

国家863计划课题(课题编号:2007AA11Z110) 联合资助
重庆市杰出青年项目(项目编号:cstc2014jcyj30001)

The Construction and Operation Technology for
Underground Road Interchange

地下道路立交建造与 运营技术

蒋树屏 林 志 著



科学出版社

国家 863 计划课题 (课题编号 :2007AA11Z110)

重庆市杰出青年项目 (项目编号 :cstc2014jcyjqq30001)

联合资助

地下道路立交建造与运营技术

蒋树屏 林 志 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以我国城市地下道路立交修建关键技术为核心,以重庆两江隧道工程、重庆市渝中区地下快速路和厦门地下立交工程为依托,采用理论分析、模型试验、数值模拟和现场实测等手段,在国内首次对地下立交隧道群开展了设置模式、线形标准、施工力学、通风防灾技术的系统研究,系统性的攻克了地下立交建设中的关键技术问题,提出的解决方案已在依托工程中得到了实际应用和检验。本书开创了对城市地下道路工程领域的研究,促进了对隧道污染空气净化技术、通风技术、防灾救援技术的研究。

本书对于从事隧道与地下工程设计、施工和科研人员具有重要借鉴作用,亦可供相关大中专院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地下道路立交建造与运营技术 / 蒋树屏, 林志著. —北京:
科学出版社, 2015.8

ISBN 978-7-03-045424-9

I. ①地… II. ①蒋… ②林… III. ①城市隧道-隧道工程-交叉路口-立体交叉-研究 IV. ①U459.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195432 号

责任编辑: 杨 岭 朱小刚 / 责任印制: 余少力

责任校对: 葛茂香 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年2月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016年2月第一次印刷 印张: 24 3/4 彩插: 14 面

字数: 580 千字

定价: 160.00 元

前言

大规模城市化导致城市人均道路面积急剧减少,地面交通极其拥挤,而高架道路的环保及景观效益较差,不是发展方向,世界各大城市均转向地下发展交通,建设城市地下道路网是其中一种主要的形式。地下立交多设置于城市地下道路网。对地下立交的研究就是对地下道路的研究,且地下立交是地下道路网中最复杂的组成部分。美国波士顿、法国巴黎和日本东京已建成地下快速道路。在我国厦门和重庆等城市,也已建设、在建和规划建设地下互通式立交公路隧道。用隧道的方式构建地下互通式立交,以地下空间实现交通枢纽功能,但立交隧道跨度大、结构复杂,近接施工难度大,且其通风和防灾等运营技术难度更大。

为此,依托国家“863计划”课题“大型江底地下互通式立交枢纽建造与运营核心技术研究”和重庆市杰出青年项目“公路隧道运营风险防控与火灾精确定位技术研究”,针对城市地下道路立交的特点,以国内外隧道和城市轨道交通修建技术经验为基础,以重庆两江隧道工程、渝中区地下快速路和厦门万石山地下立交工程等为依托,采用理论分析、模型试验、数值模拟、仿真模拟和现场实测等综合手段,在国内首次对城市地下立交开展了设置模式、线形标准、施工力学、通风防灾技术等研究,系统地攻克了地下立交建设中的关键技术问题,整合形成了地下立交修建核心技术成果。城市地下道路网的建设势在必行。目前,国内各主要大城市已在建设小规模地下道路,在关键节点形成了地下立交,但对其的系统研究在本课题之前还未开展过。因此,本书的研究成果填补了国内地下立交道路系统的研究空白,开创了对城市地下道路工程领域的研究,促进了隧道污染空气净化技术、隧道群通风技术及复杂城市隧道防灾救援技术的研究和应用。

本书共分为9章。第1章介绍了国内外地下道路建设发展现状,分析了地下立交的技术特点,总结了我国在地下道路隧道建设方面的技术现状;第2章从地下道路规划、行车环境、驾驶特征等方面分析总结了地下立交设置型式、路线标准和安全设施;第3章总结了地下立交平面分岔段和立体交叠段结构设计方法,以及环境影响分析方法;第4章采用物理模型试验和数值模拟的方法研究了地下立交平面分岔段和立体交叠段结构受力特征;第5章总结了地下立交平面分岔段、立体交叠段结构和无中隔墙连拱隧道具体的施工工法;第6章采用物理模型试验研究了地下立交隧道群通风气流规律,给出了分岔段通风设计方法;第7章详细介绍了地下立交火灾工况下的安全设施设置、逃生通道设置、人员疏散和应急救援策略;第8章系统地分析了目前城市隧道空气污染现状和处置方法,重点研究了采用土壤空气净化隧道尾气的方法;第9章介绍了近年来笔者所参加的地下立交建设工程实例。

