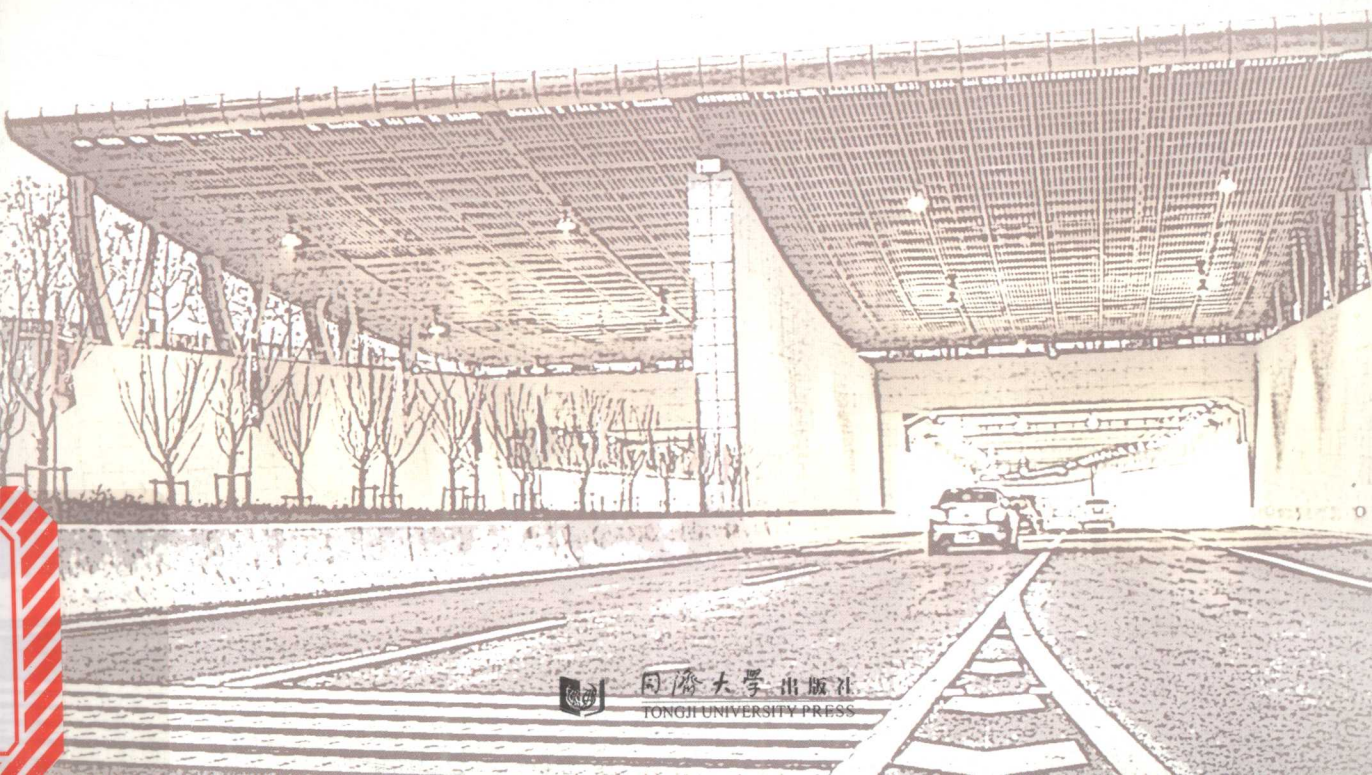


上海越江道路隧道设计

主 编 王 莉 刘 涛 刘伟杰

副主编 徐正良 周质炎 陈 鸿 宁佐利 闫治国 胡 波

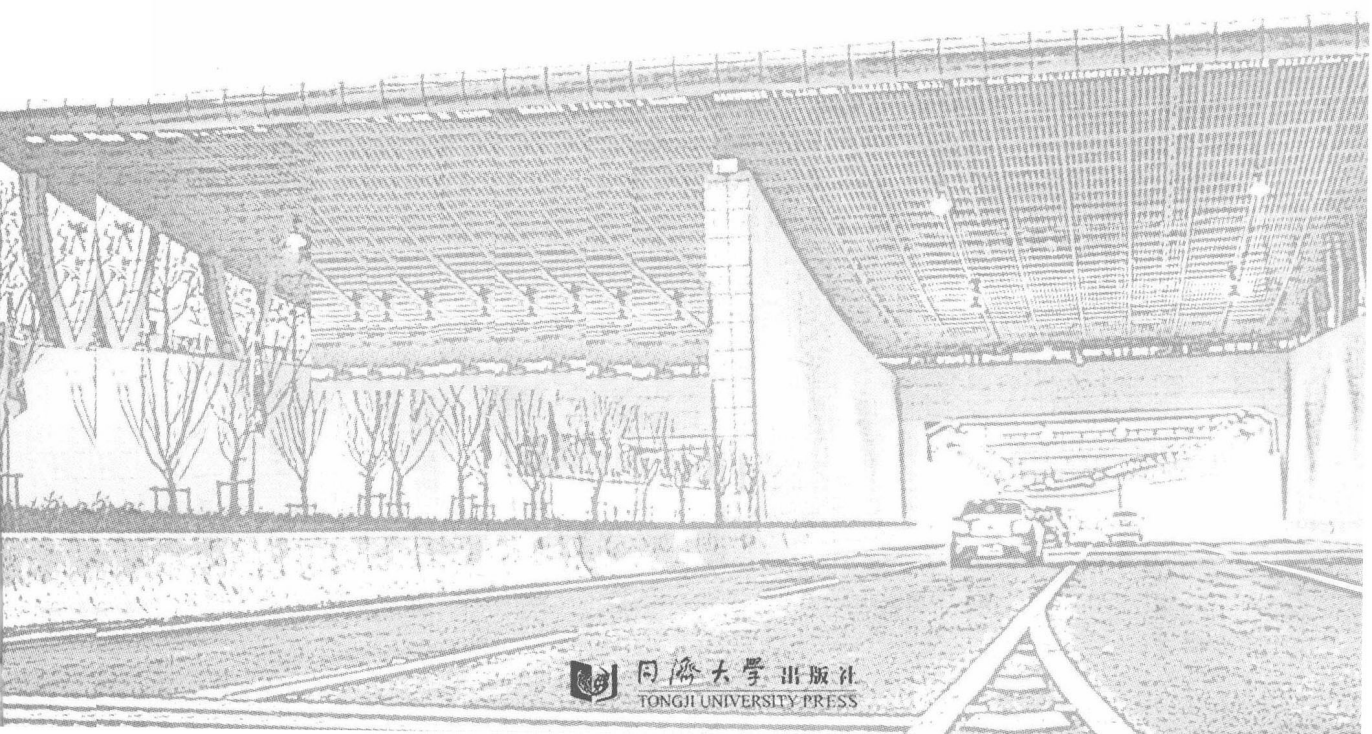


同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

上海越江道路隧道设计

主 编 王 莉 刘 涛 刘伟杰

副主编 徐正良 周质炎 陈 鸿 宁佐利 闫治国 胡 波



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书针对上海市当地的地质水文条件、社会需求以及实际使用状况,从设计、施工、管理、运营等方面,广泛调研了上海市已经修建的多条越江道路隧道,对地下道路隧道的建筑、土建和机电部分的关键设计参数进行总结和归纳,形成了若干道路隧道和地下隧道工程的设计技术标准及道路隧道标准化设计细则,以作为对现行规范的有益补充,为日后类似工程的建设提供必要的技术支撑。

本书可供从事道路隧道及市政工程领域工作的设计和科研人员学习参考,也可供高等院校相关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

上海越江道路隧道设计 / 王莉,刘涛,刘伟杰主编.

— 上海: 同济大学出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-5608-6294-1

I. ①上… II. ①王… ②刘… ③刘… III. ①水下隧道—隧道工程—设计 IV. ①U459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 082413 号

上海越江道路隧道设计

王 莉 刘 涛 刘伟杰 主编

责任编辑 高晓辉 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 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
印 刷 同济大学印刷厂
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 18.5
字 数 462 000
版 次 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6294-1

定 价 68.00 元

本书编委会

编委会主任 刘千伟

主 编 王 莉 刘 涛 刘伟杰

副 主 编 徐正良 周质炎 陈 鸿
宁佐利 闫治国 胡 波

参 编 人 员(按姓氏笔画排列):

王 晟	王晓波	王雪东	王 曦	包鹤立
冯 云	冯励凡	冯 爽	刘艳滨	许嘉炯
宋 飞	宋丽妹	严佳梁	李 红	吴晓庚
沈 蓉	张秉信	张银屏	张 湄	陆 阳
陆 明	陆惠丰	庞燕勤	郑晋丽	孟 静
胡 伟	姜 弘	袁 丁	柴昕一	倪 丹
高旭旻	黄丽君	彭子晖	蒋卫艇	温竹茵
管攀峰	戴孙放			

