

文章编号: 1002-0268 (2005) 06-0143-04

利用公交通行能力解决公交问题的探讨

郑丽丽, 宋 瑞

(北京交通大学交通运输学院 北京 100044)

摘要: 分析我国公交的发展, 指出在我国发展公交的道路上缺乏对公交通行能力这一重要指标的思考, 提出研究公交通行能力来解决我国公交运营中存在的问题, 并建立公交(包括公交车辆和公交乘客)通行能力模型。然后以北京中关村大街的公交专用道为实例, 从公交通行能力方面分析该段道路公交车拥堵、混乱产生的原因, 然后根据实际情况提出解决措施。

关键词: 公交通行能力; 车辆通行能力; 乘客通行能力

中图分类号: U491

文献标识码: A

Discuss of Utilizing Bus Transit Capacity to Resolve Problems in Bus Transit

ZHENG Li-li, SONG Rui

(School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The development of bus transit in our country is analysed in this paper, and it is pointed out that the lack of considering bus transit capacity is quite common in developing the bus transit. The authors proposed to study bus transit capacity for resolving the problems of bus transit, and develop models of bus transit capacity, including bus and passenger. Taking the Zhongguancun Avenue as an example, analysis of the cause of congestion and chaos in this avenue was made with the model in terms of bus transit capacity. Some interrelated solutions are presented in view of the actual situation.

Key words: Bus transit capacity; Bus capacity; Passenger capacity

世界各国, 无论是发达国家还是发展中国家, 都一致认为发展公共交通是解决城市交通问题的根本途径, 这样使公共交通得到了飞快的发展。公交作为最普通的一种公共交通形式也得到了相应的重视。我国在扶持公交发展上, 从车辆、道路交通规划和管理控制三方面推进: 将老式、性能差的公交车辆向新型环保、舒适、性能强的车辆转化; 开辟公交专用道, 提倡公交优先, 发展快速公共汽车交通(Bus Rapid Transit, BRT); 逐渐采用先进的智能化公交调度管理系统, 实现公交车辆的实时调度^[1]。

然而在我国发展公交的道路上, 一直缺乏对公交通行能力这一重要交通指标的思考, 导致公交运行状

态混乱, 服务水平低下, 严重违背了大力发展公共交通的思想。所以, 在当前发展公共交通的关键时刻, 利用国外研究公交通行能力的成功经验, 解决我国大中城市公交运营中存在的问题不但是一个全新的挑战, 且具有非常重要的意义。

1 公交通行能力概述

从美国的 TRB (Transportation Research Board) 1944 年开始研究道路通行能力以来, 国内外的大多数学者主要是研究小汽车的通行能力, 文献 [2] 和 [3] 详细阐述了道路(小汽车)通行能力的发展状况。而在这差不多 60 年的时间里, 国外的学者已经

收稿日期: 2004-05-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70371014)

作者简介: 郑丽丽(1979-), 女, 湖北钟祥人, 硕士, 专业领域为交通运输规划与管理。(zhilily@163.com)

开始将注意力转移到公共交通上来——开展公共交通通行能力研究。1991年, Levinson, Herber S. 和 Ho-ev. William E. 提出公交通行能力这一说法, 并且利用北美的公交发展经验, 分析了与公交通行能力有关的很多因素^[4]; 到1999年, Kittelson 和 Associates 等人撰写出版了《公共交通通行能力与服务水平手册》(Transit Capacity and Quality of Service Manual, TC-QSM)。这本书的第2章(公交通行能力, Bus Transit Capacity)全面总结了公交通行能力所涉及到的理论及应用, 目的在于给研究这一领域的专家和学者提供一个参考^[5]; 2003年, 美国佛罗里达州的规划组织对TCQSM的应用首次提出了评价报告。在报告中肯定了TCQSM的价值, 同时为其未来的发展提出了修改意见。这份报告给以后应用TCQSM提供了一个蓝本^[6]; 同年, Kittelson 和 Associates 等人又整理出版了第2版《公共交通通行能力与服务水平手册》(Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition, TC-QSM)。TCQSM第2版是对第1版的发展和延续, 而且在结构上做了调整, 将公交通行能力(Bus Transit Capacity)放在了第4章, 同时在内容上也比TCQSM第1版更充实、更详细, 修订了第1版的很多不足之处^[7]。