本书汇集了招商局重庆交通科研设计院有限公司、重庆大学、重庆交通大学和中铁隧道集团有限公司多年来在地下道路立交工程中的研究和建设经验,成果已经应用于地下立交隧道建设和运营领域,包括地下立交设置和线形标准、结构与施工方案、通

风方案和防灾救援方案，隧道污染空气净化等具体技术。成果已创造直接经济效益 4529 万元，为实际工程节约造价和运营费用 1.5 亿元以上，社会效益和经济效益显著。对我国城市建设的发展具有重要意义，推广应用前景广阔。

在相关工程实践和研究中，胡学兵、丁浩、刘新荣、蒋红梅、涂耘、洪开荣、马璐、邓欣、陈建忠、黄伦海、程崇国、万姜林、邹云、韩直、王吉明、孙振川、王芳其、钟祖良、郭子红、李鹏等同志参与并付出了大量的精力，笔者在此向他们表示感谢。

由于编写人员水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地下道路交通发展现状	1
1.1.1 国内地下道路规划建设现状	2
1.1.2 国外地下道路规划建设现状	5
1.2 地下立交的技术特点	9
1.2.1 线路及功能设计	10
1.2.2 立交结构	10
1.2.3 运营通风	11
1.2.4 防灾与疏散	12
1.3 我国地下道路隧道建设技术现状	12
1.3.1 地下隧道的近接施工	13
1.3.2 地下交通运营通风技术	18
1.3.3 隧道运营通风汽车尾气处理技术研究现状	23
1.3.4 防灾减灾	23
1.3.5 安全疏散	24
第 2 章 地下道路立交功能设计	26
2.1 地下快速道路网规划概述	26
2.1.1 地下快速道路网功能定位	26
2.1.2 地下快速道路网规划原则	27
2.1.3 地下快速道路网规划内容	29
2.1.4 地下快速道路规划方法概述	33
2.2 地下快速道路行车环境及车辆行驶特性	36
2.2.1 地下道路行车环境	36
2.2.2 地下快速道路车辆行驶特性	37
2.3 地下立交设置型式	37
2.3.1 地下立交的构成	37
2.3.2 地下立交选型的影响因素分析	38
2.3.3 地下立交设置型式	39
2.4 地下立交隧道路线标准	45
2.4.1 运行速度与行车安全性	45
2.4.2 地下立交视距	45

2.4.3	地下立交平面线形	48
2.4.4	地下立交纵面线形	49
2.4.5	地下立交横断面线形	50
2.4.6	地下立交匝道变速车道长度标准	51
2.5	地下立交安全设施设置	51
2.5.1	地下立交行车高风险区域	51
2.5.2	地下立交限速方法	53
2.5.3	地下立交行车高风险区域安全设施布设原则	53
2.5.4	地下立交行车高风险区域安全设施设置	54
第3章	地下立交结构设计	55
3.1	地下立交结构型式及特点	55
3.1.1	地下立交选型影响因素及选择原则	55
3.1.2	地下立交结构型式的选择	55
3.2	地下立交隧道结构设计	56
3.2.1	小净距隧道	56
3.2.2	连拱隧道	58
3.2.3	大跨隧道	60
3.2.4	过渡段隧道	61
3.2.5	交叠隧道	62
3.3	地下立交不同类型隧道围岩压力计算方法	63
3.3.1	大跨隧道围岩压力计算方法	63
3.3.2	连拱隧道围岩压力计算方法	64
3.3.3	小净距隧道围岩压力计算方法	67
3.3.4	交叠隧道围岩压力计算方法	69
3.4	地下立交隧道衬砌强度校核及围岩稳定性分析方法与实例	71
3.4.1	地下立交隧道衬砌强度校核方法与实例	71
3.4.2	围岩稳定性分析方法与实例	71
3.5	地下立交隧道与既有建筑物损坏评定技术方法	73
3.5.1	地下隧道施工房屋损坏评定标准	73
3.5.2	三阶段评价分析法	73
第4章	地下立交隧道结构力学分析	77
4.1	物理模型试验分析	77
4.1.1	相似模型选取及依据	77
4.1.2	分岔段隧道模型试验	81
4.1.3	交叠段隧道模型试验	94
4.2	施工力学数值分析	101
4.2.1	分岔段隧道数值分析	101

