

大型活动公交客流分配方法

武勇彦, 魏中华, 荣建, 刘小明

(北京工业大学 交通工程北京市重点实验室, 北京 100124)

摘要: 根据大型活动客流特点, 结合城市规模确定线路研究范围; 在确定不同站点服务半径的基础上, 采用几何划分的方法, 确定了站点服务区域; 根据站点客流与其服务面积相关的原则, 建立了交通小区公交客流分配模型; 依据站点与线路的关联属性, 考虑换乘与背景客流量, 建立了线路客流预测模型; 最后, 以北京奥运篮球馆晚间散场公交客流分配为例, 对线路客流进行了分配, 与实际客流进行了对比, 最小误差达到 3%, 基本可以满足公交调度与运营要求。

关键词: 大型活动; 公交客流分配; 服务范围; 几何划分; 交通小区

中图分类号: U 491

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2011)04-0533-08

随着我国社会经济的不断发展, 人们对文化娱乐活动的需求越来越高, 因此, 大型活动举办得越来越多。这些活动带来大规模人员的聚集, 而我国城市道路交通设施容量有限, 这使得大规模的人群聚散必须以公共交通为主要交通方式, 因此, 如何将大型活动的客流分配到城市的公共交通线网上, 合理安排公交运营计划, 就成为当前面临的课题。

以往对公共交通客流分配的研究主要集中在以城市公共交通 OD 为基础, 对整个城市的公共交通路网进行分配, 取得了大量的成果^[1-3], 但是尚缺乏对局部或者部分公共交通网络客流分配的研究。

大型活动交通小区范围一般较大, 整个城市一般划分为若干个交通小区; 交通小区内产生或吸引的公交客流与背景公交客流量相比较小甚至可以忽略不计; 大型活动公交客流具有非均衡性、流向单一、多元单汇、时段性较强等特点^[9], 这使得大型活动公交客流分配与城市公交客流分配不同。基于此, 作者提出了基于站点服务区域的客流预测方法, 通过确定交通小区内站点客流来确定线路客流。

在本文中, 公共交通主要包含轨道交通、快速公交、普通公交等, 不含出租车交通方式。

1 公交线网研究范围的界定

大型活动诱增的居民出行量占城市居民出行总量的比例很小, 对城市总体交通出行影响很小。以 2008 年北京奥运会时为例, 高峰日的观众与工作人员出行尚不到北京市居民总出行的 10%。类比可知, 一般大型活动诱增的公交出行量对城市公交系统的影响范围也是有限的, 因此, 在城市公共交通层面, 没有必要对公交整体进行客流分配研究, 选择其中的城市公交骨干线网进行分析即可。

大型活动客流具有多源单汇的特点^[9], 距离大型活动越近, 单位面积产生的客流越大, 同时, 产生的客流要到达目的地, 必须乘坐可直达大型活动场所的线路, 因此, 大型活动对直达场所周边的地铁、快速公交或普通公交线路影响较大, 必须进行重点分析。

作者将线路研究范围定为城市骨干公交线网与直达大型活动场所的线路。对特大以上级别城市, 城市骨干公交线网主要为地铁与快速公交及其他城市主干公交线路; 对大城市以下级别城市, 只考虑直达的公交线路。

收稿日期: 2009-09-03.

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAG01A01); 北京工业大学青年科研基金资助项目(X1004011200801); 北京工业大学博士基金资助项目(BCX-2009-030)

作者简介: 武勇彦(1983—), 男, 河南濮阳人, 博士研究生。

据交通心理学研究表明,人们的出行距离若在1 km以内,多数人会选择步行^[12];当出行距离超过1 km,机动化交通方式就成了多数出行者的选择. 本文将可直达场所公共交通线路的研究范围定为大型活动场所周边1 km内.

直达线路与城市骨干公交线网,共同构成了大型活动研究范围内的线路集.

2 站点服务区域的确定

根据大型活动线路范围集确定研究范围内的站点集,需综合考虑线路的走向等因素.

