

文章编号: 1005-8451 (2006) 02-0041-04

排队论在计算城市快速公交车站停车位数量的应用

周再玲¹, 石红文², 吴梦¹, 常军乾³

(1. 广州市地下铁道设计研究院, 广州 510010; 2. 广州市交通委员会, 广州 510030;

3. 铁道部标准计量研究所 运输包装检验站, 北京 100081)

摘要: 在快速公交系统设计中, 需要计算合理停车位的数量, 以保证公交的快速通行。分析快速公交车流到达的情况, 运用排队系统理论计算车辆到达停靠站的概率, 运用相关指标对不同数量停车位的使用情况进行评判, 选取合理解。

关键词: 快速公交; 排队系统; 停车位; 应用

中图分类号: U231.92 文献标识码: A

Application of Queuing Theory to calculate number of BRT parking space

ZHOU Zai-ling¹, SHI Hong-wen², WU Meng¹, CHANG Jun-qian³

(1. Guangzhou Metro Design & Research Institute, Guangzhou 510010, China; 2. Guangzhou Municipal Communication Committee Guangzhou 510030, China; 3. Transportation Packing Inspection Lab, Standard and Metrelogy Research

Institute of MOR, Beijing 100081, China)

Abstract: For the purpose of ensuring the velocity of BRT, the number of parking space should be calculated during the course of the System designing. It was after analyzed the arrival status of the BRT flow, the probability of the vehicle reaching the station was worked out by use of the queuing theory, and the usage factors of the parking space were evaluated under varied number of the parking space, then, the proper answer was selected.

Key words: BRT; Queuing System; parking space; application

新型公共交通运营系统—城市快速公交 (BRT, Bus Rapid Transit)。BRT 吸收了轨道交通的运量大、速度快、舒适度高、道路干扰小等优点, 同时具备了常规公交系统的线路密度高、站点设置灵活方便、投资小、建设周期短等长处。它利用现代公交技术配合智能交通的运营管理, 使传统的公交系统基本达到轨道交通的服务水平, 其投资及运营成本比轨道交通显著降低。BRT 通常包括在隔离车道上的公共汽车专用道走廊以及现代化的公共汽车技术, 除此之外, BRT 系统一般还包括以下特征: 快速的上下车; 高效的收费; 舒适的候车棚与车站; 清洁的公共汽车技术; 与其它交通方式的便利接驳; 优良的客户服务等^[1]。

专用车道为 BRT 创造了有利的通行条件, 为了保证车辆的快速运营, 还需要公交停靠站和交叉口的协调配置。其中, 停车位的计算是停靠站设计研究的核心内容之一。停车位设计过多, 导致车站长度过长, 造价升高, 同时也容易造成车辆停放无序,

增加行人走向停靠位的时间; 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。因此, 对公交停靠站停靠能力的研究是快速公交技术的重要组成部分。现有的停车位计算方法是根据停车站的通行能力来计算合理停车位的数量, 而车站通行能力取决于车辆占用停车位的时间长短和车辆的加减速性能^[2], 这种采用静态指标来计算的方法对一般的情况具有指导意义, 与实际情况拟合得不是很好, 针对具体的道路条件、公交车流、站点的上下客流需求等情况, 停车位的计算就需要作相应的调整。本文在分析 BRT 专用道车辆运行特性的基础上, 提出基于排队系统理论的停车位计算方法, 计算出来的结果与实际情况非常接近, 不需做过多的调整。

1 确定合理停车位的分析

排队论也称随机服务系统理论, 是研究服务系统因需求拥挤产生等待队列 (即排队) 的现象以及合理协调需求与服务关系的一种数学理论。排队系

统由输入过程、排队规则、服务机构3部分构成。如果整个服务机构中只有一个服务通道，就称该系统为单通道服务系统；若服务通道不止一个，且每个服务通道都可以单独地对顾客进行服务，这样的服务结构称为多通道服务系统。通常用来描述服务系统运行状态的主要数量指标有队长、排队长、逗留时间、排队时间和忙期等^[3]。

