

Design Method of Express Lines at Bus Stations

—Case Study in Guilin

Mingzhe Liu, Wenyong Li, Kai Zhang

School of Architecture and Transportation Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi

Email: 418797206@qq.com

Received: May 4th, 2020; accepted: May 15th, 2020; published: May 22nd, 2020

Abstract

With the rapid economic development of small and medium-sized cities and the increase of motor vehicles, serious traffic congestion has occurred on some roads. Small and medium-sized cities do not have the passenger flow conditions for large-capacity rail transit; there are not many types of public transportation; and people have a single choice of travel modes. Giving priority to the development of fast and convenient public transportation is one of the important means to solve the problem of traffic congestion. By designing the express line of large bus stations, a rapid transit system suitable for small and medium-sized cities is developed. In this paper, by describing the specific steps of planning for a reasonable rapid transit network structure with the major bus express as the backbone line, this paper analyzes the principles and main influencing factors of the stations and lines of the major bus express, and uses *K*-means clustering method to analyze how to set up the bus station express line station and describe the layout method of the bus station express line. By designing the express bus line, it can effectively solve the problem of people traveling, improve the quality of public transport services, and ease urban traffic congestion.

Keywords

Bus Station Express, Public Transport Demand Analysis, Bus Stop Settings

公交大站快线设计方法

——以桂林市为例

刘铭哲, 李文勇, 张 凯

桂林电子科技大学建筑与交通工程学院, 广西 桂林

Email: 418797206@qq.com

摘要

随着中小城市经济的快速发展和机动车的增多，部分道路已经出现了严重的交通拥堵情况。中小城市没有开通大运力轨道交通的客流条件，公共交通的种类不多，人们出行方式的选择较为单一。优先发展快速、便捷的公共交通是解决交通拥堵问题的重要手段之一，通过设计公交大站快线，发展适合中小城市的快速公交系统。本文通过描述以公交大站快线为骨干线的合理便捷公交网络结构规划的具体步骤，分析公交大站快线的站点和线路的设置原理和主要影响因素，用K-means聚类方法分析如何设置公交大站快线站点并描述公交大站快线线路的布设方法。通过设计公交大站快线，能够有效地解决人们出行的问题，提升公交服务质量，缓解城市交通拥堵。

关键词

公交大站快线，公交出行需求分析，公交站点设置

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国中小城市里的私家车数量越来越多，道路交通拥堵等问题越来越严重，鼓励人们出行时公交优先、提高公交利用率是解决拥堵问题的重要办法。目前，桂林市的公交线网主要以满足上下班、上下学通勤的出行需求为主，公交覆盖率达不到城市发展的要求，部分公交线路的直达性和准时性较低，城市中心主要客流吸引发生点之间的直达线路不足。

国外针对大站快车，Ulusoy Y 开发了一种具有成本效益的运营模型，该模型通过考虑异构需求来优化全部站点，短途和快速公交服务以及相关的发车频率。对于具有给定站点和始发地、目的地需求的公交线路，通过考虑一组约束条件来优化客观总成本函数，这些约束条件可确保频率节省和足够的容量[1]。Cominetti R 分析了通用公交网络中用于分配乘客的 Wardrop 均衡模型，包括拥挤程度对乘客选择的影响[2]。该模型基于公共线路范例，该范例使用动态编程方法应用于通用网络。国内针对大站快车，张宇宁提出了城市定制公交的公交站点、公交线路的规划理论，通过与其他公共交通出行方式比较，提出了定制公交的规划原则和思路，K-means 算法应用于定制公交车站的规划[3]。邱果通过一种密度的聚类算法，基于乘客出行需求分布的感知，得到定制公交线路的布设条件和布设特点。基于城市常规公交 IC 的卡数据，提出了一种从常规公交乘客中识别潜在的定制公交乘客的方法[4]。该方法能够针对定制公交潜在的乘客，对其出行的起终点进行分配，并对可行的线路提出起终点的分配计划。

