

中国城市 轨道交通新技术

第三集

中国土木工程学会
城市轨道交通技术推广委员会

中国科学技术出版社

·北 京·

编辑委员会

主 编：黄 卫 谭庆琰 施仲衡

副 主 编：宋敏华 张 雁 曾少华

王 灏 冯爱军

编 委：(按姓氏笔画排序)

于松伟 朱 翔 毕既华

宋 毅 许巧祥 杜文库

沈子钧 吴焕君 杨秀仁

杨兴山 佟丽华 李 丹

张 弥 郭建国 高立新

梁青槐 袁敏正 傅德明

简 炼 戴树森

前 言

2006年7月19日, 建设部召开专题会议, 决定组织全国的力量开展城市轨道交通关键技术研究, 要求以科学发展观为指导, 紧紧围绕资源节约、环境友好、技术创新和安全便捷的理念, 系统总结我国城市轨道交通发展的成功经验, 推广已经取得成效的新技术以及先进的施工工法, 着力研究解决城市轨道交通建设、运营和管理中的突出问题, 形成具有中国特色的城市轨道交通政策、法规和标准体系。2007年4月16日, 科技部正式批复了国家科技支撑计划“新型城市轨道交通技术(2006BAG02B00)”项目, 项目包括6个课题, 62个子课题。参与研究的单位101个, 参加研究工作人员800余人, 目前该项目已进入研究冲刺阶段, 将提出25项专题研究成果、8个规范性文件、2个标准体系、15项关键技术标准, 实现3项核心技术突破。

中国土木工程学会城市轨道交通技术推广委员会致力于城市轨道交通新技术的推广, 已成功举办了两届《城市轨道交通关键技术论坛》, 出版了两集《中国城市轨道交通新技术》文集, 建立了城市轨道交通专项技术评审与推广机制, 提出土建技术、运营技术、综合技术的量化评价指标, 形成《城市轨道交通新技术成果评估指南》和《城市轨道交通新技术推广项目申报与实施指南》。2006、2007、2008连续3年评选出49项专项技术推广项目, 包括: 综合技术11项, 土建技术17项, 运营设备技术21项。其中, 土建技术多为结合我国国情和复杂地质条件, 自主创造的新型施工方法, 丰富了地下工程的设计与施工理论和工艺。机电设备技术集中围绕实现机电设备国产化以及节能、环保、防灾等方面的技术。49项成果中有28项达到国际先进水平, 21项达到国内先进水平。已经授权发明专利27项、实用新型专利22项、外观设计专利1项、软件著作权专利19项, 尚有多个项目已经申请专利。

《中国城市轨道交通新技术》第三集是技术委员会的又一项研究成果。在此我们仅向为本书成功出版做出贡献的施仲衡院士, 向中国土木工程学会及其城市轨道交通技术推广委员会, 向城市轨道交通新技术的各完成单位和业内人士表示感谢。

中国工程院院士

黄卫

序 言

目前,我国的城市轨道交通进入了一个快速发展期,北京、天津、上海、广州、深圳、南京、重庆、武汉、大连、长春10个城市已经开通运营的线路总长接近770公里。上述10个城市加上已批准建设的沈阳、成都、杭州、西安、苏州共15个城市在建50条线路总长达到1100余公里。至2015年,运营线路总长将达到2300公里。

如何将我国城市轨道交通近年来在建设运营实践中创造的新技术、积累的好经验用以指导其他在建和筹建城市的轨道交通建设,如何提高技术水平和社会经济效益,走出一条适合中国国情的城市轨道交通发展道路,实现又好又快的目标,是我们面临的重要问题。

继2006年在南京、2007年在广州召开两届“城市轨道交通关键技术论坛”推出《中国城市轨道交通新技术》第一集和第二集之后,在本届会议上又推出《中国城市轨道交通新技术》第三集。该集收录了30个项目,其中综合类4项、土建技术类11项、设备技术类15项。内容涉及轨道交通安全、环保、节能、创新、国产化等各个方面,集中体现了节能、环保、安全、增效和创新的理念。

我们相信这些项目的推广一定能对全国各有关城市轨道交通的建设起到推动和示范作用,希望引起业内同行的注意和重视。让我们以科学发展观为指导,为使我国轨道交通的建设达到“资源节约、环境友好、技术创新、安全便捷”的目标作出贡献。