序

我国城市道路隧道建设发展迅速,经历了由小直径向大直径、由单层向双层、由短向长、由单点进出向多点进出的发展趋势。以上海市为例,已经成功建设了打浦路隧道、延安东路隧道、外环隧道、大连路隧道、复兴东路隧道、翔殷路隧道、上中路隧道、沪崇苏长江隧道、人民路隧道、新建路隧道、打浦路隧道(复线)、外滩隧道、西藏南路隧道、龙耀路隧道、军工路隧道、虹梅南路隧道、长江路隧道等十余条越江道路隧道,并在长期的建设实践和探索中积累了丰富的经验和教训。

本书针对上海市当地的地质水文条件、社会需求以及实际使用状况,从设计、施工、管理、运营等方面深入调研了该市已经先后修建的多条越江道路隧道;对地下道路隧道的规划布局、土建和机电部分的关键设计参数进行总结和归纳,形成了若干越江道路隧道和地下隧道工程的设计技术标准及道路隧道标准化设计细则,以作为对现行规范的有益的补充,为日后复杂条件下类似工程的建设提供了必要的技术支撑。

本书作为上海市建设、设计单位在长期研究实践过程中的成果总结,内容丰硕,对道路隧道建筑设计、结构设计、通风系统设计、给排水及消防给水系统设计、供配电系统设计、照明系统设计及监控系统设计等多个方面均进行了详细的阐述,集中体现了我国多年来越江道路隧道建设的许多研究成果及其最新发展动态。

相信该书的出版将对提高上海市乃至全国地下道路隧道的设计和建设质量将起到积极的指导作用;同时也有助于将越江道路隧道领域诸多新工艺和新技术推广应用到工程实践中,提升越江道路隧道的建设与运营水平。

我乐意写述了上面的一点文字,是为序。

孫 鈞

中国科学院院士,同济大学教授
2016年仲秋重阳佳节于同济园

前言

我国近几年在多个城市开展了大量的越江道路隧道建设。与当前道路隧道大规模建设相比,对道路隧道系统性设计的总结和研究却相对较少。越江隧道建设出现了由小直径向大直径、由单层向双层、由短向长、由单点进出向多点进出的发展趋势,少量的城市道路隧道设计规范难以适应情况复杂多变的建设条件。目前国内尚没有书籍对城市道路隧道设计开展系统性总结和研究。在以往的隧道工程建设过程中,上海已经成功建设十余条越江道路隧道,在长期的实践和探索中积累了大量的经验和教训。

本书沿着“总结—调研—研究”的路线,对上海市已经修建的多条越江道路隧道建筑、土建和机电方面的关键设计参数进行了系统的总结和归纳,形成了若干道路隧道工程的设计技术标准,集中体现了我国多年越江道路隧道建设过程中建筑设计、工程结构设计、通风系统、给排水与消防系统、供配电系统、照明系统及监控系统等方面的最新研究成果及发展动态。该书的出版对提高上海乃至全国其他地区地下道路隧道的设计和建设质量将起到积极的指导作用;同时也有助于越江道路隧道领域的新方法和新技术推广应用到工程实践中,提升越江道路隧道的建设与运营水平。

本书主要包括以下8个方面:

(1) 第1章 绪论,分析了近年来我国越江道路隧道的建设力度与规模;同时,介绍了国内外地下道路隧道中建筑设计、结构设计及机电设备设计等方面的研究现状与发展趋势。

(2) 第2章 建筑设计,探讨了隧道设计、横断面设计、管线与设备用房布置、洞口设计、车道内装饰设计、管理中心及风塔设计的特点与技术要求。

(3) 第3章 结构设计,阐述了明挖结构和盾构隧道结构的设计要点;同时介绍了附属结构、防水设计及耐久性设计等方面的内容。

(4) 第4章 通风系统设计,在对现有运营隧道调研分析的基础上,详细介绍了隧道内通风系统的设计技术要求及现阶段常用的通风设备。

(5) 第5章 给排水及消防给水系统设计,评估了隧道消防、给排水系统及灭火设施的设计现状;同时系统地介绍了给排水及消防系统的设计要求和主要设备。

(6) 第6章 供配电系统设计,评估了隧道内供配电系统的设计标准和应用现状;同时介绍了供配电系统的设计技术要求与现有设备的技术要求。

(7) 第7章 照明系统设计,以现有多种照明系统的配置与对比为基础,分析了照明系统的设计方案、设计技术要求及设备技术要求。

(8) 第8章 监控系统设计,在设计汇总、调研分析与总结的基础上,介绍了道路隧道

内监控系统的设计技术要点与布置方式。

本书涉及的研究成果是在上海市建交委科研项目(建管 2011-009-002)资助下完成的。在成果的完成过程中得到了上海城投公路投资(集团)有限公司、上海市城市建设设计研究总院、上海市隧道工程轨道交通设计院、上海市工程设计研究总院(集团)有限公司、上海市消防局、同济大学等单位的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

