

厦门市高架快速公交系统建设实践

Developments of the Elevated BRT System in Xiamen City

丁明

(厦门市城市规划设计研究院,福建 厦门 361012)

DING Ming

(Xiamen Urban Planning and Design Institute, Xiamen Fujian 361012, China)

摘要: 系统地介绍了厦门市高架BRT系统的建设实践,旨在为今后BRT系统的发展策略和建设模式提供经验借鉴。首先分析了厦门市BRT的建设背景,提出了BRT预留升级轨道交通的策略。然后,介绍了首期BRT系统三条线路的工程概况,详细阐述了BRT系统的六个组成部分,特别是中心区采取的高架为主的专有权形式和功能齐全的车站。通过与轨道交通及其他地面BRT的综合比较分析,认为厦门市高架BRT系统具有较多优势,并取得了较好的运营效果,运输效率提高了2倍,运行速度提高了1倍。BRT在提高公交服务水平、缓解交通拥挤、引导城市发展方面发挥了良好的作用,是一种适合于厦门市目前发展阶段的建设模式。

Abstract: This paper systematically discusses the development of the elevated BRT system in Xiamen, in the hope to provide references for future BRT developments. The paper starts with a background of BRT development in the city, as well as strategies to reserve right of way (ROW) for the BRT improvement rail transit project. Then the paper details the 6 components of the BRT system, with a special mentioning of the city's core area where the exclusive ROW was elevated for the most part, and built with full-fledged stations. A comparison with surface rail transit and other BRT systems shows that the elevated BRT system features a better operation with a tripled throughput and a doubled speed. In short, the elevated BRT system is well suited for the current development phase of Xiamen due to the fact that it improves the transit level of service, alleviates traffic congestion, and plays a favorable role in guiding urban development in the city.

关键词: 交通规划;快速公交系统;建设实践;公交引导城市发展

Keywords: transportation planning; Bus Rapid Transit (BRT); practice of construction; Transit-oriented Development (TOD)

中图分类号: U491.1⁷ 文献标识码: A

收稿日期: 2009 - 01 - 14

作者简介:丁明(1976—),男,福建福清人,交通所主任工程师,高级工程师,注册城市规划师,主要研究方向:城市交通规划、公共交通规划。E-mail: xmghydm@163.com

公共交通优先发展已经成为我国城市交通发展的基本策略,各个城市结合自身情况开展了多种有效措施,其中快速公交系统(BRT)的大规模建设具有深远意义。至2008年底,我国内地已开通运营快速公交系统的城市有北京、杭州、大连、昆明、沈阳、常州、重庆、厦门等,其中厦门市快速公交系统高架线路独具特色,其建设时机的把握、独特的建设方式、预留升级轨道交通的建设策略、先进的规划设计理念以及理想的运营效果,对其他城市发展快速公交系统具有一定借鉴意义。

1 建设背景

随着城市拓展,高峰期厦门市中心区主要走廊客流量达6 000~7 000人次·h⁻¹,公共汽车的运行速度下降至16 km·h⁻¹,公共交通的增长速度已无法应对大运量、长距离的出行需求,急需调整公交网络结构。因此,需要对常规公交系统进行升级,建立以大运量快速公交系统为走廊、各级换乘枢纽合理衔接的“走廊+枢纽”型交通模式^[1]。同时,政府已经意识

到,在快速机动化和城市化背景下,城市用地的开发模式必须尽快转型^[2]。不能走用地无序蔓延、交通被动配套的传统发展模式,应该形成以公共交通为导向的发展模式(TOD),必须先建设大运力快速公交系统,再沿走廊布置高密度的居住、商业和就业等用地,使城市依托公共交通线路有机、集约拓展。