2 公交车辆通行能力模型建立

公交车辆通行能力受到很多因素的影响, 关系到人、车、路3个方面, 具体的影响因素见图1所示。由图1可以看出, 公交车辆通行能力涉及到了道路交通规划, 公交调度系统等许多复杂因素。不同情况下的车辆通行能力也有一定的联系, 站点停靠区的通行能力决定了站点的总体通行能力, 而在关键站点(也就是在各个站点计算得到的道路车辆通行能力中, 有最小道路通行能力的站点)得到的道路车辆通行能力也就决定了该条车道的公交车辆通行能力。

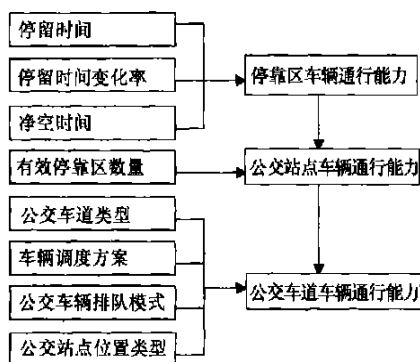


图1 公交车辆通行能力影响因素

在我国绝大多数城市, 公交车辆行驶的环境大都是混合交通模式, 即公交车辆和非公交车辆共同使用同一条车道或道路, 同时又根据建设部近日下发的有关通知提出, 要建设公共交通专用道路系统, 公交专用道还要作为近期公共交通建设的重点。现在也有不少大城市(北京、广州、深圳、上海、杭州、昆明等)已经实施了公交专用道的规划和建设, 在一定程度上提高了公交的服务水平。

2.1 混合道路条件下的公交车辆通行能力模型

为了说明混合交通条件下的公交车辆通行能力模型, 我们首先引入公交站点的停靠区的通行能力(也就是停靠能力)和公交车站的通行能力模型。

公交站点停靠区的车辆通行能力为

$$B_{bb} = \frac{3\,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + Z_a c_v t_d} \quad (1)$$

式中, B_{bb} 为停靠区的车辆通行能力, bus/h; g/C 为绿信比; t_c 为连续公交车之间的净空时间, s; t_d 为车辆平均停留时间, s; Z_a 为符合车辆在该车站不排队概率值的标准变量; c_v 为停留时间变化率系数。

公交站点的车辆通行能力为

$$B_s = N_{cb} B_{bb} = N_{cb} \frac{3\,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + Z_a c_v t_d} \quad (2)$$

式中, N_{cb} 为有效的停靠区域数目。

由此得出, 混合交通条件下的公交车辆通行能力为

$$B = B_s f_m = B_{bb} N_{cb} f_m \quad (3)$$

式中, f_m 为其他车辆对公交的干扰调节参数, 其中

$$f_m = 1 - f_i \left(\frac{v}{c} \right) \quad (4)$$

式中, f_i 为公交站点的位置参数; v 为与公交站点相邻车道的机动车交通流量, veh/h; c 为与公交站点相邻车道的机动车通行能力, veh/h。

2.2 专用公交车道的公交车辆通行能力模型

公交专用车道, 是指一条单独供公交车辆行驶的车道, 一般是把道路最右侧的一条车道用交通标志线将其化为公交专用车道, 其他车辆(或在规定的时间内)不允许使用该公交车道。这也是我国城市采用形式最多的公交专用车道, 在交叉口处没有实行公交优先的信号灯, 同时为了保证车道使用效率, 管理部门对该车道的使用作了限时规定, 即在早、晚高峰由公交车辆专用, 其他时段允许非公交车辆使用。现在, 北京正在建设首条封闭式的公交专用车道——圆明园东路。该路在路中间为公交车设置了一条上下双行的公交专用车道, 涉及到的三个公交车站也都设在路中

央, 行人通过人行过街天桥进入车站候车。这两条公交专用车道就构成了一条封闭式的公交专用道路。

专用公交车道的车辆(一般指全程车)通行能力为

$$B=B_s=B_{bb}N_{cb} \tag{5}$$

如果选择的公交站点靠近交叉口, 还受到右转非机动车的干扰, 则还需要乘上右转车辆的干扰参数, 如(6)式

$$B=B_f f_r=B_{bb}N_{cb} f_r \tag{6}$$

式中, f_r 为其他右转车辆对公交的干扰调节参数; 其中

$$f_r=1-f_i\left(\frac{v_r}{c_r}\right) \tag{7}$$

式中, f_i 为公交站点的位置参数; v_r 为与公交车道相邻的右转车道机动车流量, veh/h; c_r 为与公交车道相邻的右转车道机动车通行能力, veh/h。

