

# 步行和自行车接驳轨道交通时空阈值研究

Critical Accessing Time and Distance for Pedestrian and Cyclists to Urban Rail Transit

严海<sup>1</sup>, 杨荣荣<sup>1</sup>, 熊文<sup>2</sup>, 刘涛<sup>1</sup>, 陈楠<sup>2</sup>

(1.北京工业大学交通工程北京市重点实验室,北京 100124;2.北京工业大学建筑与城市规划学院,北京 100124)

Yan Hai<sup>1</sup>, Yang Rongrong<sup>1</sup>, Xiong Wen<sup>2</sup>, Liu Tao<sup>1</sup>, Chen Nan<sup>2</sup>

(1.Beijing Key Laboratory of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2.College of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**摘要:** 当前步行和自行车接驳轨道交通的理论研究和实践多侧重于设施指标水平,而对出行者心理考虑不足。在北京市某轨道交通车站周边进行问卷调查和现场模拟实验,深入分析影响步行和自行车接驳轨道交通的因素。同时得到使用步行和自行车接驳轨道交通的出行者对接驳距离和时间的敏感程度及接受度分布特征、接驳客流距离衰减特征等。利用非集计价格敏感度分析法量化步行和自行车接驳轨道交通的时空阈值,分别得到合理和最大的接驳距离和接驳时间。

**Abstract:** Existing research and practice regarding access to rail transit service for pedestrians and cyclists often focus on the infrastructure design and overlook travelers' preference and behavior. Through analysis on the on-site questionnaire survey and stated-preference experiment at a rail transit station in Beijing, this paper discusses the influential factors in using the rail transit service by pedestrians and cyclists. The sensitivity and critical accessing time and distance to the urban transit service are discussed. As expected, the travel volume decreases as the accessing time or distance increases. Based on Kishi's Logit Price Sensitivity Meter (KLP) method, the paper discusses pedestrians/cyclists' critical accessing time and distance to rail transit, and concludes with the reasonable and maximum accessing distance and time.

**关键词:** 交通规划;轨道交通;步行和自行车接驳;非集计价格敏感度模型;接驳距离;接驳时间

**Keywords:** transportation planning; rail transit; pedestrian and bicycle access; Kishi's Logit Price Sensitivity Meter; accessing distance; accessing time

中图分类号: U491.1<sup>2</sup> 文献标识码: A

收稿日期: 2012-12-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目“基于慢行阈值的城市慢行交通空间规划理论研究”(50908003);国家自然科学基金委员会管理科学部主任基金2012年第1期应急研究项目“我国城市交通公交优先发展战略研究”(71241007);北京工业大学研究生科技基金资助项目“城市慢行交通空间规划研究分析”(ykj-2011-6380)

作者简介:严海(1977—),女,上海人,博士,副教授,主要研究方向:交通规划、公共交通规划、步行和自行车交通规划设计。

E-mail:yhai@bjut.edu.cn

步行和自行车接驳公共交通的模式具有方便、灵活、廉价的特点,可有效缓解居民“最后一公里”的问题。接驳时间和接驳距离是影响出行者选择公共交通的重要因素。因体力、心理等原因,出行者对步行、骑自行车的时间和距离存在一定容忍限度,超过此限度,其感受会发生变化从而影响出行行为,该容忍限度即为时空阈值,并可进一步细分为可接受的理想阈值和极限阈值<sup>[1]</sup>。本文从出行者意愿和感知角度出发,分析使用步行和自行车交通接驳轨道交通的出行者对接驳距离和时间的可接受度分布特点及接驳时空阈值。

## 1 国内外研究综述

步行和自行车交通特性一直是交通工程领域非常重要的研究内容,国内外均有丰富的研究成果。2005年北京市居民出行调查表明,在轨道交通接驳方式中,进站前和出站后使用最多的交通方式均为步行,比例分别为66.26%和74.65%<sup>[2]</sup>。轨道交通车站步行接驳范围或阈值的研究结论主要有:半

