上下水道等两种以上的地下埋设物的隧道称之为市政地下管道,这些埋设物一般都设在道路路面之下的隧道中。

(2) 人行通道

人行通道是修筑于城市地下用于人员或非机动车通行的隧道。

1.2.2 城市隧道工程特征

城市隧道所处的特殊的地理位置、地层介质和复杂环境,决定了城市隧道的设计、施工需要考虑比山岭隧道更多的因素,有着更高的要求,也存在许多需要解决的特殊工程问题,尤其是沿海沿江城市,淤泥土、软土等特殊地层以及复杂多变的地层都导致其开挖难度更大。总的来讲,城市隧道工程的特征有下列六点。

1. 城市地质与隧道工程关系密切,多数城市地质条件复杂

城市隧道多位于地层浅部,穿越的岩土体大多是第四纪的沉积层或者堆积层,穿越地层变化较为频繁,地层的工程地质和水文地质条件较差,性质软弱,自稳能力较差,遇水易失稳。因此,总体来讲,多数城市的工程地质条件较为复杂,例如,广州、深圳等珠三角地区城市的工程地质、水文地质条件复杂多变,地下隧道经过海积、海冲积、冲积平原和台地等多种地貌单元,常位于“软硬交错”地层(上部为人工填土、黏性土、淤泥质土、砂类土及残积土,下部为花岗岩、微风化岩等坚硬岩石层,甚至遇到“孤石”),还常遇到断裂破碎带和溶洞等特殊地质构造,穿越或临近江河湖海,地下水丰富、水位高。

城市隧道工程一般线路长,穿越不同的地质土层,可能遭遇流沙层、膨胀土、高压缩性软土和淤泥土、风化破碎岩石、浅层瓦斯、大涌水、硫化氢气体、地下空洞等,土质的离散性也较大。这些条件都不利于工程建设,并容易诱发灾害;而且,一旦线路确定,就无选择性。

2. 工程周边环境复杂

城市隧道或地下工程大都位于城市市区,周围建筑物密集、地下管线布设复杂、人口众多、交通繁忙、施工场地有限;不可避免地要临近或穿越既有建筑物、道路、立交桥桩基础、既有隧道及地下管线等进行施工,城市隧道的设计和施工受已有建筑与结构的影响大,不仅要确保隧道工程本身结构的稳定性和强度要求,还要确保周围的既有建筑物、地下管线或其他市政设施不会因为隧道修建产生过大的变形甚至破坏;当城市隧道临近或下穿居住区、医院、学校等时,还要求在修建及运行过程中实施减振、降噪措施。因此,城市隧道工程对安全的要求更高。总之,城市隧道工程环境复杂,不可预见因素较多。

3. 全长浅埋

城市隧道大多为浅埋隧道,埋深一般在 20 m 左右,且属全长浅埋隧道。浅埋隧道变形会波及地表与地面设施,这就需要对施工过程中与运营期间的隧道围岩及上覆地层的变形和对地下水等的影响进行全面和全过程控制。

续表

序号	城市	城市人口(万人)	区域人口(万人)	线路(km)	地下线路(km)	高架线路(km)	地面线路(km)	车站数(个)	供电电压(V)	受流方式
7	墨西哥	982	2 400	202	147	15	40	175	DC750	三轨/架空线
8	柏林	347	438	153	90.3	10.7	52	170	DC780/600	三轨
9	首尔	1 023	1 350	287	90.3	77.5		263	DC1500	三轨
10	马德里	294	400	227	105	3	5	190	DC600	架空线
11	华盛顿	56	300	166	65	10	40	83	DC750	三轨
12	斯德哥尔摩	72	160	106	62			100	DC650/750	三轨
13	大阪	259		116	93	11		111	DC750	三轨/架空线
14	北京	627	1 400	373				223	DC750	三轨
15	上海	700	1 412	431				251	DC750	架空线
16	广州	322	794	211				143	DC1500	架空线
17	深圳	110	246	179				118	DC1500	架空线
18	瓦伦西亚	85		135				109	DC650/750	架空线
19	奥斯陆	48		119				96	DC750/680	三轨/架空线
20	旧金山	72	363	153				43	DC1000	三轨
21	墨尔本	315		372				209	DC1500	架空线
22	悉尼	310		352.6				306	DC1500	架空线