3 公交乘客通行能力模型建立

公交乘客通行能力是指在没有不合理的延误、危险或限制的运行条件下, 在给定的时间段里通过一个给定地点的最大运输人数。公交乘客通行能力不但受到乘客需求特性, 公交管理人员采用的策略等影响, 还受到公交车辆通行能力的影响。公交乘客通行能力通常是公交车辆通行能力和每辆车所允许装载的乘客数量共同作用的结果, 具体的乘客通行能力影响因素见图 2。

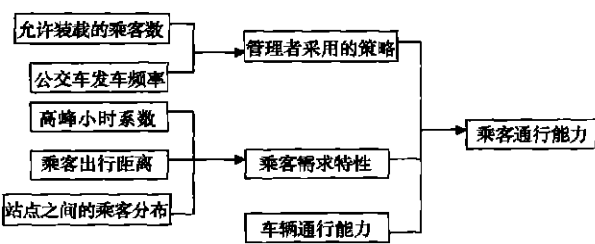


图 2 公交乘客通行能力影响因素

乘客通行能力在一定程度上可以反映公交线路高断面的通过量, 即可以反映该线路的高峰满载率情况, 那么在进行公交运营参数优化的时候, 则可以考虑将该因素作为运营参数优化的一个约束条件^[8]。这为公交运营调度管理者提供了另外一种参考因素。

4 实例应用分析

北京中关村大街是一条南北方向的城市主干道, 位于西北三环和四环路之间。道路的两侧大多是高科技园区(海龙电子大厦等), 以及休闲娱乐场所(如

当代商场, 海淀医院, 海淀剧院等)。每天不但有大量的上下班客流量, 而且还由于其商业性质, 吸引相当一部分的人流和车流。道路的设置四幅路, 采用机非分离的道路模式, 机动车道是双向八车道, 中间设置了隔离带, 最外侧的机动车道被渠化为公交专用车道, 并且作了限时规定: 早 7:00~9:00, 晚 16:00~19:00 为公交车单独使用, 其他时间允许非公交车辆使用。这里取中关村大街的四通桥和知春路之间的一部分路段作为研究对象, 来研究这段专用公交车道由北至南方向的公交车辆通行能力。

在这段道路上, 有两个公交车站: 海淀黄庄站和人民大学站, 其中在海淀黄庄有 9 条公交线路停靠, 在人民大学站有 19 条公交线路停靠。海淀黄庄站设置在中关村大街与知春路相交交叉口的南侧, 根据实地观察西进口右转车辆受信号灯控制, 与北进口直行的公交车辆几乎没有干扰, 故这里我们不考虑海淀黄庄站的右转车辆干扰。同样在人民大学站, 其离两个交叉口都较远, 故也不考虑右转机动车的干扰。其他交通属性参数如表 1。

表 1 计算公交车辆通行能力各参数值

站点	g/s	C/s	t_c/s	t_d/s	c_v	Z_a	N_b
海淀黄庄	83.80	160.00	8.50	30.00	0.60	1.44	2.65
人民大学	83.80	160.00	5.00	45.00	0.60	1.44	2.65

对于海淀黄庄站, 利用公式(1), 计算结果为

$$B_{tb}=\frac{3\,600(g/C)}{t_c+(g/C)t_d+Z_ac_vt_d}=\frac{3\,600\times0.52}{8.5+0.52\times30+1.44\times0.6\times30}=37\text{bus/h}$$

利用公式(5), 计算在海淀黄庄站得到的该公交专用道的车辆通行能力为

$$B=B_{bb}N_{cb}=37\times2.65=98\text{bus/h}$$

同理, 可计算得到在人民大学站的专用公交车道的车辆通行能力, 计算结果见表 2。

表 2 在两个站点得到的公交专用道的车辆通行能力

站点	g/G	$B_{bb}/\text{bus}\cdot\text{h}^{-1}$	$B/\text{bus}\cdot\text{h}^{-1}$
海淀黄庄	0.52	37	98
人民大学	0.52	28	74

分析以上结果可知, 该条公交车道上的关键站点是人民大学站, 即得到此段公交专用道的公交车辆通行能力是 74bus/h。而我们在晚高峰期间 17:00~18:00 观测到这段路段的公交专用道的实际最大公交车流量为 238buses/h。可见 74bus/h 的公交车辆通行能力是远远不能满足需要的, 这也是导致在这段公交专用道上公交车辆排队时间长、运行不准点, 公交服务水

