

文章编号:1005-0523(2018)04-0060-08

# 南昌轨道交通沿线外围停车换乘建设分析

艾瑶<sup>1</sup>,曾灿<sup>2</sup>,张兵<sup>1</sup>

(华东交通大学 1.交通运输与物流学院;2.土木建筑学院,江西 南昌 330013)

**摘要:**针对南昌轨道交通1号线沿线的停车状况、轨道交通出行特性、以及城市外围区与中心区道路交通车速等进行调研,在此基础上,借鉴国内外城市建设经验,用定性定量分析相结合的方法对南昌市停车换乘可行性进行了分析判别,未来南昌市有2~3条完整的轨道线路组成线网运行时,基本具备停车换乘构建条件。通过选择地铁1号线外围昌北开发区作为实例研究,提出非集计Logit概率模型预测停车换乘需求实用可行,轨道交通建设期应为停车换乘预留或控制好用地、规模的建设条件,并对停车换乘提出具体建设建议。

**关键词:**南昌轨道交通;停车换乘;调研分析

**中图分类号:**U491

**文献标志码:**A

南昌市2009年开始轨道交通建设,2015年底1号线建成通车,目前2,3号线在建,4号线即将开工,到2021年将有4条线组成的轨道交通线网运营。为了更好的提高城市公共交通分担率,发挥城市轨道交通的骨干作用,做好城市轨道交通与其它交通方式的衔接,进一步提高轨道交通的间接吸引出行量十分重要。地面公交接驳以及非机动车、小汽车方式换乘轨道交通,是轨道交通间接吸引客流的主要途径,而轨道站周边停车设施建设对于停车换乘轨道出行具有很大影响。本文结合南昌市正在进行的轨道交通建设,以提高轨道交通出行、缓解中心城区交通压力为目标,针对轨道1号线外围区停车换乘建设时机及具体建设进行分析,以期南昌轨道交通停车换乘建设提供有价值的参考建议。

## 1 南昌轨道交通沿线外围停车换乘建设时机分析

### 1.1 现状调查

#### 1.1.1 轨道1号线外围站点周边停车现状

通过对轨道1号线北端最后2个站双港站、孔目湖站周边道路的停车调查(见表1),了解到现状轨道1号线外围站点周边无路外公共停车场,路边停车泊位数远远不能满足实际停车需求,高峰期停车泊位与实际停车需求差额达416个。较多私家车、非机动车、微公交停在地铁站出站口等待接客,停车步行距离约在100 m以内。站点周边大多数停车不是停车换乘目的。

#### 1.1.2 市民轨道交通出行调查

通过对轨道1号线中心区卫东站及外围区双港站的轨道出行乘客进行问卷调查,周末调查共计330份有效调查表,工作日调查共计283份有效调查表,了解到市民轨道交通出行乘客绝大多数为无私家车的市民(周末占88.5%,工作日占74%)。乘客出行到达地铁站的方式大多数是步行(占61%~84%),少部分坐公交车(占6%~36%),骑自行车(电动车)和开车(打出租车)换乘的人员较少。外围区地铁站对市民的吸引范围大致为:步行1.5 km,公交6 km,小汽车4 km。问卷调查中部分有私家车的市民认为,坐地铁还是更辛苦,没有自己开车方便。

收稿日期:2018-01-24

基金项目:江西省重点研发计划项目(20161BBG70080);江西省交通运输厅科技项目(2014R0011)

作者简介:艾瑶(1971—),女,副教授,研究方向为交通工程。

表 1 路边停车调查结果  
Tab.1 Roadside parking survey results

调查地点	施化停车泊位数/个	各时间段路边实际停车数量/辆					
		16:20	16:40	17:00	17:20	17:40	18:00
军民友谊路北段	0	22	27	29	26	31	27
军民友谊路南段	0	90	93	91	90	96	94
双港东大街西段	89	180	173	162	172	175	171
枫林东大街	74	140	143	160	169	164	166
双港大道	0	22	20	21	19	23	25
双港东大街中段	0	37	42	45	39	36	30
双港东大街东段	56	68	73	87	79	101	92
皇姑路	0	16	13	21	17	9	11