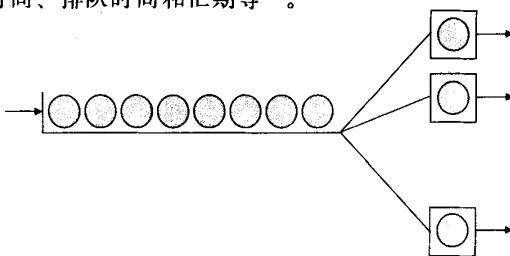


图1 单路排队多通道服务系统

BRT专用道有效地减少了道路的横向干扰，使快速公交车的行驶比混行情况更为顺畅，车辆间相互影响相对微弱。由于不同线路具有各自的发车频率和客流特性，汇合到专用道上后，车辆到站分布表现出不稳定性。公交车运行受路口交通信号控制的干扰，乘客到站的随机性和各公交车满载率的差异性，使不同车辆在站停留时间不同，加剧了车辆到站的不均衡性。公交车到站的随机性增加，相对车流密度不大，其他外界干扰因素基本上不存在，可认为车辆到达近似服从泊松分布，这时停靠站与到达车流构成了“单路排队多通道服务系统”。^[4]

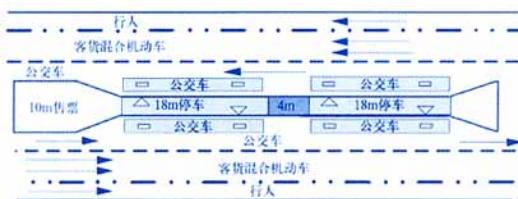


图2 有两个停车位的快速公交车站排队系统（车长18 m）

如图1和图2所示：两种系统具有相似性。可以把公交车看成等待接受服务的“顾客”，按照“先到先服务”的原则，公交车在站外排队等候按顺序进入停车位，优先使用车站前方的停车位，这样可以提高停车位的使用效率。车站的停车位看成可服务的通道，停车位数即是排队系统中可提供服务的通道数量。由此可分析出，该系统属于单路排队多

通道服务的排队系统。

设 λ 为进入多通道服务系统顾客的平均到达率，即单位时间内到达的车辆数；排队行列从每一个服务台接受服务后的平均输出率为 μ ，则每个服务的平均时间是 $\frac{1}{\mu}$ ，就是每个公交车车辆占用停车场的总时间。令 $\rho = \lambda/\mu$ ，则 ρ/N 称为M/M/N系统的饱和度。当饱和度小于1时是稳定的，反之，排队长度将趋向于无穷大。

根据排队理论，对于单路排队多通道服务系统，系统中没有顾客的概率为：

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

系统中有 n 个顾客的概率为：

$$P(n) = \frac{\rho^n}{n!} P(0) \quad \text{当 } n < N$$

$$P(n) = \frac{\rho^n}{N!N^{n-N}} P(0) \quad \text{当 } n \geq N$$

排队系统中的平均车辆数：

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

平均排队长度为： $q = n - \rho$

$$\text{系统中平均消耗的时间为： } d = \frac{n}{\lambda}$$

$$\text{排队中的平均等待时间为： } \sigma = \frac{q}{\lambda}$$

上式中的 N 为排队系统的可提供服务的通道数，即需计算的停车位数。为保证系统稳定，需使 $\rho/N < 1$ ，即 $N > \frac{\lambda}{\mu}$ ；根据高峰时段交通需求的数据，可以求出排队系统中的最小通道数量 $N_{\min} = \lceil \frac{\lambda}{\mu} \rceil$ ，再代入系统中求出各种指标值（平均排队长度、系统中平均消耗的时间、排队中的平均等待时间等），考查是否满足要求；如不满足，使 $N = N_{\min} + 1$ ，再次计算各指标值，直到求出最满意解。