大运力快速公共交通系统包括地铁、轻轨、BRT等形式,由于轨道交通存在高投入、建设周期长、运营成本难以回收等特征,与厦门城市发展阶段的经济能力、客流需求、缓解交通拥堵的迫切性以及引导城市结构转型的时效性存在较大反差。而BRT有着大运力、低成本、建设周期短和运营灵活等特性,可以降低大运力快速公交系统发展初期的投资门槛^[3]。因此,建设BRT是当前厦门市落实公交优先策略的理想途径,可以迅速提高公共交通的竞争力,优化城市交通结构,缓解交通拥挤,引导城市向公交导向的发展模式转型。

厦门市BRT建设采取升级策略,近期在规划轨道交通线路基础上先行建设BRT网络系统,满足城市客流需求,并为升级轨道交通培育客流。远期随着城市规模扩张、客流增多和经济增强,将BRT升级为轨道交通,届时,BRT将作为次要走廊的公交系统,承担轨道交通的补充和延伸功能^[4]。

2 首期BRT建设实践

2.1 工程概况

厦门市BRT首期工程包含3条骨架线路(见表1),路线总长42.9 km,于2006年底启动设计,

2007年9月高架工程开工,2008年8月31日建成运营。主体工程建设仅用1年时间,充分体现了BRT建设周期短的优势。

2.2 系统组成

厦门市首期BRT系统由专用路权、车站、公交车辆、运营线网、乘客服务系统和智能运营管理系统(ITS)等6个部分组成。

1) 专用路权。

厦门市首期BRT是集高架、隧道、跨海大桥和地面道路等多形式路权于一体的快速公交系统。其中1号线全长25.5 km,高架段15.3 km,下穿机场隧道段1 km,跨海大桥及引桥长7.7 km,岛外地面段长1.5 km。由于土地紧张、建筑密集、交通复杂以及道路红线不足44 m,岛内城市中心区域若像其他城市一样采用地面专用车道形式,将占用较多土地,造成大量拆迁,与社会交通干扰严重,导致人行道狭窄、过街不便及支路网无法连续通行,不利于整体交通服务水平提高。采用高架专用路权,可以保障BRT快速、准时和安全运行,减少对社会车辆的影响。为了减轻高架路对景观的影响,对桥墩、梁体进行优化设计,桥梁宽10 m、高9 m,桥墩采用花瓶式线形,轻巧美观,线条柔和,减轻桥梁的压抑感,同时加强沿线绿化、夜景亮化和隔音减震措施,如图1^[5]所示。

2) 功能齐全的车站。

BRT 1号线设站21座,其中18个高架站、3个地面站,中心区站距600 m,外围区站距1 km。高架车站为3层(见图2):地面层为道路和常规公交车站,换乘便捷;中间为站厅层,长30 m、宽16 m,结合过街天桥建设,设置售检票系统;第

表1 厦门市BRT首期线路情况
Tab.1 Initial BRT lines in Xiamen City

BRT线路	起讫点	长度/km	路权形式	备注
1号线	第一码头—华侨大学	25.5	岛内高架、机场隧道、跨海大桥、岛外道路中央专用车道	近期将延伸至火车新站
2号线	机场—西柯	15.3	道路中央专用车道	岛内段与1号线共线,近期将延伸至同安区
3号线	农科所—前埔	2.1	西段高架、东段路侧专用车道	

3层为站台层，侧式站台，长54 m(预留升级轻轨站台75 m)、宽3 m，设置安全门。高架站设有自动扶梯方便乘车，车站建筑经过精心设计，造型简洁美观，装修简单，造价经济。

厦门市BRT系统设置了5个大型综合枢纽站，即第一码头、农科所、前埔、嘉庚体育馆和西柯，是集BRT、常规公交、链接线、出租汽车、社会停车(P+R功能)等交通方式于一体的综合性建筑^[6]。其中，链接线是一种连接BRT车站与周边居住区、公交场站的短途公交线路(线路长度

