

北京市地铁5号线天通苑地区停车换乘需求预测

Park & Ride Demand Forecasting at Tiantongyuan Area along Beijing Subway Line Five

李 媛, 张秀媛

(北京交通大学交通运输学院, 北京 100044)

LI Yuan, ZHANG Xiu-yuan

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

摘要: 针对北京市地铁5号线天通苑北站P+R停车场规模与实际停车换乘需求不匹配的问题, 研究确定其停车换乘需求的预测方法, 并提出解决停车设施供给不足的方案。在分析天通苑地区P+R停车场时间、车辆来源及设施供给情况的基础上, 建立Logit随机均衡交通方式选择模型, 得到该地区高峰小时停车换乘需求量为1476个泊位。同时, 将预测结果与天通苑北站P+R停车场实际可扩展停车规模进行比较, 提出在瓶颈路段设置新的P+R停车场的方案, 并建立了系统优化平衡模型, 对该地区的停车换乘需求进行分配。结果表明, 新建P+R停车场规模分别为300, 400, 500和600个泊位的条件下, 停车换乘需求基本按照两个停车场的规模比例分配停车数量。

Abstract: Concerning the unbalanced demand and supply of Park & Ride facilities at Tiantongyuan North Station along Line Five of Beijing Subway, this paper investigates how to estimate the demand for Park & Ride facilities at the station and how to solve the problem of insufficient parking space. By analyzing the parking time, the origin of Park & Ride vehicles and facilities supply at Tiantongyuan area, the paper applies a Logit model to

0 引言

停车换乘(Park & Ride, P+R)作为一种交通需求管理手段, 能够减少进入城市中心区的小汽车数量, 有效缓解城市中心区道路拥挤、停车难、交通污染等问题。国外对停车换乘需求预测的研究已经开展了数十年, 文献[1]提出停车换乘需求预测的流程; 文献[2]提出停车换乘需求的影响因素; 文献[3]利用二项Logit模型, 对服务于通勤出行的停车换乘需求进行预测。

国内对停车换乘的研究时间较短, 文献[4]提出停车换乘需求预测的调查内容、调查方法, 以及换乘需求量计算的主要参数和自变量的

estimate a peak hour demand of 1476 vehicles for Park & Ride facilities within the area that exceeds the planned capacity of Park & Ride facilities. To solve the problem, the paper proposes to construct another new Park & Ride lot at Lishuiqiao station where traffic bottlenecks frequently occur. A systematic equilibrium model is also developed by the study to assign the Park & Ride demand at Tiantongyuan area. The results show that the Park & Ride demand is assigned basically according to the scale of the two parking lots. Therefore, the paper suggests to increase parking capacity in the vicinity of Tiantongyuan North Station while reducing the parking spaces at the

newly-built parking lots so as to minimize the vehicles entering congested segment and to relief road congestion.

关键词: 交通规划; 静态交通; 停车换乘需求; Logit模型; 停车换乘需求分配

Keywords: transportation planning; static transportation; Park & Ride demand; Logit model; Park & Ride demand assignment

中图分类号: U491.1⁺2

文献标识码: A

收稿日期: 2009-09-25

基金项目: 北京市科委基金资助(Z07020600290793)

作者简介: 李媛(1986—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 交通工程。

E-mail: 08121457@bjtu.edu.cn

确定方法，给出城市中心区外相邻轨道交通车站处停车换乘站位置选择方法；文献[5]对北京市区停车场的停车换乘行为进行调查和分析，得出不同假设条件下出行者的停车换乘选择意向，发现停车换乘系统选择意向与出行费用和时间显著相关；文献[6]根据上海市停车换乘规划，建立了多种非集计模型，分析结果表明，停车收费标准是影响停车换乘选择的重要因素，通过调整中心区的停车收费、改善轨道交通服务，可以提高停车换乘的选择比例。

停车换乘需求预测相关研究一般集中在停车换乘设施建设运营前的规划阶段，其目的主要在于确定停车换乘设施规模，而对已有的停车设施进行需求预测的内容较少。本文以北京市地铁5号线天通苑地区已有停车换乘设施为例进行需求预测分析。

1 天通苑地区停车换乘设施停车特征

天通苑社区地处昌平区内，位于五环之外，共由5个大的园区组成：天通西苑(3个小区)、天通中苑、天通苑(6个小区)、天通北苑(3个小区)、天通东苑(3个小区)，地铁5号线南北方向穿过社区，见图1。天通苑地区有良好的交通基础设施，地区周边有一条快速路(北五环路)、一条主干路(立汤路)和两条轨道交通线路(地铁5号线、地铁13号线)，地区内道路宽敞(道路红线为30~

