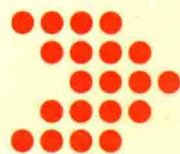


伍 勇 刘国琦 何 川 唐志成 © 主 编



Dixia Tiedao Xinjishu Wenji

地下铁道新技术文集2003

——中国土木工程学会隧道及地下工程学会
地下铁道专业委员会第十五届学术交流会论文选集

2003



西南交通大学出版社

地下铁道新技术文集 2003

中国土木工程学会隧道及地下工程学会地下铁道专业委员会

第十五届学术交流会论文选集

伍勇 刘国琦 何川 唐志成 主编

西南交通大学出版社
• 成 都 •

内容简介

本文集共收入了中国土木工程学会隧道及地下工程学会地下铁道专业委员会第十五届学术交流会的 160 篇论文, 包括地下铁道与城市轨道交通的规划与设计、设备及其国产化、施工技术、运营管理和其他方面的相关内容。本文集覆盖面广、内容丰富, 较全面地反映了近年来我国地下铁道与城市轨道交通方面的技术成果和发展水平, 可供地下铁道相关专业科研、设计、施工、管理人员及高校师生学习, 参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地下铁道新技术文集 2003: 中国土木工程学会隧道及地下工程学会地下铁道专业委员会第十五届学术交流会论文选集: 2003 / 伍勇, 刘国琦, 何川, 唐志成主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2003.10
ISBN 7-81057-722-0

I. 地... II. ①伍...②刘...③何...④唐...
III. 地下铁道—铁路工程—学术会议—文集
IV. U231-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 039545 号

地下铁道新技术文集 2003

伍勇 刘国琦 何川 唐志成 主编

*

责任编辑 张波 周志林

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 53.25

字数: 1564 千字 印数: 1—1000 册

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-722-0/U · 062

定价: 200.00 元

中国土木工程学会隧道及地下工程学会

地下铁道专业委员会

第十五届学术交流会

主办单位 地下铁道专业委员会
承办单位 成都市城市轨道交通发展有限公司
西南交通大学
铁道第二勘察设计院

论文选集编审委员会

主 编	伍 勇	刘国琦	何 川	唐志成
主任委员	关宝树			
副主任委员	雷 霖	杜文库	高 波	扈 森
顾问	施仲衡	王梦恕	史玉新	
委 员	(按姓氏笔划排列)			
	于 波	仇文革	方昌福	王明年
	刘启峰	刘思宁	牟 锐	何 川
	张志强	张海波	张喜正	李志业
	李德才	杨秀仁	杨其新	肖中平
	周晓军	赵玉光	翁汉民	郭建国
	曾艳华	漆泰岳		

中国土木工程学会隧道及地下工程学会
第四届地下铁道专业委员会委员名单

主 任	刘国琦	北京城建集团有限责任公司	总工程师、教授级高级工程师
顾 问	施仲衡	中国国际工程咨询公司	中国工程院院士
	刘建航	上海地铁建设有限公司	中国工程院院士
	王振信	上海地铁建设有限公司	顾 问
	金 锋	广州市地下铁道总公司	顾 问
	王新杰	久宏科技开发公司	经 理
副主任	王梦恕	北方交通大学隧道及地下工程中心	主任、中国工程院院士
	王小林	南京地下铁道有限责任公司	副总经理、高级工程师
	伍 勇	成都市地铁建设工程办公室	主 任
	刘国彬	同济大学地下建筑与工程系	教授、博导
	何 川	西南交通大学地下工程系	系主任、教授、博导
	李成栋	哈尔滨市建设委员会	顾问、高级工程师
	李养平	天津市地下铁道总公司	副总工程师、工程师
	陈绍章	广州市地下铁道总公司	副总经理、总工程师
	杨 斌	北京地铁建设管理有限责任公司	总经理
	姜 帆	北京城建设计研究院	院长、高级工程师
	程 骁	上海地铁建设有限公司	总经理、教授级高级工程师
	葛世平	上海地铁运营有限公司	总工程师、高级工程师
	谢正光	北京地铁运营有限公司	总经理
秘书长	杜文库	北京城建集团有限责任公司	技术中心主任、高级工程师
副秘书长	杨秀仁	北京城建设计研究院	副院长、高级工程师
	郭建国	北京地铁房地产开发经营公司	经理、高级经济师
委 员	方昌福	铁道第二勘察设计院地铁院	副总工程师、高级工程师
	王 刚	沈阳轨道交通建设指挥部	副总工程师、教授级高级工程师
	白 云	上海城建（集团）公司	总工程师、高级工程师
	仲建华	重庆轨道交通总公司	副总经理、总工程师
	关 龙	北京市政建设集团有限责任公司	副总工程师、高级工程师
	张 焰	上海隧道工程股份有限公司	总经理、高级工程师
	张彭涛	青岛地下铁道工程办公室	高级工程师
	李 平	深圳地铁有限公司	总经理
	刘永亮	北京地矿工程建设有限公司	总经理
	李瑞华	中铁第十六工程局地下工程指挥部	局副总经济师、指挥长、政工师
	沈秀芳	上海隧道工程轨道交通设计研究院	院长、教授级高级工程师
	郭陕云	中铁隧道集团	董事长、总经理、教授级高级工程师
	黄桂兴	铁道第三勘察设计院	副总工程师、高级工程师

