

# BRT发展模式的探讨

Discussion of BRT Development Method

张 蕾

上海城市交通设计院有限公司

**摘 要：**快速公交系统（简称BRT）是一种高品质、高效率、低能耗、低污染、低成本的公共交通形式，充分体现了以人为本，构建和谐社会的发展理念。BRT以其速度快，灵活性强，与常规公交换乘便捷、容易结合，建设成本低，建设周期短等特点在国内外得到了广泛应用。该文在分析各个城市BRT发展的基础上，总结现有BRT发展模式以及适应性，探讨BRT未来的发展方向。

**关键词：**BRT；发展模式；探讨

**Abstract:** Bus Rapid Transit (BRT) is a means of public transport with high quality, high efficiency, low energy consumption, less pollution, and low cost. It fully embodies people-oriented concept in the harmonious society. BRT is widely used at home and abroad due to its high speed, flexibility, convenience, easy integration with public transfer, low construction cost, and short construction period. This paper analyzes the development of BRT in each city, summarizes the existing BRT development model and adaptability, and discusses the future trend of BRT.

**Keywords:** BRT; development model; discussion

DOI:10.16487/j.cnki.issn2095-7491.2018.04.011

## 1 BRT特点

快速公交系统（简称BRT）采用先进的公共交通工具和高品质的服务设施，通过专用道路空间来实现快捷、准时、舒适和安全的服

BRT主要包括5项核心内容<sup>[1]</sup>：

- ①专有路权：采用公交专用道，保障公交独立性，提高公交运行效率；
- ②现代化车辆：采用大容量、低地板环保型车辆提升服务水平；
- ③水平登乘：采用低地板车辆，修建与车辆地板等高的候车站台，使乘客能快速平稳上下车；
- ④车外售票：将售票系统置于站台内，在公交车辆进站前完成收费，减少站台延误时间；
- ⑤采用智能公交系统：一是实施交叉路口公交优先，通过

智能信号系统为公交车辆在交叉路口提供优先权；二是设置先进的乘客信息系统，为乘客提供静态和动态信息，提高公交吸引力；三是车队智能化管理系统，对车辆进行跟踪管理，节省车辆和燃油，提高调度管理水平。

国内BRT建设能够基本实现或绝大部分实现上述功能。主要建设内容在路权形式、站台形式以及运营组织等方面差异化发展。

## 2 BRT发展现状

目前国内有近20个城市的BRT系统已开通运营，是目前中运量应用最为广泛的一种交通方式。现有已建成典型城市的建设模式主要有网络化发展、走廊型发展以及高架

### 作者简介

张蕾（1981—），女，硕士，工程师，主要研究方向为交通规划设计。Email: 13504082@qq.com

式发展三大类。

2.1 网络化模式

济南建成区面积496 km<sup>2</sup>，人口350万。济南市建成以地面敷设为主，服务于中等城市规模的骨干级公共交通线网的BRT系统，获得山东人居环境范例奖。

2008年至今已经开通BRT线路7条，中心区BRT成环运行，14个站点免费零距离换乘。日运量达11万乘次，近2万乘次为免费换乘。约3%车辆承担了5%的公交运量，见图1。

济南BRT主要有五大特点：

一是快速成网<sup>[2]</sup>：从济南第一条BRT建设到建成“二横三纵”BRT网络，仅用了一年半的时间，网络化发展速度快。

二是一票通泉城：由于BRT网络化，BRT站台可以双向免费换乘，因此进入BRT系统的乘客，可以在系统内部免费换乘，到达网络的任何节点。据统计，日均免费换乘3万人次，占BRT日均客运量（22万人次）的13.6%，BRT人次单价0.65元，比普通公交0.835元低22.2%，老百姓在享受便捷服务的同时节省了出行成本。

三是双快模式：结合快速路建设快速公交，实现复合通道，既保证了快速公交的路权专用，又满足小汽车的快速通行。

2.2 走廊型模式

2.2.1 广州

广州是广东省省会、国家中心城市、常住人口1 404万人，是国务院定位的国际大都市。广州BRT建设在城市中心东西干道中山大道上，建设地面走廊型BRT系统，实现走廊效益最大化，获得世界可持续交通奖。

广州BRT建设特点主要有：

一是客流走廊效益最大化。广州中山大道BRT建设，强化走廊效益。30余条线路共用专用道，共用同一站台停靠，实现了同向同站台零距离换乘，使得专用道与站台利用率最大化。

