

城市轨道交通建设 和运营技术

上海申通地铁集团有限公司 主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

城市轨道交通建设和运营技术

上海申通地铁集团有限公司 主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本文由城市轨道交通工程建设规划设计篇、地铁工程技术篇、城市轨道交通机电装备技术篇、运营组织和管理篇及经营管理篇组成,收入相关论文 80 多篇。建造规划设计和工程技术部分以上海在建轨道交通 7~13 号线为背景,介绍工程在建设中的线路规划设计、车站和区间隧道工程的设计和施工新技术;机电装备技术部分着重叙述轨道交通机电装备技术,包括车辆、信号、通风、环控和监控技术;运营组织管理与经营管理部分侧重于介绍运营管理技术,包含客流、运营、养护、安全和管理等内容。

本书可供相关高等院校专业师生与工程技术、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通建设和运营技术/上海申通地铁集团有限公司主编. —上海: 同济大学出版社, 2008. 5
ISBN 978-7-5608-3771-0

I. 城... II. 上... III. ①城市铁路-铁路工程-文集
②城市铁路-交通运输管理-文集 IV. U239.5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 040568 号

城市轨道交通建设和运营技术

上海申通地铁集团有限公司 主编

责任编辑 李炳钊 特约编辑 傅德明 刘丽萍 责任校对 徐春莲 封面设计 李志云

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 上海展强印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 30.25 插页 4

字 数 768000

版 次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数 1-1300

书 号 ISBN 978-7-5608-3771-0/U·81

定 价 140.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

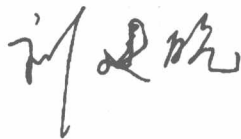
序

2007 年底,上海城市轨道交通 6 号线、8 号线、9 号线等“三线二段”94km 建成运营,使上海轨道交通运营线路达 8 条,总里程达 234km,日均客运量达 300 万人次,初步形成轨道交通网络,为缓解城市交通“出行难”作出很大贡献。上海轨道交通的运营线路和客运量,均为全国第一。

目前,上海正在进行建设的有轨道交通 7 号线、10 号线、11 号线和 9 号线二期、13 号线世博段等约 100km 线路,正在施工的地铁车站约 100 座,地铁区间隧道工程同时有 80 余台土压盾构掘进机施工,建设规模前所未有。

近年来,上海申通地铁建设集团有限公司在轨道交通投资、规划、设计、科研、施工、装备、安装和运营等技术领域积累了许多经验和成果。《城市轨道交通建设和运营技术》80 多篇论文汇集了上述技术领域的新技术、新思路、新经验,轨道交通网络化规划、建设和运营的创新理念已经得到实施和应用。结合 3 号线和 4 号线换乘的大型地铁枢纽站工程开展的技术攻关取得成果,30m 以下的超深基坑工程技术在地铁车站中得到应用和提高;盾构掘进近距离下穿运营和建筑群技术日益成熟;自主创新的城市轨道交通检售票系统达到国际先进水平;引进车辆装备部件的消化吸收和国产化研究取得成果;运营安全和监控预警的信息化技术得到应用和提高。

本书的众多作者均为城市轨道交通建设和运营技术管理的实践者,论文与实践结合密切,在学术理论上也有所创新,可供广大从事城市轨道交通工程建设和运营管理的技术管理人员与高等院校相关专业师生参考。



2008 年 3 月

目 录

序

城市轨道交通工程建设规划设计

- 从效率角度谈轨道交通的规划和建设和运营..... 毕湘利 宋 键(3)
- 上海世博会专用交通联络线工程简介及 BT 建设模式..... 廖雄华 张若霖(8)
- 上海轨道交通 9 号线综合换乘枢纽一体化设计与实施研究
..... 姚文俊 王庆国 沈季文 舒征东(13)
- 轨道交通上海西站枢纽规划与换乘研究..... 蒋顺章(20)
- 浅谈城市地下通道与商业及地铁的结合..... 许维敏(27)
- 上海市轨道交通 2 号线东延伸线与既有线衔接方案研究..... 沈 坚(34)