2.1 站点的分类

将站点简单分为普通公交站点、快速轨道交通站点和轨道交通站点.

2.2 站点服务半径的确定

站点服务半径由步行速度和步行时间来确定. 普通公交站点的吸引范围为步行时间在5~10 min,取公交站点服务半径大约为500 m^[10];轨道交通站点的吸引范围半径为步行10~15 min,确定1 km作为轨道交通站点的服务半径^[11];快速公交站点服务范围在普通公交站点与轨道交通站点之间,取其服务半径为800 m.

2.3 站点服务范围的划分

根据服务半径确定的站点服务面积会存在重复区域,因此,需要根据站点的吸引力大小进行几何划分,分为4种情况:

1) 同种类型站点服务区域部分重叠

同类型站点对重叠区域的吸引力是相同的,通过连接边界交点A、B,将重叠区域分开,如图1所示.

2) 不同类型站点服务区域部分重叠

假定站点吸引力与其服务半径成正比,则可得重叠区域分界线上的点轨迹,其与区域边界有A、B两个交点,如图2所示.

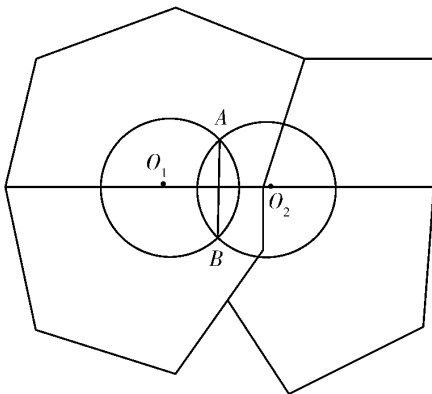


图1 同类型站点部分重叠

Fig. 1 Part overlap between same type stops

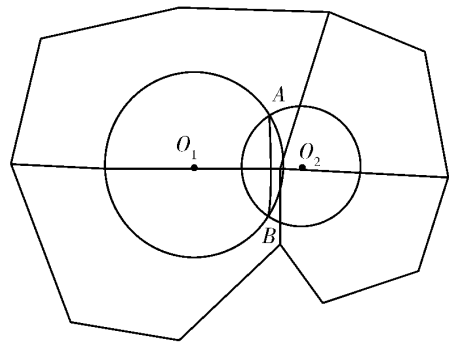


图2 不同类型站点部分重叠

Fig. 2 Part overlap between different type stops

分界线点轨迹表达式为

$$\frac{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (1)$$

式中, x 、 y 为分割线上任意点; x_1 、 y_1 为第1类型站点圆心 O_1 横、纵坐标; x_2 、 y_2 为第2类型站点圆心 O_2 横、纵坐标; r_1 、 r_2 为2种站点的服务半径.

3) 完全重叠

若普通公交与其他类别站点服务区域完全重叠, 考虑到其他类别站点对出行者的吸引力更大, 则认为所有区域均为地铁或快速公交站点服务区域, 同理, 若快速公交站点与地铁站点完全重合, 则全部为地铁站点服务区域。

4) 其他情况

对于多站点相互重叠的情况, 可两两进行站点服务区域的划分, 然后逐步得到站点的服务区域。

2.4 交通小区内站点服务面积的确定

如图 1、2 所示, 将站点的服务范围与交通小区范围叠加, 可以确定站点在交通小区的服务范围。设研究范围内的站点总数为 m , 小区总数为 n , 可得到站点服务面积在交通小区的分布, 如表 1 所示。

表 1 站点服务面积在交通小区分布
Table 1 Distribution of stop service area in traffic zones

交通小区	站点				
	1	2	3	...	m
1	S_{11}	S_{12}	S_{13}	...	S_{1m}
2	S_{21}	S_{22}	S_{23}	...	S_{2m}
3	S_{31}	S_{31}	S_{33}	...	S_{3m}
...
n	S_{n1}	S_{n2}	S_{n3}	...	S_{nm}