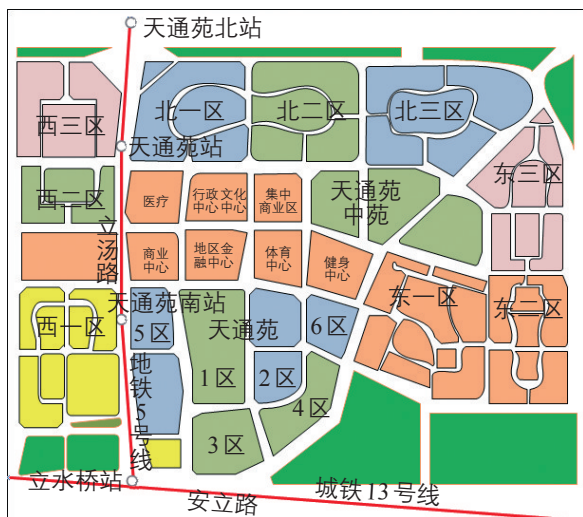


图1 天通苑地区示意图
Fig.1 Tiantongyuan area

60 m)。地铁5号线在这一地区有3个轨道交通车站，分别为天通苑南站、天通苑站和天通苑北站(终端站)，是连接城市中心区和郊区的中间衔接点。

为发挥轨道交通的辐射功能，在天通苑北站设置了P+R停车场，占地1.1万m²，由初期的272个泊位调整至438个泊位。停车场开通运营2年多，已经形成良好的停车换乘吸引能力，主要特征如下：

1) 时间分布特征。

① 进出时间分布。

根据车辆进出调查数据，以10 min为间隔，分别统计停车场车辆出入数量，见图2。车辆进入停车场的高峰期为6:00—9:00，车辆离开停车场的高峰期为17:00—20:00，早高峰停车集中指数(早高峰进驻停车场的车辆数/停车场容量)为90.64%。由此可见，天通苑北站P+R停车场吸引的客流绝大部分为通勤客流，达到了预期目标。

② 停车时长。

以1 h为间隔统计车辆停车时长分布，见图3。车辆大部分的停车时长为9~14 h，平均停车时长为10.36 h，表明停车场很好地发挥了停车换乘的作用，停车场内的车辆主要是基于停车换乘需求产生的停车量。约10%的车辆停车时长小于6 h，说明配建P+R停车场低廉的停车价格也吸引了一部分临时停车需求。

2) 空间分布特征。

在天通苑北站选择停车换乘方式进行换乘的客流约占总换乘客流的6.62%。而在所有选择停车换乘方式的客流中约有2%来自天通苑地区(直接服务区)，剩余的98%来自昌平地区(辐射区)，见图4。这是因为，立汤路是昌平地区进入中心城区的必经之路，由于BRT 3号线的建设，立汤路由原来的3车道变为2车道，若选择小汽车进入中心城区，拥堵将更为严重，导致出行时间加长。

3) 停车换乘设施供给情况。

根据调查发现，不仅在天通苑北站P+R停车场有停放车辆，而且在周边的路面上也停放有P+R车辆，而这些车辆大都是因为P+R停车场泊位不足而违章停放。可见，天通苑北站的P+R停车场规模不能满足该地区的停车换乘需求。图5为

2008年12月1—22日9:00—14:00天通苑北站周边地面停车数量统计情况: 周末, 大部分车辆停车时长小于5 h; 而在平日同一时段, 停车5 h以上的占绝大多数。由此可以推断, 在P+R停车场附近路面停车的车主选择换乘地铁作为通勤方式的比例较高。同时, 从图4可以看出, 与P+R停车场内的情况相同, 路面停放的P+R车辆中绝大部分也来自于昌平地区。

以上分析表明, 天通苑北站P+R停车场内的绝大部分车辆由通勤需求产生, 其吸引的客流绝大部分来自昌平地区, 并且停车场规模小于实际停车换乘需求。虽然2010年将在天通苑北站附近

修建北苑北换乘枢纽, 可与该停车场共同为这一地区提供约1 000个P+R泊位, 但是, 扩容后的停车换乘供给量与该地区的停车换乘需求是否匹配还是一个疑问, 因此, 有必要建立停车换乘需求预测模型对天通苑地区的停车换乘需求进行预测。

