

关于我国地铁建设降低投资问题

施仲衡

(中国地下铁道工程设计咨询公司, 北京 100037)

[摘要] 文章本着技术先进, 安全可靠, 经济实用的原则, 对降低地铁造价的可能性进行分析, 提出了如下初步设想: 充分作好前期准备工作; 重视客流预测; 考虑提高行车密度; 选择合理的车站结构型式和埋深; 合理确定车站设备用房和管理用房的面积; 重视换乘站的设计; 采用合理的车站间距; 做好地下线和高架线的选择; 隧道埋深、结构尺寸及施工方案的优化; 切实贯彻设备国产化政策。

[关键词] 地铁建设; 投资; 降低

1 问题的提出

随着国民经济发展和城市化进程加快, 我国大城市的客运量迅速膨胀, 交通拥挤、阻塞和混乱的现象日益严重。国内外实践证明, 修建地铁是解决这一问题的重要途径。

地铁具有运量大、快速、安全、准时、节能、舒适、污染源少、占地少等特点。全世界已有 85 座城市建有地铁, 总长达 5 500 多 km。我国百万人口以上的城市有 33 座, 其中, 有 22 座城市正在积极规划筹建或扩建地铁和轻轨, 已有规划的线路近 2 000 km。但是, 由于造价高, 近期地铁建设工作进展缓慢, 时紧时松。最近, 上海、广州新建成通车的地铁线每公里综合造价在 7×10^8 元左右, 这样高的造价大部分大城市的经济是难以承受的, 严重影响了我国地铁建设事业的发展。为此, 本着技术先进, 安全可靠, 经济实用的原则, 对降低地铁造价的可能性进行分析, 提出一些初步设想, 供考虑。

2 降低地铁建设投资的初步设想

2.1 充分作好前期准备工作

地铁是大城市耗资巨大的重要基础设施, 又是

成片地占用地下空间的大户, 地铁的规划设计必须与地面建筑的地下工程相结合。无论地面、地下的空间都要统一规划、统一设计、同步实施, 或者预留出位置, 尤其是地铁要占的位置, 以免造成施工时困难。为此, 要修建地铁的城市首先要制定地铁的线路规划, 这是城市总体规划和城市综合交通规划的重要组成部分, 也是该城市可持续建设地铁的基本依据。对于近期要实施的线路, 最初几期工程应在客流最大的地区进行, 要有基本稳定的线路走向、车站位置以及高架线、地下线方案, 使用的施工方法和采用的一般类型的设备都应作研究。规划、设计人员对规划的地区, 规划工作范围和深度, 规划年限, 土建原则, 设备选型, 以及线网规划等问题要比较明确, 使以后工作不会有大的变化。这样, 要修建地铁的城市就应作好线网规划、客流预测、地质勘探等基础资料工作。在此基础上, 作好预可行性研究报告和可行性研究报告等前期准备工作, 一定要避免急于求成, 反复修改, 以免造成时间和经济上的损失。

2.2 重视客流预测

在确定车站规模时, 主要依据一条线的远期高峰小时单向断面最大客流量和远期高峰小时车站的最大客流量。客流预测是一项复杂的工作, 它与很

多不定因素相关。经过长期研究，现在采用需求预测“四阶段法”，即居民出行发生吸引预测、出行分布预测、出行方式划分预测和线路客流分配预测等4个基本步骤。影响客流预测的不定因素很多：由于预测的期限很长，即建成通车25年后的客流，往往预测客流量偏高；另外，设计时考虑的大断面客流实际上只发生在少数区间的一个短时段。设计时如果把车厢内立席占用面积的标准由每平米6人改为8人，允许短时间舒适度降低就可能减少列车编组长度，从而缩短车站的站台长度，以减小车站的建设规模。地铁车站建设规模按该站远期超高峰客流量确定，在设计中超高峰系数往往取值偏大，从而造成车站建设规模的加大。