小于3 km)，车身小，发车频率高，票价仅为0.3元。经调查，BRT车站客流换乘方式中链接线占20%。

第一码头枢纽为3层建筑(见图3)，建筑面积2.3万m²。三楼为1号线站台层与停车场，二楼为预留6号线站台层与停车场以及调度室和车辆检修间，一楼为商场和乘客通道以及常规公交、出租汽车和链接线换乘站，站外与客运码头直接接驳，地下一层为商场和社会停车场。其他4个枢纽均进行了保障性住房及商业综合开发，商业设



(a)



(b)

图1 高架BRT车道

Fig.1 Elevated BRT lanes



(a)



(b)

图2 高架BRT车站

Fig.2 Elevated BRT stations

施由BRT场站公司经营，引入“联合开发效益弥补运营费用”的理念。

3) 改良型公交车辆。

BRT初期配置120辆专用金龙客车，车辆为12 m长、低地板、高性能的单节车(见图4)，最大载客量为92人，以后将升级为18 m长铰接车，最大载客量可达200人。车辆采用进口发动机和低底盘，配备GPS定位系统和车速限制装置，确保快速公交的大运量、舒适、快捷和环保。

4) 运营线网。

厦门市首期BRT由3条线路联接中心区与岛外近期重点开发区域，串联火车站、机场和码头等对外交通枢纽。同时，结合BRT新车站设置20条链接线^[7](见图5)，为BRT供给客流，延伸BRT

线路覆盖范围，有效提高客流吸引力。

5) 乘客服务系统。

厦门市BRT为乘客提供多层次的服务，在站台、站厅、车内、高架、地面等处提供多渠道的电子信息服务(见图6)，并提供人工帮助和问询窗口服务。

6) 智能运营管理系统。

厦门市BRT建设了先进的智能运营管理系统，包括通信、售检票、运营调度、安全门、监控等多个相互关联的子系统，运用车辆定位、电子票务、实时信息、智能调度及安全防范等技术保障BRT快速安全运行。

3 系统特征与优势对比

3.1 与轨道交通比较

1) 建设周期短。

与轨道交通不同，BRT无须经过国家层面复杂的审批环节，市政府可按照一般基本建设程序审批，根据财力、交通状况和客流等因素迅速决策、灵活建设。厦门市BRT从决策到完工仅两年时间，系统试运营仅两周。

2) 建设与运营成本低。

BRT投资成本比轨道交通低得多，高架段建设成本约6 000万元·km⁻¹(不含车辆购置费)，地面段仅为500万元·km⁻¹；同样条件的轻轨需2亿元·km⁻¹，



图4 厦门市BRT车辆
Fig.4 BRT vehicles



(a)



(b)

图3 BRT第一码头枢纽
Fig.3 BRT terminal of No.1 ferry

若全线修建地铁，则成本超过5亿元·km⁻¹。各种公共交通的相关指标对比见表2。

3) 建设风险低。

如果建设轨道交通，风险主要来源于两方面：①工程建设风险。厦门市地质复杂、城市建筑密集、施工条件恶劣。②财务风险。厦门市地方财政收入每年不足200亿元，建设轨道交通资

金缺口较大，将背负巨大的财政负担，还需补贴大量的客运亏损。而BRT近期5条线路投资仅30亿元，结合场站综合开发收益，可以减轻运营亏损。

4) 灵活性高。

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。BRT在场站设施未完工时即可投入运营，便于一



图5 厦门市首期BRT线路与链接线

Fig.5 Initial BRT lines and connecting lines in Xiamen City



(a) 站台信息

(b) 站外信息

(c) 车内信息

(d) 问询信息

图6 乘客服务系统

Fig.6 Customer service system

次性形成大规模网络,可运行于一般道路,灵活性高,保证了解决城市交通问题的时效性。

5) 票价低廉。

票价按里程计费($0.1\text{元}\cdot\text{km}^{-1}$),目前乘客平均乘距为8 km,平均票价不到1元,比轨道交通票价低廉得多,大大降低了居民的出行成本。