目 录

规划与设计

再谈降低地下铁道工程造价问题 关宝树 3

成都的现代化与城市快速轨道交通 伍勇 雷霖 9

构建地铁产业、发展地铁经济——随中国政府地铁代表团考察西班牙的报告 李平 13

从地铁施工和设计的需要提出地质勘察的内容 钟世航 21

通用管片设计及应用 赵国旭 何川 ✓ 26

南京地铁规划与建设 余才高 32

成都城市轨道交通建设与城市经营 刘思宁 雷霖 36

大成都快速轨道交通网络构想 伍勇 孙毅 39

在珠三角经济圈两大都市间架起彩虹
——关于国内第一条城际轨道交通线路（广佛线）的若干思考 周冠成 蔡波 43

盾构隧道管片环向接头力学行为研究 曾东洋 何川 ✓ 49

利用区间盾构隧道修建三条平行隧道式地铁车站的受力特征分析
..... 李围 张志强 何川 李志南 ✓ 54

结合南京地铁探讨盾构隧道结构设计 张柏林 余才高 59

地铁地下车站上翻梁的计算 邹永尧 66

地铁工程中的线路设计 陈馨超 69

地铁盾构隧道管片配筋型式探讨 李志南 陈丽娜 73

城市轨道交通资源共享探讨 朱军 宋键 76

创造良好的城市轨道交通环境最大限度地吸引客流
——城市轨道交通持续发展的最好途径 程振廷 81

区间盾构筹划软件的开发编制 马忠政 姚文俊 89

围护结构弹性地基梁法的改进研究 白廷辉 98

新型隔断门在地下铁道人防工程中的应用 黄静华 刘宜平 杨洁 王阳明 104

复杂工程条件下的地铁区间隧道设计 唐志成 李德才 扈森 喻波 108

论车辆限界计算方法 倪昌 117

上海轨道交通体制之探索 陈依新 121

天津地铁一号线既有线改建工程方案综述 李莉 邹南昌 124

国内城市轨道交通建设工程量清单计价模式探索 朱俊平 128

城市轨道交通与其他交通方式衔接的分析与研究 姜帆 132

城市轨道交通建设与城市可持续发展的思考 郑永平 136

天津地铁区间隔断门设置难点与对策 王阳明 黄静华 杨洁 胡圣伟 141

存车线设计初探	赵张存	144
重庆轻轨交通二号线临江门车站结构设计	程崇国 蒋树屏	148
浅谈地铁降低成本、增加效益的几点意见	郭建国 田静	157
《城市地铁限界标准》中车辆限界和设备限界的计算	朱剑月 沈培德 罗湘萍 徐博铭	161
香港地铁之土木结构勘察及保护系统	施秉钊	167
现代无金属结构在地铁建筑中应用的若干观点和建议	李大华 张斌	174
运用经营城市的理念探讨广佛城际快线建设的必要性	肖学逊	179
城市地下轨道交通工程的工程地质勘察	张惠忠	182
大型无柱式地铁车站设计	方昌福	187
德黑兰地铁线路调整设计研究	廖国才	191
地铁车站换乘节点结构预留方案探讨	周磊	198
地铁宽大深基坑内支撑设计综述	李学军 刘启峰	202
深圳地铁结构防水的研究与实践	刘卡丁 范勇	206
广州体育大厦基础与地铁同期建设深基坑结构方案的探讨	黄彤斌 郑明远	210
我对地铁设计中几个问题的看法	梁广深	215
城市轨道交通控制系统一体化解决方案的探讨	彭北华 永秀	221
城市轨道交通客流预测的评估和抗风险设计	沈景炎	225
城市轨道交通高架型式设计探讨	冯爱军	231
接头位置及刚度对预制箱形结构内力的影响	刘惠敏	237

