

北京市南中轴路快速公交运营效果分析

An Operational Analysis of the BRT System along Beijing South-Central Corridor

吴家庆 林 正

(北京市公共交通研究所,北京 100073)

WU Jiaqing and LIN Zheng

(Beijing Public Transport Research Institute, Beijing 100073)

摘要: 在介绍北京市南中轴路快速公交概况的基础上,从常规公交线路调整和交叉口信号优先两方面阐述了南中轴路快速公交实施的保障措施,并且从道路交通系统、公交服务水平和乘客满意度三方面具体分析了BRT的运营效果。同时,通过对比BRT与轨道交通,得出了BRT较明显的优势。最后,针对规划和运营中存在的问题提出了相应的改进建议措施,如组织编组运营、加快高峰时间的车辆周转、加开大站快车、加开区间车和尽快投入超大容量车型等措施,并对建设与运营提出了一些思考。

Abstract: Through a background introduction of Beijing South-Central BRT system, this paper discusses measures that ensure a normal operation of the system by adjusting routine bus lines and offering signal priority for buses at intersections, and analyzes the system operational effects in terms of road traffic characteristics, bus LOS as well as passenger satisfaction. A comparison between the BRT system and rail transit shows that the former prevails significantly. The paper also discusses the existing problems within the system and improvement suggestions or some thoughts regarding the construction and operation of the system. These include bus-grouping operation, higher frequency operation during peak hours, express bus services at primary stations or along high-demand corridors, and provision of super-capacity buses as soon as possible.

关键词: 快速公交;运营效果;服务水平

Keywords: Bus Rapid Transit; operational effects; level of services

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2007-03-10

资助项目:北京市科学技术委员会软科学项目“适合于特大城市的大容量公共交通方式比较研究”(H(g)-2006-17-07)

作者简介:吴家庆,男,硕士,北京市公共交通研究所助理工程师,主要研究方向:交通运输规划与管理。E-mail:jqwu1978@126.com

1 南中轴路快速公交概况

北京市南中轴路快速公交(BRT)是我国根据公共交通发展的需要,借鉴国外先进公交理念和技术设计的第一条大容量快速公交线路。线路自市中心向南,穿越崇文、丰台两个行政区,南起德茂庄,终点为前门,途经一些商业、交通和居民小区集中区,并辐射大兴和亦庄两个边缘集团,沿途与二、三、四、五环和地铁2号线衔接,全长约16 km,共设17座车站,其中公交换乘站6座,是北京市南北公共交通大动脉。

目前,采用的BRT车辆车身长18 m,宽2.55 m,高3.25 m,定员180人,左侧开门,车上装有GPS卫星定位车载终端设备,达到欧Ⅲ排放标准。线路专用道是物理隔离封闭路权的中央双向两车道,设计单向运输能力为2万人次/h。BRT车辆在专用道上行驶的平均速度约为25 km/h,在交叉口处,采用主动优先信号方式。中央岛式站台长60~80 m,宽5 m,与车辆地板高度一致,距路面高0.3 m。各站台都设有乘客信息服务的电子站牌,主要包括首末车时间、车站位置、线路走向等信息。目前采取的售票方式是站台售票,同时也支持电子售检票。另外,智能系统建设为南中轴路BRT系统的成功运行创造了良好条件,集成的智能化使BRT的辅助调度和高服务水平得以实现^[1]。

目前南中轴路BRT的运营时间是德茂庄5:00—22:30,前门5:30—23:00;单程行驶时间37

min; 配车87部; 高峰发车间隔约1 min, 低峰发车间隔2~3 min; 平日客流8~10万人次, 假日最大客流达到22万人次。2006年3月15日进行了客流调查, 结果见表1和表2^[2]。