地铁工程技术

上海轨道交通 9 号线一期工程宜山路站设计方案探讨与施工措施

- 尤旭东 董惠涛 潘玉良(41)
- 地铁车站与开发地块建筑共建的差异沉降控制分析
..... 王庆国 谢小林 楼晓明 贾 坚(48)
- 上海地铁 4 号线董家渡基坑开挖模拟计算..... 杨洪杰 胡蒙达 刘朝明(54)
- 上海地铁车站基坑立柱隆起控制指标的合理性探讨..... 张 卫 马忠政(62)
- 上海轨道交通网络化建设工程的安全控制与远程监控应用..... 刘朝明 杨国伟(66)
- 上海轨道交通 11 号线(北段)一期工程深基坑的工程风险管理探讨
..... 马建民 章国忠(71)
- 地下工程临时交通组织及管线处置要点浅议..... 吴小光(76)
- 深基坑工程地下水控制和关键技术..... 黄继成 张家庆(80)
- 深基坑降水引起的土层固结沉降研究..... 张月萍 张丽军 马忠政(87)
- 深基坑降水的自动控制研究与应用..... 曾 华(92)
- 上海西藏南路越江隧道穿越 M8 线地铁隧道时的影响分析及施工控制措施
..... 王军辉 付 军 钱 晔 宿文德(98)
- 我国矩形掘进机隧道施工技术的发展与应用..... 傅德明 张冠军(105)
- 三维钢模管片测量系统在生产中的应用..... 张德海(114)
- 盾构隧道壁后注浆质量检测及沉降控制研究..... 杜 军 丰 晓(120)
- 软土盾构隧道长期沉降曲线拟合的 B 样条方法..... 叶耀东(126)
- 地铁区间隧道旁通道冻结加固体的强制解冻融沉注浆技术..... 李文勇 彭 惠(131)
- 新型泡沫材料在土压平衡盾构穿越富水砂性地层中的研制与应用..... 吴群慧(137)
- 钻孔咬合桩支护结构截面设计方法研究..... 温玉君 周学领(147)
- 淤泥质地层中的大管棚施工..... 梁广辉(154)
- 地铁中间风井渗漏险情的处理、分析与建议..... 王庆国 董惠涛 李月蕾(158)

城市轨道交通机电装备技术

上海轨道交通售检票系统应用回顾与展望·····	朱效洁	王志海(167)
AFC 系统车站网络控制实现方式及其发展趋势·····		张嘉岭(173)
地铁运营 AFC 中央系统维护模式的探讨·····	周 晓	(179)
上海轨道交通售检票系统技术接口一致性探讨·····	王子强	(185)
城市轨道交通售票服务系统的寿命周期费用浅析·····	温 泉	周庆灏(193)
运营协调与应急中心综合显示系统技术方案与研究·····	严婵琳	(199)
城市轨道交通应急处置时间控制研究·····	蔡 于	(207)
从运营角度谈城市轨道交通信号系统设计及选型·····	朱 莉	(211)
城市轨道交通列车驾驶系统操作按钮状态监测研究·····	金 浩	穆华东(215)
浅谈上海地铁 1 号线 SCADA 系统遥控控制方式·····	唐 雯	陈瑞华(220)
上海地铁 1 号线数据传输系统(DTS)运营中出现的问题分析·····	王洪俭	(224)
上海地铁 2 号线一期的电话系统及当前电话系统构成原则简介·····	王 虹	(229)
无线局域网的技术、标准及其在轨道交通的应用·····	黄 钟	(233)
地铁供电系统差动保护浅析·····	程 锦	(239)
DPU96 在地铁供电牵引系统中的应用·····	郭 志	(242)
城市轨道交通接触网的检测要求及技术探讨·····	周 炜	(248)
环境温度对接触网线材影响的分析与对策·····	赵 越	(252)
轨道交通门禁系统综述·····	贾坤翔	(256)
电动列车主逆变器 GTO 牵引相模块的 IGBT 替代研制 ·····	陆 彬 余 强	陶生桂(262)
运营线路加装屏蔽门后列车停站的精度偏差分析及调整对策·····	刘金叶	(270)
屏蔽门系统绝缘问题分析及解决方案·····	高 飞	(276)
AC05 型列车在 2 号线运营中塞拉门的故障分析及解决措施·····	陶 涛	(279)
轨道交通 5 号线电动列车客室车门系统介绍及常见故障的处理·····	虞玉英	(285)
地铁列车制动距离计算的理论与实例计算·····	潘 顺	(292)
轮缘润滑装置在降低车辆轮缘磨耗的分析和应用·····	金健生	潘笑宇(299)
2 号线道岔尖轨侧弯病害产生的原因分析与整治措施浅析·····	鹿俊强	(302)
上海地铁 3 号线小半径曲线侧磨浅析·····	施 凯	(307)
移动式钢轨气压焊接技术在上海地铁轨道维修中的运用·····	吴国明	(311)
电压型框架保护与钢轨电位限制装置配合及调整的探讨·····	吴文静	(315)
提高轨道电路(FTG S)可靠性及解决方案的探索·····	居 理	周 波(321)