6) 管理模式创新。

厦门市BRT引入新的管理模式,采取车辆运营与场站“运网分离”的模式。运营公司隶属于公交集团,可以与常规公交线路协调运营和调度。而场站管理公司由建设单位组建,对桥梁、车站及附属设施进行专业化维护和管理。

3.2 与其他地面BRT比较

1) 节约用地。

厦门市BRT以高架为主,高架车道与车站仅占用道路中央4 m绿化带,枢纽站和停车场均为

立体式综合开发,大大减少对地面空间的占用,对于厦门市中心区土地紧张的状况来说,高架BRT是最佳方式。

2) 满足高客流需求。

BRT初期高峰发车频率为1 min,实际上3条线路同时运营,共线段单向运能近8 200人次 $\cdot\text{h}^{-1}$ 。高架车站可同时满足2辆18 m铰接车停靠,若采取编组发车,运能可达2万人次 $\cdot\text{h}^{-1}$ 。高架站厅面积大、进出闸道多,可以满足大运量客流集散。

3) 快速高效。

高架BRT在高架、隧道等专用路权内运营,不受其他交通方式干扰,避免地面运行因交叉口产生的减速和延误,车辆平均速度提高至30~40 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

4) 舒适安全。

BRT高架道路线形好、坡度缓,车辆运行安全可靠,设置自动扶梯和人行天桥,保障乘客舒

表2 厦门市BRT与其他交通方式比较

Tab.2 A comparison between Xiamen BRT and other travel modes

项目	造价/ (亿元 $\cdot\text{km}^{-1}$)	旅客运输量/ (万人 $\cdot\text{h}^{-1}$)	平均速度/ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	立项到开工 时间/年	立项到完工 时间/年	运营成本 本高低	管理技 术难度	系统 灵活性
地铁	5~7	3~5	25~60	3~5	5~6	高	难	低
轻轨	2~2.5	1~3	20~40	2~3	3~4	较高	难	低
厦门市高架BRT	0.6	1.6~2	30~40	1	2	低	容易	高
传统地面BRT	0.05	0.6~1	20~30	1	1~2	低	容易	高