从表1、表2可以发现: 早、晚高峰全线客运量分别占全天全线客运量的11.8%和10%, 两个方向全天客运量相当; 早高峰德茂庄至前门方向的客运量约是前门至德茂庄方向客运量的3.3倍, 晚高峰则相反, 说明线路潮汐现象非常明显; 早高峰德茂庄至前门方向最大断面交通量是南行最大断面交通量的4倍; 晚高峰前门至德茂庄方向最大断面交通量是北行最大断面交通量的3.7倍; 上下车人数大致以南苑路果园站为分界点, 而且前门的上下车人数占到全线上下车总人数的40%左右。根据这些规律, 目前正在摸索多种线路发车模式, 包括站站停、大站快车、直达、区间、编组运营等模式。

2 保障措施

2.1 常规公交线路调整

为配合南中轴路BRT线路的开通, 对南中轴路常规公交线路分期分批进行了调整, 包括: 减少重复线路, 加强常规线路与BRT线路的换乘衔接, 为BRT提供和疏散客流, 优化和完善公交线网, 提高公共交通服务水平。

调整前, 南中轴路常规公交线路共22条, 其中月票有效线路10条, 月票无效线路12条, 常规公交线路在前门至德茂庄路段日客运量约26万人次。调整后, 7条线路有变化, 其中, 2条线路停驶, 4条线路缩短, 1条线路全线改道, 减少配车约400部, 减少车次约7 000次。

2.2 交叉口信号优先

在16:00—19:00, 被调查交叉口固定配时信号灯南北直行相位占总周期的39%; 实际观测到的交叉口信号灯周期为150~160 s, 其中南北直行的时间占47%~50%, 南北左转的时间占29%~31%, 东西直行的时间占20%~22%。

从概率论的角度而言, 快速公交在交叉口的通过率应该是该方向放行时间占总周期的比率, 即47%

~50%。而实际调查的快速公交的通过率两个方向分别是54%和55.4%, 高于交叉口固定配时该方向绿灯占总周期的百分比(39%), 也高于实际观测的该方向绿灯占总周期的百分比(47%~50%)。因此在该交叉口信号优先设备是有作用的, 快速公交在交叉口的通过率提高了4%~6%。

另外, BRT车辆在到达交叉口时如果遇到绿灯, 则延长绿灯时间等待快速公交车辆通过, 通过现场观察这个效果是比较明显的; 当BRT车辆到达时如果是红灯, 应该缩短该方向的红灯时间, 但实际观察的结果发现这个效果并不明显。在交叉口红灯相位没有明显缩短主要是考虑了行人过街的安全性。为了更好地实施交叉口信号优先策略, 建议在符合施工条件的交叉口修建行人过街安全岛。

3 运营效果及优势

3.1 道路交通系统

BRT运营后, 南中轴走廊上的机动车流量和车速

表1 南中轴路BRT全线客运量 人次
Tab.1 Passenger capacity of Beijing South-Centre Corridor in different period of time

时段	时间	德茂庄至前门	前门至德茂庄	总客运量
全天	5:00—24:00	45 592	48 351	93 943
早高峰	6:20—7:20	8 511		11 103
	7:05—8:05		2 592	
晚高峰	16:25—17:25	2 220		9 409
	16:45—17:45		7 189	

表2 高峰小时客流指标
Tab.2 Peak passenger flow index

始发站	德茂庄	前门	德茂庄	前门
高峰小时起始时刻	6:20	7:05	16:25	16:45
最大断面起始位置	大红门西里	木樨园桥	果园	果园
客流/(人次/h)	6 561	1 632	1 426	5 328
发车数量/(车次/h)	54	52	40	45
满载率(区间车)/%	79.0(84.0)	20.4	21.9	73.5
断面不平衡系数	1.52	1.61	1.49	1.57
时间不平衡系数	3.54	0.83	0.78	2.68
方向不平衡系数	1.60			1.58