### 1.1.3 高峰期车速调查

通过在高峰期进行跟车调查,对轨道 1 号线所经过的外围昌北开发区、红谷滩新城中心区与老城中心区进行车速调查,主要调查结果:

1) 高峰期昌北开发区范围平均行程速度 27 km/h;红谷滩新城中心区范围平均行程速度 20 km/h,老城中心区范围平均行程速度 16 km/h。可以看出,高峰期老城区行驶车速低,交通拥堵严重。

2) 高峰期从外围昌北开发区(双港站)开车到红谷滩中心区约 30 min,平均行程速度 22 km/h。而乘坐地铁 1 号线从外围双港站到红谷滩中心区约 20 min。

3) 高峰期从外围昌北开发区(双港站)开车到老城中心区约 45 min,平均行程速度 18 km/h。而乘坐地铁 1 号线从外围双港站到老城中心区约 35 min。

### 1.1.4 现状调查总结

从目前南昌市新老城区交通拥堵现状,以及开车出行时间与地铁出行时间对比分析,外围区到老城区坐地铁更省时,实际中心城区停车也存在泊位不足以及不便利等问题,但实际调查发现,有私家车的采取地铁出行方式的比例还是较少。因此可以看出,南昌市轨道交通发展仍不够成熟,在吸引私家车转乘地铁出行,由此减少私家车进入中心区,解决中心区拥堵及停车问题方面,还未能充分发挥显著作用。如何采取措施或优惠政策,吸引更多人乘坐地铁,以及外围区如何加强建设、引导市民换乘轨道交通进入城市中心区,这些方面还需要进一步探讨研究并积极采取对策措施。

## 1.2 南昌市停车换乘可行性定性分析

机动车停车换乘系统在国外已经有很多国家在采用,新加坡的停车换乘系统刚建设时并不理想,后通过各种政策手段不断完善得以调节,获得良好实施效果。德国与我国北京等一些大城市在上午高峰期进入停车换乘设施的车辆占全天比例都较高<sup>[1]</sup>。但国内也有部分城市 P&R 停车场投入使用后,存在“冷热不均”的现象,有些停车场满负荷运营,也有一些停车场的车位闲置率却非常高。因此分析停车换乘实施条件以及建设时机是非常必要的。

纵观国内外发展停车换乘成功的城市,可以总结出这些城市实施停车换乘的背景条件的一些共同特征,主要有:机动车保有量大,中心区功能聚集严重,有高效的轨道交通的支撑<sup>[2]</sup>。南昌市也同样显示出这些方面的特征背景,初步具备了停车换乘构建条件。

1) 机动车保有量增长速度快。南昌市 2016 年末汽车保有量达 86 万辆,近几年每年以 18%左右的速度

增长,可见南昌市已步入快速机动化时代。随着城市拓展及经济发展,机动化增长趋势仍会持续较长时间。2016年底,全市个人汽车保有量达74万辆,同比增长21.2%。其中私人轿车48万辆,同比增长20.6%。私家车保有量占汽车保有量比重逐年提高,成为拉动全市汽车拥有量快速增长的主要动力。私家车改变着人们的出行方式,小汽车方式的通勤出行已成为一种常态。上下班高峰期中心城区拥堵严重,使小汽车出行者耗费更多的时间。

2) 老城区与红谷滩新城区功能聚集。2016年南昌市户籍总人口近523万,其中市区人口200多万,新老中心城区人口近100万。中心城区人口密度大,集商贸金融、行政办公、文化、居住等多功能为一体。中心城区功能聚集,导致城市其他不同片区的向心交通出行特征显著。从调查的南昌市居民交通出行OD分布看,中心城区出行总量占全市区总量的40%左右。