2 停车换乘需求预测

2.1 三种出行方式的阻抗分析

天通苑地区是从生活区到工作区之间通行道路上的一个瓶颈, 瓶颈路段为立汤路天通苑北站

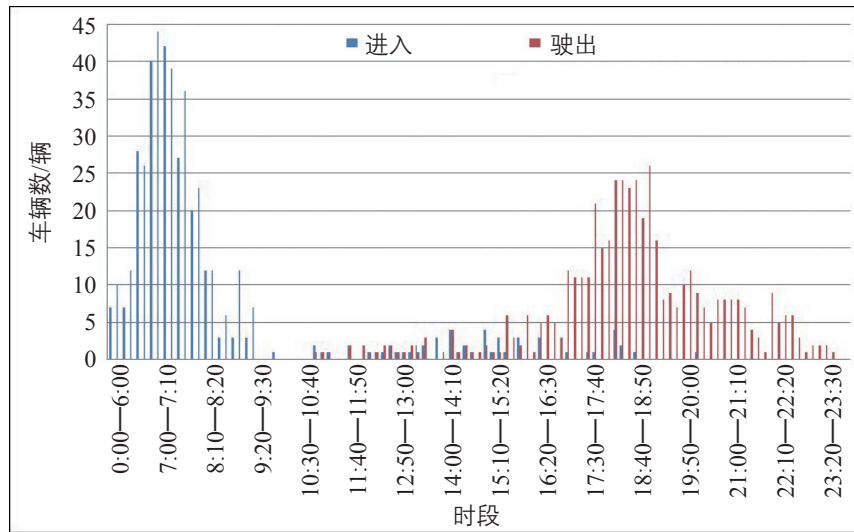


图2 天通苑北站P+R停车场进出车辆时间分布

Fig.2 Distribution of car arrival/departure time at the P&R facility near Tiantongyuan North Station

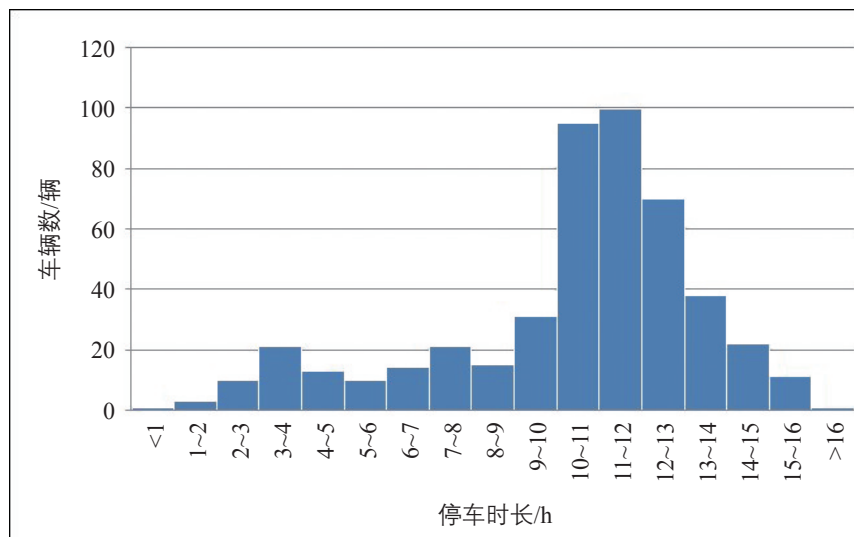


图3 天通苑北站P+R停车场车辆停车时长

Fig.3 Parking duration at Tiantongyuan North Station Park & Ride lot

至立水桥南站，此路段上设有地铁车站及停车场，且地铁线路与立汤路、安立路并行。因此，出行者每天从O点至D点可以选择的出行方式有以下三种(见图6)：1)从O点出发全程开车至D点的停车场，然后步行至目的地；2)从O点出发开车至瓶颈处，停车换乘地铁到达D点的地铁站，然后步行至目的地；3)从O点出发乘坐公共汽车到达地铁站，乘地铁到达D点的地铁站，然后步行至目的地。

1) 全程驾车。

由于瓶颈处的通过率有限，选择小汽车出行通过瓶颈处时会遇到道路拥堵，因此全程驾车出行成本不仅要考虑小汽车的出行时间和费用，还要考虑瓶颈处的拥堵状况。此外，还应考虑步行时间和停车费用。全程驾车出行阻抗的计算采用如下函数式^[7]：

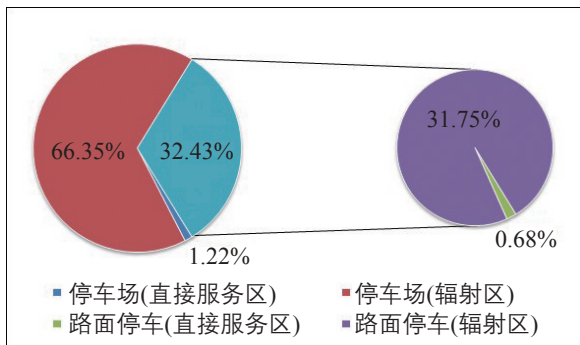


图4 天通苑北站停车换乘车辆来源
Fig.4 The origin of Park & Ride vehicles at Tiantongyuan North Station