感谢孙钧、刘建航、王振信、乔宗昭、邵理中、华国强、陆锦隆、胡维颢、俞加康、张海、孙长胜、朱祖熹、申伟强、曹文宏、俞明健等一批资深专家在隧道领域所作的开创性工作以及为上海隧道建设所作的巨大贡献,他们的成果也是本书撰写的基础和动力所在。

感谢同济大学出版社对本书出版发行的大力支持以及所作的辛勤工作。

由于地下道路隧道设计具有设计方法各异、设计成果离散性大的特点,作者对其认识水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 10 月

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 道路隧道建筑设计现状	2
1.2 道路隧道结构设计现状	6
1.3 道路隧道机电设备设计现状	9
第 2 章 建筑设计	14
2.1 隧道建筑设计	14
2.1.1 设计流程	14
2.1.2 设计内容	14
2.1.3 设计服务	15
2.2 隧道横断面设计	16
2.2.1 横断面设计要素	16
2.2.2 盾构法圆形隧道设计	17
2.2.3 矩形隧道横断面设计	19
2.2.4 横断面设计总结与优化	21
2.2.5 设计标准化	22
2.3 管线及设备用房布置	27
2.3.1 设计内容	27
2.3.2 预埋管、预留孔设计原则	27
2.3.3 优化措施	27
2.3.4 集中设备用房的设计标准化	28
2.4 隧道车道内装饰	29
2.4.1 设计内容	29
2.4.2 车道侧墙板	29
2.4.3 防火板	32
2.4.4 引道	37
2.4.5 装饰板构造设计标准化	38
2.5 洞口光过渡	39



2.5.1	设计内容	39
2.5.2	问题与改进	40
2.6	管理中心及其他管养配套	41
2.6.1	设计内容	41
2.6.2	设计要点	41
2.6.3	改进措施	42
2.6.4	集约化设计	43
2.7	风塔	44
2.7.1	设计内容	44
2.7.2	设计要点	44
2.7.3	实例汇总	45
2.7.4	改进措施	47
2.8	建筑构造	47
2.8.1	沟、盖板及防撞侧石	47
2.8.2	道口检查亭	49
2.8.3	构造标准化设计	49

第3章 结构设计 51

3.1	盾构圆形隧道结构	53
3.1.1	几何设计	53
3.1.2	管片设计	60
3.1.3	结构验算	67
3.1.4	盾构开挖原理	81
3.1.5	注浆技术	82
3.1.6	进出洞设计	83
3.1.7	监控量测	84
3.2	明挖隧道结构	85
3.2.1	主体结构设计	85
3.2.2	围护结构设计	90
3.2.3	构造设计	100
3.2.4	监控与量测	107
3.2.5	已建道路隧道设计资料	108
3.3	附属结构	108
3.3.1	地面结构	108
3.3.2	细部结构	108
3.4	结构防水	115
3.4.1	明挖结构防水	115
3.4.2	盾构隧道防水	117
3.5	混凝土结构耐久性设计	120

3.5.1	混凝土耐久性基本要求	120
3.5.2	材料选择	123
3.5.3	构造及附加措施	125
3.5.4	施工要求	126
3.5.5	耐久性检测	127
3.6	渗漏水治理	128
第4章	通风系统设计	131
4.1	设计技术要求	131
4.1.1	设计依据	131
4.1.2	设计原则	131
4.1.3	隧道通风设计	132
4.1.4	附属工程通风	135
4.1.5	主要技术接口	136
4.1.6	环境保护和节能	137
4.2	设备技术要求	138
4.2.1	射流风机	138
4.2.2	大型轴流通风机	140
4.2.3	大型片式消声器	142
4.2.4	大型组合式风阀	143
4.2.5	多联式空调(热泵)机组	146
4.3	工程应用现状	148
4.3.1	总体情况	148
4.3.2	电缆通道及安全通道通风设计	151
4.3.3	设备管理用房通风设计	151
4.3.4	楼梯间正压送风系统设计	152
4.3.5	管理中心通风空调设计	153
4.3.6	通风系统控制要求	153
第5章	给排水及消防给水系统设计	154
5.1	设计技术要求	154
5.1.1	设计内容	154
5.1.2	设计依据与原则	154
5.1.3	给水系统	155
5.1.4	消防系统	155
5.1.5	排水系统	157
5.1.6	给排水管道	158
5.1.7	主要技术接口	158
5.1.8	节能与环保	159