3 公交线路客流预测模型

在确定站点服务区域的基础上, 建立了交通小区客流量分配模型与站点直接吸引客流量计算模型; 依据线路与站点的隶属关系, 考虑发车频率、社会背景客流量、换乘客流量等因素, 建立了线路客流量计算模型。

3.1 交通小区内客流分配模型

为了将交通小区产生的客流分配到服务该小区的站点上, 作如下假定:

- 1) 站点吸引的客流量与其服务面积大小成正比;
- 2) 在多条直达线路同时经过同一站点时, 将站点吸引的客流优先分配到停靠站点距离大型活动场所最近的线路上;
- 3) 所有站点的服务面积不大于交通小区面积。

设站点 i 在小区 j 的服务面积为 S_{ij} , 小区内生成的观众出行量为 G_j , 小区面积为 A_j

若 $\sum_{i=1}^m S_{ij} > 0$, 则站点 i 在小区 j 吸引的客流量计算公式为

$$q_{ij} = \frac{G_j S_{ij}}{\sum_{i=1}^m S_{ij}} \tag{2}$$

$$\text{s. t. } 1 \leq i \leq m; 1 \leq j \leq n$$

$$\sum_{i=1}^m S_{ij} \leq A_j$$

$$\sum_{i=1}^m S_{ij} > 0$$

若 $\sum_{i=1}^m S_{ij} = 0$, 说明此交通小区没有站点服务区域, 需要将观众生成量转移到与邻近该小区的枢纽或站点上. 具体可结合实际客流流向、枢纽场站布局、线路走向等综合确定.

3.2 站点客流量计算模型

站点吸引的客流就是此站点在所有交通小区内吸引的客流总和, 则站点客流量模型为

$$q_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (3)$$

式中 q_i 为站点 i 的客流量; n 为交通小区的总数; q_{ij} 为站点 i 在小区 j 的吸引的客流量.

3.3 线路客流计算模型

站点与线路存在隶属关系. 若第 j 个站点在第 k 条线路上, 则 $X_{jk} = 1$; 若第 j 个站点不在第 k 条线路上, 则 $X_{jk} = 0$, 可以确定站点与线路的隶属矩阵如表 2 所示.

表 2 线路与站点隶属关系

Table 2 Subjection relationship between lines and stops

站点	线路				
	1	2	3	...	p
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1p}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2p}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3p}
...
m	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	...	X_{mp}

线路客流量是停靠此线路的站点吸引客流量之和. 在公交线网中, 存在多条公交线路共线的情况, 这使得同一站点可以隶属于多条公交线路, 此时, 站点客流按照活动线段的线路发车频率进行分配.

第 i 站点吸引的客流量为 q_i , 设第 k 线路在分配时段内发车频率为 F_k , 则第 j 条线路直接吸引的客流量 Q_{jz} , 计算公式为

$$Q_{jz} = \sum_{i=1}^m \frac{X_{ij} F_j q_i}{\sum_{k=1}^p X_{ik} F_k} \quad (4)$$

若不能得到分配时段内线路发车频率, 可采用简化的方法, 按照线路数进行平均分配, 计算公式为

$$Q_{jz} = \sum_{i=1}^m \frac{X_{ij} q_i}{\sum_{k=1}^p X_{ik}} \quad (5)$$

以上得到的是线路直接吸引客流量. 在很多情况下, 骨干公交线路不能直达大型活动场所区域, 此时, 观众需要换乘到达目的地, 换乘的线路可通过最短路线来确定. 此时, 直达线路吸引的客流量是由自身吸引的客流、换乘的客流组成, 另外, 还要考虑社会背景客流.

$$Q_j = Q_{jz} + Q_{jA} + Q_{jB} \quad (6)$$

式中 Q_j 为第 j 条公交线路的总客流量; Q_{jz} 为第 j 条公交线路的直接吸引客流量; Q_{jA} 为第 j 条公交线路的换乘的客流量; Q_{jB} 为第 j 条公交线路的背景客流量.