公交大站快线是常规公交线路里一种新的模式，它站点少、速度快，能够有效的满足人们快速、便捷的出行需求，提高中小城市公交系统的运行效率，缓解城市高峰时期道路交通拥堵的问题。通过设置公交大站快线，可以使城市的公交系统形成基于主、干、次公交线路层次分明的公交网络。本文以广西桂林市为例，针对公交大站快线，提出它的设计方法，分析其设置原理及过程，为桂林市公交线网优化提供依据。

2. 公交大站快线概述

2.1. 公交大站快线原理

随着中小城市范围的不断扩大,为了确保乘客的出行需求和运营效益,减少城市公交服务盲区,公交公司设置了一些距离较长、站点较多的常规公交线路。由于不同公交站点服务的对象不同,容易造成某些时段出现部分公交站点客流量较大而部分公交站点基本没有乘客的现象。

在公交车辆运营过程中,如果车辆满载率高,部分公交站点上下车乘客少,则公交车辆进出站所产生的损失远大于获得的效益。在这种情况下,通过设置站点少、线路长、速度快的公交线路,不仅能为城市组团间和跨区出行的人们提供快速运输服务,也能够有效地减少乘客总的乘车时间,提升城市公交系统的服务质量,缓解城市道路交通拥堵等问题。

2.2. 公交大站快线特征及作用

2.2.1. 公交大站快线的特征

公交大站快线在乘客、公交车辆、站点线路等服务因素方面具有区别于其他公共交通方式的特征,主要特征如下所示:

(1) 乘客方面

公交大站快线的乘客主要为出行时间和出行目的地较为相似的人群,具体有火车站或汽车站大型集聚疏散点的乘客、大型商业广场及景区的乘客、有固定出行需求的单位员工和学生等。由于乘客的需求较为固定,方便运营者在设计大站快线公交线路时能够对线路更加合理地规划和调整。

(2) 公交车辆方面

公交大站快线车辆的车型要综合考虑乘客人数量、实际运营的车辆数、线路行驶的道路条件等方面因素。由于公交大站快线速度快、站点较少,因此要考虑能承载一定容量的大型公交车[5]。

(3) 公交站点线路方面

为了尽可能缩短乘客的步行时间,公交大站快线车站一般设置在区域内大多数乘客出行的起讫点位置,能够合理利用城市现有的常规公交的站点。公交大站快线线路形式为确定站点位置和走向的固定线路,线路运行后也可根据乘客的出行需求,适当地调整线路。公交大站快线的停靠站点较少,可以增加公共交通服务的区域,为乘客提供更加方便高效的服务。

(4) 公交票价方面

为了更好的满足人们的出行,鼓励公交优先,公交大站快线的票价与常规公交线路的票价一致。

2.2.2. 公交大站快线的作用

通过分析公交大站快线在城市通勤交通系统中的作用及运营效果,可以在中小城市设置公交大站快线时,具有实际意义,其作用如下所示:

(1) 辅助常规公交线路的运营

随着中小城市不断的发展,城市规模不断扩大,例如广西桂林市等中小城市的公交客流分布特征特别明显,有限的公交线网不能覆盖城市的全部区域。公交大站快线作为常规公交线路的一种新的模式,能够满足中小城市乘客出行多样化的需求,可以弥补常规公交线路服务空间和运力上的不足。

(2) 满足多层次的出行需求

由于人们生活节奏的加快,乘客对出行的要求不断提高,传统的常规公交线路已不能满足所有乘客的出行需求。而公交大站快线具有快速、高效、便捷、安全的特点,能够满足中小城市乘客的出行期望。

(3) 缓解城市道路拥堵

在我国中小城市，人们出行时选择交通方式主要以小汽车和常规公交车为主。开通公交大站快线，这在一定程度上可以减少城市小汽车的使用，有效的节约城市道路、停车场等公共交通资源，缓解城市道路拥堵的问题[6]。