径为 660 m 左右的区域圆<sup>[3]</sup>, 904 m<sup>[4]</sup>, 750 m(起点)和 695 m(讫点)(85%分位步行距离)<sup>[5]</sup>等。文献[3]调查得到城市轨道交通吸引客流接驳方式仍以步行(即直接吸引)为主, 占 70%以上, 步行接驳平均时耗约为 10 min, 进而确定以距离车站 660 m 左右为半径的区域圆为轨道交通车站的合理步行区域。文献[4]结合交通方式和步行环境等影响因素, 建立多项 Logit 出行方式选择模型推算步行时间, 得到某轨道交通车站附近最大步行接驳距离为 904 m, 最大可接受时间为 16.5 min。文献[5]指出通常步行接驳公交车站的距离为 400 m, 接驳轨道交通车站的距离为 800 m; 按 85%分位步行距离, 公交车站接驳距离起点为 550 m、讫点为 615 m, 地铁车站接驳距离起点为 750 m、讫点为 695 m, 轻轨车站接驳距离起点为 1 200 m、讫点为 1 100 m。文献[6]在蒙特利尔轨道交通车站进行了详细的接驳起讫点调查, 指出通常认为的 400 m 公交车站接驳距离和 800 m 轨道交通车站接驳距离严重低估了车站覆盖范围。

轨道交通车站自行车接驳范围或阈值的研究结论主要有: 3 km 以内<sup>[7]</sup>, 1.1 km 至 3 km 和 6 km 左右<sup>[8]</sup>, 1.8~2.3 km<sup>[9]</sup>, 5.5 km<sup>[10]</sup>, 0.5~2 km<sup>[11]</sup>等, 研究方法主要为用平均时耗换算成距离。例如文献[8]在上海市 5 个轨道交通车站调查得到的结论是, 采用自行车和助动车接驳轨道交通的平均骑行时间为 13.63 min 和 16.14 min, 按其平均行驶速度分别为 12~14 km·h<sup>-1</sup>和 22~25 km·h<sup>-1</sup>计算, 自行车和助动车的平均接驳距离分别为 2.7~3.2 km 和 5.9~6.7 km, 即自行车和助动车分别可使轨道交通车站的服务半径从 1.1 km 扩大至 3 km 和 6 km 左右。文献[12]研究骑车者可接受的最大出行距离随个体和性别的不同而不同, 女性小于男性, 分别为 6.6 km 和 11.6 km。文献[13]研究得到中心区居民与郊区居民相比更愿意选择自行车出行, 居住地距离市中心越近, 居民使用自行车出行的次数越多。文献[14]通过在自行车上安装测距设备, 调查洛杉矶和亚特兰大地区轨道交通车站自行车接驳距离, 结果表明, 通常认为的 1~2 英里(1.6~3.2 km)的自行车接驳距离与亚特兰大调查得到的接驳距离较匹配, 但洛杉矶地区平均骑车距离达到 4.436 km。文献[15]建模得到的结论是, 决

定出行者是否选择步行方式到达轨道交通车站的 3 个最主要的因素为步行距离、小汽车的可用性(Car Availability)和性别。自行车方式选择相关研究表明, 影响出行者选择自行车方式的是一系列因素而不是单一的费用、时间等, 自行车有其自身特点, 骑车者更注重出行的舒适性和安全性, 经验也会影响出行者的接驳方式选择。

国外有关步行和自行车接驳轨道交通的研究成果是基于人口密度、地区政策以及出行习惯得出的, 因个体及环境差异, 仅具有借鉴意义。针对适合中国人群特性的步行和自行车接驳轨道交通时空阈值的研究是薄弱环节, 且在考虑出行者心理意愿和感知方面的研究欠缺。

## 2 数据采集及分析

### 2.1 调查概况及内容

国内外针对公共交通接驳距离、时间及感知距离方面的调查, 大多是采用问卷和情景实验方式。问卷调查具有直接性和可靠性, 可以得到个人属性、出行属性、意愿属性等相关信息, 但对被调查者而言, 这种方法场景感不强, 受主观感受影响较大。情景实验具有很强的实验性和场景性, 调查内容更易于被调查者理解, 但受到假设条件限制, 缺乏随机性。本文将二者相结合, 以问卷形式询问被调查者个人属性、意愿接驳距离和时间; 同时进行现场模拟实验, 在轨道交通车站周边通过现场行走获得意愿接驳距离(感知距离)和实际距离, 用实际距离修正感知距离, 有效减小感知距离与实际的偏差, 降低后续研究中模型验证的数据结果误差。

本次问卷调查包括行为调查(Revealed Preference, RP)和意向调查(Stated Preference, SP), 调查时间为 2012 年 9 月 14 日, 回收有效问卷 132 份; 现场模拟实验调查时间为 2012 年 9 月 20 日, 模拟场景为北京市轨道交通 10 号线劲松站周边。

调查主要内容有: 1) 个人属性, 包括年龄、性别、职业、出行目的、接驳路径熟悉程度等; 2) 出行行为, 包括接驳路径及起讫点、意愿接驳距离和时间等。

## 2.2 个人属性

问卷调查对象主要为轨道交通通勤群体，年龄为18~35岁，男女比例分别为55%和45%，出行目的基本为上学、上班；现场模拟实验被调查者为学生群体，对模拟场景周边环境较熟悉。