中国工程院院士

施仲衡

目 录

综合类

BT 模式在轨道交通项目中的应用	(1)
地铁车站建设安全及风险控制技术	(8)
城市轨道交通减振降噪综合技术	(14)
广州地铁换乘车站综合设计技术	(40)

土建技术类

小间距、长距离双线盾构隧道防护设计与施工关键技术	(53)
浅埋单拱大跨双侧洞法暗挖车站的设计与施工技术	(60)
区间超小间距隧道施工技术	(70)
轨道交通换乘车站改扩建技术——暨世纪大道站技术	(77)
桩基的地下托换方法	(85)
地铁换乘车站施工中环境变形控制关键技术	(89)
清河小半径曲线斜拉桥关键技术	(114)
AM 工法：全液压可视可控旋挖扩底灌注桩在上海轨道 交通工程中的应用	(138)
HPC-001S 高性能混凝土综合性能测试仪	(154)

运营与设备技术类

广州市轨道交通四号线主控系统	(164)
火灾模式联动控制技术	(178)
基于通信的自动列车控制系统	(185)

国产新一代列车自动监控系统 (ATS)	(191)
国产化城市轨道交通列车自动防护 (ATP) 系统	(195)
城市轨道交通计算机联锁系统	(224)
城市轨道交通乘客信息系统 (PIS) 技术	(231)
轨道交通 35kV 供电系统国产化 C - GIS 设备关键技术	(236)
上海城市轨道交通供电系统关键技术	(240)
地铁智能配电控制技术	(258)
城市轨道交通 AFC 票务清分系统	(266)
城市轨道交通站台屏蔽门/安全门车地联动自动控制系统	(272)
浅埋区间自然通风/排烟系统	(277)
国产首批最大运行速度 100km/h B 型不锈钢城市轨道交通车辆	(282)
城轨交通车辆电空制动系统	(291)
广州地铁高架段防雷技术	(298)
附录一 建设部科技发展促进中心文件	
关于开展“城市轨道交通专项科技成果评估与推广工作”的通知	(305)
附件一 城市轨道交通专项科技成果评估申报指南	(307)
附件二 城市轨道交通专项技术推广项目申报指南	(309)
附录二 住房和城乡建设部城市轨道交通专项科技成果推广项目	(311)
附录三 “十一五”国家科技支撑计划重点项目“新型城市轨道交通 技术”成果简介	(315)
附录四 我国城市轨道交通运营正线线路情况汇总表	(320)
附录五 全国各城市轨道交通在建线路汇总表	(322)

综合类

BT 模式在轨道交通项目中的应用^①

完成单位：北京市基础设施投资有限公司

一、技术内容

BT (Build-Transfer) 即建设—移交, 是由业主通过公开招标的方式确定项目建设方, 由建设方负责项目资金筹措和工程建设, 项目建成竣工验收合格后由业主回购, 并由业主向建设方支付回购价款的一种融资建设方式。

轨道交通项目采用 BT 方式的具体做法是: 轨道交通项目所在城市的政府部门或政府指定的业主单位, 在完成项目线路规划方案、可行性研究报告及设计方案的基础上, 通过招标等竞争性方式, 确定项目投资建设者。中标人负责组建“轨道交通 BT 工程项目公司”(以下简称“项目公司”), 与业主单位签署《BT 投资建设协议》, 由项目公司负责 BT 工程的投融资、建设和移交。项目公司作为 BT 工程在建设期的项目法人, 按 BT 协议的约定对 BT 工程的投资、质量、工期及安全全面负责。中标人与项目公司签订《工程总承包协议》, 以工程总承包的方式承担 BT 工程施工。工程建设监理由业主单位选定, 并与设计单位一道由项目公司统一管理。业主单位按合同在工程建设过程中行使监管权, 工程建成并验收合格后, 项目公司将满足约定建设标准的工程移交给业主单位, 业主单位按合同约定分期进行回购。

二、主要技术性能和技术特点

(1) BT 模式是一种新的投资融资模式。该模式较广泛地应用于国外大型基础设施工程建设, 但在国内基础设施领域, 尤其在轨道交通建设中尚属于一种新型的融资建设方式。

(2) 采用 BT 方式可为项目业主单位筹措建设资金, 缓解建设期间的资金压力。同时, 通过成立 BT 项目公司, 社会投资者可采用项目融资的方式实现表外融资, 可有效提高资金使用效率, 分散投资风险。