专用道利用率超过80%，单向客流超2.7万/h；公交运营速度从12.5提升到20~22 km/h。

二是运营组织形式灵活。采用“主线+辅线”的运营模式。将原有61条公交线路优化整合成1条BRT贯通线，30条部分路段运行BRT通道的灵活线路，其余线路调整避开BRT通道行驶，实现了走廊内高度灵活的线路组织模式。

三是大站台与越行通道设置。广州BRT站台多为长站台设计，多个停靠车辆泊位，站台处设置越行通道，提高站台处通行效率。其中BRT的体育中心站和师大暨大站都拥有4个子站台，是世界上拥有子站台最多的BRT车站。较长的站台设计，能够容纳较多的线路进入站台停靠，实现同站台



图1 济南全运会期间BRT线网分布图

换乘衔接, 锚固BRT网络, 提高BRT网络服务辐射能力, 见图2。

### 2.2.2 宜昌

宜昌位于湖北省西南部、长江上中游分界处。武汉以西, 距武汉直线距离约300 km。城市建成区面积150 km<sup>2</sup>, 市区户籍人口120万人。宜昌依长江而建, 是湖北省域副中心城市, 综合实力仅次于武汉, 位居湖北省第二位, 是中国中部重要的交通枢纽。

宜昌BRT堪称中小城市成功案例的典范, 获得2016年度“世界可持续交通奖”。

一是错位岛式站台设计: 宜昌BRT全线共设站38组, 采用错位岛式站台设计, 实现车辆左右双侧停靠进站, 常规公交保留右侧停靠, BRT按照左侧停靠, 最大化提高常规公交进出BRT站台的灵活度, 方便BRT与常规公交的同站台换乘, 见图3。

二是运营模式多样: BRT通道贯穿夷陵区、西陵区和伍家岗区三大主城区, 走廊总长度23.9 km; 系统采用了1主线和29支线的运营模式, 提高走廊的利用率;

三是实施效果显著: 走廊日均客运量达到34万人次, BRT站台进站客流15万人次; 全市60%的线路进入通道运行, 一票通全城。

## 2.3 高架型模式

### 2.3.1 成都

成都, 四川省省会。成都市辖区建成区面积837.3 km<sup>2</sup>, 全市常住人口1 591.8万人。成都BRT是国内建设在高架快速路上的BRT典范。

建设形式: 高架路中专用道以及路中岛式站台的建設形式;

BRT线路: 全长23.8 km, 采用单线运营模式;



图2 广州BRT网络服务覆盖与BRT站台





图3 宜昌BRT站台设计案例

运营速度：平均运营速度30 km/h；

客流：单线日均载客量25万人次；

特色站台：特色站棚设计融入了“赤橙黄绿青蓝”的色彩组织方式。

### 2.3.2 厦门

厦门，福建省副省级城市、经济特区，东南沿海重要的中心城市、港口及风景旅游城市。厦门市城市建成区面积334.64 km<sup>2</sup>，常住人口392万人。

建设形式：高架专有路权以及路侧站台布置；

BRT线路：一主多辅线路组织形式，走廊全长25.5 km，其中高架23.5 km，隧道1 km，地面1 km，全线设置中途站21组；

运营速度：平均运营速度30 km/h，是常规公交的2倍；

实施效果：日均载客量20万人次。不足公交总量的1/20的BRT车辆，线路长度仅为公交总长度的1.5%，承担了全市公交总量的10%，见图4。

## 3 BRT发展模式适应性分析

### 3.1 BRT的城市规模发展适应性

①服务于中小城市骨干级公共交通网络。BRT作为一种中等运量的公共交通系统，适应于城市人口规模不足以建设轨道交通，却需要骨干公交支撑的城市。BRT在城市中承担骨干公交的作用，提升公共交通品质。

②服务于大城市大运量公交的补充。在大城市轨道交通作为城市公共交通的骨干，



图4 厦门BRT站台案例

承担城市主要的客运疏散任务。在轨道交通不能服务的区域，BRT作为大运量轨道交通线路之间的联系和补充，满足地铁末端的放射和延伸客流需求，发挥填补轨道交通服务空白的作用。

③服务于新城内部骨干公交客运走廊。BRT在城市中发挥空间战略引导的作用<sup>[3]</sup>，带动新区开发建设，促进紧凑型土地的集约开发利用，引导集约使用土地的组团开发模式，促进社会经济发展。