综上所述，公交大站快线与其他交通方式的特性比较如表 1 所示。

Table 1. Comparison of characteristics of various transportation modes in small and medium-sized cities
表 1. 中小城市各种交通方式特性比较表

交通方式	站点	线路	运行速度	票价	运营时间
公交大站快线	较少	较少	较快	低，固定票价	全天运营，按间隔发车
常规公交	较多	较多	较慢	低，固定票价	全天运营，按间隔发车
出租车	起终点直达	根据乘客需求	较快	高，由出行距离决定	灵活自由
地铁	较多	与城市相关	一般	低，随着站数增加	全天运营，按间隔发车
私家车	起终点直达	灵活自由	较快	高，随着距离的增加而增加	灵活自由
班车	起终点直达	根据乘客需求	较快	高，由距离决定	时间规范，固定线路

综上所述，公交大站快线与其他交通方式在各方面存在不同程度的差异，同时也有一定的相似之处。公交大站快线站点少，票价合适且低于出租车和私家车，运行速度高于常规公交，运营规范。公交大站快线是一种能够有效的辅助常规公交的运行、提高运行质量的交通方式。

3. 站点线路设置方法

3.1. 站点设置特征及方法

3.1.1. 站点设置特征

公交大站快线站点设置特征为：

(1) 根据中小城市现有道路网的情况，为了保证公交大站快线的客流量，最大程度的方便乘客出行，其站点一般设置在人流量较密集的区域；

(2) 为了方便疏散密集人群且满足广大乘客的出行需求。公交大站快线的站点应该设置在离大型活动广场、大型景区、交通客运枢纽、商业中心等节点较近的位置；

(3) 设置的站点数量要符合公交大站快线线路本身的特征。站点的数量将影响公交大站快线的运行效率。若公交大站快线站点数量太少，线路的辐射范围会变小且会导致车辆满载率较低等问题。若公交大站快线站点数量过多，其线路相对于常规公交的优势会变得不明显。

3.1.2. 站点设置方法

公交大站快线选择哪些公交站点停靠，站点的选择主要满足两方面的条件。一方面是保证有充分的客流满足公交大站快线的运营效益，避免停靠延误增加所造成的损失；另一方面满足公交公司的效益，达到综合效益最佳[7]。

在选择公交大站快线站点前，要基于公交站点 OD 来决定哪些站停，哪些站不停。因此首先要从效益上去做分析，决定其效益高低的关键就是站点的数量，通过合理计算站点个数，以满足线路运输效益，使公交大站快线运行过程中总的延误最低。表达式如下所示。

(1) 站点数量选择的最大值

$$M \leq N = \frac{L}{1200} \quad (3-1)$$

式中： M ——公交大站快线的站点数量。公交大站快线的平均站距选取 1200 米，在满足公交大站快线客流的同时，要注意选取站点的密集程度。

(2) 站点数量选择的最小值

$$P = \frac{\sum_{i=1}^s t_i \left(\sum_{n=i+1}^s q_{i,n} + \sum_{m=1}^{i-1} q_{m,i} \right)}{\sum_{m=1}^{s-1} \sum_{n=m+1}^s q_{m,n}} \geq K \quad (3-2)$$

式中： P ——拟选取站点的客流量与总客流量的比值； K ——参考值，一般取 0.4~0.7； s ——路段上已有常规公交站点的数量； m, n, i ——公交站点的编号； $q_{m,n}$ ——公交站 m 至 n 的客流量。公交大站快线站点数量的最小值由当地城市的公交客流水平来决定。

在确认公交大站快线站点的数量后，应根据桂林市现有的常规公交站点上下车客流分布的情况，确定设置公交大站快线主要的站点。选择现有的公交站点作为样本，最主要的参数是站点的上下车乘客数量，可按其参数将公交站点分为四类。

