

BRT 项目工程技术经济分析

——以中山大道快速公交试验线为例

任 斌, 张文剑

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要: 快速公交(bus rapid transit, BRT)系统是一种介于轨道交通与常规公交之间的新型运营系统。它利用现代化的公交技术配合智能交通的运营管理,使常规的公交系统可以基本达到或接近轨道交通的服务水平,而其投资及运营成本远低于轨道交通。有关数据资料统计显示,BRT投资及运营成本仅为地铁系统的1/10,但就速度、运力、可靠性和形象而言,BRT可以提供类似地铁的服务水平。以广州市中山大道快速公交试验线项目为例,对BRT项目的工程技术经济特点进行分析总结。

关键词: 快速公交系统;投资运营成本;技术经济特点

中图分类号: F503

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0271-05

1 工程概况

广州中山大道 BRT 试验线项目呈东西走向,西起天河区的广州大道,经天河路(2.8 km)、中山大道(13 km)、黄埔东路(7.1 km),终点至黄埔区的夏园,线路全长约 22.9 km(见图 1)。中山大道和天河路红线宽度 60m,属于市政道路,为城市一级主干道。黄埔东路红线宽度 60 m,属于一级公路。通过对现状旧路的改造(主要包括 BRT 车道、自行车彩色沥青道路、BRT 车站、车站处车行道、管线迁移、人行过街设施和运营管理系统等)建成中山大道 BRT 试验线^[1]。

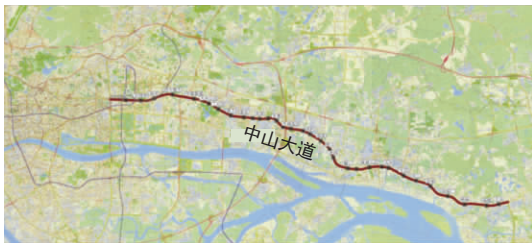


图 1 中山大道 BRT 位置图

2 技术标准

2.1 确立 BRT 技术标准的基本原则

BRT 技术标准的选择与确立直接关系到 BRT 项目的投资运营成本及投入运营后的实际效果。经过多轮多方参与的讨论认证,中山大道 BRT 确立的技术标准如下^[2]:

收稿日期: 2022-06-28

作者简介: 任斌(1969—),男,本科,高级工程师、一级注册造价工程师,主要从事市政工程造价及技术经济分析方面的工作。

(1)BRT 建设的根本目标是建成快速、安全、方便、准时、舒适的快速公交系统。BRT 的设计应以广州市城市总体规划为基础展开,并与原有城市道路升级改造及新建城市道路等工程内容紧密结合。

(2)为了实现 BRT 项目社会和经济的双重效益,其线路走向的选择应与城市主要客流方向一致,从而保证其在投入运营后能在城市公共交通系统中发挥骨干作用。

(3)本线的工程规模、技术标准、行车组织和运营管理等,应按满足远期客流考虑。

(4)项目在设计阶段就应充分考虑其对城市空气、噪声、水体等环境因素的影响,确保线路在投入运营后满足环保要求,成为一条绿色公交线路。

(5)车站。车站的布置以交通功能为主,换、乘车需方便、灵活、直接。根据客流预测、行车组织、交通功能及消防等因素选择确定良好的换乘形式,并预留切实可行的换乘接口。车站结构需满足施工工艺、运营、环保及城市规划等要求。

(6)交通监控。监控系统是 BRT 运营管理的眼睛,线路各交叉口、各站点均应充分设置交通监控设备,以实现对整个线路运营情况的实时掌控。同时,叠加先进的智能交通系统(ITS)技术,可对各交叉口的信号灯控制系统实现优化控制,从而形成 BRT 绿波路线,提升线路整体运行速度。

(7)调度中心。调度中心是整个 BRT 系统运营管理的中枢,需通过先进的监控、通信等技术对站点及线路实施全面观测,并根据观测结果对公交车辆及站

点做出实时的智能化调度,以实现这个线路的最优化运营。

(8)售检票。采用车外 IC 卡收费系统,提高售检票效率,同时利于客流量统计、车辆调度、站点优化。

(9)车辆及设备。公交车辆及车载设备、站点设备的选型应同时兼顾先进性和经济性两方面,并确保与整个 BRT 运营系统的可接入性及兼容性,所选用产品应经久耐用,并尽可能选用国产产品。