4.2.2 交叠段数值分析	124
第5章 地下立交隧道施工工法	147
5.1 概况	147
5.2 地下立交隧道施工方法	147
5.2.1 小净距隧道	147
5.2.2 连拱隧道	149
5.2.3 大跨隧道	152
5.2.4 交叠隧道	153
5.3 平面分岔隧道分段扩大施工工法	155
5.3.1 工法特点	155
5.3.2 工艺原理	156
5.3.3 施工工艺流程及操作要点	157
5.4 交叠段隧道施工工法	160
5.4.1 工法特点	161
5.4.2 工艺原理	162
5.4.3 施工工艺流程及操作要点	162
5.5 无中隔墙连拱隧道施工工法	163
5.5.1 工法特点	164
5.5.2 工艺原理	165
5.5.3 施工工艺流程及操作要点	165
5.5.4 材料与设备	168
第6章 地下立交通风技术	170
6.1 地下立交隧道群通风环境	170
6.1.1 地下立交隧道内污染物	170
6.1.2 地下立交隧道污染物浓度标准研究	171
6.2 地下立交隧道群通风方式	176
6.2.1 通风方式的种类及优缺点分析	177
6.2.2 通风方式的选择分析	179
6.2.3 大型地下立交隧道通风方式的优化	181
6.3 地下立交隧道通风气流组织	185
6.3.1 地下立交隧道气流组织	185
6.3.2 分岔结构气流组织分析	190
6.3.3 地下立交隧道气流组织物理模型试验	215
第7章 地下立交防灾救援技术	234
7.1 国内外防灾救援研究现状	234
7.1.1 国内外防灾减灾研究现状	234

7.1.2	国内外逃生救援研究现状	235
7.2	地下立交火灾规律与危害	235
7.2.1	地下立交火灾特征	235
7.2.2	地下立交火灾场景	236
7.2.3	火灾时地下立交内温度、压力及烟雾扩散规律	239
7.2.4	地下立交火灾的危害	240
7.3	地下立交防火安全设施	244
7.3.1	地下立交安全等级	244
7.3.2	地下立交安全设施	249
7.3.3	地下立交火灾报警设施	251
7.3.4	地下立交消防灭火设施	253
7.4	地下立交人员安全疏散	258
7.4.1	地下立交人员安全疏散的困难性	258
7.4.2	火灾状态下安全疏散的判断条件	258
7.4.3	所需安全疏散时间 T_{REST} 的确定(以联络横通道方式为例)	260
7.4.4	可用安全疏散时间 T_{AEST} 的确定	261
7.5	地下立交逃生通道设置	264
7.5.1	逃生通道设计影响因素分析	264
7.5.2	地下立交逃生通道设置类型	265
7.5.3	地下立交联络通道设置分析	267
7.5.4	地下立交火灾逃生疏散方案	269
7.6	地下立交火灾应急救援策略	271
7.6.1	应急组织体系	271
7.6.2	应急救援梯队	272
7.6.3	应急救援流程	273
7.6.4	应急救援原则	274
7.6.5	应急救援响应	275
7.6.6	火灾联动控制	276
7.6.7	应急预案编制	277

第8章	隧道尾气处理技术	279
8.1	污染空气处理技术原理	279
8.1.1	机械化学吸附技术	279
8.1.2	静电除尘技术	279
8.1.3	高压脉冲电晕技术	280
8.1.4	光触媒技术	280
8.1.5	土壤净化技术	281
8.2	隧道空气污染现状调查	282
8.2.1	调查方法	282