### 3.2 BRT的路权形式的适应性

结合已建BRT城市建设模式，主要路权形式有独立路权、高架路中专用道、地面路中专用道以及地面路侧公交专用道等几种形式。

①独立路权：是最高等级的BRT专用路权建设形式，不受其他任何车辆的影响，保证线路运行效率，一般适应于高架形式，如厦门BRT。

②高架路中专用道：其优势体现在BRT车辆与地面车辆互不影响，极大保障通行效率。劣势是疏散能力较差，站台处需设置人行天桥，乘客需通过人行天桥实现换乘，衔接不便。该类专用道适应于新建或改建高架，同步考虑BRT系统的建设。如成都BRT、呼和浩特BRT系统等。

③地面路中专用道：对社会车辆运行影响较小，车速高，与常规公交可实现同站台换乘或过街换乘，站台设置形式灵活；劣势主要体现在占有一根独立路权，较路侧专用道略有不便，乘客进出站需借助人行横道线或天桥、地道等设施。适应于具备专用道建

设条件的路段。如常州BRT、广州BRT、宜昌BRT等。

④地面路侧专用道：其优势体现在可实现同站台换乘或近距离换乘；劣势主要体现在受右转车辆及地块开口车辆影响较大，行驶速度低。该类专用道作为等级较低的专用道形式，适应于具有路侧辅道的道路，在主线内侧开设路侧专用道。如杭州BRT等。

### 3.3 BRT的运营组织的适应性

①单一线路贯通：其优势体现在运营可靠性较高，BRT只在走廊内运行不受社会车辆和其他常规公交干扰，单线运行无票务分账问题；劣势主要体现在一方面由于快速公交需占用一定道路资源，专用道和站台利用率不高，同时为保证BRT客流效益，需要对沿线公交线网优化整合，大规模消减与快速公交并行较长的线路，调整部分线路成为接驳换乘线，乘客换乘比例高。该类型BRT适应于票价为多级收费系统，常规公交进入系统后，多级收费难以实施的情景。

②多线路贯通：其优势体现在多条线路共用站台和专用道，一是使得专用道以及站台设施得到充分利用，实现同站台多条线路免费换乘，乘客一次购票可覆盖出行范围更广泛。劣势主要体现在：多线路在专用道内运营时，同站不同线路的票务分账问题较为复杂。该类型BRT适应于统一票价制度，单一票制的情景，见图5。

### 3.4 BRT的站台形式的适应性

①路中岛式站台：中央岛式站台设置在道路正中间，每处站点设置一个站台，站台两侧均可停靠BRT车辆。一个站台停靠两个泊位，不需要设置超车道，为最节约用地的站台形式，适应于小客流规模走廊。其优点：双向免费换乘，且换乘距离

小；站台单一设置，工程投资及运营成本较小；1个子站规模的站台中最节约用地的形式；站台较容易扩展。缺点：仅能停靠左开门车辆，现有右开门车辆不能进入系统运营；灵活运营模式下车辆需要双侧开门，购车一次性投入较大。

该系统尤其适应于充分利用高架桥下墩柱空间设置站台，集约土地利用的情景。

②路中错位岛式站台：同向错位岛式站台，站台成对错位设置，每个站台两侧均可停靠公交车。站台一般设置为两个子站，适合中等客流规模的走廊。优点：节省用地，占用道路宽度小；车站适应性好；依然可以延用部分现有右开门车辆，节省部分车辆购置或者改造费用。缺点：需购置部分左侧或双侧开门车辆；站内同向免费换乘，对向换乘步行距离较大；站台成对设置，工程投资及运营成本相对中央岛式站台较大；站台不可扩展。该系统尤其适应于道路具备足够空间，能够错位布置的路段，见图6。

③路中侧式站台：侧式站台是指站台设置于快速公交线路的两侧，具体可根据道路条件和路口间距而采取对开侧式站台或者错位侧式站台。优点：全部为右开门车辆，车站适应性好，减少购车车辆费用；远期客流增长后，较易扩展；错位站台，需要设置超车道的。缺点：占用道路宽度较大，拆迁量大；站台成对设置，工程投资和运营成本相对于中央岛式站台较大。该系统适应性较广，具备道路条件，车辆采用右侧开门的系统均适合。