5.2	主要设备技术要求	159
5.2.1	消防泵	159
5.2.2	潜水泵	161
5.2.3	便携式潜水泵	164
5.2.4	自动喷水灭火系统	164
5.2.5	水成膜泡沫液	167
5.3	工程应用现状	168
5.3.1	隧道消防	168
5.3.2	隧道给排水系统	172
5.3.3	隧道消防给水系统和灭火设施	173
5.3.4	隧道给排水及消防给水管道系统	174
第6章	供配电系统设计	176
6.1	工程应用现状	176
6.2	设计技术要求	179
6.2.1	设计原则	179
6.2.2	供电设计方案	182
6.2.3	与供电部门的接口	185
6.2.4	设备配置总原则	185
6.3	主要设备技术要求	185
6.3.1	总则	185
6.3.2	高压柜	186
6.3.3	变压器	198
6.3.4	低压柜	203
6.3.5	交直流电源装置	207
6.3.6	非标柜(箱)	213
第7章	照明系统设计	214
7.1	工程应用现状	214
7.1.1	系统配置	214
7.1.2	隧道照明系统比较	215
7.2	设计技术要求	216
7.2.1	一般规定	216
7.2.2	设计原则及依据	216
7.2.3	亮度设计标准	217
7.2.4	长度设计标准	218
7.2.5	路面亮度总均匀度	219
7.3	设计方案	220
7.3.1	光源选择	220

7.3.2	照明布置	220
7.3.3	照明供电设计	221
7.3.4	调光设计	221
7.3.5	其他	221
7.4	设备技术要求	222
7.4.1	低压柜	222
7.4.2	隧道主照明灯具	226
7.4.3	应急照明电源装置	229
7.4.4	自动补偿式三相电力稳压器	232
7.4.5	光照度仪	233
第8章	监控系统设计	235
8.1	工程应用现状	235
8.2	总体技术要求	236
8.2.1	主要设计原则	236
8.2.2	采用的主要规范与标准	237
8.2.3	监控系统主要技术指标	237
8.3	监控中心	239
8.3.1	主要功能	239
8.3.2	席位设置	239
8.3.3	大屏幕显示设备	241
8.3.4	计算机网络系统	241
8.3.5	监控中心配电	242
8.3.6	主要设备选型及技术要求	242
8.3.7	软件系统	247
8.4	机电设备监控系统	249
8.4.1	环境质量监测	249
8.4.2	电力监控	249
8.4.3	设备监控	251
8.4.4	系统构成方案	251
8.4.5	主要设备选型及技术要求	252
8.5	交通监控系统	256
8.5.1	基本要求	256
8.5.2	交通信息采集	256
8.5.3	车道控制	256
8.5.4	超高车辆检测	256
8.5.5	诱导信息发布	256
8.5.6	系统构成方案	257
8.5.7	主要设备选型及技术要求	257



8.6	闭路电视监视系统	259
8.6.1	系统构成方案	259
8.6.2	主要设备选型及技术要求	260
8.7	有线广播系统	262
8.7.1	系统构成	262
8.7.2	主要设备选型及技术要求	262
8.8	火灾报警系统	264
8.8.1	火灾探测方案	264
8.8.2	系统构成方案	264
8.8.3	主要设备选型及技术要求	265
8.9	电话通信系统	267
8.9.1	系统功能与主要设备布置	267
8.9.2	主要设备选型及技术要求	267
8.10	无线通信系统	268
8.10.1	调度无线通信	268
8.10.2	消防和公安无线引入	269
8.10.3	无线广播	269
8.11	监控系统设备供电	269
8.11.1	电源	269
8.11.2	接地和防雷	269
8.11.3	主要设备选型及技术要求	269
8.12	控制电线、电缆选择和敷设方式	270
8.12.1	电线、电缆选择	270
8.12.2	敷设方式	271
8.13	隧道群监控中心总体技术要求	271
8.13.1	基本原则	271
8.13.2	配置规模	271
8.13.3	隧道群监控系统构成	272
8.13.4	单体隧道本地监控系统	273
8.13.5	子系统构成	273
8.13.6	中央控制室	276
	参考文献	279

第 1 章 绪 论

随着我国经济建设的高速发展,城市总体交通需求在持续增长,交通运输线路的规划与建设日益迫切,尤其是跨越或穿越水域的桥梁、隧道工程。该类工程的建设极大地缓解了城市交通的过江压力,促进了沿江两岸的经济交流与发展。由于道路隧道埋设于地下,具有不影响水域通航,不影响自然景观和运营受自然气候影响小的优点,我国越江道路隧道工程已进入了前所未有的发展建设时期,而且在规模上不断创造新的纪录。