$C_1 = \delta N_1/s + \alpha[(L+l)/V_1 + T_{b1}] + F_{car} + f(L+l) + Cp_1$, (1)
式中： δ 为瓶颈处道路拥挤成本率； N_1 为选择全程驾车的出行量； s 为道路瓶颈处的通行能力； α 为单位时间成本； L 为从O点到瓶颈处的距离； l 为从瓶颈处到D点的距离； V_1 为小汽车车速； T_{b1} 为驾驶人将小汽车停放在D点的停车场后步行至目的地的时间； F_{car} 为驾车的固定成本； $f(L+l)$ 为与距离有关的小汽车油耗费用， $f(x) = \alpha x/V_1$ ； Cp_1 为D点停车场的停车费用。因此， $\delta N_1/s$ 为小汽车通过瓶颈处的拥堵成本， $\alpha[(L+l)/V_1 + T_{b1}]$ 为小汽车出行总的时间成本， $F_{car} + f(L+l) + Cp_1$ 为全程驾车的费用成本。

2) 停车换乘。

采用停车换乘方式到达D点的出行成本包括路上时间成本(如驾车时间成本、停车换乘时间成本、步行时间成本和地铁内换乘时间成本)、驾车固定成本、驾车油耗费用、地铁票价、车厢内的拥挤成本和瓶颈处的停车费用。建立的出行阻抗函数为

$$C_2 = \alpha(L/V_1 + l/V_2 + T_h + T_{b2} + T_c) + \beta \frac{l}{L+l} g(N_2 + N_3) + F_{car} + f(L) + Ct + Cp_2, \quad (2)$$

式中： V_2 为地铁速度； T_h 为停车换乘所需时间； T_{b2} 为到达D点地铁站后步行至目的地的时间； T_c 为地铁内换乘时间； β 为地铁拥挤成本率； $g(n)$ 为与乘车人数 n 相关的地铁车厢内拥挤函数； N_2 为

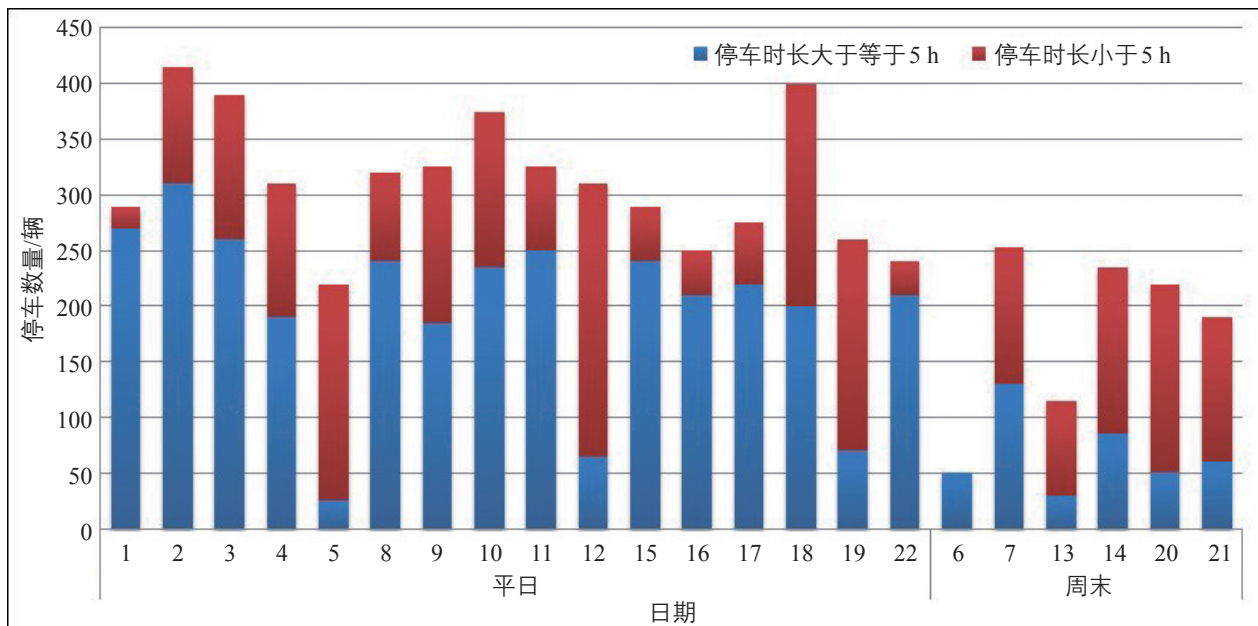


图5 天通苑北站地面停车时长统计图
Fig.5 Parking duration at Tiantongyuan North Station parking lot

选择停车换乘的出行数量; N_3 为选择全程乘坐地铁的出行量; Ct 为地铁票价; Cp_2 为瓶颈处换乘点的停车费用。因此, $\alpha(L/V_1+l/V_2+T_h+T_{b2}+T_c)$ 为停车换乘方式出行的总时间成本, $\beta \frac{l}{L+l} g(N_2+N_3)$ 为地铁车厢内的拥挤成本, $F_{car}+f(L)+Ct+Cp_2$ 为出行总费用成本。