## 4 BRT未来发展趋势探讨

随着BRT在国内外的广泛应用，在路权



图5 单一线路贯通型 (左) 与多线路贯通型 (右) 专用道

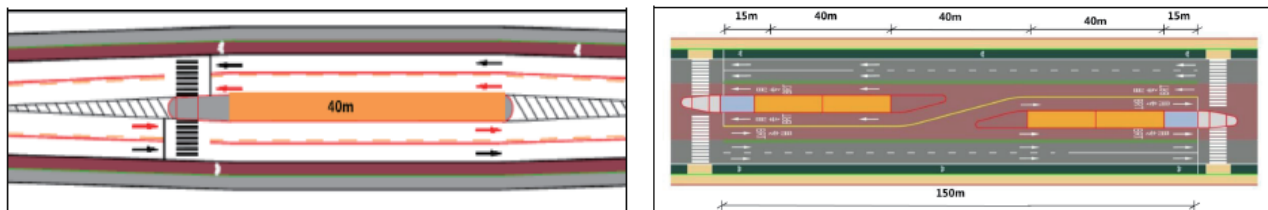


图6 路中岛式站台（左）与路中错位岛式站台（右）

选择、车站设置、车辆配置、智能化建设等方面，不断优化提升。目前，在传统BRT技术的基础，采用标线导引技术或者磁钉导引技术，向智能无轨提升。主要发展方向及技术特点如下：

#### 4.1 智能无轨——标线导引技术

①技术起源：该技术起源于法国鲁昂，技术原理是利用摄像头捕捉路面上的标线，依此控制车辆的行驶轨迹，即虚拟轨道。

②技术核心<sup>[4]</sup>：“轨迹跟随控制技术”是智能轨道快运列车的核心技术，具体是指：通过在车辆上安装惯性传感器或角度传感器等传感器来检测车辆的姿态、坐标等信息，增加前进方向上后车轮与前轮的轨迹重合率，减小转向“内轮差”，降低“视线死角”带来的影响；从而保障其整体通过性和转向性能。

③技术优势：“轨迹跟随控制技术”在车辆中依托“多轴转向系统”来实现，由于该技术的存在，智能轨道快运列车降低了因车身变长造成的事故率，且确保了整体通过性能的前提下提升整体运输能力。

④技术问题：该技术的问题是过交叉口时会引起其他车辆对交叉口交通标线的误读；雨雪天气会影响摄像头对标线捕捉，不能实现前后车均匀间距行驶。目前国内中车正在株洲开发研制阶段。

#### 4.2 智能无轨（IERT）——磁钉导引技术

技术原理：利用道路埋设的磁钉进行定位，结合智能控制系统，实现IERT系统的整体

技术优势：

①BRT能级提升：系统可采用电子挂钩技术进行车间协调，实现可调节运量的车队

编组；单向最高运能预计达到1万人次/h以上，有效改善现有BRT运能较低的不足，达到中运量服务水平。

②虚拟轨道—固定轨迹：采用磁钉导引技术，结合智能控制系统，按照固定轨迹运行，提高公交车辆行驶的稳定性 and 安全性。中运量通常采用18 m或25 m车辆，驾驶难度高。通过虚拟轨道固定轨迹，提高稳定性。直线轨迹偏移量 $\leq 15\text{ cm}$ ，30 m半径的弯道偏移量 $\leq 30\text{ cm}$ ；车辆进站停靠偏移量5~10 cm，方便无障碍车辆上下，达到更高的服务水平。

③实现智能编组：根据客流变化，实现多模块编组，提升运能和运能调配幅度，节约运行成本。在不同车速状态下，保持较好的车距。速度在15 km/h及以下时车距可保持3 m，速度到30 km/h时车距到4~6 m。

④环境适应性高：利用道路埋设的磁钉感应器进行定位，对道路地下管线无影响；对雨天、冰雪覆盖、光照不足甚至无光照的情况都可适应。

技术应用：目前，该项技术已经分别在美国加州以及上海临港试运行应用。

#### 参考文献

- [1] 王虎. 快速公交系统运行分析及设计改良研究[D]. 济南：山东大学，2011.
- [2] 刘彤，巩丽媛，王逢宝. 济南市BRT系统建设及实施的经验与启示[J]. 山东交通科技，2011(1)：71-73.
- [3] 侯广利. BRT在厦门城市交通中的应用[J]. 厦门科技，2010(5)：21-22.
- [4] 董明峰. 智能无轨电车技术及应用[J]. 地下工程与隧道，2016(4)：35-39+68.