

公交专用道上 停靠站停车位的计算方法研究

王 波

西南交通大学，交通运输学院，成都 610031

摘 要：本文首先分析停靠站停靠能力的影响因素和简要阐述现有停车位的设计思路。然后在分析公交专用道上公交停靠特性的基础上，提出基于公交到站概率分布的停车位计算方法。其中，重点针对随机性到达情况，文章运用排队论和引入置信度提出计算模型，并通过示例说明该方法的计算过程。

关键词：停靠站；停车位；计算方法

中图分类号：U492.1*2

文献标识码：A

文章编号：1672-4747(2004)04-0040-05

Research on the Berth Determination Methods of Bus Stop on Bus Lane

WANG Bo

College of Traffic & Transportation,

Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

Abstract : Influential factors of bus stop capacity and existent design methods of berths are discussed. After analyzing the stopping characteristic of bus on the bus lane, this paper presents berth determination methods based on the probability distribution of bus arriving stop. Aimed at the random arriving, a determination model using queue theory and introducing reliability is presented, and an example is listed to explain the process and method in this paper.

Key words : Bus stop, berths, determination methods

收稿日期：2004-10-12.

作者简介：王 波（1979-），女，满族，辽宁鞍山人，西南交通大学交通运输学院 2002 级硕士研究生。

0 引言

为公交快速行驶创造优先的通行空间离不开公交专用道、中途停靠站和交叉口进口道的协调配置。其中，停靠是公交运营系统不可或缺的环节，有资料显示，公交车在停靠站耗费的时间占其总运行时间的19%~21%^[1]。因此，对公交停靠站的研究应当成为快速公交技术（BRT）领域的重要组成部分。

停靠能力是停靠站设计研究的核心内容之一，所谓停靠能力是指单位时间内所能停靠的最大车辆数。其中，停车位的多少是影响停靠能力的重要因素（表1）^[2]，它直接决定停靠站的使用效率。停车位设计过多，导致车站长度过长，造成车辆停放无序，增加行人走向停靠车辆的时间；若停车位设计不足，则引起车辆站外排队，增加停靠站延误时间，并影响专用道上其它公交车的正常通行。

表 1 停靠站停靠能力的影响因素分析

Tab.1 Influential factor analysis of parking capacity of bus stop

影响因素	影响因素分析
车辆设计	包括地板高度、上下车门数、车门宽度等，这些都将影响乘客上下车速度
车辆特征	动力性能 影响车辆启动加速时间
	制动性能 影响车辆减速停靠时间
售票方式	车外售票将提高乘客上车速度，减少停靠时间
交通管理与控制	专用道设置 设置公交专用道会减少横向干扰，降低车辆到站的波动性
	信号灯控制 无信号优先条件下，路口延误增加，车辆到站的随机性和被动性增强；有信号优先控制时，车辆的周转率提高，停靠能力接近基本停靠能力
上车乘客量	影响车辆在站停靠时间
车辆到达概率分布	越均匀越有利提高停靠能力，随机性大则易形成车站空闲或车辆排队现象
停车位	停车位不足，会导致车辆溢出；停车位过多，会造成无序停靠，这都将降低停靠能力

因此，在进行停靠站设计前，首先应确定停车位的数量。否则，若实际停靠需求与停车位的设计能力不符，就会造成能力的不足或浪费，尤其对封闭式站点（不易变动）是很不利的。

依据。

前两种是采用静态指标方法，对一般城市具有指导意义，而针对具体的道路条件、公交车流、站点的上下客需求，停车位设计必须做相应调整；第三种方法较好的考虑了影响停车位设计的动态、多指标因素，与实际情况拟和较好。

1 现有停车位计算方法

目前国内文献对停车位的计算方法主要有三种^{[3]-[5]}：

本文将在分析公交专用道车辆停靠特性的基础上，提出基于车辆到站不同概率分布的停车位计算方法。

- 根据线路发车频率确定；
- 综合考虑线路数、站内的最大停车数量和乘客的步行换乘距离；
- 通过对路段交通流量、公交车流量和在站平均停滞时间回归计算平均停车数，以此作为停车位设计

2 公交专用道上车辆停靠特性分析

公交专用道是确保公交快速通行的有效载体，它可以是单线路运行，也可以多线路组合运行，目前，

国内公交专用道多采用后一种运营组织。公交专用道有效减少了道路横向干扰,使公交车流较混行情况更为顺畅,但由于不同线路具有各自的发车频率和客流特性,在汇合到公交专用道上后,车辆到站分布则表现出不稳定性。即便是单线路运营,因公交车运行受路口交通信号控制的扰动,使得原本按均等间隔发车的公交车形成了“脉冲式”车流,即在一段时间内停靠站中无公交车停靠,停靠站空闲;而在一段时间内好几辆公交车连续甚至几乎同时到达,导致停车位不足,车辆站外排队。