车厢内拥挤程度主要与车厢内的乘客数有关, 当乘客数小于车厢内的座位数时, 车厢内的拥挤程度值为0。当人数继续增加, 其拥挤程度也会随之升高; 当达到车厢最大可容纳人数时, 其拥挤程度的变化也会加剧。建立的函数式^[8]如下:

$$g(n) = \begin{cases} 0, & n \leq c \\ \frac{n-c}{c} A, & c < n \leq c_{\max} \\ \frac{n-c}{c} A + \frac{n-c_{\max}}{c_{\max}} B, & n > c_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

式中: c 为地铁车厢内的座位数; c_{\max} 为地铁车厢最多可容纳人数; A, B 为系数。

3) 全程乘坐地铁。

全程乘坐地铁的出行成本包括路上时间成本(如乘坐地铁的时间成本、地铁内换乘时间成本以及步行到达地铁站和离开D点地铁站步行至目的地的时间成本)、车厢内拥挤成本和地铁票价。建立的出行阻抗函数为

$$C_3 = \alpha \left(\frac{L+l}{V_2} + T_{b3} + T_c \right) + \beta \left[\frac{L}{L+l} g(N_3) + \frac{l}{L+l} g(N_2+N_3) \right] + Ct,$$

式中: T_{b3} 为从O点出发到达地铁站的步行时间以及到达D点地铁站后步行至目的地的时间。因此, $\alpha \left(\frac{L+l}{V_2} + T_{b2} + T_c \right)$ 为全程乘坐地铁总的

时间成本, $\beta \left[\frac{L}{L+l} g(N_3) + \frac{l}{L+l} g(N_2+N_3) \right]$ 为车厢内的拥挤成本。

任何一个参数的变化都会导致出行者对出行方式选择的改变, 如增加D点停车场的停车费用, 可直接减少全程驾车的出行者人数, 导致选择其他两种方式的出行者人数增加, 从而增加地

铁车厢内的拥挤程度, 这样又反过来增加了全程驾车的出行者人数。但是, 最终这三种出行方式之间会以某种原则形成均衡。

2.2 Logit方式选择模型

通常随机效用理论将效用函数 U 分为非随机变化的部分 V (固定项) 和随机变化的部分 ε (概率项), 并假设它们之间呈线性关系, 即 $U_i = V_i + \varepsilon_i$, $i = 1, 2, \dots, m$ 。目前, 一般的处理方法是引入多项 Logit 模型, 并将停车换乘出行虚拟为一种特殊的出行方式^[8], 这里以最常用的线性函数来表示每一种出行方式的效用。根据天通苑北站乘客 SP 调查结果, 在通常情况下, 小汽车拥有者极少会选择全程乘坐地铁这种方式出行, 故在停车换乘需求预测时不考虑这种出行方式。全程驾车和停车换乘两种出行方式的效用函数为

$$\begin{cases} U_{1n} = V_{1n} + \varepsilon_{1n} = \theta_0 + \theta_1 T_{1n} + \theta_2 F_{1n} + \theta_3 D_{1n} + \varepsilon_{1n} \\ U_{2n} = V_{2n} + \varepsilon_{2n} = \theta_0 + \theta_1 T_{2n} + \theta_2 F_{2n} + \theta_3 D_{2n} + \varepsilon_{2n} \end{cases}$$

式中: θ_i 为权重系数; T_{1n} 为 OD 间全程驾车的总时间成本; F_{1n} 为全程驾车的总费用成本; D_{1n} 为全程驾车的道路拥堵成本; T_{2n} 为选择停车换乘出行的总时间成本; F_{2n} 为选择停车换乘出行的总费用成本; D_{2n} 为选择停车换乘出行的总拥堵成本。

随机项 ε_m 表示的是因为信息不准确或其他原因造成的估计误差, 这里假设其独立同分布且服从均值为 0 的 Gumbel 分布, 可推导停车换乘的选择概率函数

$$P_{2n} = \frac{\exp V_2}{\sum_{j=1,2} \exp V_j} = \frac{1}{1 + \exp \left[-\sum_{k=1}^k (V_{2k} - V_{jk}) \right]} \quad (4)$$

2.3 基于瓶颈处的停车换乘需求预测

根据调查, 立汤路早高峰单向交通量为 4 600 辆·h⁻¹, 其中约有 63% 的车辆来自天通苑地区, 小汽车使用者停车换乘耗费的平均时间 T_c 为 5 min。设定乘客进入二环区域范围内即为到达终点 D,