(3) 采用 BT 方式可以减少工程建设环节, 提高投资建设效率。BT 项目由投资者负责工程全过程, 包括工程前期准备、设计、施工及监理等建设环节, 可有效实现设计、施工的紧密衔接, 减少建设管理和协调环节, 降低成本。

(4) BT 方式一般采用固定价格合同, 通过锁定工程造价和工期, 可有效地降低工程造价, 转移业主的投资建设风险。

(5) BT 项目回购资金在法律上有保证, 投资风险小。BT 方式通过设置回购承诺和回购担

^① 主要完成人: 王灏、高朋、邓志高、邓文斌、王耀。

保的方式,可降低投资回收风险,其投资回收期限较短。对大型建筑企业而言,BT项目是一种良好的投资渠道,通过BT方式参与工程项目的投资建设,既有利于避免与中小建筑企业的恶性竞争,又能发挥企业自身技术和资金的综合优势。

三、适用范围及应用条件

(一) 适用范围

BT模式适用于轨道交通项目的各类新建、续建以及已运营线路的改扩建工程。

(二) 应用条件

- (1) 前期工作深入,设计方案稳定,建设标准明确。
- (2) 工程建设难度适度,建设风险较小。
- (3) 业主单位信誉良好,回购资金有保障,能提供回购承诺函及相应担保。
- (4) 工程规模适当,投资额度应在潜在投标人可承受的范围。
- (5) 项目成本应该能够较为准确的估算,以便于投标人估算和控制投资成本。

四、专家鉴定、获奖及申请、授权专利情况

北京地铁奥运支线BT项目是国内城市轨道交通建设领域的第一个BT项目,目前,该工程进展顺利,整体实施效果较好,并获得一系列荣誉。

2007年6月,荣获北京市2008工程指挥部办公室颁发的“2006年度北京市2008工程绿色施工优秀工地”奖杯。

2008年1月,被北京市政工程行业协会评为“2007年度市政基础设施结构长城杯金质奖工程”。

2008年1月,荣获第二届“全国优秀企业管理成功案例奖”。



图1 金质奖证书

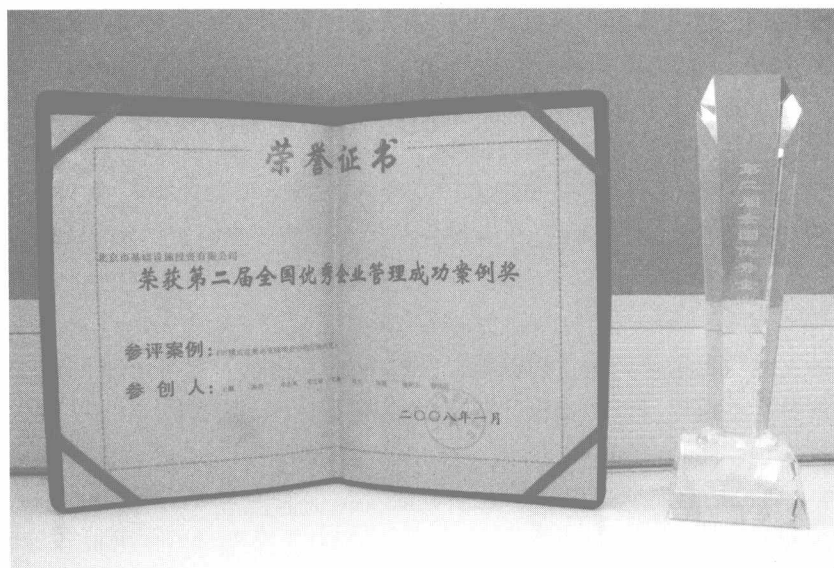


图2 荣誉证书

五、已应用情况

(一) 项目概况

北京地铁奥运支线工程是北京市的奥运重点工程之一,南起北中轴路地铁10号线的熊猫环岛站,沿中轴路向北延伸,从位于鸟巢和水立方之间的中心绿化广场地下通过,止于森林公园内规划的奥运湖南岸,全部为地下线,全长4.4km;由南向北设奥体中心站、奥林匹克公园站、森林公园站3座车站,线路在奥体中心站以南设双线联络线,沿北土城路向东,接轨于地铁10号线安定路站。地铁奥运支线工程项目总投资24.8亿元,2005年开工建设,2008年投入使用。这条唯一能进入奥运中心区的地铁线路成为奥运期间人员输送的重要通道。