因此,在线路运营组织、信号控制方式、道路横向干扰等多因素的影响下,公交车到站表现出不同的概率分布,并影响着停靠站的停靠能力。

3 停车位计算方法研究

3.1 第一种情况

当公交专用道采用单线运营、发车频率不高、沿线交叉口间距较大或实行公交信号优先控制时,公交到站分布比较均匀,这时可以通过对比公流量和单车位停靠能力计算得到。

美国联邦公共交通管理局(FTA)在对BRT的专项研究——《Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines》报告中提出如下单车位停靠能力计算方法^[6]:

连续交通流:

$$C_b = \frac{3600}{D(1+f)+t_c} \quad (1)$$

间断交通流:

$$C_b = \frac{3600 \frac{g}{C}}{D(\frac{g}{C}+f)+t_c} \quad (2)$$

式中: C_b —— 一个停车位的停靠能力, veh/h;

D —— 乘客上下车时间, s;

f —— 乘客上下车时间的波动系数, 通常取 0.405;

t_c —— 车辆消散时间, s;

g —— 一个周期的绿灯时间, s;

C —— 一个信号周期时间, s。

在此种情况认为停靠能力受信号扰动较小,因此,基于连续交通流情况的停靠能力公式来确定停车位数量:

$$Q = C_b N_b \quad (3)$$

式中: Q —— 单位时间到站的公交车数, veh/h;

C_b —— 一个停车位的停靠能力, veh/h;

N_b —— 多车位的有效泊位数, 个。

对照表2中的多车位有效泊位数 N_b (公交专用道上通常采用港湾式情况), 即可得到设计停车位。

表2 多车位的有效泊位数。

Tab.2 Efficiency of multiple berths

停车位数量	非港湾停靠站有效泊位数	港湾式停靠站有效泊位数
1	1.00	1.00
2	1.75	1.85
3	2.45	2.60
4	2.65	3.25
5	2.75	3.75

3.2 第二种情况

当公交专用道沿线的交通条件比较复杂时,尤其是复线组合、交叉口间距较小且无信号优先控制时,公交车到站的随机性将增大,车辆到达将服从近似的泊松分布。这时可认为停靠站与到达车流构成了“单路排队多通道服务系统”(M/M/N)。

具体针对公交停靠站, M/M/N 服务系统就是指到达的公交车辆均按先后顺序进站,且按照由远至近的停靠原则,这样就能保证停车位得到尽可能充分利用,即只要有停车位空闲,公交车辆就可以进站接受服务。

由排队理论可知^[7], 系统中没有车辆的概率:

$$P(0) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^N}{N!(1-\rho/N)}} \quad (4)$$

系统中有 n 辆车的概率:

$$P(n) = \frac{\rho^n}{n!} P(0) \quad n \leq N \quad (5)$$

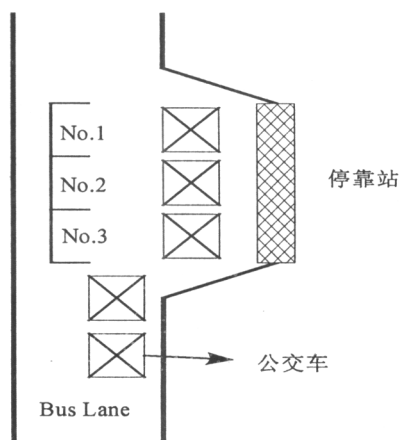


图1 公交停靠站的 M/M/N 服务系统 (N=3)

Fig.1 M/M/N server system of bus stop (N=3)

$$P(n) = \frac{\rho^n}{N!N^{n-N}} P(0) \quad n > N \quad (6)$$

排队系统中的平均车辆数：

$$\bar{n} = \rho + \frac{P(0)\rho^{N+1}}{N!N} \left[\frac{1}{(1 - \rho/N)^2} \right] \quad (7)$$

式中： λ ——车辆到达率，单位时间内到达的车辆数；

μ ——停靠站服务率，即单位时间内一个停车位服务的公交车数，它由公交车在站的滞留时间决定，包括减速停靠时间、乘客上下车时间和启动加速时间。其中上下乘客量是关键的影响因素；