8.2.2	监测结果分析	285
8.2.3	调查结论	296
8.3	土壤空气净化性能	301
8.3.1	试验方法与设备	301
8.3.2	典型土壤基质净化性能	303
8.3.3	理化条件对土壤基质净化性能的影响	306
8.3.4	污染负荷对土壤基质净化性能的影响	311
8.3.5	耐久性试验	316
8.3.6	土壤基质的综合净化效率	317
8.4	改性功能材料对典型污染物质的净化性能	318
8.4.1	改性功能材料的净化机理	318
8.4.2	改性功能材料的初步筛选	319
8.4.3	改性功能材料对典型污染物的净化性能	320
8.5	O ₃ 氧化预处理	325
8.5.1	O ₃ 氧化机理	325
8.5.2	O ₃ 对 NO _x 的氧化转化	326
8.5.3	O ₃ 对 CO 的间接氧化转化	328
8.6	气体收集系统	329
8.6.1	公路隧道污染空气分布特性	330
8.6.2	气体收集系统集气口的设置方式	330
8.6.3	隧道出口集中收集方式系统设置	333
8.7	土壤净化工艺流程	338
8.7.1	集气系统	339
8.7.2	布气系统	339
8.7.3	预处理系统	339
8.7.4	土壤净化系统	340

第9章	地下立交工程实例	341
9.1	重庆朝天门两江隧道工程	341
9.1.1	工程概况	341
9.1.2	工程设计	342
9.2	重庆渝中区地下快速道路	347
9.2.1	工程概况	347
9.2.2	工程设计与施工方案	348
9.3	厦门万石山地下互通立交	358
9.3.1	工程概况	358
9.3.2	工程设计	360
9.3.3	工程施工	361
9.4	长沙营盘路湘江水下隧道	362

9.4.1 工程概况 362

9.4.2 暗挖段结构设计 363

9.4.3 明挖段主体结构设计 365

9.4.4 明挖敞开段结构设计 368

9.4.5 特殊节点结构设计 369

9.4.6 工程施工 373

9.5 厦门东坪山地下道路立交 376

9.5.1 工程概况 376

9.5.2 工程设计 377

参考文献 380

彩色图版 385

第 1 章 绪 论

1.1 地下道路交通发展现状

随着我国经济的高速发展,各主要大城市现有交通体系已不能适应城市发展的需要。虽然,各主要大城市道路建设在近年来取得了非常可喜的进步,但是由于城市机动车发展迅猛,其道路交通拥堵状况始终没有得到有效改善,反而有愈演愈烈的趋势。

从长远来看,城市的增加和扩大是不可避免的,是经济发展和人们生活质量提高所需求的。但是若城市交通问题得不到有效解决,将极大地制约经济的发展和人们生活质量的提高。据法国巴黎 GTM-ENTREPOSE 工程公司对城市间和城市内交通的统计,从中世纪到 20 世纪的 500 年间,城市间的交通速度增加了 50 倍,而城市内的交通速度仅增加了 2 倍,人们的平均出行速度很难超过 10 km/h(包含地铁门到门的速度)。这种情况对于经济发展和人们生活质量的提高非常不利。

目前我国的主要大城市还没有形成能够迎接私人轿车消费高潮挑战的快速道路交通网络结构。大都市应对交通拥堵的措施(包括征收小汽车牌照费,交通严重拥堵地区征收道路拥挤费、限号通行等)一直是专家与社会公众讨论的话题。限制私车,是用消灭成长的方式来解决,是一种不理智的做法。作为一个国际大都市,应该允许轿车适量发展。据统计,每百户拥有轿车量,澳大利亚为 183 辆,美国为 180 辆,意大利为 145 辆,英国为 106 辆,日本为 100 辆,韩国为 51 辆,俄罗斯为 39 辆,而我国内地轿车最普及的北京,目前仅为 19 辆。这些数据足以说明未来国内轿车市场有巨大的发展空间,无论如何限制,都不会改变轿车市场的发展趋势。目前国内大都市的轿车普及程度很低,而道路已不堪重负,必须有新的思维方法来解决交通问题。

目前国内外解决大城市交通问题的主要途径有地面上拆迁修新路环形扩张、高架路、地铁。

地面上拆迁修新路环形扩张的问题:城市交通如果仅从地面上来考虑,修建一环、二环、三环,直至四环、五环等,这对解决交通问题能起到一定的作用,但不是最好的办法,地面公路网总有一个饱和的界限。不断地扩展下去,城市越铺越大,占地面积也越来越大,地面要满足居住、道路、农业和绿化,负担太大,而且交通距离增大,交通效率也随之降低。由于地形限制,市区内地面有限,无论是拓宽或是新建道路都意味着要大量拆迁旧有建筑,故地面上扩展的余地很小。从地面上来看,市区的街区道路若只是平交,则很难避免红绿灯停车和塞车现象,修建环线是一种解决这一问题的办法,但是为了快速,还得立交,一环一环地扩大,路程越来越长,占地面积越来越大,出行也快不了,而且无法解决市中心的交通拥堵问题。