设备及其国产化

广州市轨道交通三号线车辆动力性能研究	吴俊泉	243
PLC 在地铁人防控制领域的应用分析	艾瑞财 陈彦国	248
北京地铁牵引供电系统设置	房金萍	250
上海市轨道交通车辆选择及列车编组若干问题探讨	宋键	253
城市轨道交通供电接触网类型的比较	马沂文 白秀梅	258
武汉轨道交通工程项目总控支持系统开发与应用	刘玉华 张松新 王长裕 丁烈云 骆汉宾 余明辉	264
关于地铁工程中若干问题的浅探	李高潮	272
地铁轨道减振器的应用研究与质量检测	黄建畴 杜锦才 周耀 孙翌 庄表中	276
框架故障保护与轨电位限制装置保护的配合	余梦华	282
浅谈城市快速轨道交通的车辆选型	许斯河	285
地铁车辆联轴节及齿轮箱技术研究	杨迪	290
线形电机地铁在我国的应用分析	杨栓民	294
计算机联锁系统安全可靠设计浅析	李进 张海军	299
地铁单、双边供电问题研究	黄德胜	304
上海明珠线一期工程车辆国产化	王曰凡	309
论上海城市轨道交通 ATC 系统的发展策略	黄钟	313
屏蔽门系统在地铁的应用前景	孙增田	316
广州市轨道交通三号线列车编组方式研究	吴俊泉	321

城市轨道交通信号系统的安全策略与可靠性分析	王强 李红侠	326
盾构刀盘紧急焊接修复	邹积波 鲁海波 朱华锋	329
模糊控制在地铁地下站空调通风系统中的应用	罗竑	334
基于裂缝波导通信的列车自动控制系统	严德树	337
地下铁道防灾救援系统的初步研究	蒋雅君 杨其新	341
高土壤电阻率环境下的重庆轻轨较—新线综合接地系统研究	伍应忠	346
非磁性电流、电压互感器应用简析	田胜利	352
建立在信号系统上的地铁多车牵引供电实时模拟系统	王彦峥	356
箱式变电所——地铁牵引变电所的新选择	王彦利	359
24 脉波整流机组在轨道交通领域内的应用	张云太 俞思杰 曾庆赣	364

施 工 技 术

南京地铁区间盾构隧道下穿玄武湖隧道的模拟试验研究	何川 李围 余才高 张柏林	373
盾构隧道施工的三维有限元仿真分析	张志强 何川	380
成都地铁一期工程主要施工方法研究与探讨	肖中平	386
越江输水盾构隧道数值模拟分析	林刚 何川	391
大断面隧道钻爆法快速施工技术	张金柱 高连成	397
地铁车站施工监测研究报告	李永丰	403
香港地下铁路的钢轨基座重建工程	施秉钊 梁泉材 张大慧	412
隧道裂缝和渗漏的成因、预防及治理	李固华 郭建国	416
小净距隧道支护结构设计原则与施工措施研究	姚勇 何川	421
盾构法隧道异型断面施工技术初探	晏启祥 何川 李围	425
软土基坑变形全过程控制方法	陈兴年 刘国彬	430
土压平衡盾构在广州地铁中的应用	杨秀权 李孝荣	434
南京地铁一号线新街口车站地下连续墙施工技术	潘秀明 薛立强 焦月红	440
盾构隧道混凝土管片制作施工工法	陈广亮 王大海	444
能量守恒原理在钢纤维喷射混凝土衬砌设计中的应用	刘红燕 李志业	450
盾构法隧道施工过程模拟以及对相邻构筑物的影响分析	于宁 朱合华 姜勇	454
双线、浅埋、土质隧道穿越既有铁路地段施工技术	沈周	461
地铁盾构隧道管片结构受力特征模型试验研究	张少辉 林刚 何川	467
砂性地层地铁盾构隧道荷载与结构行为现场试验研究	谢宗林 何川	471
城市地铁开挖地表变形的随机介质预测方法	施成华 余晓琳 彭立敏	476
上海地铁 M8 线人民广场站与已建车站同站厅换乘深基坑施工方案研究	黄海滨 谢弘帅 孙勇	481
北京地铁五号线盾构试验段工程施工综述	杜文库 王海 闻和咏	486
南京地铁一号线 TA4 标试验段工程施工技术	张伟 陈裕康	492
广州地铁二号线隧道盾构穿越珠江施工及检测控制	何国军 李晓春 何伦 郭永顺	498
上海地铁二号线盾构法隧道施工综述	周文波 吴惠明	504
土压盾构掘进机在我国隧道工程中的应用和发展	傅德明	512
引进二手盾构的监控系统功能优化和软件开发	吴兆宇	516