地铁奥运支线由北京地铁10号线投资有限责任公司(以下简称“10号线公司”)负责投资、建设和运营。10号线公司委托北京市轨道交通建管公司(以下简称“建管公司”)负责奥运支线前期的建设管理工作,工程设计由北京城建设计研究总院承担。

为建立和完善工程建设管理的市场化竞争机制、改善政府投资项目的负债结构、寻求多渠道社会资金、缓解当期政府的资金压力、降低项目建设成本,适当转移项目建设风险、确保项目按时服务奥运,作为北京市基础设施建设的投融资平台,北京市基础设施投资有限公司(以下简称“我公司”)自成立以来,按照“保障供给、降低成本、创新机制、控制风险”的十六字方针不断探索拓展融资渠道、确保国有资产保值增值的新途径,力争为奥运重点工程——奥运支线项目的顺利实施寻求最佳的投资、建设模式。

作为一种新型的投融资建设模式,BT模式在城市轨道交通等基础设施投资建设中潜力很大。但BT模式在我国应用时间较短,而且涉及法律关系复杂,涉及资金数额大,影响范围广、操作复杂、风险因素多、风险系数高,目前我国还没有专门的法律对BT模式的相关行为进行规范和调整,对其相关理论和应用研究也不充分。

根据《国务院关于投资体制改革的决定》中关于“政府在确定建设规划后, 可向社会公开招标选定项目业主”的改革精神以及北京市政府基础设施投融资体制改革的有关精神, 2003 年, 我公司组织业务骨干成立项目小组, 对 BT 模式在奥运支线项目中应用的可行性进行了深入研究, 并起草、拟订了实施方案。

2004 年, 北京市发展与改革委员会下发“京发改[2004] 2330 号”文件, 批准同意采用 BT 模式建设地铁奥运支线。BT 招标工作由我公司代表政府负责组织, 10 号线公司具体实施。

(二) 项目运作方案

为降低奥运支线项目运作风险, 确保项目按时为奥运会服务、与地铁 10 号线工程顺利衔接, 项目小组将奥运支线项目以初步设计概算 24.8 亿元为基础, 划分为 BT 工程和非 BT 工程两部分。

非 BT 工程主要包括前期征地拆迁、通信、信号及车辆购置等工程, 建设资金由 10 号线公司负责筹措, 前期征地拆迁委托建管公司负责, 车辆购置及通信、信号设备部分通过公开招标确定社会投资者进行建设。对于非 BT 工程, 由 10 号线公司委托建管公司负责建设管理, 在委托书中将对工程的质量标准、接口要求、工期要求、施工配合等予以详细规定。

BT 工程主要包括土建工程及车站机电设备工程等, 折合投资约 14.3 亿元, 由奥运支线项目的业主单位 10 号线公司通过公开招标方式选择的投资者负责投资和建设。工程施工由中标的投资者以工程总承包的方式承担, 工程建设监理由 10 号线公司通过公开招标的方式确定。为确保工程工期和质量, 项目小组设计了一系列监管、协调机制, 采取了一系列风险防范措施对 BT 项目运作的全过程进行严格的过程管理和控制。

(三) 项目运作过程

BT 项目的运作过程可概括为: 通过公开招标的方式确定中标人中铁工程总公司、中铁三局、中铁电气化局组成的投资联合体(以下简称“中铁工联合体”), 由中铁工联合体负责组建项目公司; 项目公司根据确定的建设范围筹措相应的建设资金, 并按确定的建设计划和技术标准建设 BT 工程, 工程施工由中铁工联合体中具有总承包资质的单位以工程总承包的方式承担; 10 号线公司委托建管公司对项目的投资、安全、质量、工期进行全过程监管; 工程竣工、验收合格后, 10 号线公司以股权收购的形式接收项目公司, 并向中铁工联合体支付合同价款。

具体来说, 可分为以下几个阶段:

1. 项目招投标

2004 年, 我公司经过前期深入的研究工作, 编制了招商文件, 组织了大型推介会, 进行国际招商。为有效锁定建设成本, 本次招标采用固定合同价格的方式。由于实施方案稳定, 建设标准明确, 建设难度适中, 风险较小, 符合投资人的视角, 吸引了 6 家联合体共 15 家企业参与了投标。最终, 中铁工联合体凭借雄厚的综合实力以 10.95 亿元中标, 获得地铁奥运支线 BT 工程项目投资建设权。2005 年 4 月 29 日, 北京地铁奥运支线 BT 工程项目特许权合同签订仪式举行, 标志着奥运支线 BT 项目进入实质性操作阶段。