城市轨道交通运营组织和管理

网络化对轨道交通客流的影响研究·····	朱 霞	毕艳祥(331)
城市轨道交通网络运营可靠性分析的基本框架·····		陈菁菁(337)
城市轨道交通大型换乘枢纽的客流组织管理·····	苗秋云	(342)
城市轨道交通列车的组织方式研究·····	张知青	毕艳祥(349)
地铁重点区域出入管理系统的探讨·····		胡蒙达(355)

城市轨道交通电动列车司机值乘方案的优化·····	沈世昉(359)
城市轨道交通车站的客流仿真系统功能分析·····	毕艳祥 张知青(364)
轨道交通车站乘客行为仿真基本模型研究·····	张海波 邹晓磊 陈立康(371)
轨道交通折返站的能力分析及改进建议·····	朱效洁 王志海(376)
上海轨道交通的应急管理体系思索·····	朱文明(385)
轨道交通网络维护管理体系的构建·····	宋 键 毕艳祥 张 琦(391)
上海轨道交通网络化的仓储发展对策分析·····	张 琦 董俊祺(399)
上海城市轨道交通综合维修体制探讨·····	温 清(405)
高架轨道交通浮置板轨道减振性能的研究·····	董国宪(411)
复合弹簧浮置板轨道结构性能分析·····	姚文俊 谢 炯(418)
节能技术在轨道交通停车场中的应用探讨·····	胡晓嘉 吴 强(424)
 城市轨道交通经营管理	
上海轨道交通资产上市战略研究·····	钱耀忠 王保春(431)
项目管理战略导向企业建设的 PEE 模型 ·····	李春阳(436)
轨道交通换乘枢纽的建设管理模式探讨·····	宋 博 刘纯洁 于 宁(440)
上海轨道交通网络换乘车站的设计管理·····	杨立兵(444)
价值工程在城市轨道交通工程设计中的应用研究·····	温玉君(451)
城市轨道交通节能工作的思索·····	张凌翔(455)
试论技术标权重、商务标基准价的合理取值 ·····	何君君(459)
轨道交通 8 号线地铁车辆项目风险管理对策研究·····	杨 迪(462)
委托管理模式在轨道交通运营中的应用·····	牟振英(469)
浅谈轨道交通网络化运营环境下的人力资源管理·····	赵喆人(472)

城市轨道交通工程建设规划设计

从效率角度谈轨道交通的规划建设和运营

毕湘利 宋 键

(上海申通轨道交通研究咨询有限公司 上海 201103)

摘 要 本文以面对国内各大中城市轨道交通建设高潮为背景,从规划、建设、运营和管理等几个角度,阐述了对目前轨道交通建设过程中有关各个阶段效率问题的看法,以及如何提高轨道交通效率的一些体会。

关键词 效率;轨道交通;规划;建设;运营

Abstract Against the background of construction upbeat of rail transit line in various cities across the nation, this paper addresses the viewpoint of efficiency in various stages of construction process of rail transit nowadays, as well as some impression of how to improve rail transit efficiency, from the angles of planning, construction and operation.

Keywords efficiency; rail transit; planning; construction; operation

为解决城市的交通问题,我国有 10 多个城市都在加快推进轨道交通建设,还有更多的城市提出了宏伟的轨道交通建设规划。

一般来说,效率是投入和产出的比率。就轨道交通而言,轨道交通的效率问题既可以从规划、建设和运营纵向角度来研究,也可以从轨道交通运转效率(车辆周转强度)、客运效率(客运周转强度)和成本效率(客运成本)横向角度来探讨。衡量轨道交通的效率主要体现在以下方面:①在规划阶段如何使有限的线网能够在建成后运送更多的客流,衡量指标体现在线网的客运强度;②建设阶段如何更好地考虑和落实运营的需求和运营的效率,即如何更好、更快、更经济地建设轨道交通,衡量指标体现在轨道交通的建设造价;③在投入运营后,如何有效降低运营的成本,衡量指标就是车公里的单位运营成本。

1 合理的线网规划是发挥轨道交通效率的根本

1.1 线网规模确定中几个参数与效率的关系

城市轨道交通线网规划的合理性体现在线网的定位、规模、布局以及结构的合理性。线网规划是根据城市经济和社会发展规划,在规划城市人口规模及总体分布的基础上,以城市居民总出行量为依据提出城市轨道交通总承担量,以此作为确定城市轨道交通线网规模的尺度。当然,线网的客运强度也是在规划时考虑的重要因素。当前,世界上主要城市的地铁系统客运强度都大于 1 万人次/km,如纽约为 1.19 万人次/km,首尔为 1.92 万人次/km,巴黎为 1.67 万人次/km,客运强度较高的如香港为 2.34 万人次/km,墨西哥为 2.5 万人次/km,东京为 2.76 万人次/km,莫斯科地铁的客运强度高达 3.32 万人次/km。