地铁特殊围护深基坑开挖施工技术	周隽 孙永华 饶维森	525
AFS 自动陀螺快速定位定向系统在地铁建设中的应用	冯奔 李强 王暖堂	536
南京地铁一号线新街口站盖挖逆作法关键技术研讨与实践	潘秀明 董力	541
上海地铁环线——明珠二期工程设计与施工新技术	白廷辉	547
隧道盾构叠交施工技术初探	周文波 吴惠明	557
小净距隧道围岩应力分布规律及稳定性研究	谢卓雄 姚勇 何川	563
海瑞克土压平衡式盾构机分析	鲁志军	567
通用管片拼装点位及对盾构机掘进的影响	叶华	573
连拱隧道二次衬砌结构破坏试验研究	吴兰婷 林刚 何川	575
盾构管片生产中气泡和裂缝的防治	冯奔	580
地铁隧道埋暗挖法施工工艺对地层变形的影响	黄俊 张顶立 宋克志	583
重叠隧道地层变形与隧道结构受力研究	张顶立 虞辰杰 黄俊	589
城市地铁矩形地下通道掘进机的研究与应用	吕建中 楼如岳	597
辐射井在地铁及深基坑降水施工中的作用	侯景岩 刘永亮	602
无加固软土深基坑有支撑暴露变形分析	杨国伟	607
重庆轻轨大坪车站隧道暗挖段施工方法数值优化分析	高新强 仇文革 吴剑	612
上海地铁区间隧道盾构掘进施工技术	白云 傅德明	616
地铁轨道工程铺轨基标的测设方法	郭平 段太生 梁红朝 何军	622
轻轨盖梁锚箱支座控制	李康平	626
广州轨道交通三号线车站合理规模的探讨	蒙晓莲	630
广州地铁二号线公纪区间渡线大跨度隧道设计与施工	唐志成 苟明中 李德才	636
浅埋暗挖隧道穿越污水方涵涌水事故分析及处理	贺长俊 周殿宾 付爱荣	643
“SMW”工法在天津地铁一号线洪湖里车站基坑围护中的应用	胡灿辉 吕立明 李养平	647
节理岩体中开挖地下洞室时的损伤域分析	赵德安	652
地铁车站大跨度深基坑支护体系及信息化监测的研究与应用	贾利亨 赵明好 丁文兵	657
计算盾构施工过程中衬砌内力的两种方法比较	朱合华 官林星 刘学增	664
深基坑工程中止水和降水技术的应用	刁东辉 米建平 马喜田	669
成都地铁一期工程区间隧道施工方法的选择	邹永尧	674
软粘土中超长地铁车站施工——上海地铁徐家汇车站的土建工程	凌昕哉 夏伟平	682
明挖地铁车站渗漏水治理措施	靳水明 郭景伟 赵玉柳 童利红	702
化学灌浆法在地铁结构裂缝治理中的试验研究	李养平 冀玲芳	705
深圳地铁会一市区间隧道防治水施工技术	宋官平	708
谈上海地铁深基坑施工中影响工程安全的常见问题	史剑铤	712
轻轨车站施工技术探讨	王达 李康平	716
深圳地铁会展中心站——市民中心站区间锚索施工方案比选与施工方法介绍	雷建海 宋官平	719
城市大型地下空间结构顶进施工法	乐贵平 卢常亘	724
深圳地铁重叠隧道结构受力及地表沉降分析	吴剑 仇文革 曾桅栋	734
伊朗德黑兰地铁轨道施工方法研究与应用	廖国才	738
关于基坑围护结构墙内预留土堤土压力的研究探讨	马忠政 刘朝明	744
土钉支护结构在深圳地铁竹子林站的应用	周小华	750
人工地层冻结在地铁隧道流砂地层盾构出洞施工中的应用	崔海涛	755
上海地铁二号线静安寺车站半逆筑法施工技术	余暄平 吴红兵	758