近年来,我国隧道施工技术不断进步,使得不同断面形式、不同尺寸大小隧道结构的实践成为可能。目前,越江隧道建设出现了由小直径向大直径、单层向双层、短向长、单点进出向多点进出的发展趋势。隧道直径的增大,不仅提高了旅客乘车的舒适度,还有利于逃生通道的建设;从长远角度考虑,较大的断面对通行能力或使用性能方面也有很大的发展空间。由于隧道断面增大,给隧道内各种机电、消防设施的布置及断面形式的合理选择提供了多种方案。因此,道路隧道建筑设计方面取得了较大的突破,不同的隧道横断面及其内各种设施的设计方案层出不穷。

在世界各国的城市隧道建设中,主要采用盾构法、明挖法两大系列技术及各种辅助工法。日本是盾构隧道技术广泛使用的国家之一,根据日本隧道协会的统计,日本每年采用盾构施工的隧道长度达到 300 km 左右。由于日本国土面积小,城市建筑物高度集中,不得不在地下进行大规模的立体交叉施工,这些外在的施工条件决定了盾构隧道施工工法在日本地下工程中的地位。根据日本 1991 年对东京、大阪等主要城市的统计,在总长 75 224 m 的城市隧道工程中,盾构法占 60.9%,明挖法占 33%,其他工法的比例占 6.1%。在建筑物密集和对周围环境影响限制严格的大城市中,盾构法具有明显的优势。我国近几年在多个城市都有较大规模的道路隧道建设,据不完全统计,国内已建成的大直径盾构法道路隧道有 20 座以上。在上海已建的大量大型道路越江隧道中,主要为盾构法隧道(仅有一条为沉管法隧道)。盾构技术除在上海有较为成熟的使用外,南京、长沙等地也开始了应用,此外南水北调工程穿黄隧道也使用了大直径盾构施工工法^[1]。在明挖隧道方面,由于缺乏专门的设计、计算理论,往往实践先于理论。参照国内外深基坑施工的成功经验,逐步形成了以水泥土搅拌墙、地下连续墙为主流的单一型和复合型支护形式。经过长期的实践和探索,积累了许多成功的经验。

在道路隧道机电技术方面,挪威公路管理署和公路理事会颁布的道路隧道通风、照明及污染等方面的设计准则,在世界范围内具有一定的影响力和代表性,挪威也是向世界道路协会(PIARC)提供大量实测数据的主要国家之一。总体上说,隧道机电系统的研究已经有了一定基础,但是在隧道机电系统的评价研究中,多未涉及对隧道机电系统未来运行状态的预估评价,在运行现状与运行趋势上仍然缺乏总体性、整体性的评价。

与我国道路隧道大规模建设相比,对道路隧道设计标准化方面的总结研究却相对较少。以上海市为例,目前,上海市城市地下空间开发正以前所未有的速度发展,整个社会对地下道路隧道的需求也越来越大。进入 21 世纪以来,上海市穿越黄浦江的隧道工程发展较快,除建成通车的大连路隧道、翔殷路隧道、复兴东路隧道、西藏南路隧道、打浦路隧道、龙耀路隧道、上中路隧道、长江西路隧道、外滩通道、军工路隧道、外环隧道、新建路隧道、延安东路隧道、长江隧道、人民路隧道、虹梅南路隧道等,在建的有周家嘴路隧道、沿江通道、江浦路隧道、龙水南路隧道等,初步构筑成黄浦江两岸道路交通一体化的基本格局。然而,在城市道路隧道设计方面的标准,仅有上海地方颁布《道路隧道设计规范》(DG/T J08-2033-2008),由于道路隧道体系庞大,现有规范很难适应情况复杂多变的施工条件。在以往的隧道工程建设过程中,上海积累了大量的经验和教训,已经具备了对已建隧道的设计参数、设计要点进行统计分析,并提炼出指导性建设意见的条件。

本书针对上海市特殊的地质水文条件、社会需求以及实际使用状况,按照“总结—调研—研究”的路线,从设计、施工、管理、运营等方面广泛调研了上海市已经修建的地下道路隧道,对地下道路隧道的建筑、土建和机电部分的关键设计参数进行了总结和归纳,形成了若干道路隧道和地下隧道工程的设计技术标准及道路隧道标准化设计细则,以作为对现行规范的有益补充和调整,从而提高上海市的地下道路隧道设计和建设质量,更好地发挥道路隧道的服务功能,并为日后类似工程的建设提供必要的技术支撑。

1.1 道路隧道建筑设计现状

地下道路建筑设计内容主要包括隧道横断面设计及设施设计,国内外的设计发展可以归纳为以下几个方面。

1. 道路隧道空间利用的集约化发展

地下道路建设有多种功能,跨越天堑或障碍物,或通过立体交通解决城市道路点状或区域交通矛盾。然而城市内可供建设地下通道的空间是有限的,而且隧道埋深较大,改、扩建的难度很大。因此在一定程度上,地下通道的用地空间属于一种不可再生的资源。另外由于资金、技术等条件的限制,隧道的规模往往是有限的。因而,如何高效、合理地利用地下通道资源,适应城市交通可持续发展的要求,是隧道设计的关键技术之一。