2 确定合理停车位的算法

根据上述分析，可以得出确定快速公交合理停车位的算法步骤如下：

(1) 根据 $N_{\min} = \lceil \frac{\lambda}{\mu} \rceil$ ，求出最小停车位数；

(2) 计算 $P(>N) = 1 - P(\leq N)$, 考察车辆溢出停车位的概率, 并求出平均排队长度、系统中平均消耗的时间、排队中的平均等待时间, 供比较选用;

(3) 令 $N = N_{\min} + 1$, 重复步骤; (2) 直到 $N \geq 4$ 时停止计算, 列表比较各指标值, 选取满意解;

(4) 当 $N \geq 4$ 时, 建议采用两个分站的车站形式, 以提高车站的使用效率。

3 确定合理停车位数量的算例

广州市中山大道 BRT 规划线路起于天河体育中心, 止于黄埔区的文冲, 全长约 16 km, 共有 8 个平交路口, 设 20 个车站。2010 年预测日客流量约 35.5 万人, 高峰小时最大断面客流 1.26 万人。拟单向各设一条 BRT 专用车道, 高高峰期发车 80 对/h, 车辆在车站的平均停靠时间为 30 s (体育中心站至东圃客运站之间)^[5]; 受交叉口等影响, 车辆到达车站服从泊松分布, 试确定该停车站的合理停车位数。

根据算法, 计算如下:

$$(1) \lambda = \frac{80}{3600} = \frac{2}{90} \text{ 辆/s} \quad \mu = \frac{1}{30} \text{ 辆/s} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0.67$$

$$N_{\min} = \left[\frac{\lambda}{\mu} \right] = \left[\frac{35}{46} \right] = 1$$

$$(2) P(0) = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^N}{N!(1-\rho/N)}} = \frac{1}{3}$$

$$P(1) = \frac{\rho^n}{N!N^{n-N}} P(0) = \frac{2}{9}$$

$P(>1) = 1 - P(\leq 1) = 0.44$, 系统中平均车辆数

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

平均排队长度 $q = n - \rho = 1.33$ (辆), 系统中平均消耗的时间 $d = \frac{n}{\lambda} = 90$ (s), 车辆平均等待时间 $\sigma = \frac{q}{\lambda} = 59.85$ (s/辆)。

分别令 $N=2, 3$, 计算出相应的结果, 将各种系统指标对比列表如下:

从上表中可以看出, 当只有一个停车位时, 不满足使用的概率达到 44 %, 平均等待时间为 59.85 s; 当增加一个停车位后, 停车位不足的概率迅速下降到 5.6 %, 从各个指标来看, 基本满足使用要求。若

表 1 3 种系统相应指标对比

服务系统指标类别	P(>n) (停车位不足的概率)	n (平均车辆数)	q (平均排队长度)	d (平均消耗时间)	σ (平均等待时间)
N=1	44%	2	1.33	90	59.85
N=2	5.6%	0.75	0.083	33.75	3.75
N=3	0.72%	0.68	0.01	30.4	0.45

注: N 为车站的停车位数量。

修建 3 个停车位, 系统不够使用的概率极小, 为 0.72 %, 平均等待时间仅 0.44 s, 但这种情况的缺点是系统使用效率不高, 造成停车位的浪费; 因此, 设计两个停车位较为合理。在实际设计中采用了这个计算结果, 在评审过程中, 采用两个停车位的车站设计受到了专家的肯定。另外, 根据该条线路的客流预测结果, 结合线路的发车频率、车辆的动力性能、乘客上下车速度等因素计算出的车站停车位数, 在多数车站亦为两个, 与本次计算结果大致吻合。



图 3 广州中山大道 BRT 标准车站示意图 (车长 18 m)

在实施的过程中, 部分车站受地形条件的限制, 道路中间隔离带的宽度不足以设置港湾式停车站, 此时可以考虑在车站附近局部拓宽成单向两条 BRT 车道, 一条供停车, 另一条供越行, 同样可以实现单路排队多通道服务。在客流特别大的车站, 当 $N \geq 4$ 时, 可以考虑设置两个分站, 以提高车辆进出车站的能力^[1]。此时, 车站长度达 116 m, 单方向每小时的运送能力可以达到 2 万人次以上。