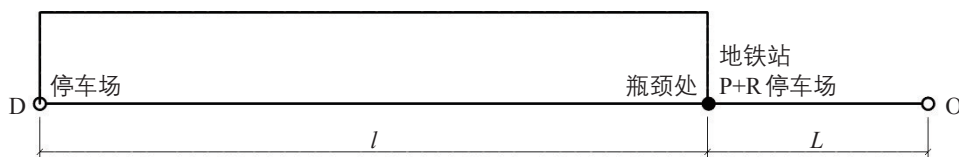


图6 通勤出行示意图

Fig.6 Commuting traffic patterns

故 T_{b1} 和 T_{b2} 的取值为 0。通过重心法得到自昌平地区出行的乘客早高峰平均出行距离为 27.8 km, 其中 $L=11$ km, $l=16.8$ km; 来自天通苑地区的乘客早高峰平均出行距离为 19.8 km, 其中 $L=3$ km, $l=16.8$ km。此外, $s=2\ 812$ 辆·h⁻¹(具体数值参考文献[10]); 由北京市交通统计数据可知北京市早高峰平均车速 $V_1=10$ km·h⁻¹; 根据北京市停车收费标准以及《关于地铁 5 号线天通苑北停车场试行为驻车换乘车辆停放收费进行优惠的通告》, 得到 $C_{p1}=15$ 元, $C_{p2}=2$ 元; 地铁 5 号线运行时速 $V_2=36$ km·h⁻¹, 地铁车厢最大设计载客量 $c_{\max}=1\ 424$ 人·辆⁻¹; 北京现行票价 $C_t=2$ 元; 其他参数根据经验分别取值为: $\delta=10$, $\alpha=20$ 元·h⁻¹, $\beta=10$, $F_{car}=5$ 元。

将以上参数带入式(1)和式(2), 根据式(4)计算得到来自天通苑地区和昌平地区选择停车换乘的早高峰小汽车数分别为 433 辆和 1 043 辆, 故立汤路这一拥堵路段需设置的停车换乘泊位数为 1 476 个。可见, 目前在天通苑北站设置的 P+R 停车场无法满足停车换乘需求, 即使当该停车场扩建至 1 000 个泊位容量时, 也只是有效截流了来自昌平地区的车流。因此, 可以选择在瓶颈路段的中部设置一个 P+R 停车场, 这样不仅可以截流来自天通苑地区的车流, 也可以分担一部分昌平地区的停车换乘车辆。

对位于瓶颈路段的几个地铁车站进行调查, 发现立水桥车站周边不但留有可供建设 P+R 停车场的空地, 还可共享临近的商务会所和建材市场配建停车场的 350 个泊位。此外, 天通苑地区的通勤客流则更易于在立水桥站进行停车换乘。调查发现, 虽然立水桥站没有修建 P+R 停车场, 但是在 13 号线高架轨道下方空地和周边道路路边各停有 31 辆和 45 辆车, 可见立水桥站停车换乘需求已非常强烈。故暂选定立水桥站设置 P+R 停车场。

3 停车换乘需求分配

如果在立水桥站设置一个 P+R 停车场, 那么出行者在停车换乘时会视具体服务状况在这两个 P+R 停车场中进行选择, 这时停车换乘设施的可用性是影响出行者选择的最主要因素。停车换乘设施的可用性是指某一时刻停车换乘设施的泊位空闲程度, 停车换乘设施可用性越大, 停车阻抗

越小, 出行者越有可能选择。同时, P+R 停车场作为一项公共设施是由政府统一投资、建设、经营或管理的, 因此其面临着如何实现整个停车换乘系统最优化的问题(系统优化平衡)。下文将基于 Wardrop 第二原理对天通苑地区 P+R 需求的分配问题进行研究。

3.1 P+R 需求分配原理

在 OD 间的瓶颈路段(P_1M)上选取两个车站 P_1 (天通苑北站)、 P_2 (立水桥站)作为 P+R 换乘点(见图 7), 并且定义 $t(x_i)$ 、 $t'(x_i)$ 为路段阻抗及停车阻抗, 将通往某个 P+R 设施的路段及与之相连的停车换乘设施看作一条路径, 则每条路径的阻抗为 $t(x_i)+t'(x_i)$ 。

1) 基本假定。

位于同一瓶颈区段且处于相互竞争状态的停车换乘设施其泊位数量处于同一数量级; 所有停车换乘设施使用者总是相信停车系统提供的信息并接受统一调度; 位于同一瓶颈区段且处于相互竞争状态的停车换乘设施使用同样的收费管理模式。