老城中心区高峰期车速低,交通拥挤堵塞现象严重,大多数交叉口运行状况较差。红谷滩新城中心区交通压力比老城中心区相对好些,但庐山南大道、南斯友好路、赣江中大道等主干道饱和度也达到0.7~0.8,部分交叉口运行状况较差。

3) 轨道交通发展。目前南昌市1号线以及2号线南段已开通,总长48 km,现状轨道线网效能还未能充分体现出来。预计2018年底1号线以及2号线全线开通,线路总长可达70 km。2020年底1,2,3号线开通,线路总长可达100 km;到2021年将形成1~4号共4条运营线路,总长135 km的轨道交通网络。南昌市轨道交通线网的规划建设,为实施停车换乘提供了物质基础,通过实施停车换乘缓解中心城区交通压力,使改善中心城区交通拥堵状况成为可能。

### 1.3 南昌市停车换乘可行性定量分析

#### 1.3.1 换乘强度模型及合理经验值

换乘强度指标可表示城市中心区轨道交通网络相对于小汽车出行的优越性。表示换乘吸引能力的换乘强度指标可从动态、静态两个方面来反映<sup>[9]</sup>。动态换乘强度指城市中心区轨道交通出行的轨道交通网可达性与小汽车出行方式的道路网可达性两者的比值,其中可达性可表示为平均出行时间的倒数。静态换乘强度指城市中心区轨道交通出行的线网面积密度与小汽车出行方式的道路网面积密度两者的比值。动态换乘强度和静态换乘强度分别体现了城市中心区轨道交通出行效率和路网规模及分布合理性,两者结合可全面体现轨道交通换乘吸引能力。公式为

$$\eta = \eta_{\text{静态}} \cdot \eta_{\text{动态}}$$

$$\eta_{\text{静态}} = \rho_{\text{轨道}} / \rho_{\text{道路}}$$

$$\eta_{\text{动态}} = \frac{\mu_{\text{轨道}}}{\mu_{\text{道路}}} = \frac{1/t_{\text{轨道出行}}}{1/t_{\text{道路出行}}} = \frac{t_{\text{道路出行}}}{t_{\text{轨道出行}}}$$

式中: $\eta$ 表示换乘强度; $\mu$ 表示(轨道网或道路网)可达性; $t$ 表示(换乘轨道方式或开车方式)平均出行时间; $\rho$ 表示城市中心区(轨道线网或路网)面积密度(km/km<sup>2</sup>)。

参考国内外轨道交通建设运营比较成熟的城市的实施情况,静态换乘强度合理值为0.13。动态换乘强度理论上大于1.0时轨道交通出行才比私家车出行更占优势,而根据城市建设经验,动态换乘强度1.52比较合理。由此综合分析换乘强度的合理值约为0.20<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2 南昌市停车换乘强度分析

由现状调查,外围昌北经济开发区到南昌市老城区,选择乘坐地铁和自驾车两种方式的出行时间平均值分别为35 min及45 min,分析南昌动态换乘强度约为1.3。预计未来中心城区交通拥堵程度加剧,动态换乘强度还会有所提高。

南昌市新、老中心城区面积34.5 km<sup>2</sup>,根据城市道路及轨道交通有关规划建设,了解中心城区道路网总长度及轨道交通线网总长度,由此分析南昌市换乘强度,见表2。

表 2 南昌市换乘强度分析  
Tab.2 Transfer intensity values in Nanchang

年份	中心城区道路网总长度/km	中心城区轨道线路长度/km	$\eta_{\text{静态}}$	$\eta_{\text{动态}}$	$\eta$
2017 年	172.7	12.6(1 号线、2 号线南段)	0.073	1.3	0.09
2018 年	172.7	23.1(1 号线、2 号线)	0.134	>1.3	>0.17
2020 年	191.4	30.5(1、2、3 号线)	0.159	>1.3	>0.21
2021 年	191.4	39.8(1、2、3、4 号线)	0.208	>1.3	>0.27

