

公交停靠站站型选择问题的研究

赵月¹ 陈爽²

1. 西南交通大学, 交通运输学院, 成都 610031

2. 西南科技大学, 土木工程与建筑学院, 四川, 绵阳 621010

摘要: 随着建设节约型社会理念的提出, 对基础设施建设的投资越来越重视其社会效益的最大化。作者分别对公交车及社会车辆在公交停靠站处的运行特性进行了分析, 以排队论为基础, 构建了车辆延误的模型, 得到了建设港湾停靠站的机会成本。运用防护支出法将环境成本内部化, 并利用单位时间停靠站应得效益来表示公交停靠站的经济成本。以社会总成本最小为目标, 得到了公交停靠站站型选择模型。

关键词: 排队论; 机会成本; 内部化; 选择模型

中图分类号: U492.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2007)04-0058-05

Study on the Model of Bus-stop's Selection

ZHAO Yue¹ CHEN Shuang²

1. College of Traffic & Transportation,

Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

2. Institute of Civil Engineering and Architecture,

Southwest University of Science and Technology,

Mianyang 621010, Sichuan, China

Abstract: With the notion of economized society was raised, more and more attention has been paid to the maximization of the social benefit brought about by the investment of infrastructure construction. This paper carried out an analysis on the operational characteristic of bus and other vehicles at bus stop respectively. Based on the queuing theory, a delay model of vehicles was built, with which the opportunity cost of construction of bus bay was calculated. The employment of preventive expenditure approach has internalized the environmental cost, and the bus stop's economic cost was represented by the benefit of a bus stop in a certain period of time. So, a model of bus-stop's selection,

收稿日期: 2006-10-20.

作者简介: 赵月(1982-), 男, 汉, 辽宁盘锦人, 西南交通大学交通运输学院博士研究生, 研究方向为城市交通系统优化。

which is dedicated to the minimization of total social cost, was obtained.

Key words : Queuing theory , opportunity cost , internalization , selection models

0 引言

公交停靠站是最基础的公交设施,按照设置形式不同可以分为直线式和港湾式两种。按照站点位置的不同又有设在路段上的公交站和设在交叉口附近的公交站之分。与直线式公交站点相比,港湾式停靠站在一定程度上规范了驾驶员的进站行为,减少公交车对旁侧与后续交通的干扰,增加安全性。然而,当车道流量达到一定程度时,若采用港湾式停靠站,公交车将无法驶回原来的路线,使公交车的延误加大。此外,公交车在进出停靠站的过程中争道抢行,社会车辆为了保证安全又不得不对其施行避让,严重影响了社会车辆的运行速度,增加了社会车辆的延误。对设在交叉口附近的停靠站而言,公交车因停靠产生的延误受信号周期时长、绿信比、公交车到达时刻等诸多因素影响,分析具有一定困难。鉴于此,笔者仅对设在路段上的公交停靠站的站型选择条件进行了分析,得出相应的模型,为公交站点形式的选择提供了依据。

1 公交站点处车辆运行特性分析

1.1 公交车辆的运行特性

公交车流作为整个交通流的一部分,在路段上的运行与其他车辆相差无几。但是,在停靠站附近,公交车的运行特征发生明显的变化,可以分为以下几个阶段进行分析。

1) 变换车道与减速进站

公交车减速进站是指公交车在停靠站外某一断面处,从正常行驶速度开始减速直到进站停靠静止的运行过程。公交车辆减速进站时主要有两种状态:受非机动车干扰与不受非机动车干扰的两种情况(主要由停靠站设置方法决定)。由于公交车减速进站时间较短,为了研究问题的方便,将其视为匀减速状态。

2) 乘客上下车

公交车在站点停稳后,为乘客提供服务,其过程包括:开车门、旅客上下车、关车门三个阶段,三个过程的时间合称为公交车辆的驻车时间。公交车辆的驻车时间主要受以下五大因素影响:上下乘客数量、公交车站之间的站距、付费方式、公交车辆类型、乘车循环^[1]。

3) 加速离站

公交车加速离站过程是指公交车在完成乘客上下车后,从静止状态开始加速直至达到正常运行速度为止的运行过程。不同的公交站台设置形式,公交车加速离站的过程也有所差异。

(1) 直线式公交停靠站:对于直线式公交停靠站来说,由于该类型公交站点直接占用一条车道,公交车启动时前方无障碍或车辆的干扰,因此,此类型的公交站点公交出站过程可以简化为一个加速过程。

(2) 港湾式公交停靠站:对于港湾式停靠站来说,公交车辆除了具有与直线式停靠站相似的加速过程外,还增加了一个公交车辆有车站返回原行车道的过程,其返回行车道的时间与相邻车道的交通量有密切关系。

1.2 社会车辆运行特性

一般情况下,社会车辆在路段上保持匀速行驶。在公交站点处,由于公交车辆的停靠对社会车辆的干扰,使得社会车辆的运转工况发生变化,具体的变化过程是:匀速 减速 怠速 加速 匀速,用社会车辆速度随时间变化曲线图来描述这一过程,见图1。