4 实例分析

以第 29 届北京奥运会五棵松场馆公交线路客流分配为例, 选取分配时段是篮球馆晚间比赛结束时 24:00 左右散场. 交通小区的划分及各小区产生的观众客流比例见图 3 和表 3.

表 3 交通小区观众公交出行产生比例^[15]

Table 3 Spectator generation ratio in each traffic zone^[15]

小区号	比例 / %	小区号	比例 / %	小区号	比例 / %	小区号	比例 / %
1	0.00	19	5.86	37	7.65	55	0.06
2	0.00	20	2.81	38	1.89	56	0.01
3	0.00	21	1.02	39	0.70	57	0.01
4	0.05	22	6.42	40	0.33	58	0.11
5	0.10	23	3.40	41	0.21	59	0.10
6	0.08	24	12.62	42	0.03	60	0.42
7	0.38	25	5.67	43	0.04	61	0.29
8	0.20	26	3.27	44	0.06	62	4.12
9	0.25	27	1.29	45	0.10	63	1.13
10	1.37	28	0.75	46	0.29	64	0.08
11	0.00	29	0.32	47	0.21	65	0.09
12	0.00	30	0.28	48	1.77	66	0.00
13	0.00	31	0.14	49	7.97	67	0.00
14	0.00	32	0.47	50	2.01	68	0.00
15	0.12	33	1.05	51	1.80	69	0.00
16	0.01	34	0.66	52	0.09	70	0.00
17	0.00	35	4.04	53	0.20	71	0.00
18	0.00	36	7.51	54	0.07	72	0.00

直达场馆线路为 4 条奥运公交专线、4 条屯车线路与地铁 1 号线, 此时运营的城市骨干公交网络为轨道交通网络, 快速公交已经停止运营.

4 条奥运公交专线分别是: 卓成门专线、国家体育场专线、北京西站南广场专线、一亩园专线. 其在五棵松场馆周边停靠站均位于五棵松场馆出口南侧, 如图 4.5 所示.

4 条屯车线路分别是: 373 路、337 路、740 路、840 路, 其中 373 路、337 路停靠站为五棵松桥东, 740 路停靠站为五棵松桥北, 840 路停靠站为五棵松桥南, 如图 4.6 所示. 屯车线路为部分路段运营, 运营路段如表 4 所示. 轨道交通网络包括 1 号线、2 号线、八通线、10 号线、5 号线、8 号线等, 其中地铁 1 号线的五棵松站就在场馆的西侧, 如图 7 所示.

依据前面方法, 得到线路预测客流见表 5 所示.

奥运期间, 根据相关部门对奥运散场客流相关调查, 得到奥运专线与地铁 1 号线的实际客流见表 4 所示. 由于仅对地铁与奥运专线进行了调查, 这使得在此表中并没有屯车线路.

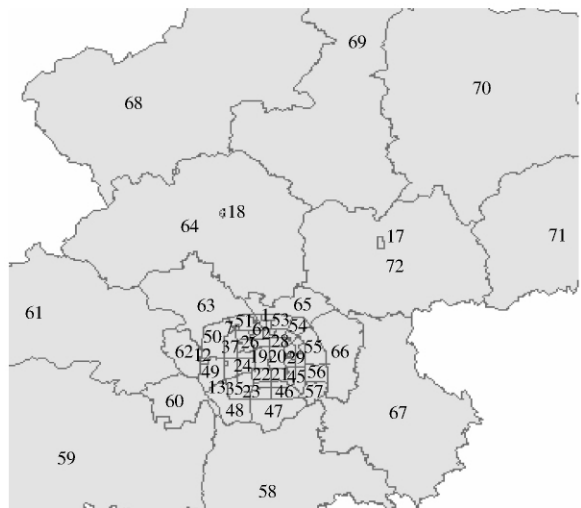


图 3 奥运交通小区划分图^[14]
Fig. 3 Olympic traffic zone division^[14]