由此从定量分析来看,未来南昌市有 2~3 条完整的轨道线路组成线网运行时,基本具备停车换乘构建条件。

## 2 南昌轨道交通沿线外围停车换乘建设分析

发展轨道交通与停车换乘并举对城市交通可持续发展具有重要意义,南昌市在大力进行轨道交通建设时期,应为后期停车换乘预留或控制好建设条件,合理分析停车换乘需求,确定建设规模。本文以外围昌北经济开发区为实例,进行停车换乘需求及建设分析,以为将来其他外围区停车换乘建设提供借鉴。

### 2.1 外围停车换乘需求分析

#### 2.1.1 停车换乘吸引范围

国外一些城市对外围区停车换乘设施吸引范围进行了研究,提出需求吸引范围为抛物线形<sup>[3]</sup>(见图 1),可以看出 50%的停车换乘设施吸引需求来自周边 4 km 半径圆形区域内。

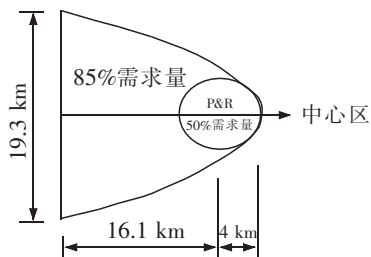


图 1 国外研究 P&R 的吸引范围

Fig.1 P&R scope of study abroad

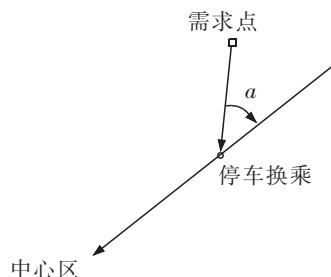


图 2 停车换乘出行角度示意图

Fig.2 Travel angle of P&R

国内城市如北京市停车换乘需求调查结果显示<sup>[4]</sup>:在停车换乘设施上游,即远离中心区的方向吸引的换乘需求量比较大,也有部分下游返程换乘需求者,但换乘需求量较小。从停车换乘需求比例与停车换乘出行角度(见图 2)的关系来看,79%的停车换乘者的出行方向角度为 0~80°范围内。停车换乘需求量也随着到停车换乘设施距离的增加而减少,调查结果显示,91%的停车换乘需求者驾车行驶时间在 5~20 min,大于 30 min 的换乘者仅占 3%。

参考以上国内外分析结果,按 4 km 半径以及上游 0~80°吸引范围,南昌地铁 1 号线位于外围昌北开发区的最后 2 个站的 P&R 吸引范围基本可以覆盖昌北经济开发区主要范围,如图 3 所示。

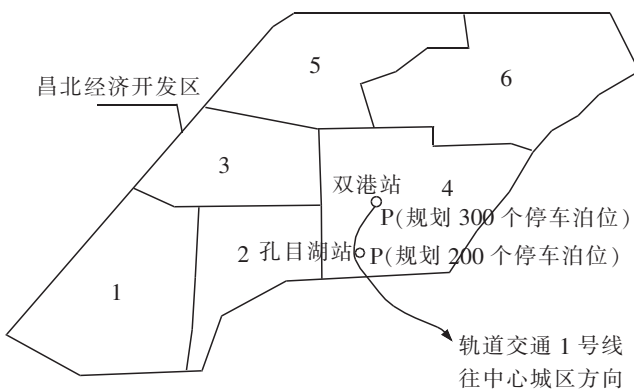


图 3 昌北经济开发区 P&R 吸引范围及分区图

Fig.3 P&R attraction scope of Changbei area and area division

### 2.1.2 停车换乘需求 Logit 概率模型

Logit 概率模型在交通出行方式选择分析中是比较实用有效的方法,通过分析不同出行方式的效用,根据效用最大化理论,可建立非集计 Logit 概率模型进行停车换乘需求预测,公式为

$$P_{ij}^{\text{P\&R}} = \frac{\exp V_{ij}^{\text{P\&R}}}{\exp(V_{ij}^{\text{P\&R}} + V_{ij}^{\text{CAR}})}$$

$$P_{ij}^{\text{P\&R}} = 1 - P_{ij}^{\text{CAR}} = 1 - \frac{\exp V_{ij}^{\text{CAR}}}{\exp(V_{ij}^{\text{P\&R}} + V_{ij}^{\text{CAR}})}$$