都有了显著提高。从调查结果来看,社会车在午峰(12:00—13:00)的速度可达到26.7 km/h,早晚高峰速度约25 km/h,比BRT开通前都有提高,详见表3。各个调查断面的机动车流量也有提高。在研究的6个断面中,高峰小时交通量最大增加95%,最小增加7.2%,其余断面增加幅度为20%~68%。这说明BRT专用道的修建使得道路通行能力大为增加,道路资源得到了更加充分合理的利用。

3.2 公交服务水平

1) 运行速度

高峰时段BRT全程的速度达到23.5 km/h,大于开通前常规公交车16 km/h的速度,比目前社会车辆的速度26 km/h稍低。但在条件较好的三营门至天坛区段上,BRT车辆速度甚至超过30 km/h,而且运行非常稳定,受时段和方向(南行或北行)的影响比较小。这说明BRT车辆在公交专用道上的运行速度与轨道交通相当。

2) 运输效率

BRT车辆单车日客运量换算成标准车为1 037人次,单车日行程273.9 km;常规公交单车日客运量换算成标准车为267人次,单车日行程145 km。可以看出BRT的单车日客运量是常规公交的3.9倍,单车日行程是常规公交的2倍,说明BRT车辆的周转快,运行效率大大高于常规公交。

3) 准点率

设置公交专用车道,采取有效的交叉口优先措施,大大减少了BRT系统外界因素造成的延误。BRT车辆

在路段上能以稳定的车速运行,在交叉口也只需承受有限的延误,比常规公交线路的准点率高很多,尤其是在行车条件良好的三营门至木樨园桥区段和木樨园桥至天坛区段,区段准点率达到60%以上。

4) 延误

BRT车辆的总延误时间主要由交叉口延误时间和车站停车时间组成。调查发现,BRT车辆的总延误时间约占总行程时间的23%;交叉口延误时间约占总延误时间的80%,而车站的停车延误时间约占总延误时间的20%。

对于交叉口延误,由于是专用道,又采取了一系列信号优先措施,避免了BRT车辆的二次排队,使得BRT车辆在一个周期内必定能通过交叉口。

对于车站停车延误时间,全天平均每站的延误为12 s,而全市常规公交车的平均停车延误约13 s;在任何时段和方向,BRT车辆在车站的平均停车延误时间都比开通前常规公交的短,最大差值竟达15.5 s,这说明BRT比开通前常规公交的效率大大提高了。

3.3 乘客满意度

调查从节省时间、等候时间(车上、车下)、乘客信息提供和过街方便性、安全性等几个方面进行,乘客总体上在方便、快速上对BRT优越性给予肯定。尤其是乘客从德茂庄到前门的出行时间大幅度缩短,从开通前约70 min到目前的约40 min,节省约30 min。在早高峰和晚高峰时段,节约出行时间的优势更为突出。

54%的乘客认为BRT与常规公交相比优越性主要体现在速度快上,20%认为体现在方便上,14%认为既体现在速度快又体现在方便上,总计88%。

乘客对节省时间指标的满意度非常高,90%以上的乘客认为非常满意和满意;对等车时间指标的满意度达80%左右;从信息提供的角度,乘客满意度也在90%以上;从拥挤程度上看,工作日乘客对拥挤度的要求相对宽松,但感觉非常拥挤和拥挤的乘客占75%,周末乘客对拥挤度要求略高,84%的乘客感觉非常拥挤和拥挤;因每站均有人行天桥或地道,且与站台直接连通,乘客对BRT车站的过街方便性和安全性也相当满意。

表3 社会车辆与BRT车辆的速度对比 km/h
Tab.3 The speed contrast between social vehicle and BRT

时段	方向	BRT 开通前社会车辆速度	目前社会车辆速度	BRT 车辆速度
7:00—9:00	南行	23.73	25.46	23.12
	北行	19.08	26.03	22.39
11:00—13:00	南行	24.21	26.12	21.81
	北行	24.39	26.70	24.23
17:00—19:00	南行	23.41	23.44	21.13
	北行	23.21	25.47	25.71