要实现轨道交通规划线网的高效率,规划阶段几个数据的确定十分重要。我国线网规划阶段几个重要数据的选取需要十分慎重,以免造成线网规模确定不当或建成网络后影响效益。城市规划总人口数是所有数据的基础,这个数据的采用既要考虑城市化进程的加快

造成城市人口扩大的因素,以免估计不足;同时,也要考虑整个城市地域的总体容量和各项配套设施的承担能力,以免估计过高。城市居民的日均出行率这个参数的确定也非常重要,它决定了城市的总出行量。根据有关出行调查报告,这个重要数据也逐年提高。如上海市区人口的日均出行率 1995 年为 1.97 次,到 2004 年就提高到 2.36 次,这就意味着总出行量提高了 20%。而发达国家城市的出行率一般都高于 2.60 次,因此,在出行率的选取上一定要考虑城市未来的发展。

在城市出行总量的基础上要确定公共交通的分担量就必须确定另一个重要参数,即公共交通承担城市居民出行的比例。当前我国各城市公共交通出行比例普遍不高,大、中等城市的比例一般都不超过 20%,有些城市甚至还要低,但是根据我国提出的大力发展公共交通的国家战略,在确定轨道交通线网规模时,公共交通分担比例不宜低于 50%,在一些特大城市甚至可以更高,否则无法体现公交优先发展的政策。诸如巴黎、伦敦、东京等国际化大城市的公交分担量都高于 60%,分别达到 67%、72%和 87%。但在一些城市道路条件较好的中等城市,这个比例可以适当降低。

有了公共交通的分担量数据,另一个重要参数就是轨道交通占公共交通的比例,在这个数据选取上,应根据城市总体规模、城市道路资源等情况来确定,特大城市、大城市和中等城市在确定这个数据时是不同的,如上海、北京等特大城市由于道路资源相对不足,地面交通压力很大,轨道交通占公交出行的比例要高,至少要高于 60%甚至更高。和上海地域条件、人口规模相当的东京,其轨道交通占公共交通的比例已经高达 80%以上。其他大城市和中等城市该数据要适当降低,避免造成轨道交通承担量估计过大。

轨道交通线网规模的确定总体上根据轨道交通分担客流量来确定,而这个分担量直接与规划人口控制规模、居民出行率、公共交通的承担比例以及轨道交通承担率相关,这几个参数的选取直接影响了网络的总体规模。从线网效率角度讲,我国各城市线网规划应按照客运强度不小于 1.5 万人次/km 的总体规模确定,特大城市远景网络客运强度应按照不小于 2.0 万人次/km 的总体规模确定。

1.2 线网结构的三个层次与效率的关系

根据城市轨道交通需要承担的客流总量确定的线网规模,在网络构架的建立上也有三个不同的层次,即网络互通、线路互联和锚固换乘。

在线网规划阶段实现网络互通是线网构架建立的最高层次。所谓网络互通,就是整个轨道交通规划线网是可以实现列车多方向多交路运行、没有明确线路之分的网络,这样的网络可以使有限的网络规模发挥最大的客运效益。如伦敦地铁东区的 DOCKLAND 线网就是采用了这种规划思路,如图 1 所示。线网规划实现了轨道交通多方向、多交路的网络运营。这样的网络规划可以分阶段实施,而且势必要求建设中各个系统要互联互通,实现网络运营中的列车互通和突发客流情况下车辆的互相调配使用。

线路互联有多种实现方式,根据线路客流中间大、两端小的特点,在城市外围区域采用多支线的布局实现在中心城区的共线运营是运用较多的一种规划方法。这样的规划在建设过程中还可以采用外围区域的线路和中心城区的线路在支线接轨点断点换乘,采用内外不同的列车编组和系统模式,以提高整个线路的运营效率。国外轨道交通网络规划中这种支线方式应用非常普遍,如波士顿网络规划,如图 2 所示。当然,线路之间规划布局更多的联络线也是实现不同线路之间车辆互相调配的一种有效手段,但必须要以线路之间的系统的互联互通为前提。

2005 © Robert Schwendli (UrbanRail.Net)