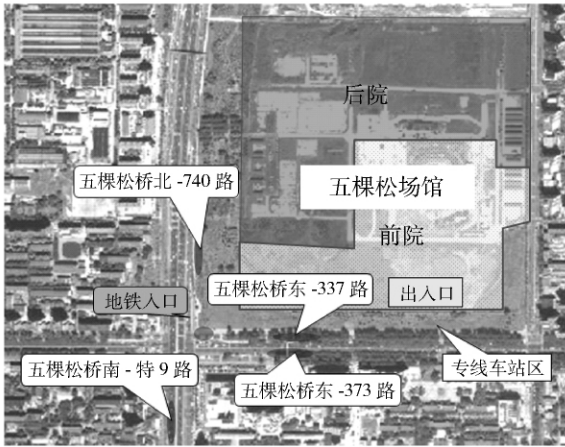


图4 场站位置及停靠线路

Fig.4 Transit stop location and porting lines

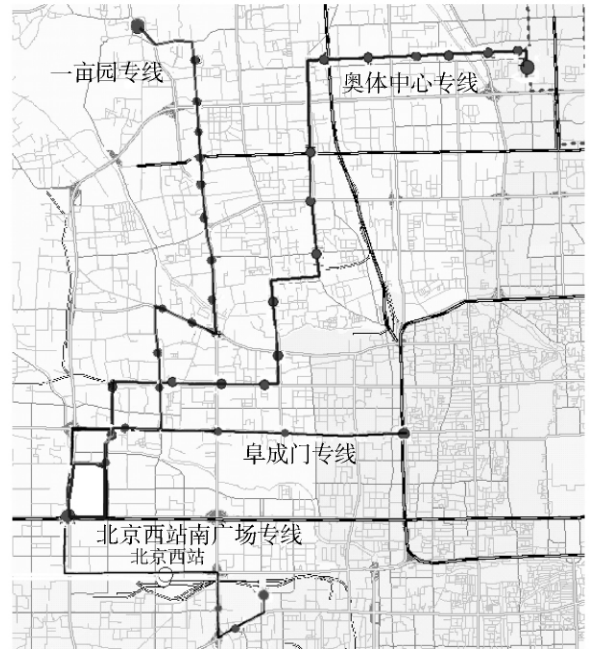


图5 奥运专线路线及其走向

Fig.5 Olympic transit special lines and their directions

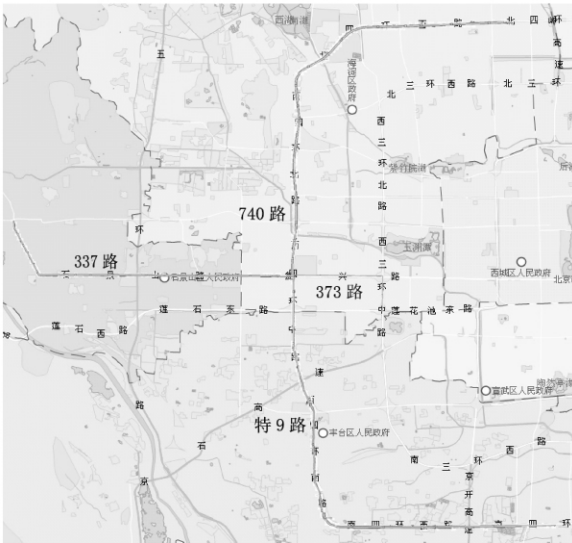


图6 屯车线路及其走向

Fig.6 Bus lines and their directions

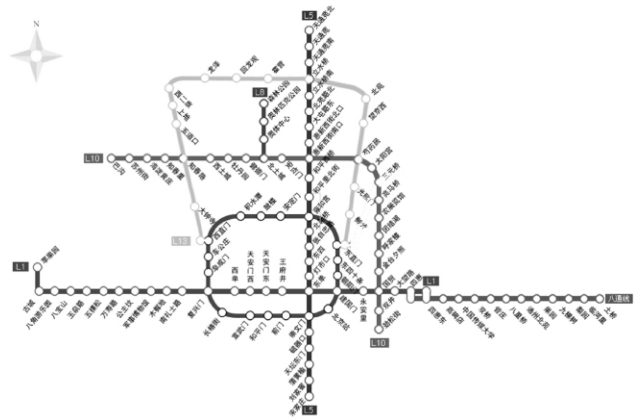


图7 地铁运行线路图^[13]