第一类：上下车乘客人数都较多的站点；

第二类：上下车总乘客人数较多且以上车乘客人数为主的站点；

第三类：上下车总乘客人数较多且以下车乘客人数为主的站点；

第四类：上下车乘客人数都较少的站点。

由上可知，最适合设置为公交大站快线站点的选项是第一类站点，反之第四类站点是最不适合设置的。因此，首先选择第一类站点作为公交大站快线的站点。如果所有第一类站点选择后的数量不能满足公交大站快线站点的设置数量要求，则可将第二类和第三类站点按上下客数量的大小依次排序选择。直到满足公交大站快线站点的数量要求即可停止选择。在已知常规公交站点分类及站点上下车乘客 OD 的基础上，基于 K -means 聚类方法对中小城市公交大站快线的站点进行选择[8]。

首先将调查得到的常规公交客流数据输入，将公交首末站放进公交大站快线站点集合 S_1 中，通过修正 OD 量得到新的矩阵。根据新得到的矩阵计算每一个公交站点的上下客流量和总人数，根据聚类法将站点分为三大类，第一、二类是公交站点的上车客流量和下车客流量，第三类是站点集合 S_1 。通过排列第一、二类站点组成站点集合 S_2 。最后判断其选择公交站点的客流量是否达到总的客流量的 40%~70%，若达到则可以确定公交大站快线站点的集合。

公交大站快线站点选择的过程如图 1 所示。

3.2. 线路布设原则及方法

3.2.1. 线路布设原则

一般在布设城市公交大站快线线路时应遵循以下设计原则与标准：

(1) 在开设公交大站快线线路前，应测量计算该线路和路段所经过的常规公交线路的日均客流量。当经过该线路和路段的常规公交日均客流量达到一定标准时，才允许布设公交大站快线，以确保公交大站快线有足够的客流支持和较高的运输效率；

(2) 中小城市主要的客流方向决定公交大站快线线路布设时的走向。应优先在乘客出行需求量较大的路段布设公交大站快线，以最大程度地减少乘客的平均乘车距离和平均换乘次数。由于公交大站快线的站点乘客数量较多，确保设置的公交大站快线在其负载能力内承载更多的乘客；

(3) 确保公交大站快线线路的重复系数和非直线系数均在规定范围内。尽量避免各路段不必要的线路

重复和偏差，保证乘坐公交大站快线乘客的舒适性和直达性，提高服务效率；

(4) 确保布设的公交大站快线线路的运营长度在指定范围内。如果公交大站快线的线路过长，公交车辆周转时间将延长且准点率下降，并且将难以调控和调度公交车辆[9]；

(5) 每个中小城市都有其发展特点和制约因素，在布设公交大站快线线路时，应结合城市现有的公交线路网络条件和相关指标，以确保所布设的公交大站快线线路与现有的常规公交线路相协调，并符合城市可持续发展。