4 结束语

BRT 技术是解决我国许多城市交通问题的有效方法之一, 这种优良的交通系统将会迅速地在我国得到广泛应用。停靠是公交运营不可或缺的环节, 统计资料显示, 公交车在停靠站耗费的时间占总运行时间的 19 %—21 %, 因此, 停车位的计算需要深入的研究。本文通过对 BRT 到站特性的分析, 得到车辆到达近似服从泊松分布, 车站与车辆构成了单路排队多通道服务系统的结论, 并应用排队理论考察不同停车位数量的使用情况, 将各种指标值列

文章编号：1005-8451 (2006) 02-0044-04

基于 B/S 铁路财务数据审计预警系统设计与实现

樊铁军

(广铁集团 广梅汕有限责任公司, 广州 510620)

摘要：介绍基于 B/S 方式的铁路财务数据审计预警系统的设计和实现过程，就设计思路、系统目标和功能模块进行阐述，并对关键技术的设计作了具体论述。

关键词：铁路财务数据审计预警系统；设计；实现；B/S 方式

中图分类号：U29-39 文献标识码：A

Design and implementation of Railway Financial Data Audit Predict System based on B/S

FAN Tie-jun

(Guang-Mei-Shan Railway Limited Liability Company, Guang-zhou Railway Group, Guangzhou 510620, China)

Abstract: It was introduced the design and implementation of the Railway Financial Data Audit Prediction System. It was focused on the design idea, system objectives and function modules. In addition, it was described the detailed design of the key technical points.

Key words: Railway Financial Data audit Prediction System; design; implementation; B/S

铁路财务数据审计预警系统采用 B/S (Browser/Server) 结构，用户工作界面是通过 WWW 浏览器来实现，极少部分事务逻辑在前端 (Browser) 实现，主要事务逻辑在服务器端 (Server) 实现，形成所谓三层 3-tier 结构。这样就简化了客户端电脑载荷，减轻了系统维护与升级的成本和工作量，降低了用户的总体成本 (TCO)。

1 系统设计思路

1.1 当前全国审计形式分析

审计按其时间分类，分别有事前审计、事中审计和事后审计。然而，现实生活中大多数审计都发生在经济行为结束之后。为了维护公司的利益，避

收稿日期：2005-05-24

作者简介：樊铁军，高级工程师。

免不合理、不合法、不合规的各个项目的开支，充分发挥审计部门的监管作用，因此迫切需要一个新系统为审计部门提供实时监管的功能。

1.2 对目前铁路财务软件系统的分析

广梅汕铁路有限责任公司使用的是《铁路财务会计管理信息系统》5.0，该系统分成前台客户机，中间服务器和后台数据库，采用 C/S 方式（客户端/服务器方式）。所有应用都集中在前台财务人员应用操作，数据储存采用 Oracle 数据库，所有数据保存在一个 Oracle 数据库中，各个财务部门分别按 Oracle 用户存储，及每个财务部门对应一个相关的数据库用户。财务所有数据的集中存储为审计部门能够监控财务数据提供了前提条件。

1.3 系统需要解决的问题

目前，财务数据凭证都是保存在一个 Oracle 数据库中，审计部门可以在 Oracle 数据库中查找到任

表比较分析，为科学决策提供了依据，在广州市中山大道 BRT 线路设计时采纳了此次计算结果，两个停车位的车站设计获得了专家的肯定，很快将会予以实施，因而，此计算方法可供相关工程借鉴。

参考文献：

[1] Karl Fjellstrom. 交通发展政策研究所 (ITDP)[R]. 关于广州

快速公交系统的初步观察报告. 2004, 12.

[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] 王 烨. 道路交通工程系统分析方法 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

[4] 王 波. 快速公交系统设计的若干问题研究 [D]. 西南交通大学研究生学位论文, 2004.