平低下的主要原因。为了改变这种不满足需求的公交服务,除了一方面要提高该条道路的公交车辆通行能力(包括优化公交运行的道路系统和运营调度管理系统),同时也要综合考虑各种情况减少在这段公交专用道上实际行驶的公交车辆。结合该段道路的实际情况,提出以下改进措施。

(1) 提高该段道路的公交车辆通行能力

海淀黄庄站和人民大学站都是沿机动车道和非机动车道之间的绿化隔离带设置的,为了扩大站点容量,可以将此种形式的公交站点改为港湾式车站;或沿着绿化隔离带增大人民大学站的站点长度,使更多的车辆可以同时停靠。这就相当于增大了参数 N_{db} 的值。

据笔者观察,在人民大学站,各路公交车的到达时刻很不协调。在一段时间(甚至 15min)没有一辆公交车到达,而在另外一段时间却是很多车辆同时到达,从而导致车辆在此排队,产生延误。这就需要公交管理部门采用先进的公交运营管理系统,来优化公交运营参数,协调各路车之间的行车时刻表,使该站点的连续公交车之间的净空时间最小,即减小 t_c 的值。

该段公交专用道的实际公交车流量为 238buses/h,而道路设施所能承受的公交车辆通行能力只有 74bus/h,即只能承担实际流量的不足 1/3 ($238/74=3.216$),所以可以考虑设置两条公交车专用道。虽然这样限制了非公交车的流量,但可以引导非公交车出行向公交车出行转化,实现城市交通的可持续发展。

(2) 减少在该段道路运行的公交车数量

在此之前,为了缓解中关村大街的拥堵,已经有 7 条公交线路(355 路支线,320 支线,809 路等)调出中关村,但还是没有改善该段道路的公交运行拥堵状况。随着北京轨道交通建设的发展,轨道交通网络^[9] 逐渐完善将会缓解中关村大街的交通压力,特别是地铁九号线建成后经过中关村大街的整个路段,则根据实际情况将一部分公交线路调出中关村大街是很有必要的。近期,则可以继续将一部分公交线路改

线,将其移至邻近的科学院南路或苏州街上,这样不但分担了中关村大街的交通压力,而且给这两条街附近的出行者到达中关村提供了方便。

5 结论

综合公交通行能力研究,从中观与微观两个层次涉及到了公交线路布设与运营管理两方面的主要内容,为公交线路优化与公交调度优化提供了一个新思路。在公交线路优化方面,可以根据各种城市道路的公交通行能力来设置公交运行环境(与其他车辆混合行驶或布设公交专用道),站点的类型以及站点间的距离;在公交运营调度方面,可以根据不同服务水平下的公交通行能力来约束发车间隔等重要运营参数,同时控制调度方案(包括发全程车、区间车、快车、多线联运等)的执行。在交通法规的制定方面,也可以此为依据来制定更加适合公交发展的管理措施。

参考文献:

- [1] 王炜,杨新苗,陈学武,等.城市公共交通系统规划方法与管理技术[M].科学出版社,2002
- [2] 任福田,等.道路通行能力手册(美1985年版)[M].北京建筑工业出版社,1986
- [3] 张亚平,裴玉龙.道路通行能力研究现状及发展综述[J].交通运输工程学报,2002,2(2):94-97
- [4] Levinson Herbert S, Hoev William E. Some Reflections on Transit Capacity[J].Proc Int Symp Highw Capacity Level Serv, 1991: 239-243
- [5] Kittelson, Associates, Inc. Transit Capacity and Quality of Service Manual[R]. Part 2: Bus Transit Capacity, 1999: 2-1~2-96
- [6] Foreman, Chandra Florida Metropolitan Planning Organization Reports on Transit Capacity and Quality of Service: First-year evaluation[R]. Transportation Research Record, 2003: 128-134
- [7] Kittelson, Associates, Inc. Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition[R]. Part 4: Bus Transit Capacity, 2003: 4-1~4-110
- [8] 李成功,脱小伟,郭尚彬.公交车调度优化模型[J].工程数学学报,2002,19(增刊):94-100
- [9] 郭春安.北京城市轨道交通线网调整规划[J].城市交通,2004,2(1):33-38