2. 组建项目公司

2005 年 5 月, 中标人中铁工联合体组建了北京中铁工投资管理有限公司(以下简称“项

目公司”)。按照约定,项目公司的注册资金比例不能低于 BT 工程总投资的 35%,约 5.5 亿元;项目公司注册时,资本金到位 1/3,其余部分于规定日期前到位。项目公司可采用股东担保贷款或利用项目回购承诺函进行质押贷款,也可以利用自有资金或其他合法融资渠道筹集资金,其融资方案及协议报招标人备案。

3. 工程实施

(1) 项目公司代表中铁工联合体履行《BT 投资建设合同》所赋予的权利和义务,负责 BT 工程的投融资和建设管理;

(2) 工程总承包部代表中铁工联合体负责 BT 工程施工的组织和指挥;

(3) 以《BT 投资建设合同》及其附件为核心,落实项目建设资金。中国建设银行作为项目的融资银行,为项目组织了为期 3 年、总资金 10.95 亿元人民币(包括资本金投入)的有限追索项目贷款,资本金投入占总建设费用的 35%,项目贷款占总建设费用的 65%。

4. 工程回购阶段

项目公司按照《BT 投资建设合同》及其附件约定的时间和质量要求,完成工程建设和设备安装。回购主体为招标人,即 10 号线公司。回购资金包括项目建设费和项目融资费,由 10 号线公司自筹解决(资本金和银行贷款),10 号线公司对项目回购出具《回购资金担保函》。

六、推广应用情况

北京地铁奥运支线 BT 项目的成功运作,在国内产生了一定的示范效应。南京、深圳、长沙、大连等城市多次来我公司就 BT 方式在轨道交通项目中的应用进行交流。目前,已有南京地铁 2 号线、北京轨道交通亦庄线等轨道交通项目成功采用了 BT 模式,取得了较好的经济效益和社会效益。

1. 南京地铁 2 号线 BT 项目

南京地铁 2 号线规划总长 42.845km,将分三期进行建设。其中一期西起河西汪家村,东至马群,全长 25.145km;二期东延至仙林大学城;三期西延至雨花台区板桥地区。其中一期工程的建设总投资为 104.5 亿元。

2005 年下半年,为解决 2 号线一期工程前期资金到位问题,南京地铁公司正式发布土建项目招标公告,宣布 2 号线元通站、所街—元通区间、所街—集庆门区间三个标段 3400m 长的试验段采用 BT 模式,预计土建 BT 项目投资约为 5 亿元,工程内容包括元通站地下三层站台和地下连续墙施工,所街—向兴路—元通区间的盾构施工,所街站地下二层站台和咬合桩施工等。

BT 模式的运用丰富和充实了南京轨道交通建设的资金来源,补充和缓解了建设期内的资金压力。

2. 北京轨道交通亦庄线 BT 项目

2007 年,我公司在北京轨道交通亦庄线推广应用了 BT 模式,组织了亦庄线 BT 项目招标。

亦庄线起点为宋家庄,终点在亦庄火车站,全长 23.2km,共设 14 座车站,概算总投资 99 亿元,2007 年 12 月开工,2011 年竣工。其中采用 BT 模式的部分概算投资约为 38 亿元。

该项目共吸引了 8 家单位递交了项目招标资格预审申请文件,经专家评审,中国中铁股份有限公司、中国建筑工程总公司、北京市政建设集团有限责任公司和北京市政路桥建设控股

(集团)有限公司联合体、中国铁建股份有限公司、中铁一局集团有限公司、北京建工集团有限责任公司、北京城建集团有限责任公司 7 家企业通过资格预审。

2008 年 4 月, 我公司组织完成了评标工作, 北京城建集团有限责任公司以 30.59 亿元作为中标候选人, 投标价格较概算价格低 19.5%。

七、效益分析

轨道交通项目的投资建设采用 BT 模式, 是对现有基础设施投资、建设管理体制的改革和创新。通过 BT 运作, 使工程投资得以锁定和降低, 并通过合同关系明确了各方的建设责任, 是推进基础设施投融资体制改革进程的有意探索和尝试。