2.3 提高行车密度

预测的高峰断面，每小时客流量一靠列车运载能力（和编组长度成正比），二靠合理的列车密度完成运送任务。我国的设计规范要求一条线的设计行车密度不小于30对/h，因此，一般均按每小时30对设计，即行车间隔2 min。若按行车间隔1.5 min即行车密度40对/h设计，列车编组长度自然可以相应缩短，车站站台长度也可以缩短。例如，8节编组改为6节编组，站台可以缩短40~45 m，每个车站土建造价至少可以降低 $1\,000 \times 10^4$ 元，施工期间对城市环境的干扰也将减少，运营期间的成本也将降低。国际上行车间隔在1.5 min或更少，1.25 min的地铁已有运营，所以它是现实的。高密度行车使车站客流量更均衡，乘客在站内停留的时间更短，提高了地铁的服务质量。如果采用高密度行车，信号系统的问题是能解决的，而且这将是线路开通25年以后的目标。

2.4 选择合理的车站型式和埋深

北京地铁1、2期工程采用单层车站（两端设集散厅，由于集散厅的底板刚好跨过列车车顶，所以车站结构总高相当于站台大厅的一层半）。上海地铁1、2号线，广州地铁1、2号线，北京地铁的复八线都是双层车站，即在站台上层以上搞一个贯通的站厅层。从使用情况看，客流集散量大的枢纽站和需要在不同位置设出入口多的大站，有必要设贯通式的站厅层，而在一般车站完全可以采用单层车站，在车站两端设售、检票集散厅。单层车站可以减少结构的体量，节约空间及降低动力照明能耗，尤其是设空调的车站。一层车站的站台层通透简洁，并可利用活塞风通风，建筑效果也较好。单层

车站外廓高度较低，基坑开挖浅，可节省工程的投资，一座车站及相应的1 km区间可降低造价约 $3\,000 \times 10^4$ 元。

车站埋深还与其覆土厚度有关，使覆土尽量薄，从施工和运营角度上看，均较为合理，可以提高服务水平，方便乘客出入。

2.5 合理确定车站设备用房和管理用房的面积

我国已建和在建的地铁车站设备用房和管理用房往往偏大。这是由于我国机电设备尚未标准化、系列化，有时设计期间设备不能确定，只好预留足够大的空间；设备自动化水平较高，管理人员可以缩减，管理用房也应压缩。

当前对空间需求较大的设备用房是地铁空调的制冷用房和空调机用房，动辄上千平米。所以，应当就我国南北地域差别，研究如何划分哪些城市应考虑列车和车站的空调，如何保证无空调地铁必要的舒适度。空调是个占用大量空间的设施，而且是个耗能大户，特别是南方新建地铁为空调和其它动力照明的服务性用电备用容量与远期高峰小时的牵引用电备用容量相当，而且地铁一经正式开通，服务性用电负荷就很高。

两个设备占地大户：制冷、空调机房和变、配电站用房，宜尽可能部分地移到地面或结合到地面建筑物中。例如，广州地铁2号线就把几个车站的空调用的制冷设备集中起来，把冷水机组、冷却水系统放到地面，形成集中制冷站，向地下馈送冷气就是一个有益的尝试。车站通风系统从北京1、2期地铁单纯强制通风兼排烟模式（车站一个风亭，区间一个风亭），逐渐演变为配合列车空调。车站和隧道的空调需要考虑防灾和活塞风的作用，考虑地下机房的空调和送排风，考虑站台屏蔽门的影响等因素，叠楼架屋，形成异常复杂的大系统。要求在车站两端设大断面的风道和伸出路面的大风亭，每端3~4个。这个复杂的系统使车站内布局困难，与市政管网干扰大，与城市规划、地面建筑物的关系都极难处理，大体量的风亭非常妨碍市容观瞻。所以，在通风和地铁环境控制课题上须进一步做研究，把能够加以简化的尽量简化，研究一个适合我国南、北方条件的地铁环控通风体系和模式，使地铁得到满意的环境条件，使车站土建规模更趋合理化，对城市管网和市容观瞻影响也最少，地铁土建和设备投资可以大幅度降低。

2.6 重视换乘站的设计

地铁线与线之间的换乘是在线网规划中预定的,一般是两线间的换乘,也可能是三线或多线间的换乘,同时地铁与铁路车站间,与其它交通工具的换乘也属换乘之列。地铁线间的换乘方式有“十”字型、“L”型、“T”型,还有通道换乘等方式。应在规划阶段做好换乘结点的安排,尽量做到换乘方便。