对隧道空间的充分利用集中体现在横断面设计中,即在有限的结构断面中合理组织隧道功能,最大限度地提高隧道通行能力。在实际工程设计中,主要着眼于挖掘隧道横断面中行车空间的潜力。

1) 专用道路隧道

根据地下道路的服务功能,可将一般车辆(车道宽度 3.5 m,高度 4.5 m)与小车车辆分开,制定小车专用道标准(车道宽度 3.0~3.25 m,车道高度 3.2~3.5 m)。不同标准的地下道路服务于不同的车辆行车功能,功能更加明确,空间也大大集约,行车的安全性措施也更有针对性。

城市主干路隧道中,法国 A86 隧道是首条小车标准隧道,如图 1-1 所示。上海复兴东路隧道是我国首条建成的小车标准隧道,之后建成了外滩通道,如图 1-2 所示。

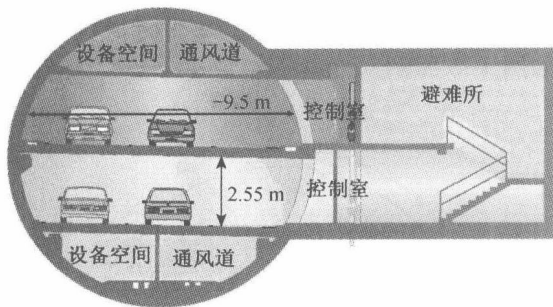


图 1-1 法国 A86 隧道

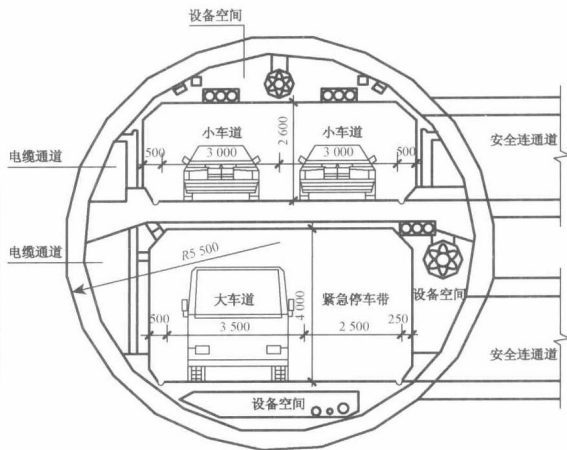


图 1-2 复兴东路隧道

另外一种类型的是地下车库联络道路。地下车库联络道路是为改善城市区域到发交通,连接各地块车库而修筑的地下公共通道,设有独立的出入口,是城市支路的重要补充,车道采用小车标准,如图 1-3 所示。这种特殊类型的小车专用道路最早出现在日本,例如品川站东口地区地下车库连接通道、汐留地区地下车库连接通道。我国自北京中关村地下交通环廊(2003 年建成)工程开始,也逐步发展这种类型的地下道路,目前全国有十多项工程建成或在建,例如无锡高铁新区地下环路、北京奥林匹克公园环路等。

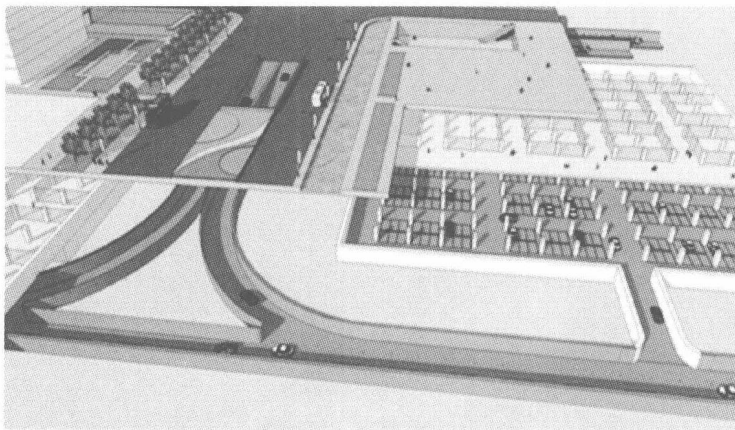


图 1-3 地下车库联络道路

2) 多功能隧道

以往盾构法隧道、山岭隧道中常利用车道板下部多余的结构空间布置隧道自身需要的设备管廊、新风排风道、逃生救援设施等。多功能隧道是隧道横断面利用的一次系统性突破,将多种市政功能集于一体,最大限度地集约了空间。