2.2 中山大道 BRT 技术标准

根据以上所确定的技术标准基本原则,中山大道 BRT 项目的具体技术标准见表 1。

表 1 中山大道 BRT 技术标准

内容	技术参数	备注
道路长度	22.9 km	
沿线交叉口	15 个	9 个信号路口, 6 个路口改造
路中 BRT 车道宽度	3.5 m 净宽	
站台尺寸	50 m(L)×4 m(B) 120 m(L)×4 m(B) 175 m(L)×5 m(B)	5 m 售票区 1 m 闸机位置 5 m 等候区
路中站台间距	900 m	
路中站台个数	26 对	
BRT 车辆车站停靠时间	5~10 s	
车辆进站加减速时间	13 s	
车辆车门开启时间	2.5 s	
现状 BRT 线路承担客流	2 万人次/单向小时	
预测单向运载能力	2.3 万人次/单向小时	

3 BRT 系统主要基础设施构成

BRT 系统基础设施主要包括公交专用道、车站、行人立交桥、人行道、广场和公共活动场所、支线公交车道路、维修站和停车场、控制中心以及其他配套基础设施等。

BRT 的车站形式有路中简易站台、换乘站台、公交总站(根据需要可能含有维护区和停车场)。

其他配套基础设施有自动门、信息(图标、标志等)、立交桥的升降机、栏杆、城市道路环境设施(垃圾桶、椅子等)和自行车停车场等。

4 BRT 系统公交专用道

结合中山大道的实际道路现状及交通情况,综合比较几种专用道布设形式(路中式、路侧式)对运营组织模式及对沿线交通情况的影响分析,中山大道最终选择路中式快速公交专用车道布设方式(见图 2)。

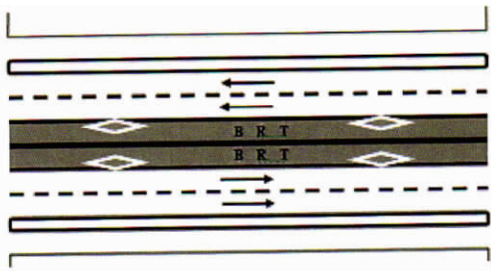


图 2 路中式布置示意图

5 车站工程

中山大道快速公交(BRT)试验线近期设站 26 座,拟采用半封闭式车站(远期拟考虑可改为较高标准的全封闭式车站),采取灵活式线路的运营组织模式,即采用路中 BRT 专用车道。路中侧式站台布设方案,走廊内采用站台售检票、水平上下车,车站近期设半高安全门(远期考虑可设全高屏蔽门)、乘客信息系统等。走廊外采用车上售检票。

BRT 车辆采用大容量低地板车辆,车辆长度为 18 m(定员 150 人)或 12 m(定员 75 人),空载时地板高度 0.38 m。车辆右侧开门,18 m 车辆为 4 个门,12 m 车辆为 2 个门。

以 1 个子站的车站为例,站内平面功能分区由入口监控室、检票区、上下车区/候车区 3 部分组成,站外由上下车位、候车位及交织区构成。其余 2 子站、3 子站、4 子站的车站等均以 1 子站为单元连接而成。

走廊内车站为半封闭式站台,车站内部售检票,站台高度与车辆地板面平齐高约 35 cm。根据客流量的不同,初步确定车站规模设有 1~4 个子站。车站的长度为 60~200 m 不等。大多数车站为 2 个子站规模,长度约 120 m。各个车站的规模分布见图 3。



图 3 各个车站的规模分布

6 BRT 票务系统

中山大道快速公交系统 BRT 全线共设 26 个车站。票务系统涵盖的范围包括按远期规划设计的所有车站和所有 BRT 车辆的车载收费系统。票务系统

的设计需有机融合自动售检票系统的功能、票务流程和各个车站、车载设备的组网原理。同时,票务系统在车站出入口、站台、车载票务装备的人机交互界面的设计应可能人性化,做到简洁明了、使用便捷舒适。

6.1 票务系统设计原则

(1)应能满足大流量、低延时、低故障率、高效率 and 大数据实时动态更新的要求。

(2)应充分考虑 BRT 线路运营的经济效益,使得项目运营和发展具有可持续性。

(3)作为国内具有示范作用的 BRT 线路,其票务系统也应具有先进性、示范性。

(4)票务系统需在保证绝对安全性的基础上,具有高度的运营稳定性、功能可维护性和可扩展性,以迎接不断发展的相关软硬件技术。

(5)应能适应广州的自然环境和社会经济条件。

(6)票价制定原则为:综合考虑社会效益和 BRT 自身运营的经济效益,并将票价作为一个可调节因素来使两者达到一种动态平衡和发展。

6.2 票务系统设备材料

基于以上所述票务系统的设计原则,中山大道 BRT 票务系统所需设备材料见表 2。

表 2 票务系统设备材料

序号	设备名称	数量	备注
1	中心服务器 / 台	1	
2	中心工作站 / 台	3	
3	系统软件 / 套	1	
4	管理软件 / 套	1	
5	中心网络设备 / 套	1	
6	车站计算机 / 台	52	可与 ITS 系统共用
7	进站检票机 / 台	128	一个子站的车站
		256	二、三、四子站的车站
8	出站闸机 / 台	128	一个子站的车站
		256	二、三、四子站的车站
9	投币箱 / 个	52	一个子站的车站
		128	二、三、四子站的车站
10	车站网络设备 / 套	26	