我国地铁的线间换乘站目前开通的只有北京复兴门和建国门。本来在环线上预留的是十字换乘车站,但通过能力不能满足双向换乘要求,所以两端各设了一条通道来解决换乘问题,预留的十字换乘只用于一个方向。这样的换乘站在北京环线上还预留了东直门和西直门两座,其实,北京环线上至少还会出现6座换乘站。在新建的地铁车站设计中,需考虑与已建车站的换乘问题。当然,最好是采取在先修的线路上一并解决换乘的问题,同时施工完整的换乘结点,这样不但可以减少施工费用,还可减少工程施工对地面的影响。如广州1号线公园前车站采用了上下层车站均为一岛两侧式的十字换乘。

地铁换乘站与火车站、公交的换乘也应当统一规划。如南京地铁火车站有3条地铁换乘并与火车站、京沪高速铁路站和地面交通枢纽进行综合换乘。北京西客站预留了往丰台方向和铁匠营方向的2条同台同向换乘方式的地铁站,并且2个地铁站和火车站共用1个中央集散厅。广州东站地铁与车站综合设计同步施工,地铁开通后,广九线、广深线客流立即上升20%~30%,开通3个月后,广九铁路便决定增加车次。同样,上海地铁1号线与火车站可以在站内换乘。

地铁设计应“以人为本”,一切为了方便人们的出行,重视乘客换乘便捷的需要。今后要因地制宜,还可设计出很多方便乘客的换乘方式来。

设计换乘站时如有可能兼顾地下空间的开发和综合利用。例如,南京1、2号线的换乘结点——新街口站,综合利用了地下空间。地铁换乘站应进行多方案比较,选出最优方案,作到既实用又经济。

2.7 采用合理的车站间距

一般情况下,市中心区地铁站间距在1 km左右,在市中心以外地区采用2 km左右的站间距。地铁主要是为中、长距离乘客服务,站间距不能太短,否则会给长距离乘客增加出行时间。车站布局

要注意常规交通与地铁的合理衔接,既方便乘客又能为地铁集散大量客流,使其充分发挥地铁大运量的作用。若站间距平均为1.6~1.7 km,旅行速度可以达到40 km/h,若站间平均距为1.2~1.3 km,旅行速度为35 km/h左右,站间距加大可以提高列车的周转率,减少运用车数量,这样,配属车辆的数量即可减少,从而降低工程投资。1座车站土建和机电设备费用超过 2×10^8 元。增加1座车站,还要增加运营费用和管理人员,同时还要加大车辆段的建设规模。因此,设站要认真研究,车站设置过密是地铁规划设计中易发生的问题。

2.8 做地下线与高架线的选择

地铁可以选用地下线或高架线,一般情况在市区采用地下线,出市区后采用高架线。地下线与高架线的造价相差悬殊,高架线造价仅为地下线的1/3。高架车站不但土建费用低,而且通风、照明等设备也相对较简单,运营费也较节省,因此,出市区后能采用高架线的应设法采用。从城市规划上也应予以配合,尽可能减少高架线对周边环境的影响。如南京地铁1号线南出中华门,北出南京站后即采用高架线路,高架线路长度占全线线路长度的40%,每公里的综合造价不到 4×10^8 元,比沪、穗两市的地铁造价都低。这是由于南京地铁设备的国产化率高达约3/4;车站结构规模比沪、穗两市较小。

2.9 隧道埋深、结构尺寸及施工方案的优化

地下车站和区间隧道的结构和施工费用,与设备投资各占50%左右。因此,根据不同的地质情况和环境,因地制宜选择造价低、工期短、施工安全、能够保证工程质量的施工方案,是降低地铁造价的一个重要方面。

采用暗挖法盾构区间隧道的造价与其直径二次方成正比。如直径5.5 m的隧道,其造价为直径3.8 m隧道的2倍;明挖矩形隧道净宽8.5 m×净高5.1 m和净宽6.0 m×净高3.6 m的隧道相比,其造价前者比后者高35%。明挖法施工费用和基坑深度或覆土厚度有极大关系,特别是在有地下水的情况下,当基坑深度超过10 m,造价和深度的关系更为明显。以外宽9.7 m×6.7 m的双线矩形隧道为例,当基坑深度为15 m或20 m时,其造价分别比基坑深度10 m时提高44%和109%。又如一般的三跨岛式站台矩形车站,当覆土深度由6.0 m减少到1.8 m时,造价约可降低15%。因