高架路问题:例如,上海的高架快速道路和公路交会处的立交等,表现出开发利用空间的效果,但随之也带来对市容和环境(如噪声)等的负面影响。

地铁问题：从 18 世纪修建地铁以来，人们认为解决城市交通问题只有轨道交通这一条路，地铁解决了大量人群的出行问题。但是，不能认为有了地铁就什么问题都解决了，地铁是专用路线，很难遍布全市，同时还存在由地面交通转地铁和地铁甲线转地铁乙线等换乘问题，每次换乘就有进站、出站和等车问题，出行快不了。地铁的容量虽大，但在高峰期车厢内每平方米拥挤达 9 人，乘坐的质量不高；而在非高峰期，需按一定的间隔时间运行，乘客少收益低，运行成本又较高。地铁必须有专用的轨道线路、车站、车辆、车库、车辆检修站和运力供应站等，还要有动力系统、信号监控系统、照明系统、通风系统和进出车站系统，建设费用和运行成本高，基本上不能收回投资，而且只能解决上班族的交通问题，不能根本解决地面的交通问题。从发展趋势来看，地面交通拥堵主要是轿车过多。显然建地铁只能解决一部分公共交通问题，不能解决大都市地面交通的根本问题。

人们需根据实际情况分析产生交通问题的原因，以寻求解决的办法。城市房屋从单层发展到多层，现在发展到高层和超高层。这是从空中要工作和生活的空间。城市交通也想从空中要空间，但是目前还很难实现在市区内有秩序地快速飞行，所以人们考虑将部分交通转入地下，地下是个空间，可以从不同的层面上布置交通线路，也较少受地面上已有建筑物等的影响。人们要寻求没有红绿灯的快速交通系统，就只有从地下空间去开发，地下公路和与地面道路通用的交通系统，是地面交通的扩展和延伸。

目前，在我国已经修建了一批城市隧道，这些隧道仅仅是为穿越某些重要河流、道路和构筑物而修建的，它们是城市地下道路的雏形。而由于交通功能需求，为缓解地面交通压力而修建的地下道路也已在不少城市进行小规模建设和规划。例如，厦门机场路已经修建了 3.7 km 和 2.5 km 两座城市地下公路隧道穿越厦门市繁华市区；北京也建成了金融街地下交通工程，是国内首条大规模地下交通工程，道路全长约为 2.2 km，由 5 条主要通道交织成网，各种交通标志十分齐全，并与金融街内的 11 个楼座的地下车库相连，有效分流了金融街路面交通压力。重庆市已经开始对全市的地下道路进行概念性规划。可以设想，在不久的将来，地下快速道路的建设必将迎来一个快速发展期。

与建设技术成熟的地面道路相比较，地下道路建设技术领域还处于起步阶段，没有形成一套较为完整的技术体系，可以说是一片空白。而建设地下道路，将面临一系列前所未有的技术难题，对于地下道路封闭、视线差、大跨度复杂立交建设、通风照明、交通控制、防灾救援等问题，还没有成熟的经验和技術，在国际上也是前沿课题，尚待研究。

从路网规划、结构受力、设计施工、运营管理等方面考虑，地下道路立交在整个地下道路系统中最为复杂，集中体现了地下道路的建设和运营技术难度，是地下道路技术体系中的核心。为此，本书围绕地下道路立交，重点对地下立交隧道建设和运营的核心技术进行系统研究，进而整合成完整的地下立交建造与运营技术。

1.1.1 国内地下道路规划建设现状

2004~2005 年，北京就为解决交通问题规划了“四纵两横”的地下道路(图 1-1)。“四纵两横”是指在北京西侧建两条南北向的地下快速路，缓解西二环、西三环的交通压力，同时为金融街、中关村等提供长距离的通行干道。在东侧建设两条南北向的地下快

速路，缓解东二环、东三环的交通压力，同时为 CBD、望京等地区提供长距离的出行服务。在长安街南北两侧各修建一条东西向的地下干道，缓解南北二环、三环和长安街的交通压力。这 6 条地下通道彼此并不连通，它们通过与地面的出入口和地面道路系统联系。