式中:  $P_{ij}^{\text{P\&R}}$  为出行者从小区  $i$  到小区  $j$  采用 P&R 交通方式的概率;  $P_{ij}^{\text{CAR}}$  为出行者从小区  $i$  到小区  $j$  继续采用自驾车的概率;  $V_{ij}^{\text{P\&R}}$  为出行者从小区  $i$  到小区  $j$  采用 P&R 交通方式的效用函数的确定项;  $V_{ij}^{\text{CAR}}$  为出行者从小区  $i$  到小区  $j$  继续采用自驾车的效用函数的确定项。

效用函数确定项  $V$  决定了出行者是否愿意选择停车换乘系统,假设  $V$  与时间节约量  $F$  及费用节约量  $C$  有关,并按线性关系分析效用函数<sup>[3]</sup>,公式如下。式中  $\alpha, \beta$  为模型参数;  $\gamma$  为常数项。

$$\ln \frac{P_{ij}^{\text{P\&R}}}{P_{ij}^{\text{CAR}}} = V_{ij}^{\text{P\&R}} - V_{ij}^{\text{CAR}} = \alpha \times F + \beta \times C + \gamma$$

由于南昌市没有完善的停车换乘设施,无法进行选择方式概率的调查来标定参数,故借鉴国际上其他城市的调查数据结果来标定模型参数。表 3 为香港某地区 P&R 使用情况有关调查数据,应用二元回归方法标定模型参数后得

$$P_{ij}^{\text{P\&R}} = \frac{1}{1 + e^{-0.0403 \times F - 0.0049 \times C + 2.0246}}$$

表 3 香港某地区 P&R 使用效果分析

Tab.3 P&R use results at one place of Hongkong

分区	$F/\text{min}$	$C/\text{元}$	$P_{ij}^{\text{P\&R}}/\%$
1	20	20	27
2	5	20	15
3	20	5	20
4	-20	20	5
5	-10	10	11

### 2.1.3 南昌市地铁 1 号线外围昌北经济开发区停车换乘需求分析

将昌北开发区划分为 6 个区(见图 3),参考南昌市交通规划有关预测模型资料,昌北开发区与老城中心区、红谷滩中心区之间预测机动车 OD 分布见表 4。

表 4 2020 年高峰小时机动车出行 OD

Tab.4 2020 vehicle travel OD in peak hour

OD	老城中心区/辆	红谷滩中心区/辆
1	183	142
2	167	130
3	259	201
4	180	140
5	293	227
6	315	244

按照国家规定标准进行的城市工况测试结果,耗油量按 9.62 L/100 km 计算,油价取 6.21 元/L 计算,由外围区双港站到老城中心区八一广场乘坐地铁费用 4 元,耗时 28 min;由双港站到红谷滩中心区绿茵路站乘坐地铁费用 3 元,耗时 16 min。结合现状高峰期机动车行车速度调查结果,分析自驾车总时间、总费用以及停车换乘方式总时间、总费用,见表 5,表 6。

表 5 昌北经济开发区到红谷滩新区时间及费用  
Tab.5 Time and expenses from Changbei suburban area to the new central area of Honggutan

分区	自驾车总时间/min	自驾车总费用/元	停车换乘方式总时间/min	停车换乘方式总费用/元
1	20.80	4.66	31.78	7.24
2	15.20	3.41	23.56	5.03
3	24.53	5.50	26.00	5.69
4	14.13	3.17	19.56	3.96
5	32.80	7.35	25.11	5.45
6	20.27	4.54	23.33	4.97