(1) 多车道双层隧道。法国 A86 隧道创新采用了双层隧道横断面,在一定的空间内设置了最大的车道数。之后双层隧道在国内得到了推广应用。在上中路隧道、军工路隧道、外滩通道、迎宾三路隧道工程中,该技术已经趋于成熟。盾构法隧道的车道数从一般单孔 2~

3 车道发展到单孔 4~6 车道,隧道通行能力大大提升。

(2) 与其他交通功能集约。道路交通功能还可以与轨道交通等其他交通功能合建在同一断面中。盾构法隧道、矿山法隧道因断面限制较大,一般功能单一。上海长江隧道首次将盾构法隧道中将轨道交通功能与公路隧道合一,如图 1-4 所示;在建的武汉三阳路隧道也将轨道交通与城市道路交通相结合。矿山法隧道也出现了双层隧道,例如云龙山隧道将人行交通置于车行交通之上,充分利用的拱顶空间,如图 1-5 所示。

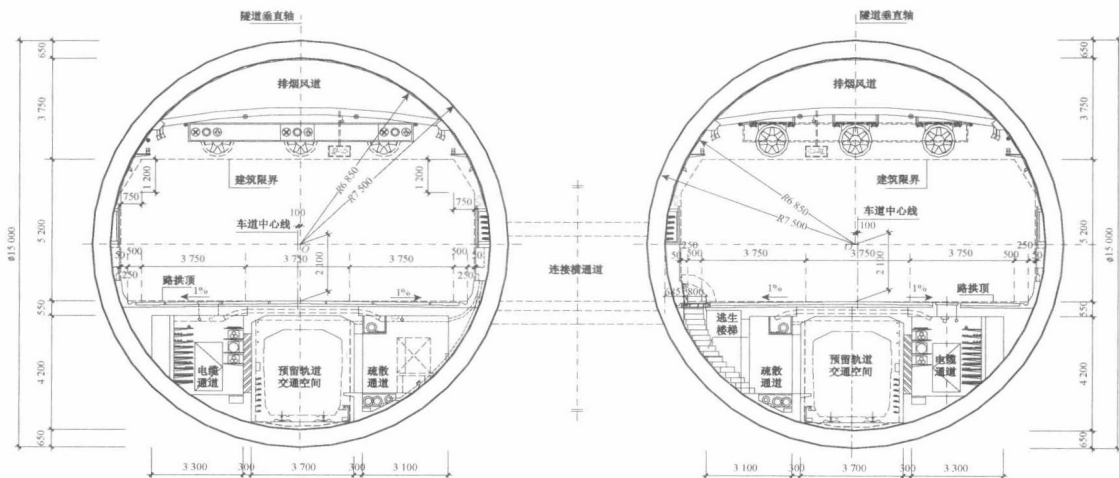


图 1-4 长江隧道

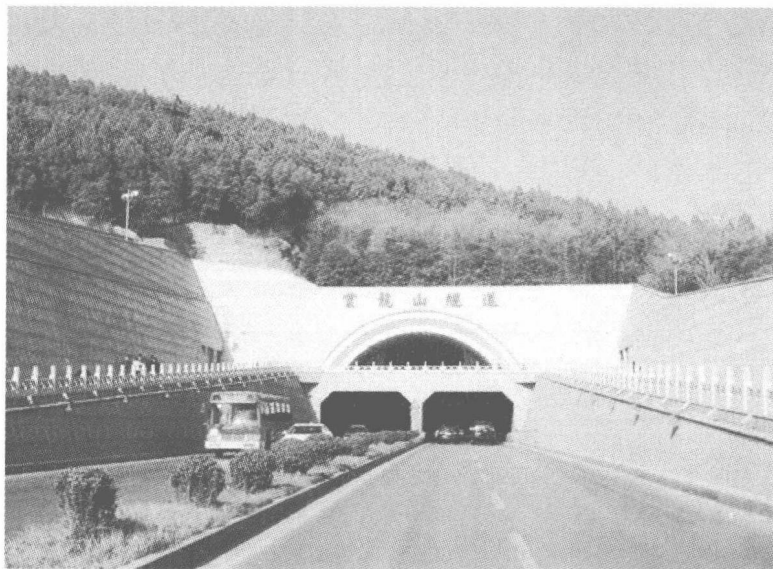


图 1-5 云龙山隧道

(3) 与市政功能集约隧道。隧道除自身行车功能之外,同时也可作为社会管线信道、市政排水信道。例如马来西亚的 SMART 隧道既可用于行车,还可用于泄洪、排水,如图 1-6 所示。上海新建越黄浦江隧道均要求预留社会管线的桥架过江,上海长江隧道中则集约了