2004 年 6 月，为缓解北京交通拥堵，钱七虎等院士呼吁，“应向地下要空间”，建立地下快速公路交通网，在位于地面以下十多米深处修建地下交通隧道；2004 年 8 月，重庆拟在渝中半岛、江北城、弹子石三地建立直接相连的快捷通道。重庆交通科研设计院蒋树屏首次在国内地下工程中提出地下立交方案。

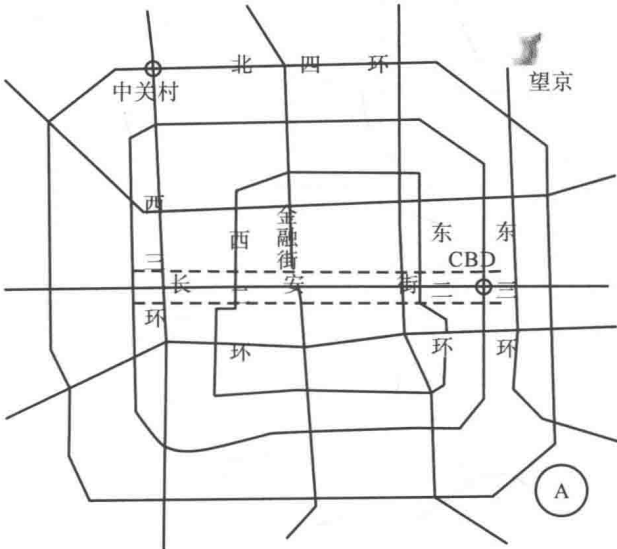


图 1-1 北京地下快速路规划

2007 年我国首条大规模地下交通工程——北京金融街地下交通工程(图 1-2)通车，建成后的金融街地下交通工程在北京金融商务区内形成了由地下行车系统、地下停车系统两层网络组成的立体交通网络，有效地分流了金融街路面交通压力。地下通道还与 11 个大型楼座的地下车库相连，各楼座下均建有大规模的停车场，设有几千个车位，极大地减轻了路面停车的压力。这在缓解市区的交通、保护环境上取得了很大的社会效益和经济效益。

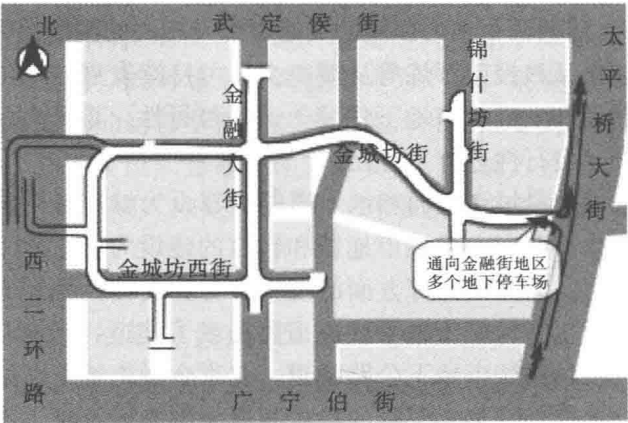


图 1-2 北京金融街地下交通工程

2010年1月12日,北京东城区在政协会议上部分公开了《东城区地下空间开发利用研究报告》。根据该报告,东城区将研究规划胡同下的地下停车场,连通雍和宫和东单的地下道路。

上海CBD核心区地下井字形通道的规划建设为城市发展地下道路系统提供了有益的参考和借鉴。该核心区位于城市的中心,黄浦江、苏州河的交汇处,西南面是历史悠久的金融贸易区外滩,东部为新近崛起的小陆家嘴金融贸易区,北面是正在逐步实现功能转换的北外滩,三足鼎立,构成上海CBD核心区黄金三角。江河交汇的灵动辉映着风采各异的城市风光,一方面营建了独具魅力的CBD景观,另一方面也影响了CBD各区块之间的沟通和联系,不利于区域整合、功能协作和效应互补。

分析该商务区的交通现状,会发现具有如下特征:

- (1)骨干路网的结构不完善。
- (2)路网布局不甚合理。
- (3)大量车辆从该中心区通过,且过江过河设施不完善。

针对上述交通特性,在规划建设阶段需要处理好如下问题:

- (1)交通吸引与功能开发的关系。
- (2)交通建设与空间资源、环境风貌保护的关系。
- (3)CBD不同交通结构层次的关系。
- (4)越江交通与核心区内部交通的衔接。
- (5)交通走廊与配套路网、交通管理方式的关系。

结合一体化交通、分离核心区过境交通、改善核心区到达交通的指导思想,通过方案比选、融合,考虑地区开发和功能发展的因素,为分离核心区过境交通,改善到达交通,加强区域联系,在现有城市路网的基础上,兴建全封闭或半封闭的专用通道及越江隧道。提出了“井”字形通道构想(图1-3),从而在核心区构建一体化交通。“井”字形通道是适应CBD地区发展,加强区域内部交通联系,提高交通辐射能力的道路系统优化方案的总称。可概括为“4+2+2”方案。

“4”指服务于核心区到发和过境交通的4条全封闭或半封闭通道,即东西通道、南北通道、外滩通道、北横通道。

第一个“2”指联系核心区交通的两条越江通道,即人民路隧道、新建路隧道;第二个“2”指梳理浦东、浦西两个核心区域的交通组织及相关的配套工程。

长沙理工大学建筑系教授蓝万炼等从城市交通可持续发展与地下快速干道的关系方面展开研究,阐述建设和发展城市地下快速干道的可行性。重庆大学胡振瀛、刘新荣等对地下快速道路的技术可行性进行了研究。

技术可行性:我国大量城市地面和地上道路的建设为城市地下快速道路提供了决策和规划方面的技术支撑;我国大量城市地铁和轻轨的建设为城市地下快速道路提供了决策、规划、建造、运营、防灾减灾等方面的技术参考和支撑;我国大量长大隧道,特别是越江跨海隧道的建设更是为城市地下快速道路提供了建造、运营、防灾减灾等方面的直接技术支撑;厦门机场路城市地下公路隧道,北京金融街地下交通工程,重庆市两江隧道和地下道路等一批前瞻性重大工程的建设和规划都为城市地下快速道路做了大量前期的技术探索。随着智能交通技术的应用及路径引导系统、道路和交通状况信息系统、

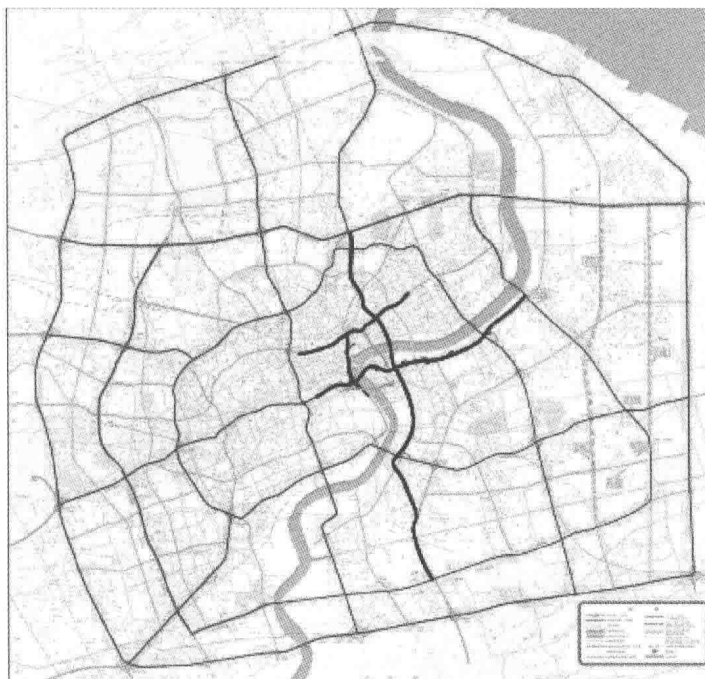


图 1-3 “井”字形通道布局图

危险警示系统、交通流诱导控制系统、养护系统、综合交通调度协调系统等综合智能交通系统的建立，机动车在城市地下高速公路行驶将会一路畅通。

经济可行性：各类城市交通基础设施的成本均主要包括前期的建设费用和后期的运营维护费用两部分，其中前期的建设费用是影响交通基础设施成本的重要因素。表 1-1 给出了不同的城市交通方式的单位造价。