此，尽可能减少车站与隧道的净空尺寸，减少明挖线路的埋设深度，就可能降低地铁工程造价。

根据不同工程地质和水文地质情况，地面环境和地下构筑物情况，因地制宜选择造价低、工期短、施工安全和有利保证工程质量的施工方法，也是降低地铁造价的重要措施。如北京地铁复八线根据其地质和地面情况，采用浅埋暗挖法，在城市主要街道下施工时，能控制地表沉降，修建区间隧道和大跨度的渡线洞室，形成了一套完整的指导理论和操作方法。上海地铁 1 号线和 2 号线采用盾构施工，在道路下穿越饱和含水软淤泥质粘土和粉细砂层，在道路两侧建筑物密集，地下管线繁多，盾构施工引起的隆沉量控制在 +1 cm 和 -3 cm 范围内，盾构的推进速度日均 4~6 m，最高达 18 m，平均月进度为 150 m，最高达 320 m，而且逐步降低其造价。上海地铁总结了一套在不稳定的含水地层中开挖长条形车站基坑的经验，运用时空效应理论指导基坑开挖、支撑架设和结构施工，既保证了安全又节省了工程费用。广州地铁 1 号线采用人工挖孔桩作为基坑围护结构，大幅度地降低建设成本，而且施工过程中不产生噪声，不使用泥浆，对城市生活干扰少，不要求技术高的熟练工人和机械设备，可以全面铺开多头作业，施工速度快，并首次采用了矩形人工挖孔桩，比等刚度的圆形挖孔桩节省材

料 24%，而且结构的整体刚度和止水性能均优于圆形挖孔桩。从结构受力看，矩形桩配筋比圆形桩合理，用钢量省；从构造上看，它与地下连续墙基本相同。将人工挖孔桩与内衬组合使用，可以发挥挖孔桩承载能力大的优势，并降低工程造价。我国修建地铁的城市应逐步结合当地的具体条件，总结一套技术先进、经济合理的施工方法，以降低地铁的工程造价。

2.10 切实贯彻设备国产化政策

近 10 年来，我国几座大城市修建地铁主要采用国外贷款进口设备，其价格昂贵，致使建设费用畸高，地方财力难以承受，制约了地铁建设的发展。实行地铁设备国产化，不但可降低建设费用，而且对减少运营和维护成本，推动国内机电工业的发展，具有重大意义。为此，国家规定地铁建设无论采用何种资金来源，其项目全部车辆和机电设备的平均国产化率要确保不低于 70% 的目标，而且作为立项的必要条件。为了充分利用国内现有能力，避免重复建设，国家对车辆和信号系统生产厂择优定点。国家对达到国产化目标的项目可考虑给予适当的鼓励政策，引导地方积极采用国产设备。国家批准的项目，将给予适当的资助，这些政策将大大促进地铁设备国产化的实施，但要落实还要进一步做大量的工作。

On Reducing Investments of Metro Construction in China

Shi Zhongheng

(China Metro Engineering Consulting Corporation, Beijing 100037, China)

[Abstract] In this article, adhering to the principles of advanced in technology, reliable in safety, economical in investment and practical in functions, the possibilities for reducing metro construction costs are analysed, and the following tentative suggestions for reducing metro construction costs are proposed: making fully preparations before constructing; paying great attention to passenger number forecast, so as to determine the scale of metro construction; taking increasing driving density of trains into consideration; choosing reasonable structural style and embedded depth of metro station; determining reasonable areas of the station rooms for equipment arrangement and operation management use; attaching great importance to the design of commutator stations; adopting reasonable distance between metro stations; making a choice between underground and elevated lines of metro in areas that, out of urban district; optimizing the embedded depth, structural dimension and its constructing schemes of metro tunnels; practically putting into effect the policies that metro equipments should be made in China not less than 70 per cent.

[Key words] metro construction; investments; reducing