N ——系统的通道数，就是公交停车位的数量；

ρ ——交通强度， $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ 。对于该服务系统而言，

若 $\frac{\rho}{N} < 1$ 表示系统是稳定的，每个状态将会循环出现，

即到站的公交车将逐步消散；当 $\frac{\rho}{N} > 1$ ，则系统状态是不稳定的，等候进站的公交排队将越来越长。因此，

确保该系统正常工作的条件是 $\frac{\rho}{N} > 1$ ，即 $N > \frac{\lambda}{\mu}$ 。

若 λ 、 μ 、 N 已知（为满足高峰时段交通需求， λ 、 μ 均按高峰时段取值），可以求出排队系统中的平均车辆数 \bar{n} ，当 \bar{n} 满足下列条件时， N 即为推荐设计停车位：

$$\bar{n} \leq N_b \quad (8)$$

$$P(n \geq N) > M \quad (9)$$

式中： N_b —— N 个停车位的有效泊位数；

M ——排队系统中车辆数不超过设计停车位的置信度，通常取 85% ~ 95%。

4 示例分析

某一公交专用道上的停靠站，车辆到站服从泊松分布，高峰小时到达率为 120 veh/h，车辆在停靠站的平均滞留时间为 45 s（加减速时间 15 s，乘客上下车时间 30 s），服从负指数分布。求该停靠站合理的停车位数量。

根据上述提出的模型方法，对问题求解如下：

停车位需要试算得到，试算直到满足（8）（9）

式才停止。为减少试算次数，以取整后的 $\frac{\lambda}{\mu}$ 值为试算初始值 N^0 。

由题意知，这是一个 M/M/N 服务系统，有：

$$\lambda = \frac{120}{3600} = \frac{1}{30} \text{ veh/s}$$

$$\mu = \frac{1}{45} \text{ veh/s}$$

$$N^0 = 2$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$\frac{\rho}{N^0} = \frac{1.5}{2} = \frac{3}{4} < 1$$

由式（4）（7）求得：

$$P(0) = 0.143$$

$$\bar{n} = 3.429$$

不满足式（8），将 $N^1 = 2 + 1 = 3$ 重新代入公式进行计算，得：

$$P(0) = 0.211$$

$$\bar{n} = 1.737 \text{ 满足式（8）}$$

为使得设计的停车位最大程度满足高峰小时的停靠需求，减少车辆溢出站外的出现概率，有必要要求得高峰小时系统中公交车不超过 3 辆的置信度，即系统中车辆数分别为 0、1、2 和 3 的概率之和。

由式（5）（6）可得：

系统中没有车的概率：

$$P(0) = 0.211$$

系统中有 1 辆车的概率:

$$P(1) = 0.315$$

同理,

$$P(2) = 0.237;$$

$$P(3) = 0.118$$

因此, 车辆数不超过 3 辆的置信度为:

$$P(0) + P(1) + P(2) + P(3) = 0.881 = 88.1\%$$

满足式 (9) 要求, 由此判断该停靠站的最佳设计停车位为 3。

5 结束语

基于公交到站概率分布的停车位计算方法综合

考虑了影响公交行驶的动态多因素, 但值得注意的是, 用上述方法计算得到的停车位应小于某一上限值。若 N 值过大, 停车位长度增加, 使得候车乘客上车的步行时间增大, 并形成交错赶车的混乱局面; 同时, 车辆由远至近的停靠原则难以实现, 停车位得不到充分利用。表 2 数据显示, 当停车位超过 3 时, 有效利用率迅速下降, 因此, 通常 $N \leq 3$ 。

当 N 值大于 3 时, 建议采用双港湾式车站^[4], 它可以是平行式, 也可以是垂直式。它的运营组织要求是, 将相关性较强的线路划分到同一个停靠站, 同时将高频率和低频率线路搭配起来考虑分配到两个停靠站, 以保证每一个停靠站上单位时间到达的公交车较为相近。这样双港湾停靠站就可以采用与上述类似的方法进行停车位的设计。

参考文献

- [1] 周智勇, 黄艳君, 陈峻等. 公交专用道设置前后无港湾公交停靠站特性研究[J]. 公路交通科技, 2004; 21 (7): 103.
- [2] 李娜, 陈学武. 公交车中途停靠站停靠能力及设计站长计算初探[J]. 土木工程学报, 2003; 36 (7): 72-73.
- [3] 中华人民共和国城乡建设环境保护部. CJJ15-87 城市公共交通站、场、厂设计规范[S]. 1987.
- [4] 韩宝睿, 马健霄, 邵光辉. 港湾式公交停靠站的设计分析[J]. 南京林业大学学报, 2003; 27 (5): 71.
- [5] 何宁, 马健霄, 李娜. 公交车站停靠能力的研究[J]. 城市轨道交通研究, 2004; 80.
- [6] Herbert S. L., Scott R., Eric B. TCRP report 90: bus rapid transit, volume 2: implementation guidelines [R]. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2003; A-3-A-8.
- [7] 李作敏. 交通工程学[M]. 第二版. 北京: 人民交通出版社, 2000; 77-78.