2) 模型建立。

如果停车换乘设施使用者选择位于 P_1 点的停车场进行停车换乘, 则 OP_1 路段的路段阻抗

$$t_1(x_1) = \frac{x_1}{C_L}, \quad (5)$$

式中: x_1 为单位时间内 OP_1 路段行驶的车辆数; C_L 为 OP_1 路段的通行能力。

P_1 点处的停车换乘设施停车阻抗

$$t'_1(x_1) = \frac{x_1+x'_1}{c_1}, \quad (6)$$

式中: x_1 为 OP_1 路段上使用 P_1 点停车换乘设施的车辆数; x'_1 为 P_1 点停车换乘设施的停放车辆数; c_1 为 P_1 点停车换乘设施的设计泊位数。

同理, 设 x_d 为 P_1P_2 路段行驶的车辆数, C_d 为 P_1P_2 路段的通行能力, x_2 为路段上使用 P_2 点停车换乘设施的车辆数, x'_2 为 P_2 点停车换乘设施的停放车辆数, c_2 为 P_2 点停车换乘设施的设计泊位数, 可得 OP_2 路段的路段阻抗和 P_2 点的停车换乘设施停车阻抗分别为

$$t_2(x_2) = \frac{x_2}{C_L} \cdot \frac{L}{L+d} + \frac{x_d}{C_d} \cdot \frac{d}{L+d}, \quad (7)$$

$$t'_2(x_2) = \frac{x'_2+x_2}{c_2}. \quad (8)$$

则以路段阻抗及停车阻抗总和最小为目标的系统优化平衡模型(SO)^[11]为

$$\begin{aligned} \min z &= x_1[t_1(x_1)+t'_1(x_1)] + x_2[t_2(x_2)+t'_2(x_2)] \\ \text{s.t.} \quad &x_1 + x_2 = x_L - x_{qc} = q \quad (x_1, x_2 \geq 0) \end{aligned} \quad (9)$$

式中: x_{qc} 为选择全程驾车出行的车辆数; q 为选择停车换乘出行方式的车辆数。

3.2 实例分析

假设在立汤路沿线的立水桥站设置P+R停车场, 该停车场距离天通苑北站的P+R停车场为3.7 km。已知天通苑北站P+R停车场的设计泊位容量为1 000, 6:00—7:00干路车辆平均到达率 λ 为76 辆·min⁻¹, 来自昌平的车辆平均到达率 λ_1 为48 辆·min⁻¹, 来自天通苑的车辆平均到达率 λ_2 为28 辆·min⁻¹, 换乘车辆平均到达率 λ_{P+R} 为24 辆·min⁻¹。应用上述分配方法确定这一时段内各个停车换乘设施的停放车辆数。

以15 min为一个状态区间, 由已知数据可得: $T=1$ h, $t=15$ min, $C_L=C_r=2\ 812$ 辆·h⁻¹, $\lambda_{P+R}t=x_1+x_2=360$, $x'_1=x'_2=0$ 辆, $c_1=1\ 000$ 辆, $L=11$ km, $d=3.7$ km, $X_L=\lambda_1t=720$, $x_r=\lambda t-x_1=1\ 140-x_1$ 。

立水桥站停车换乘设施规模 c_2 分别取 300, 400, 500 和 600 个泊位, 应用式(5)—(9), 得到分配结果, 见表1。可以看出, 依据新建P+R停车场的规模不同, 两个停车换乘设施在4个状态区间(高峰小时每15 min为一个状态区间)基本按照停车规模的比例分配停车数量, 拟在立水桥站新建的P+R停车场的车辆停放数随停车场规模的增加而增大。可见, 应尽量在天通苑北站附近增加新的停车泊位, 同时尽量减小立水桥站的P+R停车场规模, 以最大限度地减少进入拥堵路段的车流量, 缓解交通拥堵问题。

实际操作中, 可应用停车诱导系统来实现系统优化平衡。在连接各P+R停车场的道路入口处

设立诱导标志牌, 显示该停车场的可用停车泊位数。当车辆在某个停车换乘设施停放以后, 显示牌上的数字按照已停放车辆数作出相应变化, 从而保证各个P+R停车场按照事先计算结果进行停车量分配, 确保系统路段及停车总阻抗最小。

4 结语

本文通过对北京市地铁五号线天通苑北站P+R停车场停车行为的时间、空间特征以及供给情况的分析, 将出行者的出行过程抽象成为瓶颈路段模型, 并建立了Logit随机均衡出行方式选择模型进行停车换乘需求预测。然后, 将预测结果与天通苑北站P+R停车场的实际停车规模比较, 提出在瓶颈路段连续设置P+R停车场的方案, 并对

表1 停车需求分配结果

Tab.1 The result of parking demand assignment

c_2 /泊位	状态区间 /min	P ₁ 停放车辆数 /辆	P ₂ 停放车辆数 /辆
300	0~15	278	82
	>15~30	555	165
	>30~45	832	248
	>45~60	1 000	300
400	0~15	258	102
	>15~30	515	205
	>30~45	772	308
	>45~60	1 000	400
500	0~15	141	119
	>15~30	481	239
	>30~45	721	359
	>45~60	961	479
600	0~15	226	134
	>15~30	451	269
	>30~45	676	404
	>45~60	901	539