泡沫在土压平衡盾构施工中的应用 王大海 王海明 767

运 营 管 理

关于地铁建设信息管理的几点考虑 赖邦蕙 773

地铁运营线行车设备维修施工管理模式的探讨 吕刚 梁强升 777

地铁如何参与城市公共交通一卡通 张宁 782

广州轨道交通三号线区间隧道消防疏散方案 王迪军 罗燕萍 785

优化安全管理—系统的方式 A G Hessami 789

地铁一号线运能现状分析及应对措施探讨 伍敏 余海斌 794

实施远程监控管理 防范风险于未然
——远程监控管理在地铁车站施工中的应用 王洪新 刘国彬 800

运用“CSI”持续提高运营服务质量 朱小瑶 807

关于如何减少列车晚点，保证按图行车的探讨 陈文 812

其 他

水中围护结构的设计和施工 刘颖 刘捷 819

论新建地铁人防工程的设计与建设 杨俊伟 825

关于成都市局部区域发展有轨电车项目的设想 徐智勤 于波 829

我国城市地下空间发展前景分析与展望 沈强 王阳明 833

铁路隧道装配式衬砌研究 贾永刚 王明年 838

规划与设计

再谈降低地下铁道工程造价问题

关宝树

西南交通大学地下工程系 成都 610031

0 引言

在 1998 年 12 月召开的第三届城市轨道交通学术研讨会上我曾对此问题提出一些看法和建议。许多有识之士在许多场合都对此问题发表了相当中肯的意见。在此次会议上,我认为有必要再次谈一谈这个问题。因为这个问题仍然是困扰我们大力发展城市轨道运输的一个瓶颈问题。

扩大内需加大基础设施的建设力度,是我国经济发展的重大举措。而解决城市交通瓶颈的关键是大力发展城市轨道交通系统。主要城市对轨道交通有较大需求,建设积极性较高。如北京提出到 2008 年要新建线路 157 km 总投资达 638 亿元,上海提出再修建 193 km,总投资达 757 亿元。但土木工程,特别是以地下工程为基本框架的地下铁道,从初期投资的造价上看,是比较昂贵的。在一定程度上,它制约了城市地下铁道的发展。因此,如何降低地下铁道的工程造价,如何认识地下铁道的经济效益就成为我们当前必须认真讨论的问题。

1 经济效益的认识

目前我们对地下铁道的定位是“公共事业”,是以政府的公共投资修建的、服务于城市交通的“基础设施”,不是以“赢利”为目的的企业。由于其外延效益不能直接体现在自身收益中,财务效益水平普遍较差,这也是轨道交通自身的特点。因此,强调地下铁道要“赢利”的观点是不可取的。但也不能不考虑地下铁道的经济效益而盲目地发展。这里牵涉到我们对地下铁道经济效益的认识问题。

从交通经济学的角度出发,地下铁道的经济效益可归纳为:

直接效益:

- 走行费用的节省;
- 输送时间的缩短;
- 交通舒适度的增加;
- 交通事故的减少;
- 司机疲劳度的减轻等。

间接效益:

- 周边区域的资源开发;
- 城市人口的分散;
- 市场圈范围的扩大,特别是以地下铁道车站为中心的市场的形成;
- 交通运输的合理化;
- 交通设施建设自身诱发的就业、材料等的需求增加等。

这些效益是很难用“金钱”来衡量的。交通经济学正在解决如何用“经济价值”衡量这些效益的方法。我们也应该进行这方面的努力。

因此,地下铁道的经济效益主要是通过上述的效益来体现的。也就是说,如综合考虑这些效益的存在和从城市的可持续发展的观点出发,地下铁道的经济效益是显著的,也是肯定的。这也是为什么在城市发展到一定水平后,纷纷修建地下铁道的原因。

2 降低造价的政府主导作用

但不管怎么说,地下铁道的造价是很可观的。因此,目前许多国家都非常注意如何降低土木工程造价,当然也包括地下工程的造价问题。例如日本在比较了与美国在一些工程领域中的工程费后,明确指出:平均来说,日本的工程费约比美国高出 28%~45%。因此,日本建设省提出削减工程费的提议,提出了“降低土木工程造价的行动计划”,并制定了“降低土木工程造价的指导方针”,要求从设计阶段开始就采取缩小结构物断面、结构物形状单纯化、构件预制化、材料规格化和标准化及施工技术标准化等 5 大基本措施。日本许多会社和公司纷纷响应,以提高技术水平为手段,提出了许多降低工程造价的技术措施,收到良好的效果。以地下工程为例,在盾构隧道中,减薄衬砌、缩小断面可降低工程费约 30%,在山岭隧道中,缩小断面也取得较好的效果,例如新干线隧道,净空内半径从 4.80 m 减小到 4.75 m,东名高速公路隧道将建筑限界的宽度缩小 1.5 m,使开挖断面积从 230 m² 减小到 195 m² 使工程费减小 15%~16%。而降低工程费最显著的是东京都的 12 号线的小断面地铁,降低工程费达 30%以上。又如在山岭隧道中,如能控制好隧道断面的超欠挖,就可把隧道工程费降低 3%~5%等等。

这个经验指出,降低工程造价,必须以政府为主导,充分发挥各方面的积极性,特别是施工企业自主开发技术的积极性,群策群力才能收到预期的效果。也就是说,降低造价要有政策上的支持。