3.4 BRT 与轨道交通相比较明显的优势

1) 造价低廉

快速公交与轨道交通相比最大的优势在于其投资与运营成本比轨道交通低得多。快速公交系统的造价往往只有轨道交通的1/10,北京市南中轴路快速公交每千米的造价只有地铁四号线的1/15。南中轴路快速公交的静态投资回收期是9.5年,而地铁四号线的静态投资回收期是22.5年。

2) 具有显著的灵活性

快速公交系统所具有的灵活性是轨道交通不具备的。轨道交通必须在线路、车站、车辆、收费系统、运营控制系统完全建成后方可投入运营,而快速公交系统在部分功能设施建成后即可投入商业运营^[3]。南中轴路快速公交就是分两期实施运营,一期线路(从前门至木樨园)于2004年12月25日开通运营,二期线路(从木樨园至德茂庄)于2005年12月30日开通运营。

3) 运营管理方法简化

虽然快速公交系统的运营管理方式与常规公交略有不同,但是诸如线路的运营管理、司售人员的管理、运营调度、车辆维修方式均与现有的常规公交管理方式大致相同。公交运营部门不但可以利用现有公交运营的管理经验,而且快速公交系统运营人员的培训工作与轨道交通相比工作量要小得多^[4]。此外,快速公交的运营管理方法、技术操作和控制方法要比轨道交通简化许多,快速公交系统的试运营往往只需一周左右,而一条轨道交通线路的试运营一般需要3~6个月。

4) 运能和速度相当,票价合理

目前处于初期运营状态的南中轴路BRT的实际运力为1.08万人次/h,已经与地铁13号线的运力1.128万人次/h相当,大于地铁八通线的运力0.94万人次/h。从实际客运量的角度而言,南中轴路快速公交目前实际年客运量为3 294万人次,已经接近地铁13号线的年客运量4 262万人次,几乎是地铁八通线年客运量(1 649万人次)的2倍。如果采用编组运营的模式,BRT运力可达2.16万人次/h,将接近一线地铁的运力(2.88万人次/h),大于环线、13号线和八通线的运力。所以,快速公交的客运潜力非常大。

从现状来看,南中轴路BRT的速度略低于地铁1号线、2号线和八通线,而且票价为1元,更有持卡8折

优惠的政策,比地铁票价3元低得多。所以,南中轴路BRT的开通会逐渐改变人们的出行观念,也会极大地影响交通专业人士对快速公交和轨道交通的看法。

4 问题及建议

4.1 存在的问题

1) 专用道的设置

由于前门至天坛路段(约2.5 km)没有开辟专用道,BRT车辆与社会车辆混行,增加了BRT的运行时间,极大地降低了BRT的运行速度和准点率。还有部分路段由于拆迁原因没有实施物理隔离,社会车辆可以随意驶入专用道,影响了BRT的运行。

2) 站距

站距是影响运行速度的关键因素之一。南中轴路快速公交的平均站距为0.94 km,站距较短。其中某些车站的设置及其位置的合理性有些欠缺,从而影响了BRT车辆的运行速度。

3) 运力

根据调查结果,目前高峰小时最大断面满载率超过70%,单车最大满载率早晚高峰都达到130%,接近平均满载的2倍,运力远远不够,车辆在高峰时段非常拥挤,舒适性大大降低。

4) 交叉口信号优先

南中轴路并没有完全实现交叉口信号优先。目前,南中轴路从前门到德茂庄共有26个交叉口,其中21个为信号灯交叉口。但是,天坛以北三营门以南的交叉口由于种种原因没有实现快速公交信号优先,所以实现信号优先的交叉口仅11个。而且在调查中也发现,即使这11个交叉口也没有达到预期的效果。