从政府的角度, 采用 BT 模式的好处是: ①可以缓解政府在建设期间的资金压力, 如奥运支线 BT 工程的中标价为 10.95 亿元, 较概算价格降低 23.7%, 节省 3.4 亿元; ②可以降低工程实施难度, 提高投资建设效率, 有效提高资金使用效率, 分散投资风险; ③采用固定价格合同, 通过锁定工程成本和工期, 可以有效降低工程造价, 转移政府投资建设风险。

从项目投资者和建设者的角度, 采用 BT 模式的好处是: ①作为项目建设方, 组织项目物资材料、机电设备的招投标工作, 可以获得相应的利润; ②项目在建设期间可以获得投资回报的预测利润; ③作为工程总承包商, 在建设期内可获得较大的施工利润。

可以看出, BT 模式的应用使产业资本和金融资本全新对接, 形成了一种新的融资格局: 既为政府提供了一种解决基础设施建设项目资金周转困难而融资的新模式, 又为投资方提供了新的利润分配体系的追求目标, 为剩余价值找到了新的投资途径。BT 模式倡导风险和收益在政府与投资方之间公平分担与共享, 追求安全合理利润, 强调各参与方发挥各自优势的主观能动性, 提高了各方对项目风险的分析、识别、评价及转移能力, 增强了投资者的管理水平及参与市场的竞争能力。

八、有关技术资料、成果图片

1. 奥运支线 BT 工程签约仪式



图 3 奥运支线 BT 工程签约仪式

2. 建成后的奥运支线

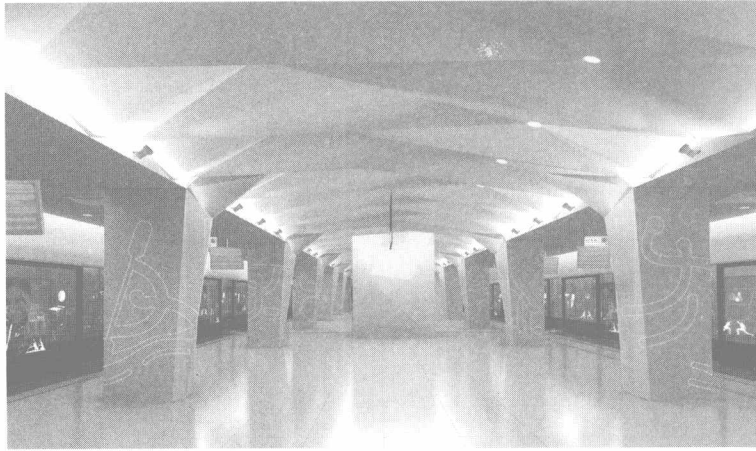


图4 奥林匹克中心站



图5 奥林匹克公园站



图6 森林公园站

地铁车站建设安全及风险控制技术^①

完成单位：上海申通轨道交通研究咨询有限公司
同济大学
上海同是工程科技有限公司
上海市第一建筑有限公司
上海市住安建设发展股份有限公司
上海市隧道工程轨道交通设计研究院

一、技术内容

目前上海地铁工程建设的发展具有“深、大、近、紧、难”五个趋势，即“深度深、规模大、距离近、工期紧、难度高”。首先，地铁车站的深度越来越深，据统计目前上海市在建或拟建的地铁车站标准段深度超过15m的占92%，超过20m的占31%；端头井深度超过15m的甚至达到了100%，超过20m的占35%。可以看出，绝大部分地铁车站都属于超深基坑的范畴。第二，随着上海城市轨道交通网络建设初显规模，换乘节点和换乘枢纽越来越多。据统计，三线及三线以上的大型换乘枢纽有17座，两线换乘的换乘节点有71座。这些换乘节点基坑的深度都超过了一半的车站基坑，且形状各异、设计复杂，如世纪大道站、人民广场大三角、徐家汇枢纽以及虹桥综合枢纽等。第三，目前地铁施工的工期要求越来越高，以及多次翻交带来的施工风险点成倍增长。第四，上海地处长江中下游冲积平原，是典型的软土地区，在工程的施工区域内及埋深在30m下的地层基本为饱和含水流塑或软塑黏土层，具有高含水量（40%以上）、高压缩性、高灵敏度（4~5）、高流变性，低密度、低抗剪强度、低渗透系数的特点，受施工扰动后极易发生较大变形，对地铁工程建设的安全不利。