表 6 昌北经济开发区到老城区时间及费用  
Tab.6 Time and expenses from Changbei suburban area to the central area of the old city

分区	自驾车总时间/min	自驾车总费用/元	停车换乘方式总时间/min	停车换乘方式总费用/min
1	39.22	7.65	43.78	8.24
2	42.29	8.24	35.56	6.03
3	43.51	8.48	38.00	6.69
4	39.84	7.77	31.56	4.96
5	53.01	10.34	37.11	6.45
6	37.08	7.23	35.33	5.97

根据时间、费用节约效果和选择概率模型公式,计算 P&R 选择概率,见表 7。

表 7 昌北经济开发区停车换乘选择概率  
Tab.7 P&R selection probability in Changbei suburban area

分区	到红谷滩新区			到老城区		
	$F/\text{min}$	$C/\text{元}$	$P_j^{\text{P&R}}/\%$	$F/\text{min}$	$C/\text{元}$	$P_j^{\text{P&R}}/\%$
1	-10.98	-2.58	-	-4.56	-0.59	-
2	-8.36	-1.62	-	6.73	2.21	14.90
3	-1.47	-0.19	-	5.51	1.79	14.26
4	-5.43	-0.79	-	8.28	2.81	15.75
5	7.69	1.9	15.38	15.9	3.89	20.35
6	-3.06	-0.43	-	175	1.26	12.73

最后根据预测机动车 OD(表 4)和停车换乘方式选择概率,分析外围昌北经济开发区停车换乘设施需求为 225 pcu/h,由于停车换乘基本为通勤,停车周转率近似为 1,故停车换乘需求泊位 225 个。

## 2.2 外围停车换乘具体建设分析

合理的停车设施位置应有利于吸引更多的机动车出行者到 P&R 选择停车换乘。因此,停车换乘的选址至关重要。P&R 选址必须从系统的角度来分析问题,综合考虑停车与轨道交通系统、区域用地规划、城市交通发展等各方面的因素<sup>[5]</sup>。结合南昌实际,外围昌北开发区 P&R 选址及具体建设应考虑:

1) 外围区结合实际用地开发建设情况,可分散在具备条件的几个外围轨道站附近建设,满足停车换乘需求。外围轨道站周边停车设施规划建设,除考虑停车换乘需求,另外还应当考虑基于用地开发产生的停车需求<sup>[6]</sup>。

如昌北开发区地铁双港站、孔目湖站附近均有停车场建设用地,近期将建成停车泊位共 500 个(见图 3),可以共同分担停车换乘需求(预测 225 个)。但根据实际调查,昌北开发区双港站、孔目湖站附近路边停车泊位与实际停车需求差额达 416 个,因此 500 个泊位的停车场建设规模还有所不足。

2) 外围轨道站附近有停车场用地规划的,在停车场具体建设时,应注意保证停车需求(停车场规模),如与附近地块共同设计开发,应充分考虑地铁站、公交站场、社会停车场的无缝衔接设计及优化交通组织<sup>[7]</sup>,保障后期社会停车场正常发挥停车换乘功能。如孔目湖站附近社会公共停车场、公交站场与周边小区、影城用地一起开发建设(见图 4),应在政策制度上保证其一体化优化设计。

3) 外围区有预留停车场建设用地的,但距离轨道站位置稍远,可以适当考虑用地置换调整,为后期停车换乘无缝衔接创造条件。如双港站附近社会公共停车场设置位置距离地铁站较远,可适当调整(见图 5)。