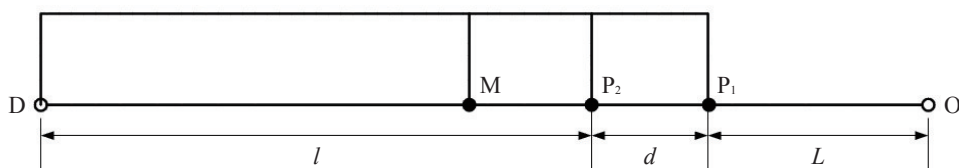


图7 有两个P+R换乘点的出行示意图

Fig.7 Travel patterns with two Park & Ride facilities

停车换乘需求进行了分配,以期能够为天通苑北站P+R停车场规模与实际停车换乘需求不匹配的问题提供解决途径和方法。但是,本文假设在立水桥站设置P+R停车场,只是考虑到该车站周边的可开发空间较大以及停车换乘车辆的停放便利性,其合理性有待进一步论证。此外,瓶颈路段周边区域产生的新增车流量在停车换乘需求分配的过程中未作考虑,而这些新增车流量可能会对停车换乘需求分配结果造成一定的影响。

参考文献:

References:

- [1] William E. Hurrell. Application of Siting and Demand Estimation Models to Coordinate Park-and-Ride Facility Planning[C]// Steven B Colman. The 7th international HOV Facility Conference. US: TRB, 1994.
- [2] Robert J, Spillar A. Comprehensive Planning and Design Manual for Park-and-Ride Facilities[R]. Washington DC: The United States Department of Transportation, 1997.
- [3] Arne R Hole. Forecasting the Demand for an Employee Park and Ride Service Using Commuters' Stated Choices[J]. Transportation Policy, 2004, 4(2): 355 - 362.
- [4] 裴玉龙, 刘春晓. 停车换乘站位置选择及换乘需求预测[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(1): 60 - 63.
- PEI Yu-long, LIU Chun-xiao. Park-and-Ride Station Location and its Demand Predicting[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(1): 60 - 63.
- [5] 秦焕美, 关宏志, 李洋. 大城市P&R系统选择行为调查初步分析: 以北京市为例[J]. 交通运输工程与信息学报, 2004, 2(4): 77 - 83.
- QIN Huan-mei, GUAN Hong-zhi, LI Yang. Analysis on the Choice Behavior Survey of the P&R System in Metropolis: Case Study in Beijing, China[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2004, 2(4): 77 - 83.
- [6] 张戎, 闫哲彬, 王林平. 上海停车换乘选择比例研究[C]// 杨涛. 第十六届海峡两岸都市交通学术研讨会论文集. 南京: 东南大学出版社, 2008: 479 - 485.
- ZHANG Rong, YAN Zhe-bin, WANG Lin-ping. Study on the Share Rate of Park-and-Ride in Shanghai[C]// YANG Tao. Sixteenth Seminar of Metropolis Traffic between the Strait. Nanjing: Southeast University Press, 2008: 479 - 485.
- [7] 田琼, 黄海军, 杨海. 瓶颈处停车换乘Logit随机均衡选择模型[J]. 管理科学学报, 2005, 8(1): 1 - 6.
- TIAN Qiong, HUANG Hai-jun, YANG Hai. Mode Choice Models Based on Logit Stochastic Equilibrium in Transportation Systems with Park-and-Ride Option[J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(1): 1 - 6.
- [8] 高自友, 宋一凡, 四兵峰. 城市交通连续平衡网络设计: 理论与方法[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- GAO Zi-you, SONG Yi-fan, SI Bing-feng. Urban Transportation Continuous Equilibrium Network Design Problem: Theory and Method[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2000.
- [9] 黄敏, 周涛. Probit随机均衡选择模型在P&R需求预测中的应用[J]. 交通标准化, 2007, 12(172): 183 - 185.
- HUANG Min, ZHOU Tao. Probit-based Stochastic Equilibrium Used in the Demand Forecasting of P&R Planning[J]. Communications Standardization, 2007, 12(172): 183 - 185.
- [10] 王伟, 过秀成. 交通工程学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.
- WANG Wei, GUO Xiu-cheng. Traffic Engineering [M]. Nanjing: Southeast University Press, 2001.
- [11] 沈家军, 王伟, 陈峻. 基于路段及停车阻抗的停车换乘系统优化平衡模型[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(2): 80 - 84.
- SHEN Jia-jun, WANG Wei, CHEN Jun. System Optimization Equilibrium Model of Parking and Riding Based on Road Section and Parking Impedances[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7(2): 80 - 84.