3 降低地下铁道造价的基本认识

总的来说,地下铁道的造价主要决定于地下铁道的规模和水准。例如莫斯科地下铁道,特别是车站,要求符合“宫殿式”的建筑。这必然大大提高修建的成本。而欧洲一些国家,则根据地质情况,因地制宜,甚至可以修成围岩裸露的车站,其成本必然很低。许多国家强调地下铁道应该以“交通服务为本”,因此,地下铁道的效益也就体系在服务的质量上。在经济条件可能的前提下追求安全、快速、准时、舒适。可是在很长一段时间,我们的“攀比”风是相当严重的。你的车辆宽度是 2.8 m,我就要 3.0 m,你是 3.0 m,我就采用 3.1 m。你是 5 辆编组,我就要 6 辆甚至 8 辆编组,使地下铁道车站的站台长度愈来愈长。这都是“攀比”风所造成的。在政府的干预下目前这种风气有所收敛。因此降低造价首先要从地下铁道的规模和技术水准上着手。这一点大家都有共识。

其次,我们也要认识到:“独木不成林”,地下铁道不成网,就不可能充分发挥地下铁道的功能,就不可能更好的体现地下铁道的效益。目前许多城市都认识到这一点,纷纷加速“成网”路线的建设,这是非常正确的决策。因此,在规划地下铁道时,要从“成网”的观点来规划第 1 条地下铁道的建设。从客流预测、规模等加以规划。不宜把第 1 条线的规模搞得标准太高。

第三点要指出的是,地下铁道基本上是以地下工程为主体的结构物,是属于“维修难”一类的结构物。建成后投入的维修管理费用,将逐年增加。在地下铁道的运营成本中,其比重也将逐年增加。最近日本一些有识之士提出 2020 年的警钟。即“日本将从土建大国变成修缮大国”。2020 年的结构物维修费用和改建费用,仅建设省就超过 2 兆亿(日元),是现在的 3 倍,维修费用将成为国家财政的巨大负担。因此,结构物不管是新建的还是既有的,都要建立“少维修”的设计理念。这对降低运营成本是有直接影响的。

第四点就是设计要创造降低造价的条件和空间。意思是设计要为采用新技术留有余地。大家知道,施工前的设计始终是一个具有预设计性质的设计。应该容许施工单位在确保工程质量的前提下采用新

技术,充分发挥施工企业采用技术方法降低工程造价的积极性。这一点我们做得非常差,这当然与设计施工体制有关。

最后,我们要搞清楚,地下铁道的建设费的构成。一般说地下铁道的建设费主要由3部分构成。即:

- 作为基础设施的土建工程的建设费,如线路、各种建筑物及其附属设施等;
- 车辆等可移动设备以及运行系统的引导、控制、管理等设备和设施的购置费;
- 因建设造成的损失补偿费,如搬迁补偿、对既有结构物的损伤补偿等。

因此,降低建设费也必须从这3方面着手。

从地下铁道的造价构成看,降造首先要从降低购置费,即设备费着手。其次是运营管理费。这两项都是规划设计的问题。我这里主要谈如何降低作为基础设施的土建工程的费用问题。

降低土建工程费用既要解决认识上的问题,也要解决技术上的问题。前者是基础,后者是手段。

在认识上,首先应该认识到,土建工程的造价是有潜力可挖的。其次是“降造”要形成“双赢”的局面。最后要认识到,只有提高技术水平才能真正地把土建工程的造价降下来。

- 降低造价是有潜力可挖的

目前许多城市都加速了地下铁道的建设。北京、上海、广州等城市的轨道交通的里程有明显大幅度延伸的趋势,成网速度加快。一些城市的第1条地下铁道也开始修建或正在规划之中。在这种情况下,应该从一开始就关注如何降低地下铁道的造价这个永恒的课题。

我们目前的工程造价水平,不好与国外比较。但就我们目前采取的人为的“降造措施来看,是完全有潜力可挖的。因为业主要求承包商,在承包额的基础上“降造”5%~20%,有的甚至“降造”30%以上。这只能说明造价是可以降低的。但这种“人为”的、“强行”的降造方法,实际上是以降低工程质量为代价的,是不可取的。