## 2.3 接驳方式选择影响因素

### 1) 步行接驳。

本文将影响轨道交通乘客选择步行接驳方式的因素按5个等级进行划分(见表1)。调查显示，出发地到轨道交通车站的距离是出行者最关心也是最重要的因素，84%的被调查者认为影响很大，16%认为影响较大。

### 2) 自行车接驳。

影响出行者选择自行车接驳轨道交通的因素中，最重要的3个因素分别为出发地到轨道交通车站的距离、有无自行车停车设施和自行车丢失情况，认为影响很大和较大的总比例依次为71%，71%和70%，见表2。

## 2.4 心理感受分布

通过数据拟合得到出行者对接驳距离和时间的接受度(用累积频率表示)分布曲线，见图1和图2。可以看出，步行接驳距离接受度曲线上升速度高于自行车，相同距离条件下(2 km以内)，步行接受度高于自行车；按85%分位值，步行可接受接驳距离约为1 km内，自行车约为3 km内。

接驳时间接受度曲线中，步行曲线上升速度同样高于自行车，在同一时间条件下，步

行接驳先达到1.0。按85%分位值，步行可接受时间约为12 min，自行车约为25 min。按步行速度4~5 km·h<sup>-1</sup>折算，步行可接受接驳距离约为0.8~1.0 km，与图1中步行可接受接驳距离吻合；按自行车骑行速度10 km·h<sup>-1</sup>左右折算，自行车可接受接驳距离约为4 km，稍大于图1中自行车可接受接驳距离。

## 2.5 接驳客流距离衰减特征

### 2.5.1 距离衰减模型建立

距离衰减反映了客流空间分布的整体特征。轨道交通车站的客流需求并不是均匀分布的，例如步行和自行车接驳客流通常随接驳距离增大而减少<sup>[2]</sup>。接驳距离对于出行者是否选择轨道交通以及选择何种接驳方式至关重要。轨道交通车站步行和自行车接驳客流距离衰减特征分析，是确定和推测车站吸引力辐射范围的重要手段之一。

国外相关研究使用距离衰减曲线作为一种确定轨道交通车站覆盖范围的方法<sup>[6]</sup>。本文从出行者对轨道交通接驳距离的意愿角度出发，以距离作为单一自变量建立距离衰减模型(纯距离衰减模型<sup>[16]</sup>)，分析步行和自行车接驳客流与距离的空间关系。距离衰减模式普遍认为有3种基本数学公式，分别为一般模式、对数模式和指数模式，本文建立指数模式的距离衰减模型，见表3。 $\beta$ 反映了距离对接驳客流衰减速度的影响程度，多数学者认为其取值范围应通过实际数据拟合确定。根据现有研究理论， $\beta$ 值有两方面的意义：1) 客流随距离延伸的衰减幅度， $\beta$ 越高，客流对距离的敏感性越低，

表1 步行接驳方式选择影响因素

Tab.1 Influential factors on pedestrians access to rail transit service %

影响因素	很大	较大	一般	较小	无影响
出发地到轨道交通车站的距离	84	16	0	0	0
个人身体素质	16	14	27	27	16
过街次数及难易程度	6	22	25	38	9
人行道拥挤程度	4	21	25	33	17
树阴遮蔽程度	3	14	47	30	7
气候和天气条件	15	23	39	18	5
其他(道路照明条件、噪音等)	6	15	3	47	29

表2 自行车接驳方式选择影响因素

Tab.2 Influential factors on cyclists access to rail transit service %

影响因素	很大	较大	一般	较小	无影响
出发地到轨道交通车站的距离	38	33	7	17	5
安全性	26	12	33	19	10
个人身体素质	7	7	38	24	24
气候条件和天气	7	33	31	26	3
自行车丢失情况	34	36	17	10	3
舒适度	12	12	40	29	7
有无自行车停车设施	21	50	19	7	3

其衰减速度越低；2)交通方式的适用程度， $\beta$ 越高，该交通方式的适用距离越远<sup>[17]</sup>。

### 2.5.2 步行与自行车接驳客流对比分析

图3为调查数据拟合的步行和自行车接驳轨道交通距离衰减模型，模型精度较高( $R^2$ 约为0.97)。图中很直观地反映了使用步行和自行车接驳轨道交通的出行者对接驳距离的敏感程度，呈现随接驳距离增大接驳客流逐渐减少的趋势。模型中，步行 $\beta$ 值(-0.001)<自行车 $\beta$ 值(-0.0006)，