除上述地铁工程本体的施工难度外，周围环境的保护也不容忽视。在市中心区域，临近保护建筑物施工已经是普遍情况，甚至还出现了“零距离”的保护建筑，如4号线修复工程与临江大厦、8号线人民广场站同站厅换乘和上体场车站等工程。现在上海市一级保护地铁基坑所占的比例已经超过60%，对周围环境的保护的成败已成为检验地铁工程建设成功的主要标准。课题就若干地铁近距离施工保护的关键技术展开研究，包括紧邻高架桥的地铁车站保护技术、同站厅平行换乘车站深基坑设计与施工技术研究、地铁车站T字形换乘施工技术研究等，这些问题不仅仅是特定工程背景下的特殊问题，而是地铁网络建设的

^① 主要完成人：白廷辉、刘国彬、刘朝明、吴玉怀、于宿海、刘涛、史世雍、姜向红、张国峰、陈昌祺。

普遍性问题。

地铁车站安全技术研究是一项系统性工程,既要形成安全控制理论体系,又要和土木工程、信息工程、管理工程等多项学科交叉、协作,要有理论指导、技术支撑和管理配合,这样才能使科研成果切实应用到工程实践中去,才能满足确保地铁网络建设安全的研究目的。所以,形成科学、实用、有效的研究成果,并切实在工程实践中发挥作用,是课题研究成败的关键所在。

研究以实际需求为主线,通过理论研究和工程实践相结合的方法,实现多层次、多方面、全过程的远程监控管理,建立一个信息发布与决策平台,并结合一些新的地铁车站设计理论与施工技术,保证地铁施工过程中的安全与质量。在本课题的研究中始终把握以下思路 and 原则:

研究中始终遵循“理论导向、经验判断、实测定量、精心监控、反馈施工”的理论和实践相结合的路线。将地铁车站安全控制作为主要研究方向,在项目研究过程中通盘考虑、突出重点,以远程监控信息化管理为主线,逐步开展各课题的研究。

研究的主要内容分为“地铁安全监控管理技术研究”、“地铁车站设计理论研究”和“地铁换乘车站设计施工关键技术研究”三个大的方面。其中“地铁安全监控管理技术研究”主要包括研制“地铁远程监控管理系统”与开发“远程监控管理平台”等方面,“地铁车站设计理论研究”主要包括“地下连续墙内力变化规律与配筋合理性研究”和“钻孔咬合桩受力变形机理及应用”等方面,“地铁换乘车站设计施工关键技术”主要包括“同站厅平行换乘车站深基坑设计与施工技术研究”、“地铁车站 T 字形换乘施工技术研究”和“紧邻高架桥的地铁车站保护技术”等方面。

二、主要技术性能

(1) 将计算机技术与传统的土木工程学科有机结合,促进土木工程学科的发展,建立了一套适合我国国情的大规模地铁工程建设的远程管理智能化平台,并提出了一套相应的远程管理模式。

(2) 开发了一套具有多工程数据信息的分散采集、集中处理、自动传输、自动管理、自动分析、计算机和手持移动设备自动报警等功能,可以对监测数据的异常情况进行多种方法的计算分析、判定、报警,可迅速地现场决策提供实时科学依据的地铁远程监控管理系统。

(3) 对地铁车站设计理论进行了深化与创新,通过对地铁车站地墙的内力研究,在地下连续墙设计配筋优化方面做了有益的探索,为降低工程造价、节约建设资金提供理论支持。引进了钻孔咬合桩技术并研究了其变形规律、受力机理及作为地铁车站围护结构的设计施工方法,为其在上海地区的成功使用进行了有益的尝试。

(4) 针对车站建设安全控制问题,解决了一系列建设中遇到的疑难工程技术问题,提出了地铁车站不同换乘形式下,新建车站施工引起已建运营车站变形和内力设计计算模型、计算参数取值、施工中老车站的保护对策、新老地铁车站差异沉降控制计算理论和方法等。

三、技术特点

(1) 开发了一套具有多工程数据信息的分散采集、集中处理、数据传输、管理、分析、

计算机和手持移动设备自动报警等功能,可以对监测数据的异常情况进行多种形式的计算分析、判定、报警,可迅速地为现场决策提供实时的科学依据的远程管理系统。

(2) 对远程监控系统所需的地铁车站设计理论进行了深化与更新,通过对地铁车站地下连续墙的钢筋内力研究,在地下连续墙设计配筋优化方面做了有益的探索,可以降低工程造价,节约建设资金。引进了钻孔咬合桩技术并研究了其变形规律、受力机理及作为地铁车站围护结构的设计方法,为在上海地区得成功使用进行了有益的尝试。