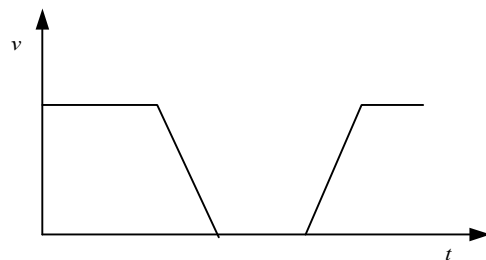


图1 社会车辆速度时间曲线

Fig.1 Speed-time curve of the social vehicle

在这种情况下,道路的通行能力因受到影响而降低,甚至容易产生交通拥堵现象,机动车尾气的排放也会发生明显变化,具体见表1。

表1 汽油发动机在各种运行工况下的排气成分^[2]
Tab.1 Exhaust gas of gasoline engine
in various operation states

行驶条件	CO/(%)	HC/ppm	NO _x /ppm
怠速	4.0~10.0	200~2 000	50~100
加速 (0~40 km/h)	0.7~5.0	300~600	1 000~4 000
匀速 (40 km/h)	0.5~4.0	200~400	1 000~3 000
减速 (40~0 km/h)	1.5~4.5	1 000~3 000	5~50

在汽车尾气主要的污染物 HC、CO、NO_x 中,HC 和 CO 的排放水平是与汽车诸如车速、怠速和加速比例等行驶工况有密切的联系,其关系为:HC 和 CO 的排放因子随着车速的增加呈负指数下降,而 NO_x 则与汽车行驶工况关系不大^[3]。

2 公交停靠站站型选择模型的构建

对于港湾式停靠站的设置,《城市道路交通规划设计规范 GB50220-95》^[4]中是这样规定的:“快速路和主干路及郊区的双车道公路,公共交通停靠站不应占用车行道。停靠站应采用港湾式布置,市区的港湾式停靠站长度,应至少有两个停车位。”当公交停靠站只有一条公交线路停靠时,两个停车位能够很好地满足要求,不会产生公交车辆因为排队进站而占用机动车道的情况。但是,在实际情况中,很少有公交站点只有一条公交线路停靠的情况,这时就应该考虑港湾停靠站的设置具体条件,而《规范》中对此条件并没提及。因此,笔者将通过分析直线式与港湾式特性,以社会总成本最小化为目标,构建公交停靠站站型选择模型。

2.1 模型假设

1) 所有交通参与者均遵守交通规则。行驶车辆

均不跨越实线,公交车辆加速出站时对与停靠站相邻机动车道的直行优先车流给予让行。

- 2) 不考虑行驶车辆车型的影响。行驶的车辆只有小客车与公交车,且公交车辆类型差别忽略不计。
- 3) 公交车辆在正常运行状态下,行驶速度相等。
- 4) 不考虑与非机动车之间的相互干扰。
- 5) 车辆到达时间间隔与服务时间间隔均服从负指数分布。

2.2 模型的建立

城市交通系统的社会成本可以归纳为下列三个方面:广义的社会成本(国民经济总成本);狭义的社会成本(外部不经济);机会成本(与社会经济最佳模式相偏离的部分)。基于以上思想,以总社会成本最小化为目标构建公交停靠站类型选择模型如下:

$$SC = f + g + h \quad (1)$$

式中:SC 为社会总成本;f 为港湾式停靠站的机会成本;g 为港湾式停靠站与直线式停靠站引起的环境成本之差;h 为将直线式停靠站改造成港湾式停靠站的经济成本。

2.3 模型参数的标定

2.3.1 建设港湾式停靠站的机会成本 f (yuan)

1) 对社会车辆乘客的延误成本

$$C_1 = (k_1 - k_2) \times Q \times p_c \times t \times \omega_1 \\ = (k_1 - k_2) \times p_c \times t_i \times \omega_1 \quad (2)$$

式中:k₁ —— 港湾式停靠站占用机动车道的概率,

$$k_1 = \left[1 - \frac{1}{c} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \right] \cdot P_0 \quad (3)$$

其中:λ 为公交车辆到达率 (veh/h); μ 为公交站点对公交车辆的服务率 (veh/h); c 为港湾停靠站泊位数; P₀ 为港湾停靠站内没有公交车停靠的概率; k₂ —— 直线式停靠站占用机动车道的概率;

$$k_2 = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

Q —— 公交车停靠期间排队的车辆,

$$Q = \lambda_1 t_d \quad (5)$$

其中： λ_1 为社会车辆到达率 (pcu/h)； t_d 为公交车在站点停车时间 (h)；

P_c —— 社会车辆平均载客数；

t —— 平均每辆车的延误时间；

$$t = \frac{t_i}{Q} \quad (6)$$

$$t_i = \frac{Q}{\mu_1 - \lambda_1} + t_d \quad (7)$$

其中： t_i 为排队的持续时间； μ_1 为社会车辆离去率 (pcu/h)；

ω_1 —— 社会车辆乘客的平均劳动报酬率 (yuan/h)；

2) 对公交车辆乘客的延误成本

由前面所述,当相邻机动车道的车头时距不允许公交车辆汇入正常车流,公交车不得不等待,直到能够正常汇入车流止。这段等待时间就是公交车辆的返回延误时间。其计算公式为^[5]：

$$E(t) = \frac{1}{\lambda_1 e^{-\lambda_1 \tau}} - \frac{1}{\lambda_1} - \tau \quad (8)$$