注:根据“中国交通运输协会统计信息(2012-03-22)”、《简氏机车车辆市场预测报告》(2005)等数据整理而成。

近年来,包括城市隧道在内的城市地下空间的发展更为迅速。日本东京首条地下高速路“东京中央环状新宿线”经过池袋、新宿和涩谷三个重要商业区,于2007年3月开通之后,不仅大大缩短了通行时间,而且还有效缓解了市中心地区的交通拥挤,减轻了市内环境污染问题;巴黎市提出的地下机动车交通系统,在巴黎构筑两环加放射的地下道路网,可解决机动车在城市内部的快速通行问题;美国波士顿中央大街改造方案是在已有的中央大街下面建设一条地下快速干道,在波士顿海湾建设一条海底隧道用来连接机场和城市中心,建立一个新的交通系统,完善城市交通,并以此为契机改善城市环境,对波士顿的社会生活产生了重大影响,见图1-1。

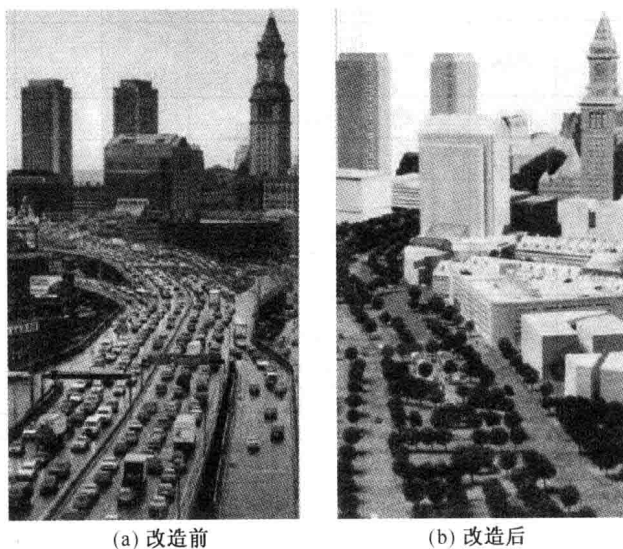


图 1-1 美国波士顿中央大街改造前后

1.3.2 中国城市隧道发展

进入 21 世纪,随着我国城市化进程的加快,大城市的交通、环境以及文物保护等问题日益突出,为了满足城市功能的需要,我国的城市轨道交通工程建设已逐渐进入高潮,截止到 2012 年 12 月 31 日,我国内地已有北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、武汉、南京、沈阳、长春、大连、成都、西安、昆明、苏州、杭州、佛山等 17 个城市累计开通 70 条城市轨道交通运营线路(含试运营线路),总运营里程达到 2 064 km(详见表 1-2),其中地铁 1 726 km,占 84%;轻轨 267 km,占 13%;现代有轨电车 41 km,占 2%;磁浮 30 km,占 1%。

表 1-2 2012 年全国已开通城市轨道交通线路运营里程统计表

序号	城市	运营线路/条	形式及运营里程(km)				车站数 (个)	总里程 (km)	备 注
			地 铁	轻 轨	现代有 轨电车	磁 浮			
1	北京	16	442.0	—	—	—	275	442.0	2012 年开通线路 4 段,新增里程为 69 km
2	上海	13	425.1	—	9.2	30.0	295	464.3	
3	天津	5	76.9	52.3	7.9	—	96	137.0	2012 年开通线路 3 段,新增里程为 54 km
4	重庆	4	55.8	75.3	—	—	91	131.1	2012 年开通线路 4 段,新增里程为 56 km
5	广州	8	220.9	—	—	—	137	220.9	统计调整,计入广佛线广州段 6 km 和 APM 线 4 km
6	深圳	5	178.6	—	—	—	131	178.6	
7	武汉	2	27.7	28.8	—	—	47	56.5	2012 年开通线路 1 段,新增里程为 28 km
8	南京	3	81.6	—	—	—	57	81.6	
9	沈阳	2	49.9	—	—	—	41	49.9	
10	长春	2	—	47.5	—	—	49	47.5	统计调整,里程由 42 km 变更为 47 km
11	大连	4	—	63.4	23.4	—	57	86.8	
12	成都	2	41.0	—	—	—	36	41.0	2012 年开通线路 1 段,新增里程为 22 km
13	西安	1	20.5	—	—	—	17	20.5	
14	苏州	1	25.7	—	—	—	24	25.7	2012 年新开通城市轨道交通线路
15	昆明	1	18.0	—	—	—	4	18.0	2012 年新开通城市轨道交通线路
16	杭州	1	48.0	—	—	—	31	48.0	2012 年新开通城市轨道交通线路
17	佛山	1	14.8	—	—	—	11	14.8	统计调整,计入广佛线佛山段 15 km
合计		70	1 726.3	267.3	40.5	30.0	1 399	2 064.0	