(3) 针对车站建设安全控制问题,解决了一系列轨道交通工程建设中遇到的疑难工程技术问题,提出了地铁车站不同换乘形式下新建车站施工引起已建运营车站变形和内力设计计算模型、计算参数取值、施工中老车站的保护对策、新老地铁车站差异沉降控制计算理论和方法等。

四、适用范围及应用条件

适于软土工程地质地区地下工程的安全监控分析。

五、专家鉴定、获奖及申请、授权专利情况

专家鉴定项目:

- (1) 地铁工程远程监控管理系统应用研究。
- (2) 钻孔咬合桩的受力变形机理及在地铁车站中的设计施工研究。
- (3) 地铁同站厅平行换乘车站深基坑设计与施工技术研究。

软件著作权:

- (1) 基坑工程远程监控管理软件,申请号:2006SR10000。
- (2) 同是基坑变形控制计算软件,申请号:2006SR09999。

获奖情况:2007 获得上海市科学技术进步奖三等奖。

六、已应用情况

目前课题的成果已在上海地铁 9 条线路 146 个工地中全面使用,受到安全控制的工程均没有出现重大安全事故,使地铁建设的管理水平上了一个台阶,在保证进度、控制质量和保障安全等方面都取得了良好的效果,取得了良好的经济效益和社会效益。

本课题的其他技术也在上海地铁建设中得到广泛应用,其中平行换乘节点研究成果被应用到 7 号线静安寺站两站换乘、世纪大道四站换乘等地铁车站中;穿越工程研究成果被应用到 6 号线世纪大道穿越等工程;紧邻高架桥工程的研究成果则被应用到 8 号线虹口足球场站等地铁车站中,均取得了圆满成功。另外,地铁车站地下连续墙内力变化规律与配筋合理性的研究成果被广泛应用到 6 号线、7 号线、8 号线、9 号线等车站的内力计算和配筋合理性判断,而且还被推广到 SMW 工法等其他围护结构的内力变化规律。

七、已具备的推广应用条件

- (1) 该项目具有完全的自主知识产权,符合国家多项技术和产业政策。
- (2) 已形成体系性的相关标准。

(3) 已具备专业的研究、咨询、安装、维护、服务一整套队伍。

八、推广计划及措施

(1) 2007 年 1 月 ~ 2010 年 8 月, 全面落实本项目在上海市轨道交通建设领域的应用推广工作。

(2) 2007 年 1 月 ~ 12 月, 建立江苏办事处、浙江办事处、北京办事处和广东办事处, 全面协调各地区的市场推广及服务工作的。

(3) 2007 年 3 月 ~ 10 月, 华东地区轨道交通建设领域进入试点及正式运行。

(4) 2008 年 1 月 ~ 6 月, 华北地区轨道交通建设领域进入试点及正式运行。

(5) 2008 年 1 月 ~ 6 月, 华南地区轨道交通建设领域进入试点及正式运行。

(6) 2009 年起, 华东、华北、华南地区全面进入应用阶段。

九、效益分析

(一) 经济效益

由于课题的成果主要起到提高管理效率、保障安全的作用, 经济效益主要为间接效益。主要体现在: 节省工期, 地铁提前通车, 道路提前通车, 避免事故发生引起的抢险、赔偿问题, 等等。即使一般工程事故的损失也数以百万、千万元计算, 采用远程监控管理系统的工程均没有发生严重的工程事故, 可以避免重大的工程损失。由于对以上这些经济效益尚无合适的估算方法, 其经济效益尚难以确切统计。

(二) 社会效益

(1) 课题成果——远程监控管理预警系统的应用, 提高了整条地铁线的决策水平, 使得绝大多数的工程事故在萌芽状态就被发现, 并得到及时妥当处理, 保护了地铁工程临近建筑物、地下管线、地铁、道路等设施的正常使用的; 保障了人民的生命财产不受损失, 正常的生活秩序不受干扰。保障了大规模的地铁建设按时、保质、保量地完成。

(2) 地铁工程建设远程监控管理预警系统在上海市地铁工程建设发展中起了重要的作用, 也为发展地铁建设管理的新模式开辟了一条新路, 为提高我国大规模地铁建设的管理水平尽了一份微薄之力。