- “降造”要形成“双赢”的局面

这里所谓的“双赢”,就是“降造”对业主有利,对承包商也有利。否则,“降造”就是一句空话。

例如,日本规定在承包价确定以后,承包商采取技术措施而降低造价的部分,归承包商所有。这样就鼓励了承包商采用技术手段降低工程造价的积极性。这也是为什么日本的地下和隧道技术不断发展的一个重要原因。目前设计施工两张皮的体制,制约了新技术、新方法、新工艺、新材料的发展和运用。也制约了施工企业自主开发的积极性。应该改革。目前是承包商一旦获得承包工程后,千方百计地变更设计,力求把降造的损失补回来,这是可以理解的。作为业主应该把施工企业的降造积极性引到提高技术水平方向上来。日本最近实施的在投标中要有降造措施。例如降造5%,必须指明采用什么技术降造。这个做法可以借鉴。

要实现这一点,就必须彻底地改变我们的投标的体制和方法。

- 只有提高技术水平才能真正地把造价降下来。这也是本文的重点。

4 降低建设费的技术措施

从目前的技术发展趋势看,降低工程建设费的基本途径有:

4.1 缩小结构物断面尺寸

以山岭隧道,盾构隧道为例,在确保必要的功能前提下尽量减小结构物的断面尺寸。例如,日本在盾构隧道中,为减小一次衬砌的厚度,采用了高强的薄管片。在瓦斯管道中,过去的管片厚度为175~200 mm,改为150 mm。这样使隧道外径变为3 950 mm。此外,为减小二次衬砌厚度,采用喷2~3 mm树脂的方法,使外径从3.8 m,变为3.4 m,减小0.4 m。这样,开挖土方量减少25%,工期缩短40%。在某一共同沟工程中,将二次衬砌省去节省造价9.9%。当然省略二次衬砌是有条件的。

在山岭隧道中日本铁道公团,在北陆新干线的隧道工程中,将拱部内半径从 4.8 m 改为 4.75 m,减小 5 cm。在舞子隧道的通风横洞(断面积 80 m²)中,在一次衬砌的(15 cm)上,增喷 5 cm 的高强喷混凝土,而取消了厚 35 cm 的二次衬砌。由此可见,缩小断面尺寸、主要与采用新技术,新工艺有关。如采用高强的喷混凝土和混凝土,喷射树脂等,其次在满足净空的条件下,尽可能地缩小隧道内轮廓尺寸,最终减薄二次衬砌或取消二次衬砌。

例如,在增加列车运行密度的前提下,减少列车编组长度,就可以缩短车站和站台的长度。采用宽度小的车辆,也可以减少净空尺寸,从而减少坑道的开挖量。目前,我国采用的盾构管片的厚度是 35 cm,如果证明采用 30 cm 是可行的,也可以降低工程的造价等等措施都是行之有效的。

4.2 结构物形状的单纯化

从实际出发,除地下铁道车站外,隧道的断面形状是比较单纯的。形状单纯化,可使钢筋和模板的架设简单,与之配套的资材也可以标准化和规格化。如采用钢筋骨架和定尺钢筋等。隧道的拱部最好采用单心圆,在公路隧道中,整个上部也最好采用单心圆等。对钢筋混凝土衬砌的钢筋,采用预制的钢筋骨架方式,也取得了良好的效果。例如,4 车道的公路隧道,是采用 4 车道的大断面隧道,或是采用联拱型 4 车道断面,就需要进一步研究,从形状单纯化角度看,显然采用形状单纯的 4 车道断面是合理的,同时也简化了施工程序。实践已指出,目前采用的联拱隧道的成本是比较高的。

地下铁道车站形式的标准化,也是各国追求的目标。在满足功能要求的前提下尽量缩小车站的规模也是车站设计的主流趋势。应该尽量减少用矿山法修筑地下铁道车站。在必须用暗挖法修筑地下铁道的场合,最好采用盾构法。因为盾构法车站易于标准化。这也是“降造”所要求的。

4.3 构件预制化

结构形状单纯化与构件预制化是有联系的。构件预制化,使制造简单,质量可靠,安装方便,且便于采用新材料。

盾构法是实现构件预制化的典型,技术是十分成熟的。

在已经实现预制化的构件,尽可能地大型、长尺寸方向发展。如日本的瓦斯管道的管片宽度从 0.2 m 改为 1.2 m,使架设时间大为缩短。

在铁路隧道中,仰拱构件预制化是一个方向,特别是单线铁路隧道,更有发展前景。秦岭隧道的仰拱采用预制仰拱获得成功。在铁路隧道中研究二衬砌的构件预制化的问题是有重要意义的。