线网结构由若干条线路构成,线路之间以车站为节点换乘锚固整个网络是网络规划中的第三个层次。这样的线网规划要求换乘节点的方便与便捷,锚固换乘网络主要靠乘客的换乘来实现。

2 合适的建设标准是发挥轨道交通效率的保障

— 5 —

素,有时甚至不得不牺牲一些基本功能需求和总体技术要求,这种技术决策思路对整个工程的效率会产生很大影响:一方面体现在由于一条线路、一个点没有达到总体设计要求而影响整个线路的使用功能;另一方面,基于仅满足实施性要求的重大方案经常遇到专家评审的反复造成在决策时间上的损失,影响工程实施进度。

2.1 系统模式和敷设方式对效率的影响

轨道交通建设过程中系统模式和敷设方式的确定本来是规划阶段就应当确定的技术标准,但在实际工程建设过程中由于规划基准期和建设基准期不同,城市的发展变化导致设计阶段的系统模式和线路敷设方式的调整,但这两个标准对轨道建设和运营阶段的效率至关重要。

根据建设部编制的轨道交通分类标准,轨道交通系统主要分为地铁系统、轻轨系统、单轨系统、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统。将轨道交通分成的若干类别和制式与其适应的条件和交通需求提出的运能有关,轨道交通经过 150 多年的建设和发展,世界各国在城市中心应用比较多的仍然是地铁系统和轻轨系统,虽然可以有不同的车辆编组形式和车辆宽度,但地铁系统基本都是应用在高大运量的线路上,而轻轨系统应用于中小运量的线路上。但从效率角度看,在城市轨道交通制式选择上不能忽略分类标准中的市域快速轨道系统,由于该系统可以采用地面或高架敷设方式以及相对简单的设备系统配置,更适用于城市中的市郊线路。选择该系统既可以降低建设成本,运营成本也将大大降低,综观世界上包括发达国家在内的轨道交通建设历史,轨道交通系统采用地铁制式超过 300km 的城市比较少见。从建设和运营效率角度出发,在郊区线路的制式选择上应该考虑系统配置更为简单灵活的非地铁制式的城市轨道交通系统。

城市轨道交通敷设方式与工程造价密切相关,一般高架线路工程造价只有地下线路的 $1/2 \sim 1/3$,地面线路更低。地下线路的运营成本也比高架和地面线路高得多。城市轨道交通的线路敷设方式由于认识上的差异在不同的城市似乎有不同的判别标准,越来越多的城市考虑城市未来的发展倾向于采用更多的地下线路。但从效率角度看,高架和地面线路可以换个角度来看线路的敷设方式的问题主要集中在城市景观、噪声和占用城市用地方面,因此在中心城区的轨道交通由于受城市用地等影响应该采用地下线,但在城郊结合部以及市郊,应采用高架或地面敷设方式,可以在采用更为美观的高架桥梁形式和有效的减震降噪技术措施方面多花些费用,但整个工程造价和运营成本会大大降低。

2.2 系统规模对效率的影响

在系统模式和敷设方式确定的前提下,系统规模对整个工程的建设造价具有决定意义,与工程建设造价密切相关的是系统规模中的列车编组问题。我国各城市在轨道交通建设时系统规模确定往往是以远期预测客流量为衡量尺度,运行间隔按照 2min 考虑确定列车编组。但不能以这种唯一的尺度来确定线路系统规模,应该根据线路所在区域、线路特点、服务对象等来确定系统规模。

连接中心城与卫星城的长大郊区线路以及机场线,在确定系统规模时要考虑:由于乘客平均乘距较长,需要配置更多的座位,车厢采用站立为 $3 \sim 4$ 人/ m^2 的较高标准,行车间隔可以适当放大到 $3 \sim 5$ min 来确定系统规模。但在中心城区客流密度较大区域的线路在确定系统规模时要考虑:由于乘客平均乘距相对较短,车厢主要以站立为主,故采用站立人数为 $5 \sim 6$ 人/ m^2 的较低标准;由于中心城区环境复杂、动迁工作成本高,在行车间隔上以 2min 为基础,必要时可以考虑技术水平的发展和提高运营服务水平,采用更短的行车间隔(如小于

90s)来确定线路系统规模,从而提高建设效率和运营服务水平。

3 科学的运营管理是发挥轨道交通效率的关键

3.1 管理架构与效率的关系

轨道交通建成后,建立科学合理的运营管理架构是发挥运营效率的关键。不同的城市、不同的网络规模、轨道交通发展的不同阶段其运营管理架构有所不同,但其必须适应运营管理效率的需要。对于如上海、北京、广州等特大城市,由于网络规模大,运营管理技术含量高,宜建立网络、线路和车站三个层次的运营管理架构来适应网络运营的需要。如上海轨道交通网络构建的以“体制架构扁平开放、资源配置统筹集约、线网联动职责分明、应急保障快速反应、管理手段科学先进”为主要特征的网络化运营管理体系,为安全、可靠、高效运营奠定了基础。