Fig.7 Operation railway lines^[13]

表4 屯车线路及其运营路段

Table 4 Bus routes and their operation section

屯车线路	运营路段
373	五棵松桥东东至终点
337	五棵松桥东西行至终点
740	五棵松桥北至中关村一街
840	五棵松桥南至大红门桥

表5 线路预测客流与实际客流对比

Table 5 Passenger flow comparison between prediction and reality

线路	客流预测/人	实际客流/人	误差率/%
地铁1号线	6990	7200	3.00
北京西站专线	594	560	5.72
卓成门专线	217	392	80.65
一亩园专线	580	672	15.86
奥体中心专线	806	728	23.57

总体结果分析如下:地铁线路客流预测较为精确,误差为3.00%;专线公交预测误差相对较大,最小为5.72%,最大达到80.65%,但阜成门专线客流量较小,其客流量波动一般较大,这也属正常。

奥运结束后,作者与实地调度人员的调研后发现,部分误差存在的原因有:1)晚间进场与散场运营公交线路相差较大,观众对场馆周边公交信息的变化不了解,部分观众采用了非理想线路;2)部分观众转变交通方式,转化到出租车交通方式;3)交通小区预测OD存在一定的误差;4)方法存在一定的缺陷,尚需完善。

考虑到观众出行的预测难度,过分精确预测客流的可能性不大,此种方法基本可以满足公交运营与调度要求。

5 结束语

作者根据大型活动公交客流特点,确定了线路研究范围,建立了站点服务范围的划分方法;根据站点客流量与服务区域成正比的原则,建立了大型活动交通小区客流量分配模型;在考虑社会背景与换乘客流量的基础上,建立了线路客流量模型。

需要进一步研究的是宣传、步行距离及公交线路运营方式多样化等对大型活动人员线路选择行为的影响,并使之定量化,提高模型的适用性。

参考文献:

- [1] HEINI S, MICHAEL F. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks [J]. *Transportation Research Part B*, 1989(23): 83-202.
- [2] 葛亮, 王伟, 杨明, 等. 基于站点的公交网络配流实用模型与算法研究 [J]. *公路交通科技*, 2004, 21(10): 105-208. GE Liang, WANG Wei, YANG Ming, et al. Research on the model and algorithm of public transit assignment based on bus stop [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2004, 21(10): 105-208. (in Chinese)
- [3] 王伟, 杨新苗, 陈学武, 等. 城市公交交通系统规划方法与管理技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 牛学勤, 王伟. 基于最短路搜索的多路径公交客流分配模型研究 [J]. *东南大学学报: 自然科学版*, 2002, 32(6): 917-919. NIU Xue-qin, WANG Wei. Study on the model of transit network multi-path assignment based on shortest path search [J]. *Journal of Southeast University: Natural Science Edition*, 2002, 32(6): 917-919. (in Chinese)
- [5] 魏恒. 建立混合交通流条件下公交线路客流费用函数的理论方法 [J]. *北京工业大学学报*, 1993, 19(1): 21-25. WEI Heng. Research on the traffic assignment model for transit network [J]. *Journal of Beijing Polytechnic University*, 1993, 19(1): 21-25. (in Chinese)
- [6] 刘灿齐, 杨佩昆. 基于最短路径的城市主干道网规划的算法研究 [J]. *中国公路学报*, 2000, 13(4): 105-207. LIU Can-qi, YANG Pei-kun. Urban main road network planning algorithm on shortest-path [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2000, 13(2): 105-207. (in Chinese)
- [7] 王伟, 杨新苗, 陈学武. 城市公共交通系统规划方法与管理技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 113.
- [8] 过秀成, 吕慎. 基于合作竞争类OD联合方式划分轨道客流分配模型研究 [J]. *中国公路学报*, 2000, 13(4): 91-94. GUO Xiu-cheng, LÜ Sheng. Study of URT's joint split assignment model on cooperative and competitive OD matrix [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2000, 13(4): 91-94. (in Chinese)
- [9] 崔洪军, 陆建, 刘孔杰, 等. 大型活动交通组织管理 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008: 87.
- [10] 吴东平, 朱顺应, 向红艳. 一种新的公交站点服务半径计算方法 [J]. *城市公共交通*, 2006(3): 19-22. WU Dong-ping, ZHU Shun-ying, XIANG Hong-yan. A new method on calculating the service radius of transit stop [J]. *Urban Public Transport*, 2006(3): 19-22. (in Chinese)
- [11] 姚金龙, 胡润洲. 一种用于轻轨交通线路客流预测的新方法 [J]. *都市轨道交通*, 1993(2): 27-29. YAO Jin-long, HU Run-zhou. A new method for passenger flow forecast of light rail [J]. *Urban Rapid Rail Transit*, 1993(2): 27-29. (in Chinese)
- [12] 翟忠民. 道路交通组织优化 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 170-271.