隧道衬砌、明洞等结构物的预制化,是提高结构物质量、降低造价的基本措施。也是许多国家正在研究的课题。下面介绍 2 个示例,仅是其中的一部分。

仰拱:为了降低成本和提高修筑仰拱的速度,在某一公路隧道采用预制构件修筑仰拱。首先开挖隧道底部后,灌注坍落度为 0 的混凝土。而后在其上铺设预制的带突起的混凝土板,用振捣器捣固,使与混凝土成为一体。隧道是双车道的,施工长度约 6 m,一块板的大小约宽 3 m,长 1.5 m。施工后车辆可以立即通行。可以走行满载土砂的总质量达 39 t 的卡车。仰拱的下沉量只有 3 mm。因为不需要设置和拆除模板,比现场灌注混凝土降低成本 10%~15%。隧道开挖后,能够立即施工仰拱,从而能够控制底部的变形。

衬砌预制板:在山岭隧道的二次衬砌中,也开发出预制板兼模板的技术。预制板是钢筋混凝土板。钢筋从板背后伸出,现场灌注混凝土时使之成为一体。开挖后向岩面喷射混凝土,沿内壁架设钢架(间距 1~2 m),使用专门机具把预制板用螺栓连接到钢架上。预制板上设有直径 10 cm 的孔,用以灌注混凝土。此法较采用活动模板灌注混凝土的方法能够降低成本 20%~30%,并缩短了工期。

目前广州地铁,已经着手研究明挖区间隧道的预制技术,并已选择试验段进行试施工。铁路隧道也将其作为研究课题,准备在某条新线上实施。

4.4 材料标准化和规格化

材料的规格化和标准化是与结构断面的单纯化相联系的。将材料按照设计规格，予以标准化，而在工厂或工地预制好，可大大技术减少架设的时间和材料的无理消耗。例如日本在某管路工程中，采用高流动性混凝土管片（直径 4 m），在长 1 km 的隧道中，节省约 4 000 万日元。目前许多国家在规范中都非常强调材料的规格化和工艺的标准化，这无论对工程质量和工程造价都具有重要的意义。

4.5 施工技术标准化和模式化

隧道施工方法的标准化和模式化是提高隧道修建速度和质量，降低工程造价的关键。

目前，在隧道工程中，采用的施工方法，越来越集中在少数几种方法上，如超短台阶法及全断面法，中隔壁法及眼镜法等，因此，使这几种方法标准化和模式化是当务之急。应该指出，目前施工方法混乱、工艺不标准、施工机械不配套等，是使隧道造价增加的重要原因之一。

在城市地下铁道中，目前主要从矿山法、盾构法和明挖法中选择。但在不良地质条件下，不论采用何种施工方法，都必须采用各种辅助工法。这是工程中最难控制造价的部分。

在施工中，辅助施工方法常常是不可避免的，特别是矿山法。在设计中，辅助施工方法的选择，对控制造价是极端重要的。

为了规范城市矿山法隧道的技术标准，日本最近出版了“城市矿山法隧道技术标准”（2002 年）。对矿山法中存在的问题加以规范化。其中特别对超前支护技术提出了标准化的要求并作了具体的规定。

5 加强工程费的统计分析

加强工程费的统计分析，找出工程费与各种施工方法的内在关系是很重要的、具有基础研究性质的工作。

目前在城市地下铁道中，基本上是采用明挖法、盾构法和矿山法三种方法。这三种方法各有利弊。可根据工程性质、规模、地质条件、环境条件等选择。

从施工工厂化程度上看，应该说，盾构法排在首位，其次是明挖法，最后是矿山法。

从造价控制的难易程度上看，首位也是盾构法，其次是明挖法，最后是矿山法。

从造价的高低看很，很难比较。因为各种施工方法的应用条件不同。例如地下车站，多数采用明挖法，但不能采用明挖法时，就只有采用矿山法或盾构法。在区间隧道，盾构法与明挖法可以做比较，一般说，国外的场合盾构法都优于明挖法，因为国外都把施工对周边环境（交通、生活、结构物危害等）的影响列入造价之中。图 1 是日本两种方法的建设费的比较。在我们的国家，可能是明挖法优于盾构法。

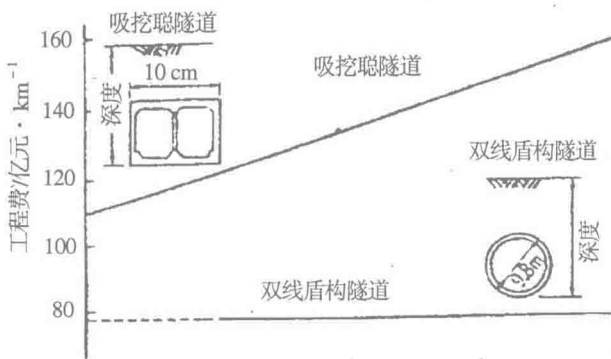


图 1 地下铁道区间隧道盾构法和明挖法的建设费比较