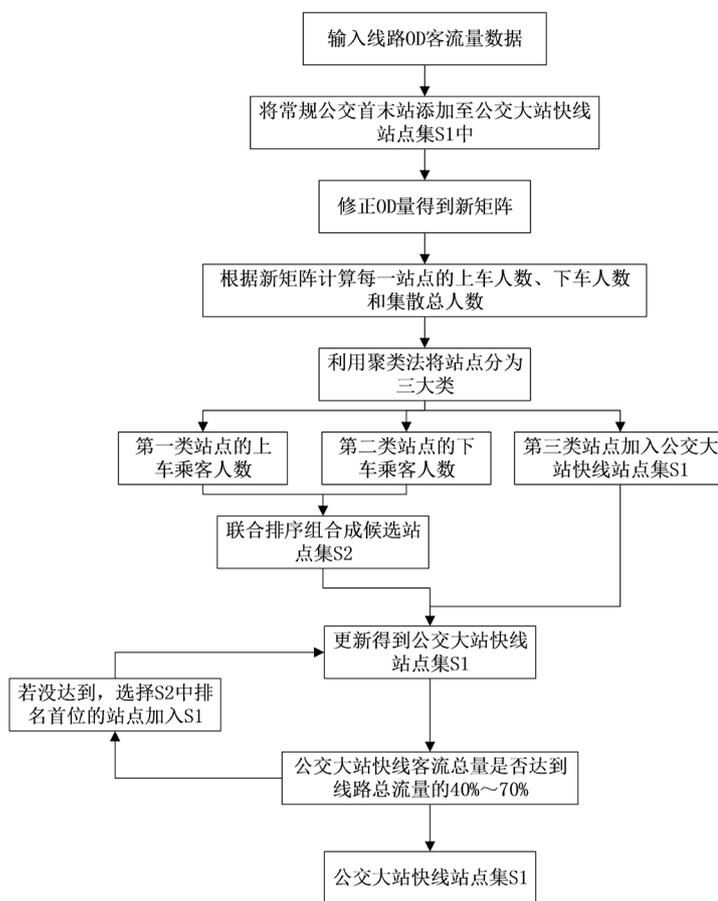


Figure 1. Flow chart of bus station express line station selection
图 1. 公交大站快线站点选择流程图

3.2.2. 线路布设方法

针对中小城市布设公交大站快线时可能带来的优缺点，从客流分布、站点数量和发车间隔这三个方面对公交大站快线的布设进行分析[10]。

(1) 公交大站快线客流分布

在已确定常规公交线路站点客流 OD 分布的前提下，选择站点上下车乘客数的标准差作为衡量该站点客流差异的参数。如下公式所示：

$$\text{var} = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \left(\left(\sum_{n=i+1}^s p_{in} + \sum_{m=1}^{i-1} p_{mi} \right) - \frac{\sum_{m=1}^{s-1} \sum_{n=m+1}^s p_{mn}}{s} \right)^2} \quad (3-3)$$

式中： var ——站点乘客数量标准差； s ——常规公交线路站点总数； m, n, i ——常规公交站点的编号； p_{mn} ——由站点 m 至站点 n 的乘客数量。

由公式可以看出，公交站点乘客数量标准差越大，该线路或路段越适合布设公交大站快线。

(2) 公交大站快线站点数量

公交大站快线相比起常规公交线路的优势主要是速度快、站点少。如果常规公交线路的长度很短并且停靠站点较少，则公交车辆运行期间的延误将非常短。根据部分中小城市已开通公交大站快线的运营经验，确定拟设置的公交大站快线线路的站点数量在 20 个以内。

(3) 公交大站快线发车间隔

乘客的平均候车时间与公交车发车时间间隔有关。当等待公交车的时间超过乘客所能承受的等待时间时，很容易造成这部分乘客的流失。基于乘客候车时间的公交服务等级划分表，公交大站快线的发车数量通常不超过当前常规公交发车总数的一半。

综上所述，在布设公交大站快线的线路时，应优先考虑现有常规公交站点数量多、站点客流标准差较大和平均发车间隔短的公交线路。当公交线路或路段满足客流分布、站点数量和发车间隔这些条件后，可以布设公交大站快线线路。

4. 方案设计

结合桂林市南北方向道路上现有的常规公交线路的站点，基于 K -means 聚类方法，对这些站点的上下客流进行预测比较分析后，最后确定的桂林市南北方向公交大站快线的站点有 32 个，站点名称及位置如图 2 所示。