- [13] 北京地铁. 北京现有地铁线路图[EB/OL]. [2009-08-25]. <http://www.bjsubway.com/cczn/dtxtl.asp>
- [14] 北京市交通发展研究中心. 奥运交通需求预测[R]. 北京: 北京市交通发展研究中心, 2008.
Beijing Transportation Research Center. Traffic demand forecast for olympic games [R]. Beijing: Beijing Transportation Research Center, 2008. (in Chinese)
- [15] 北京工业大学交通研究中心. 奥运地面公交仿真系统研究[R]. 北京: 北京工业大学建筑工程学院, 2009.
Transportation Research Center of Beijing University of Technology. Research on olympic simulation system of ground transit [R]. Beijing: Beijing University of Technology, The College of Architecture and Civil Engineering, 2009. (in Chinese)

Study on Transit Assignment in Special Event

WU Yong-yan, WEI Zhong-hua, RONG Jian, LIU Xiao-ming

(Beijing Key Laboratory of Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: According to transit flow characteristics in special event and city size, urban transit route set to study is defined. Based on the defined stop service radius, stop service areas are obtained by geometric partitioning and they in every traffic zone are known by overlapping. Considered that passenger traffic flow is in direct proportion with service areas, transit assignment model is built. Regarding the relations between stops and lines, and transfer flow and background volume, a passenger flow model is built. Finally, transit assignment in Wukesong Gymnasium is taken for example. Transit flow is assigned and compared with the true transit flow. The minimum error is 3% which can satisfy transit operation demand.

Key words: special event; transit assignment; service area; geometric partitioning; traffic zone

(责任编辑 郑筱梅)

(上接第 532 页)

Analysis on Driver's Driving Workload in Different Weather Conditions

HU Jiang-bi¹, LI An¹, WANG Wei-li¹

(Beijing Key Lab of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Weather conditions affect driving safety. Study on the characteristics of the driver workload in bad weather conditions, which can improve the driving safety. A random sample of 3 drivers was tested in a simulator cabin that simulated driving on a freeway under four scenery of weather conditions which are clear day, moderate rain, moderate rain-fog (Visibility 100 m) and moderate rain-fog (Visibility 50 m). Index of heart rate variability (HRV) is adapted to measure driver workload. We found the driver workload varies in different weather conditions and it is higher with the worse of the bad weather condition. Visibility of the driving environment has the most influence on the driver workload.

Key words: traffic safety; driver workload; bad weather; heart rate variability (HRV)

(责任编辑 郑筱梅)