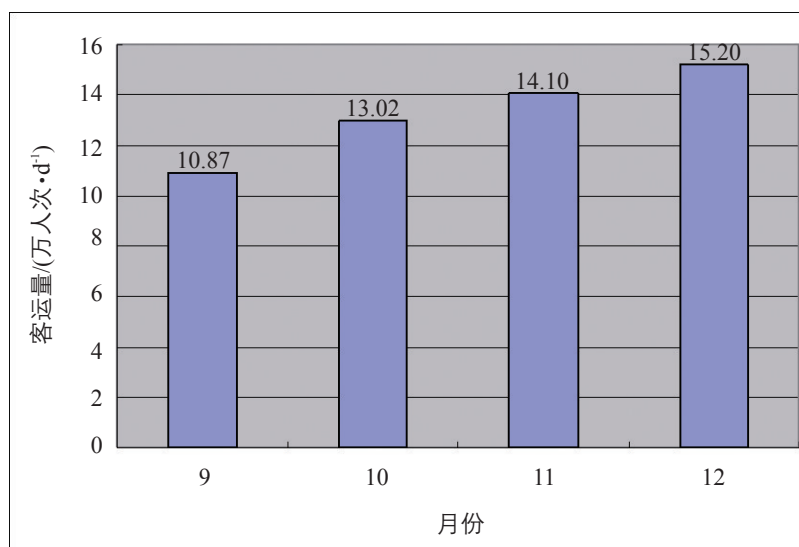


图7 厦门市BRT日均客运量

Fig.7 Average daily passenger volumes of Xiamen BRT

适安全。BRT与其他交通方式完全分离,运用车辆定位系统和智能运营管理系统,预防追尾、碰撞等事故。

5) 与其他交通方式协调。

高架BRT不占用地面车道,在交叉口处也不影响其他交通流运行。在车站处将常规公交车站和人行天桥组合设计,枢纽站与其他交通方式实现立体衔接和无缝换乘。

6) 易于升级轨道交通。

厦门市BRT的定位是轨道交通的过渡形式,高架道路的线路、曲线半径、坡度、建筑限界以及结构荷载均按轨道交通控制,并预留了升级条件,车站长度预留75 m,近期作为BRT故障车辆停靠点,远期可改造为轨道交通车站。沿线预留了轨道交通通信与机电系统接口,并预留设备房和车辆段用地,在远期客流超载时可以迅速升级,改造、废弃工程大大减少,费用也较低,约为1.2亿元·km⁻¹(不含车辆购置费)。

4 运营效果

厦门市BRT首期线路开通初期便实现超预期效果,开通4个月以来,平均日客运量逐步增长(见图7⁸⁾),2009年1月初已达到16万人次·d⁻¹,最高日客运量超过18万人次·d⁻¹(元旦期间)。以晚高峰客流最为集中,高峰小时系数约13%。全日最大单向客流断面分布在火车站—莲坂之间,达到5.2万人次·d⁻¹,高峰小时单向最大客流约7 000人次。

厦门市BRT车辆不足公交总量的1/20,线路长度仅占1.5%,却承担了公交总运量10%的客流,发挥了骨干运输作用。2009年居民出行调查显示,公交出行方式结构由2003年的27.5%提升至30%。BRT日客运量达1 400人次·车⁻¹,为常规公交的3倍,充分说明了BRT运量大、高效率。BRT平均运距约8 km,约为常规公交的2倍,承担中长距离的出行。运行速度达32 km·h⁻¹,比常规公交提升1倍,大大节省出行时间、降低出行成本。BRT建成通车受到热烈欢迎,消除了建设之初市民对高架BRT的种种疑虑,也增强了政府现阶段大力推进BRT线网建设的信心。

5 结语

厦门市BRT发挥了诸多作用:1)提升公共交通服务水平,缓解交通拥挤;2)提升综合交通服务能力,协调各交通方式的发展;3)提升沿线土地开发价值,引导围绕车站的综合开发;4)BRT与沿线景观结合,提升城市形象,促进旅游服务发展;5)提升厦门市金龙客车的产业发展,推动社会经济发展。实践证明,BRT系统可以达到轻轨的运力和服务水平,其建设和营运费用远低于轨道交通,且能在很短时间内建成投入使用。同时,高架建设方式较好地解决了在土地紧张和交通复杂的中心区建设BRT的难题,更好地集约利用土地和缓解交通拥堵,有利于其他交通方式衔接,综合提升公交竞争力。采取预留升级轨道交通的策略,可以满足今后发展的需求。

参考文献:

References:

- [1] 边经卫. 大城市空间发展与轨道交通[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
BIAN Jing-wei. Spatial Development and Rail Transit of Metropolitans[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2006.
- [2] 赵燕菁. 以公共交通为导向促进城市转型[N]. 厦门日报, 2008-08-29(4).
- [3] 赵燕菁. 厦门实施以公共交通为导向的城市发展策略[C]// 厦门日报社. 畅通BRT全景观察. 厦门: 厦门日报社, 2008: 32.
ZHAO Yan-jing. Xiamen Implements the Strategy of City Development Oriented by Public Transportation[C]// Xiamen Daily. Smooth BRT Panoramic Observe. Xiamen: Xiamen Daily Press, 2008: 32.
- [4] 厦门市城市规划设计研究院. 厦门市快速公交系统BRT线网规划[R]. 厦门: 厦门市城市规划设计研究院, 2007.
- [5] 厦门市城市规划设计研究院. 厦门BRT规划建设情况[R]. 厦门: 厦门市城市规划设计研究院, 2008.

(下转第26页)