7 BRT 智能交通系统

智能交通系统(Intelligent Transport System,ITS)的本质是将监控技术、传感技术、通信技术、大数据技术、人工智能技术和自动控制技术等多种先进的软硬件技术体系进行有机结合,形成一个观测敏锐、反应迅速的中枢神经控制系统,使整个 BRT 系统中

的道路、车辆和乘客等元素实现动态最优化配置和联系,从而提升整个 BRT 系统运营的安全性、快速性和准确性。

在 ITS 技术应用于 BRT 线路的初衷上,一般是以给予公交车辆优先级别的路权为导向,同时最大限度减少公交车辆与社会车辆之间的相互干扰。调度中心在大数据分析的基础上由计算机系统根据既定的算法自动实现对公交车辆的智能调度。司机通过先进的通信设备实时接受来自调度中心的指令,调度中心也不需依靠过多的人力就能实现高效的自动化运转,大大降低了系统运营的人力成本,提升了 BRT 线路的运营效率。另外,结合目前先进的通信技术和软件技术也可以使乘客通过一部手机就能实施掌握公交车辆运行状态,从而合理安排自己的出行计划,节约时间,在客观上提高公交吸引力,减少私家车上路,从整体上缓解城市交通压力、改善交通环境,实现良性循环。

ITS 技术作为未来交通的发展方向早已在世界众多发达国家中广泛应用,尤其以美国、日本和欧洲等发展迅速。我国由于特殊的交通状况,一直处于不断的研究和探索中。目前,国内杭州、北京等城市已建设的快速公交线路,均设计了应用 ITS 技术的智能公交系统;杭州的系统涵盖了快速公交和其他公交线路,应用比较成熟。

8 安全门系统

BRT 车辆近期采用现有 12 m 车辆,远期车辆采用大容量低地板车辆,车辆长度为 18 m (定员 150 人),地板高度约 0.35 m。车辆右侧开门,18 m 车辆为 4(3)个门,12 m 车辆为 2 个门。根据客流量的不同,车站设有 1~4 个子站,每个子站站台设置安全门,主要功能是保护乘客安全,防止乘客候车时进入 BRT 车道。安全门的设计中将兼容这两种车的车门要求。

8.1 安全门系统设计原则

(1)根据工程实施要求,安全门的设置按 12 m 公交车规格布置,兼顾 18 m 公交车规格。

(2)安全门在车站站台边的上下车区内布置。其滑动门与公交车的乘客门一一对应,并保证在列车停车精度 $\pm 100\text{ mm}$ 情况下,公交车乘客门与滑动门仍对应。

(3)安全门在机械性能上能满足车站环境下的载荷要求。

(4)安全门系统的状态信息由通信专业安装摄像

头进行监视。

(5)安全门的供电电压等级为一级。

8.2 安全门系统构成

安全门系统主要由门体、门驱动系统、配电系统、控制系统、控制箱(PSL)5个部分组成。

8.3 安全门设备材料

基于以上所述安全门系统的设计原则和系统构成,中山大道 BRT 安全门系统所需设备材料见表 3。

9 信号系统

本项目的信号系统主要是指道路交叉口的信号灯控制系统,包括机动车信号灯控制系统、人行横道信号灯控制系统、交通信号控制机和传输网络等。

10 技术经济分析

10.1 项目总投资构成

按《广东省市政工程计价办法》和《广东省市政

表 3 安全门设备材料

序号	主要设备及材料	数量	备注
1	门机(包括门锁、传动装置等)/套	1 112	
2	门控单元 / 套	1 112	
3	固定侧盒 / 个	1 112	
4	滑动门 / 扇	1 112	
5	系统软件 / 套	139	每各上下车区为 1 套
6	门槛及支撑座、紧固件等 / 套	139	每各上下车区为 1 套
7	电源设备 / 套	29	每站为 1 套
8	电缆 /100 m	200	
9	铝合金线槽、钢管 /100 m	120	
10	遥控系统 / 套	139	
11	控制箱(PSL)/ 套	29	每站为 1 套