预计到 2016 年我国将新建轨道交通线路 89 条,总建设里程为 2 500 km,投资规模达 9 937.3 亿元,届时建成和在建城市轨道交通总里程将接近 4 500 km。

另一方面,特大城市地下快速道路的建设也正越来越受到重视,以解决城市交通拥堵问题。例如,上海市政府已批准井字形地下通道方案,该方案全线长 401 km,其中地下 261 km;北京市提出在 2020 年以前修建四纵两横地下快速路网方案;深圳建设了约 7 km 长的地下快速通道;南京的内环线地下路约占总长度的 1/2。

除城市地下轨道交通和地下快速路的建设外,其他城市地下空间的开发力度也很大,速度在加快。北京地下空间建成面积已达 30 km²,全市地下空间今后平均每年将增加建筑面积约 3 km²,占总建筑面积的 10%,目前已作出地下 50 m 深度的开发规划,到 2020 年,北京地下空间总面积将达 90 km²;上海市已开发地下空间(不含地下管线和地下军事设施)3 万多个,建筑面积超过 50 km²,上海世博园区地下城面积达 0.4 km²;杭州钱江新城地下城以波浪地下城为骨干,规划建成地下四层,地下空间总建筑面积约 2 km²。

1.3.3 城市隧道发展中需要注意及解决的问题

随着我国以城市轨道交通为主体的地下空间开发进入建设高潮期,未来几十年,我国城市隧道工程的发展速度会更快,规模巨大;因此,在追求速度和数量的同时,必须注意和解决好存在的问题。

1. 城市隧道工程须进行科学论证与合理规划

首先,城市隧道工程的规划设计须符合整个城市的总体规划,与城市地下空间的开发相互协调。其次,由于城市隧道工程的建设具有不可逆性、关联性大和制约因素多的特点,一旦建成,便不能轻易改动。因此,城市隧道工程要考虑地质条件、既有地下设施、既有建筑物基础、土地的所有权与地价、施工技术、经济能力、开发后的综合效益及对城市的影响等,其建设方案必须经过深入调查、科学论证与综合规划。

2. 分层化、深层化开发利用地下空间,修建城市隧道和城市隧道群

目前,我国对城市地下空间的开发深度多限于浅层,开发构造简单、开发规模狭小、利用功能单一。实际上,城市地下空间具有层次性(有浅层、中层和深层之分),浅层地下空间(通常为地表至-10 m 的深度)主要用于商业、文娱和部分业务空间;中层地下空间(通常为-10~-30 m 的深度)主要用于地下交通、地下污水处理场及城市水、电、气、通信等公用设施;深层地下空间(通常为-30 m 以下深度)可以建设高速地下交通轨道、深层地下工程品仓库、冷库、油库等地下工程。分层化、深层化开发利用地下空间,就要形成人车分流,市政管线、污水、垃圾分层分置布局,使地下功能既区分又协调,发挥各自的功能优势,见图 1-2。

城市隧道是城市地下空间的主要组成部分,在分层化、深层化开发地下空间过程中,必然会修建大量的城市隧道、联络通道,甚至城市隧道群,深埋城市隧道、城市隧道群的设计与施工都会有挑战性的新课题。

3. 建设绿色城市隧道工程

城市隧道工程设计要尽可能合理利用自然光、风、水等天然资源和能源,尽可能使用再生原料制成的材料,尽可能将施工中的材料循环使用,最大限度地发挥材料的潜力,减少生产、加工、运输材料而消耗的能源,减少施工中的废弃物,减少对能源、土地、水、生物资源的消耗,提高使用效率。