5) 左侧开门

南中轴路BRT系统采用的是中央专用道,车辆左开门,这就使得该系统与北京市常规公交系统(车辆右开门)不衔接,专用道不能引入多条线路,道路资源没有得到充分利用。

4.2 改进建议

1) 组织编组运营

BRT车辆早晚高峰期间发车间隔仅为1.1 min,且

满载率较高。早高峰德茂庄发车54次,满载率为79%;晚高峰前门发车45次,满载率为73.5%。为了保持稳定的运营秩序和公交优先信号的实施,可以考虑双车编组运营,以缓解高峰时段的运营压力。

2) 加快高峰时间的车辆周转

线路有十分突出的客流潮汐特征,为提高运营效率,建议在高峰时间将次要方向50%甚至更多的车次放空直达终点,加快车辆周转。

3) 加开大站快车

从全天以及早晚高峰各站登降量百分比图可以发现,每个站点的登降量占同一时间全线所有站点登降量的百分比有很大的差异。因此建议在早晚高峰时段,加开大站快车。选取原则是:在最大断面之前选上车人数多的站,在最大断面之后选下车人数多的站。

4) 加开区间车

主流方向早晚高峰的断面不平衡系数都在1.5以上,应该设置区间车。目前早高峰有从三营门发往前门的区间车,覆盖了3个主要上车站中的2个。调查数据显示,高峰小时最大断面的满载率,区间车为84%,高于全程车的78%,说明区间车十分成功。

如有可能,晚高峰应增发木樨园桥至德茂庄的区间车。考虑到晚高峰次要方向前门站的下车人数与主要方向天坛站的上车人数接近,因此,不建议在天坛站加开区间车。

5) 尽快投入超大容量车型

目前高峰小时平均满载率低于80%,这似乎基本满足了客流需求。但从单车最高满载率来看,早晚高峰都达到130%,接近平均满载的2倍。说明车辆满载畸轻畸重,运行秩序被严重破坏。

再看目前每小时的发车数量,早晚高峰分别达到54车次和45车次,即使从德茂庄、三营门分别发车,到达最大断面时,行车间隔也必然失控。更何况节假日客流量可能是平日的两倍,今后的客流也会增长。所以从稳定运营秩序的需要出发,有必要研制双层、双铰、4~7轴的超大型车辆。

5 对建设与运营的思考

BRT线路的建设和运营要充分考虑以下因素:

1) 选线、设站和站距

在优化整合线网的过程中要充分考虑常规线路与BRT线路的关系;加强BRT与地铁的衔接,方便乘客换乘;考虑常规公交能否进专用道走廊。

2) 充分考虑车站的设计与运营组织,包括车站通行能力、站位设计和站台秩序。

3) 根据客流特点,编制运营计划,充分利用智能系统加强对运营组织的支持。

4) 依据信号优先与信号控制的协调机制和优先策略,研究如何解决密集发车和编组运营。

5) 车辆在车站和路上发生故障和事故,碰到雨、雪天气时的应急预案。

6 结语

南中轴路BRT的运营使城市内稀缺的交通空间资源得到更合理和公正的分配与使用;使南中轴走廊上的交通拥堵得以缓解;公共交通的运输效率和服务水平也有显著提高;节约了乘客出行时间,提高了市民满意度。南中轴路BRT的开通运营对即将规划建设BRT的城市具有一定的借鉴意义和参考价值。

参考文献

- 1 罗大明,季晓京.北京南中轴路快速公交(BRT)智能公交系统总体设计概要[J].交通运输系统工程与信息,2005,5(2):97~103
- 2 北京市公共交通研究所.北京南中轴大容量公交示范工程实施效果评估[R].北京:北京市公共交通研究,2006
- 3 Lloyd Wright, Karl Fjellstrom. 可持续交通: 发展中城市决策者资料手册分册——大运力公共交通的各种方案[EB/OL]. [2007-01-25]. http://www.brtchina.org/Urban/mass%20transit%20options%20_Chinese_.pdf
- 4 林正.建设北京快速公交系统实现城市交通可持续发展的建议[A].北京快速公交系统发展战略研讨会文集[C].北京:中国城市公共交通协会,北京交通发展研究中心,2003.75