式中： τ 为公交车辆汇入相邻机动车道所需的临界间隙 (h)；

对公交车辆乘客的延误成本：

$$C_2 = E(t) \times Q_b \times p_b \times \omega_2 \quad (9)$$

式中： Q_b 为公交车流量； p_b 为公交车平均载客数； ω_2 为公交乘客平均劳动报酬率 (yuan/h)；

建设港湾式停靠站的机会成本：

$$f = C_1 + C_2 \quad (10)$$

2.3.2 港湾式停靠站与直线式停靠站引起的环境成本之差 g (yuan)

公交停靠站对环境的影响主要是因为公交车辆在站点停靠时占用机动车道而引起社会车辆在公交停靠站的影响范围内运转工况发生变化。不同公交站型占用机动车道的概率不同。采用防护支出法^[6]对环境成本进行计算。

$$g = (k_1 - k_2) \times l \times \rho \times \sum p_i \quad (11)$$

式中： l 为社会车辆在公交站点处工况变化引起

环境污染的修正系数； ρ 为机动车污染对环境污染的分担率； P_i 为第 i 种环境污染（主要指空气和噪声污染）影响群体为防护该项污染的成本 (yuan)。

2.3.2 直线式停靠站改造成港湾式停靠站的经济成本 h (yuan)

公交站型的改造成本主要与道路的设计时速、设计轴载和设计使用年限以及道路结构有关。公交停靠站属于准公共产品类,改造建设的投资主体是政府部门,目标是改善城市公共交通系统,提高社会经济利益。本文为了构造模型的需要,用停靠站单位时间应得效益来表示公交站型改造的经济成本。

建设一个港湾公交站首期投资总额 (yuan)：

$$C_3 = c(v, m, n) \quad (12)$$

式中： v 为道路的设计车速； m 为设计轴载； n 为设计使用年限。

根据文献[7]中计算：在设计时速为 50 km/h,设计轴载按 BZZ-100,设计使用年限为 15 年(设计结构略)的道路新配置一个港湾式停靠站的最低投资为 1.89 万元,而改造成一个港湾式停靠站的最低投资为 2.4 万元。

直线式停靠站改造成港湾式停靠站的经济成本 h

$$h = C_3 \times \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] \times \frac{1}{365} \times \frac{1}{24} \quad (13)$$

式中： i 为内部收益率； N 为投资回收期。

2.3 公交站型的选择

通过上面计算得出社会总成本 SC ,当 $SC > 0$ 时,说明设置港湾式公交停靠站的成本大于直线式停靠站的成本,因此,选择直线式公交停靠站;当 $SC < 0$,港湾式公交停靠站的成本小于直线式公交停靠站的成本,选择港湾式停靠站。

3 结束语

本文以社会成本最小化为目标,在交通量与环境成本双重约束条件,构建公交停靠站站型选择模型,结论除了可以用于站台形式的选择外,还可以对公交

站点的效益进行评价,也为相关问题模型的构建提供了思路。事实上,公交站点对交通流运行的影响与道

路类型,站点位置,驾驶员素质的关系也十分密切,其影响程度的计算还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] TCRP. Transit capacity and quality of service manual [M]. Washington, DC : Transportation Research Board, National Research Council, 1999.
- [2] 周商吾等. 交通工程[M]. 上海: 同济大学出版社, 1987: 182.
- [3] 陆化普. 解析城市交通[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001: 252.
- [4] 中华人民共和国建设部. GB50220-95, 城市道路交通规划设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1995.
- [5] 刘锐. 城市公交交通网络容量研究[D]. 西安: 长安大学, 2004.
- [6] 王娅飞, 李群仁. 我国交通运输业的外部成本研究[J]. 铁道运输与经济, 2006, (10).
- [7] 王敬东. 港湾式公交停靠站设置问题研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2003.

~~~~~  
上接第40页

阵分析了系统可能的发展方式,从经营资源及市场占有率两个方面衡量系统市场地位,根据系统市场地位

确定在不同发展阶段选择系统发展方式。

参考文献

- [1] 张宁, 房坚, 黄卫. 城市公共交通一卡多用系统研究的回顾与展望[J]. 交通运输工程与信息学报, 2005, 3(4): 15-21.
- [2] Porter Michael E. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance [M]. New York: The Free Press. 1985.
- [3] Hamel Gary, Prahalad C.K. Competing for the future [M]. Watertown MA :Harvard Business School Press. 1996.
- [4] Porter Michael E. Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors [M]. New York: The Free Press. 1998.
- [5] Ansoff Igor. Strategies for diversification. In: Harvard Business Review [M]. Watertown MA: Harvard Business School Press. 1957.