Figure 2. Schematic diagram of planned stations of the express bus station

图 2. 公交大站快线规划站点示意图

桂林市公交大站快线线路设计方案如下所示。

(1) 规划新增公交大站快线 1

规划说明：从桂林北站出发，途经北辰路、中山北路、环城北一路、环城西二路、民族路、中山南路、崇信路、瓦窑西路。公交运营线路全长 13.8 km。

规划站点：桂林北站→桂林北站路口→新建路口→商贸城→环城北一路→隧道北口→信义路尾→九岗岭→桂林站→南溪医院→瓦窑口→平山车场。

具体线路规划方案如图 3 所示。



Figure 3. Optimization and adjustment scheme of express bus 1 of the bus station

图 3. 公交大站快线 1 优化调整方案图

(2) 规划新增公交大站快线 2

规划说明：从桂林北站出发，途经北辰路、中山北路、环城北一路、环城北二路、普陀路、七星路辅路、环城南一路、环城南二路、瓦窑西路。公交运营线路全长 16.4 km。

途径站点：平山车场→旅游商品批发 a 区→电厂→和平村→五里店→石油六公司→三里店广场北口→朝阳路口→东环市场→彭家岭→虞山桥→商贸城→芳华路口→桂林北站路口。

具体线路规划方案如图 4 所示。

(3) 规划调整公交大站快线 3

规划说明：从滨北车场出发，途经站前路、中山北路、中山中路、中山南路、崇信路、瓦窑西路、凯风路。公交运营线路全长 18.7 km。

途径站点：滨北车场→桂北客运站→桂林北站路口→芳华路口→商贸城→观音阁→凤北路口→十字街(中心广场)→西城路口→桂林站→南溪医院→瓦窑口→万福广场→甄皮岩路口→汽车客运南站。

具体线路规划方案如图 5 所示。

通过新增公交大站快线 1、公交大站快线 2 连接北片区与中心片区，其中公交大站快线 1 经过市中心，公交大站快线 2 经过七星片区，两条线路首末站相同，路线不同，方向覆盖性较强。公交大站快线

2 加强了七星片区、北片区与南片区的联系，满足乘客出行需求。通过调整公交大站快线 3 增强南片区至北片区的联系，提高公交服务效率。通过设置桂林市南北方向的公交大站快线，能够形成桂林市南北方向的骨干线网，方便人们更加快速、便捷的出行。



Figure 4. Optimal adjustment scheme of express bus 2 of bus station
 图 4. 公交大站快线 2 优化调整方案图



Figure 5. Optimization and adjustment scheme of express bus 3 in bus station
 图 5. 公交大站快线 3 优化调整方案图

5. 结语

本文通过分析桂林市居民公交出行需求特性,为公交大站快线的规划做支撑。其次研究了公交大站快线的设计方法,提出公交大站快线站点、线路的设置特征、原则和方法。根据前文提出的公交大站快线的设计方法,对桂林市的公交线路进行优化设计,证明了文章研究的公交大站快线设计方法可行有效。

由于每个中小城市的文化、特性不同,在设计公交大站快线时,约束条件会有很大的差异。本文没有考虑各种特殊情况下的公交大站快线设计方法,对于复杂的中小城市公交系统的优化还有待研究。

参考文献

- [1] Ulusoy, Y., Chien, S. and Wei, C.H. (2010) Optimal All-Stop, Short-Turn, and Express Transit Services under Heterogeneous Demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2197**, 8-18. <https://doi.org/10.3141/2197-02>
- [2] Cominetti, R. and Correa, J. (2001) Common-Lines and Passenger Assignment in Congested Transit Networks. *Transportation Science*, **35**, 250-267. <https://doi.org/10.1287/trsc.35.3.250.10154>
- [3] 张宇宁. 定制公交线路规划研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [4] 邱果. 基于乘客出行方式选择的定制公交线路设计优化方法研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [5] 田珊珊. 快速公交系统(BRT)的客流预测方法及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [6] 谢迪文. 中小城市常规公交线网优化方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2018.
- [7] 葛宏伟, 罗俊, 张彬, 等. 公交路内换乘枢纽规划设置方法研究[J]. *华东交通大学学报*, 2017, 34(6): 53-59.
- [8] 孙志超. 大站快车调度设计与客流分配及评价研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [9] 章锡俏, 孙志超, 袁亚龙. 考虑客流分配的大站快车改进模型[J]. *西华大学学报(自然科学版)*, 2017, 36(1): 76-81.
- [10] 郭琪. 考虑公交车辆停靠位置的站点通行能力研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2019.