工程综合定额》以及广州市造价站公布的信息价标准计算,中山大道快速公交试验线项目估算总金额为 72 437.73 万元(详见表 4)。

表 4 中山大道 BRT 总估算

序号	工程或费用名称	估算金额 / 万元			技术经济指标	
		工程费用	其他费用	合计	数量	技术经济指标
	第一部分 工程费用	57 834		57 834	22.9 km	2 525.50 万元 /km
一	道路工程	13 400		13 400	235 592 m ²	0.057 0 万元 /m ²
二	排水工程	5 705		5 705	21 943 m	0.260 0 万元 /m
三	供配电及照明工程	2 715		2 715	26 站	104.423 0 万元 /站
四	交通及智能监控系统	11 436		11 436	26 站	439.846 0 万元 /站
五	运营生产设备及建筑物	24 086		24 086	26 站	945.308 0 万元 /站
1	建筑装修工程	14 275		14 275		
2	安全门工程	3 495		3 495		
3	低压配电及照明工程	1 874		1 874		
4	自动售检票系统	2 800		2 800		
5	通信工程(不含车载系统)	1 642		1 642		
	第二部分 工程建设其他费用		9 238	9 238		
	第一、二部分费用合计	57 834	9 238	67 072		
	基本预备费		5 366	5 366		
	估算总金额	57 834	14 604	72 438	22.9 km	3 163.23 万元 /km

10.2 项目建成投入运营后效果分析

广州中山大道 BRT 项目建成投入运营后,对目标线路公交运营效果的提升作用十分明显,并且对项目范围内的拥堵改善起到了关键作用。图 4 是广州中山大道 BRT 项目实施前后的实景对比照片。

中山大道 BRT 项目后评价的有关实测数据表明,项目建成后,目标公交线路的运行速度平均提升了 84%,平均每年节能减排超 8.6 万 t,并使市民公交出行的满意度大幅提升^[3]。



(a)BRT 项目实施前 (b)BRT 项目实施后

图 4 中山大道 BRT 实施前后交通拥堵情况改善对比(岗顶站)

11 结 论

从以上各方面对中山大道 BRT 的技术经济特点

的分析可见,快速公交系统是一种充分吸收了地铁系统运营优点并结合常规公交系统的实际特点而产生的一种新型公共交通运营系统。它利用现代化的公交技术配合智能交通的运营管理,使常规的公交系统可以基本达到或接近轨道交通的服务水平,而其投资及运营成本远低于轨道交通。有关数据资料显示,BRT 投资及运营成本仅为地铁系统的 1/10,但就速度、运力、可靠性和形象而言,可以提供类似地铁的服务水平^[4-5],对既有公交线路实施快速化公交改造后的运行速率提升可达 80% 以上,大幅提高市民公交出行的满意度和意愿。随着 BRT 设计及运营经验的积累、工程技术和运营技术的不断提

升,BRT 将为未来城市公共交通的规划设计者提供一个除地铁、普通公交以外的十分具有性价比的选项。

参考文献:

- [1] 陈皓粤.广州市中山大道快速公交(BRT)试验线的车站及系统设计技术创新[J].低碳世界,2017(24):206-208.
- [2] 马文轩.广州市中山大道 BRT 试验线交通组织设计与思考[J].城市道桥与防洪,2012(5):13-17.
- [3] 张晓瑾.广州市快速公交系统工程后评估研究[D].广州:华南理工大学,2013.
- [4] 邱红.以低碳为导向的城市设计策略研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.
- [5] 沈清基,安超,刘昌寿.低碳生态城市的内涵、特征及规划建设的基本原理探讨[J].城市规划学刊,2010(5):48-57.

~~~~~  
(上接第 270 页)

宽度,新管线一般会布置在其他待废弃的老管线的位置上,需待其废弃后方可实施。而废弃的条件又需待该类新管线实施并且新老管线割接完毕。管线之间存在相互制约的关系,给管线迁改带来了极大的困难。

在江阴市滨江路的改造过程中遇到了类似的困难。最终的解决方案为:在现状车道外侧的侧石和行道树之间,浅埋 2 根小管径的临时管道,在满足居民和店面的用气和用水需求后,废弃道路下的现状主管道,让出管位,待新建管道实施后再废弃临时管道。

### 3 结 语

市政道路下的管线是一个错综复杂的系统。在管线综合设计全过程中,从最初的方案图纸到最后落地,往往受各种因素的影响(包括资料收集,管线单位不同诉求,拆迁、围挡、工期、费用等),管线在真正实施的时候都会与原设计存在很大的偏差。作为一个管线设计从业者,就应在设计初期或者实施过程中,尽量多方面、多角度地考虑各种因素,尽量让管线迁改工作顺利实施,保证整个项目的工期和资金控制的要求。