表 1-1 不同交通方式的单位造价

单位：亿元/km

交通方式	地铁	高架路	轻轨	地下快速干道	绕城高速公路
造价	6.0~8.0	1.2~2.1	1.4~3.6	2.6~4.3	0.2~0.4

从表 1-1 可以看出，在城市立体交通体系中，地表交通的造价最低，地上交通次之，地下交通最为昂贵。现阶段许多城市地表交通的发展趋势是“环路+绕城高速路”，虽造价相对较低，但增大了出行的时间与距离，使得出行效率下降；地上交通主要是高架路和轻轨两种，这两种交通方式对城市景观破坏较为严重，割裂了城市规划，噪声污染严重，轻轨还需要配备专门的运行车辆和运行轨道，机动性受到限制；地下交通中地铁的造价要明显高于地下快速干道，且地铁还需要其他的运输方式为其集散客源，因此地铁交通与地表交通的对接还需专门的投入，所以对于地下交通来说，城市地下快速干道更为经济。

1.1.2 国外地下道路规划建设现状

地下公路的设想早在 18 世纪便已有人提出，与现在不同的是那时设想的交通工具是马车。经过 200 多年的酝酿和实践，至今，地下公路隧道已得到广泛的运用。修建城市

地下高速路这一举措目前已在国际上初露端倪。

修建于 1959 年的美国波士顿中央大道，为双向六车道高架，它直接穿越城市中心区，21 世纪初成为美国乃至世界交通最拥堵的道路。其每天的交通拥堵时间超过 10 h，交通事故发生率是其他城市的 4 倍，严重地影响了城市环境和可持续发展。利用地下空间资源建设地下道路是解决这一问题的唯一手段，因此相关部门提出了相应的规划方案：CA/T 工程(中央大道—隧道改造工程)。

CA/T 工程是在现有的中央大道下面修建地下快速道路，替代原有的六车道高架桥，同时保证施工期间的正常交通，建成后，拆除地面上拥挤的高架桥，代之以绿地和可适度开发的都市用地。修建一条通向机场的四车道隧道，穿越波士顿港。图 1-4 所示为总体改建规划；图 1-5 所示为规划效果图。

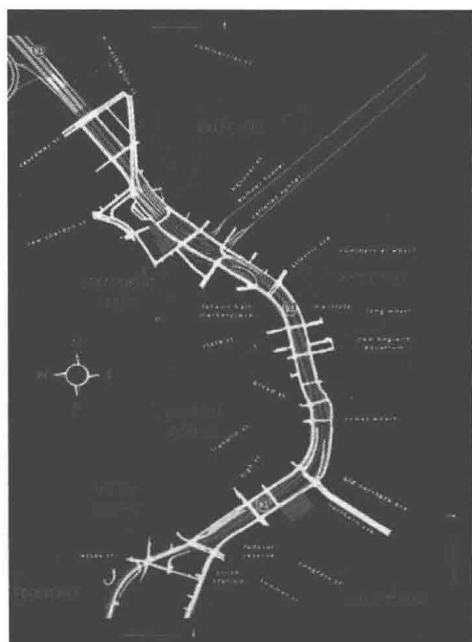


图 1-4 中央大道改建规划

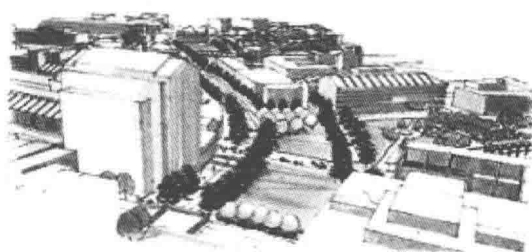


图 1-5 规划效果图

CA/T 工程竣工后，快速路拥堵的时间预计将缩短到每天早晚高峰的 2~3 h，基本相当于其他城市的平均水平，并可以降低城市 12% 的一氧化碳排放量，空气质量得到改善。图 1-6 所示为规划改造后的效果。

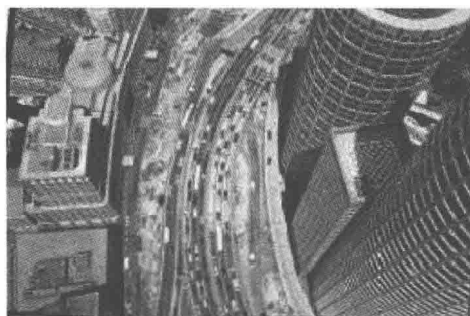


图 1-6 中央大道改造前后比较