图 4 孔目湖站周边地块开发

Fig.4 Land development around subway station Kongmuhu

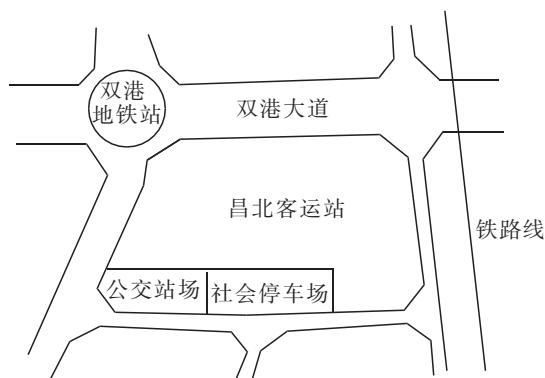


图 5 双港站周边用地规划

Fig.5 Land use planning around subway station Shuanggang

## 3 结论

1) 南昌轨道交通沿线外围停车换乘有关调研结果显示,南昌市轨道交通发展仍不够成熟,在吸引私家车转乘地铁出行,由此减少私家车进入中心区,解决中心区拥堵及停车问题方面,还未能充分发挥显著作用。

2) 现状南昌市停车换乘必要性还不是很明显,随着轨道线网的不断完善,中心城区交通拥挤堵塞的进一步加剧,未来南昌市有 2~3 条完整的轨道线路组成线网运行时,基本具备停车换乘构建条件。

3) 停车换乘对缓解中心城区交通压力具有重要意义,南昌市在大力进行轨道交通建设时期,应为后期停车换乘预留或控制好建设条件,进行停车场合理选址,必要时可考虑用地置换。

4) 外围区地铁站附近公共停车场建设,应综合考虑停车换乘需求以及周边公共停车需求,由此确定合理停车场规模。停车换乘停车场具体建设时应有无缝衔接优化设计审查,不能简单交由开发商与其他地块一并开发。

5) 按照吸引半径和角度确定停车换乘吸引范围,并采用非集计 Logit 概率模型进行定量换乘需求分析是可行实用的方法,针对具体城市应用时,模型中效用函数形式及参数标定还可进一步具体研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘燕,秦焕美,潘小松,等. 北京市停车换乘需求调查与分析[J]. 交通运输工程与信息学报,2011,9(3):118-124.
- [2] 李懋洲. 停车换乘系统构建条件分析与成都市实施停车换乘可行性分析[J]. 交通世界,2012(9):110-111.
- [3] 陶媛. 大城市停车换乘(P&R)系统的实施条件及规划设计方法研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.
- [4] 秦焕美,关宏志,龙雪,等. 城市停车换乘设施吸引需求强度研究[J],武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2011,35(4):654-661.
- [5] 范文博. 英国牛津城停车换乘发展经验与启示[J]. 交通运输工程与信息学报,2013,11(1):40-46.
- [6] 张飞飞,吴兵,李林波. 新城区 CBD 区域停车需求预测方法[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2012,31(5):1018-1022.
- [7] 葛宏伟,罗俊,张彬,等. 公交路内换乘枢纽规划设置方法研究[J]. 华东交通大学学报,2017,34(6):53-59.

## Survey and Analysis of Park and Ride in Periphery of Nanchang Rail Transit Line

Ai Yao<sup>1</sup>, Zeng Can<sup>2</sup>, Zhang Bing<sup>1</sup>

(1.School of Transportation and Logistics, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** This paper investigated the actual parking situation along the rail transit Line No.1, rail transit travel of citizens, and vehicle speed at central and suburb areas. Besides, it adopted the method of qualitative and quantitative analysis to identify the feasibility of park and ride (P&R) by drawing on experience of both domestic and foreign urban construction. The research results show that Nanchang city would have basic P&R construction condition when the network is formed with two or three rail lines in the near future. Based on a case study in Changbei suburban area, this paper proposes that the method of disaggregate Logit model to predict the parking demand is practical and feasible. P&R construction land should be well reserved or controlled during the period of rail transit construction. Some concrete construction suggestions on P&R are put forward accordingly.

**Key words:** Nanchang rail transit; park and ride; survey and analysis