上海轨道交通网络管理采取的集中分级式管理架构,主要分网络管理层、线路控制层、车站(现场)执行层三个层次。在三个层次中,分别承担的网络运营管理的职能是:网络管理层主要由网络运营监控中心(应急指挥中心)和网络维修保障中心组成,网络运营监控中心(COCC)和应急指挥中心(ETC)负责全网统筹管理、监控以及突发事件应急指挥调度,网络维修中心发挥票务系统、维修系统和物资管理系统等职能;线路控制层负责各线路的日常行车指挥和客运调度,在发生突发事件时执行网络运营监控中心(应急指挥中心)指令,负责本线路票务数据管理、安全管理、数据统计、参数管理、模式管理及本线路设备状态监控;车站(现场)执行层按照统一的站务服务标准,负责日常车站服务、车站客运组织、车站售检票等,在发生突发事件时,按照线路控制中心(OCC)指令进行应急处置。

3.2 管理流程与效率的关系

在运营管理框架确定的前提下,根据轨道交通运营特点,建立网络统一的线路行车调度、行车指挥和管理操作的固化流程是确保运营效率的保障,包括控制中心作业、车辆段作业、车站站务管理作业、设备维护维修作业等。这些流程是运营所有员工的工作指南,流程明确各个工作岗位的义务、责任、沟通方法及原则,可以更好地确定和控制与岗位行为和特性相关的风险,可以最大限度地利用现有资源、资产和设施。同时,有利于明确管理界面、新老线路之间的技能传授,有利于在整个运营过程中高效地开展培训和发展。在此基础上,可以制定运营服务指标体系和成本定额控制标准,为健全体现轨道交通运营管理先进水平的经营考核制度奠定基础。因此,建立固化的轨道交通运营管理流程是发挥运营效率的软件保障。

4 结语

就轨道交通而言,从效率角度看,规划是从根本上决定效率,建设是从硬件上决定效率,运营是从软件上决定效率。科学地确定网络规划参数、合理的网络总体规模是发挥整个网络效率的根本,在网络规模确定的基础上如何构建网络框架以确保网络客运强度是轨道交通网络效率的基础;对于轨道交通线路建设来说,选择合理的模式和敷设方式,科学确定系统规模以及在建设过程中遵循正确的技术决策路线,会有效降低工程造价,在硬件上保证轨道交通效率的发挥;在运营管理方面,构建适合网络特点的运营管理架构以及建立科学固化的运营管理流程是发挥轨道交通效率的软件保障。

上海世博会专用交通联络线工程简介及 BT 建设模式

廖雄华 张若霖

(上海轨道交通 13 号线世博过江段项目筹建处 上海 200031)

摘 要 本文介绍了上海世博会专用交通联络线工程轨道交通 13 号线世博过江段项目,并结合工程,深入讨论了现阶段国内 BT 建设模式及其在本工程中应用的特点。

关键词 上海世博会;轨道交通;BT 模式;项目管理

Abstract This paper presents the cross-river section at World Expo site of Line 13, a dedicated transportation Rail Transit Line for the World Expo and discusses in-depth the BT construction mode in present stage nationwide, and features of its application.

Keywords World Expo Shanghai; rail transit; BT construction mode; project management

上海世博会是继北京奥运会之后我国在 21 世纪初举办的又一国际盛会。上海轨道交通 13 号线世博过江段项目是为 2010 年上海世博会服务的专用交通配套工程,13 号线 K18+034.491—K23+086.579 段即为世博段工程。

世博段线路基本呈南北走向,线路北起马当路与复兴中路交叉处的淡水路站,出站后沿马当路向南,下穿合肥路、建国东路,在徐家汇路北侧与马当路交汇处设马当路站,沿蒙自路继续往南,下穿丽园路、斜土路、瞿溪路,上穿 4 号线盾构区间,从中山南路内环高架桥桥墩间穿过,进入中山南路与龙华东路之间的蒙自路上的卢浦大桥站,线路出站后下穿龙华东路、江南造船厂机装车间、九号码头后,下穿黄浦江到达浦东,在浦东世博园区内设世博园站,该站直接为世博服务;线路出世博园站后沿长清路东侧继续南行,在打浦路隧道浦东段东侧通过后,下穿耀华路下的 7 号线盾构区间,然后线路进入长青公园,在长青公园内设长清路站。

线路长度 5.052km,平均站间距 1.22km。线路在世博园站与长清路站区间之间,设 13 号线与 7 号线间的联络线,如图 1 所示。

根据世博会的开园日期,本项目须于 2010 年年初竣工,同年 4 月份完成试运营和验收,工期为 3 年左右,投资约 22 亿元,建成后世博会期间进行双向“拉风箱”式运营,最大高峰客运能力达 1.76 万人/h,将会成为世博会期间园区内主要的交通线路。该项目具有工程建设工期紧、任务重、压力大、关键技术难点多等特点。

1 工程技术难点

1.1 基坑工程

线路自北向南穿越黄浦江,地下车站的工程范围主要处于黄浦江河道两岸,由于古河道河床对地层的切割,卢浦大桥站、世博园站都存在⑥层局部缺失的现象,浅层淤泥质黏土灵敏度高、深层砂性粉土易涌砂,伴以⑤₂微承压水层与承压水层⑦贯通的现象,三个车站的地墙均位于⑤₂层中,尚余 10m 左右的下卧层,坑内坑外的水力联系未能全部隔断。

长清路站为地下3层岛式车站,车站标准段基坑深度24m左右,端头井开挖深度达26m,北端井施工影响15.5m外的条形基础7层砖混结构居民楼;3号出入口开挖深度18m,施工影响11.8m外的条形基础6层砖混结构居民楼及众多长青路市政管线,过街通道口的顶管施工虽位于淤泥土层中,但存在④₂微承压水的影响。

联络线13号线盾构井为长74m、宽9.2~18.5m、深27m左右的异形基坑,施工影响7.9m外的上南花城一座多层居民楼和12m外的打浦路隧道敞开段。



图1 13号线世博段线路示意图

1.2 盾构隧道区间

江中段区间与世—长区间的盾构推进均遇到黏土层与砂性土层的界面、淡—马—卢区间的推进均位于灵敏度高、触变性强的软黏土层中,因此盾构推进参数的选择,以及盾尾注浆工艺复杂和关键。线路关键节点如表1所示。

表1 13号线世博段工程盾构区间施工关键风险节点一览表

区间	风险因素分析	
	不利地质条件	区间穿越影响范围内需保护的重要建筑物、管线
卢浦大桥站—马当路站(最大纵坡0.7%,最大覆土层埋深—11m)	⑤ ₂ 黏质粉土	① 轨道交通4号线(轨面标高—19.2m,最小垂直净距约3m) ② 内环高架桩基(φ800mm钻孔灌注桩,桩长53m) ③ 蒙自大厦(φ700mm钻孔灌注桩,桩长51m)及无桩基民宅 ④ 蒙自路、斜土路地下管线
马当路站—淡水路站(最大纵坡2.8%,最大覆土层埋深—16.4m)	⑤ ₁₁ 砂质粉土	① 淮海中路街道办事处预制桩,桩长17.5m,水平净距0.85m ② 上海市市政建设工程处0预制方桩,桩长20m,水平净距1.074m ③ 马当小区5号楼(φ800mm钻孔灌注桩,桩长50m,水平净距4.6m; 350×500预制板桩,桩长15m,水平净距1.644m) ④ 卢湾区公证处(φ800mm钻孔灌注桩,桩长50m,水平净距3.53m; 350×500预制方桩,桩长10m,水平净距1.865m)
卢浦大桥站—世博园站(纵坡驼峰型,最大坡度2.8%,顶埋深10.1~22.6m)	主要为⑤ ₁₋₁ 流塑状、高压缩性、灰色黏土层,高含水量、高压缩性、低强度饱和黏土,开挖面易失稳,且高粘性易粘着盾构设备;局部④ ₁ 层灰色淤泥质黏土	① 江南造船厂西区装焊车间预制方桩,桩底标高—32.8~—33.3m,隧道侧穿,最小水平净距3.9m ② 江南造船厂九号码头预制方桩,桩底标高—14.24~—31.19m,盾构隧道穿越桩基范围,须拔桩 ③ 上钢三厂9号码头,φ400mm木桩,桩底标高约为—20.0m,盾构隧道穿越桩基范围,须拔桩 ④ 管径2400mm的污水管道,管顶埋深4.5m,距隧道顶约4m
世博园站—长清路站(纵坡V型,最大坡度2.62%,顶埋深9.7~18.8m)	主要包括③、④、⑤ ₁ 和⑤ ₂ 层; ③、④、⑤ ₁ 层有明显流变性,触变性强;⑤ ₂ 层渗透性好,易产生流砂、流土等现象。	① 上南花园混6居民住宅楼,预制方桩,桩长18m,距区间约7.9m ② 打浦路隧道敞开段,与13号线盾构隧道高程净距约15m ③ 下穿地铁7号线,净距约1.4m ④ 电力隧道,内底深度4.0m,位于隧道上方13m ⑤ φ2000mm合流污水,管顶埋深7.4m,接收井底标高为—8.15m ⑥ 联络通道采用冷冻法加固,矿山法开挖构筑

2 工程项目管理

随着我国经济的稳步快速发展,我国社会公益事业和基础设施建设的投资规模也在迅速地扩大。为了解决政府资金供需矛盾,广泛吸引社会资本,加快社会公益事业和基础设施项目建设,一种新的解决模式悄然出现,这就是 BT 建设模式。

BT 是 Build(建设)和 Transfer(转让)两个英文单词的缩写,是 BOT(Build-Operate-Transfer,即建设—经营—转让)模式的一种历史演变,是政府利用非政府资金来承建某些政府项目的一种投资方式。其含义是:政府通过合同约定,将拟建设的某个政府项目授予投资承包人,投资承包人负责在工程建设期内对该工程进行投融资、管理、施工总承包工作。工程完工后,通过竣工验收,将符合合同要求的项目通过回购方式有偿移交给政府。

申通集团根据“十一五”期间集团所承担的轨道交通建设任务,决定 13 号线世博段项目采用 BT 模式建设。

2.1 BT 建设模式的优点与不足

一般而言,BT 模式具有以下优势:①有利于缓解政府的资金压力,转变政府职能。能将大量非政府资金引入城市基础设施建设,有效缓解政府的财政压力,使政府规划建设资金不到位的项目尽早实施,提前实现社会效益和经济效益,达到规模效益。②为企业开辟了新的投资渠道。使众多企业通过参与基础设施建设为剩余资本找到投资途径,改变其投资渠道单一的局面,降低企业投资的盲目性,减小风险,保证资本的增值。③改善了基础设施硬件环境,有利于构建社会信用体系。使资源得到优化配置,将先进技术和方法引入基础设施建设中,在一定程度上是对政府和企业信用的考验,有助于构建良好的社会信用平台。

但通过国内的一些 BT 模式项目实践来看,实施 BT 模式存在以下一些问题和不足。

(1) BT 投资承包人的法律地位问题。由于 BT 投资承包人既是投资方又是施工方,而我国尚无有关项目法人投融资方式完整的法律法规体系,BT 特许协议的法律性质也不明确。

(2) 采用 BT 模式必须经过确定项目、项目准备、招标、谈判、签署与 BT 有关的合同,移交等阶段,涉及政府许可、审批以及外部担保等诸多环节,牵扯的范围广,复杂性高,操作的难度大,障碍多,不易实施,最重要的是融资成本也因中间环节过多而增高。

(3) BT 项目施工缺乏应有的监管。在 BT 项目中,政府虽规定督促和协助投资承包人建立三级质量保证体系,申请政府质量监管,健全各项管理制度,抓好安全生产。但是,由于政府部门缺乏相关专业经验和人才,再加上投资承包人出于其利益考虑,在 BT 项目的建设标准、建设内容、施工进度等方面存在问题,建设质量得不到应有的保证。

2.2 轨道交通 13 号线世博过江段项目的 BT 建设模式

为如期完成上海世博会专用交通联络线工程的建设任务,申通集团 2005 年即成立了轨道交通 13 号线世博过江段项目筹建处进行项目的前期筹备工作,完成了项目的前期初勘、工可评审、地质详勘和物探委托与初步设计及其评审、施工图设计,并完成项目绝大部分的征地拆迁、交通组织和管线搬迁工作。

针对 BT 建设模式的不足,申通集团组织合约、投资等多个职能部门进行合同招标文件法律、经济条款的拟定和审核。在此基础上于 2006 年年底完成整个项目的 BT 招标准备工作。

上海建工集团作为本项目的中标人按照合同要求中标后,于 2007 年 3 月初成立独立法人的项目公司——上海轨道交通 13 号线南段项目发展有限公司,负责项目的投融资和建设管理,建工集团的基础工程公司、一建公司、五建公司分别承担世博园站、卢浦大桥站、长清路站的土建工程,基础工程公司和机施公司分别承担浦东和浦西区间的土建工程,基础工程