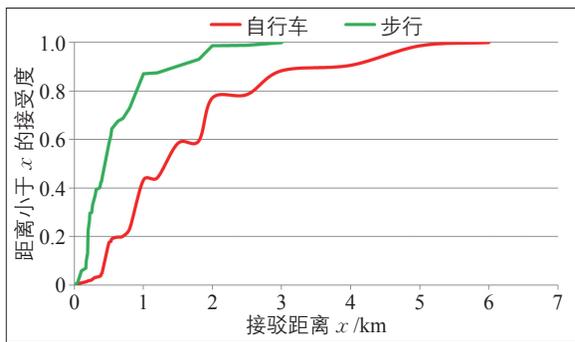


图1 接驳距离接受度分布  
Fig.1 Distribution of acceptable accessing distance to rail transit

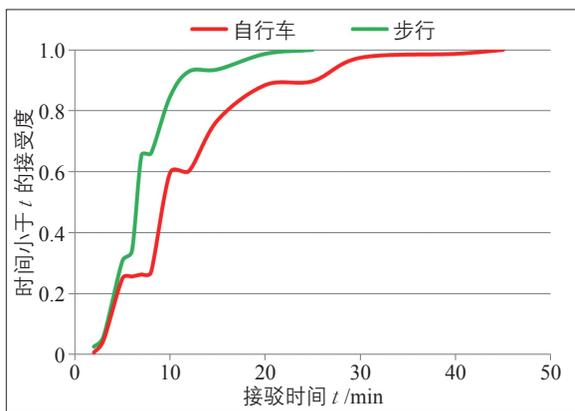


图2 接驳时间接受度分布  
Fig.2 Distribution of acceptable accessing distance to rail transit

表3 步行和自行车接驳客流距离衰减模型  
Tab.3 A decreasing model between accessing time and pedestrian and cyclist volume

模型函数形式	接驳方式	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
$Ti = \alpha e^{\beta di}$	步行	1.000 <sup>2)</sup>	-0.001 0	0.97
	自行车	1.000 <sup>2)</sup>	-0.000 6	0.97

1)式中： $Ti$ 为距离长度为 $di$ 的客流分布； $\alpha, \beta$ 为系数，其中 $\alpha$ 为常数， $\beta$ 为距离函数系数，即距离衰减指数。2)为数据分析方便， $\alpha$ 取1.000。

且随着距离增加，呈现步行接驳客流<自行车接驳客流的序列特征，符合一般认识。与步行接驳客流相比，自行车接驳客流对距离的敏感性较低，其衰减速度也较低，且其适用距离较远。结论与现有研究理论相符。

## 3 时空阈值计算

### 3.1 非集计价格敏感度分析法

非集计价格敏感度分析法(Kishi's Logit PSM, KLP)基于价格敏感度分析法(Price Sensitivity Measurement, PSM)发展而来。PSM基本原理是根据消费者的心理反应测定商品价格，细化消费者对价格的感受。被调查者回答四个水平下接受的商品价格，即“合理”、“贵”、“太贵不愿意购买”、“太便宜不愿意购买”，其中，“合理”价格的互补事件为“应当再便宜些(不能再贵)”，“贵”价格的互补事件为“应该再贵些”。进而可求出“应当再便宜些(不能再贵)”、“应该再贵些”、“太贵不愿意购买”、“太便宜不愿意购买”在不同价格点上的频数以及频数的累计百分比，并建立相关累积频率曲线，曲线交叉点即为相关价格阈值点<sup>[18]</sup>。由非集计模型(见式(1)和(2))回归的PSM即为KLP，其原理见图4。

$$T_i = \frac{1}{1 + \exp F_i(x)}, \quad (1)$$

$$F_i(x) = ax + b, \quad (2)$$

式中： $T_i$ 为相关累积频率， $i=1, \dots, 4$ ； $F_i(x)$ 为价格函数； $x$ 为价格(本文为距离)； $a, b$ 为参数。 $T_1, F_1(x)$ 为应该再便宜些(不能再贵)； $T_2, F_2(x)$ 为应该再贵些； $T_3, F_3(x)$ 为太贵不愿意购买； $T_4, F_4(x)$ 为太便宜不愿意购买。

KLP在交通领域被用于研究轨道交通车站内自动扶梯的合理位置<sup>[19]</sup>、车站内合理换乘距离以及对车站换乘距离进行评价<sup>[20]</sup>。出行者心理所能承受的步行和自行车接驳距离和时间通常较难量化，本文认为步行和自行车接驳轨道交通时空阈值问题与确定商品价格问题具有相似性，因此，引用KLP模型量化分析出行者对步行和自行车接驳轨道交通所能承受的接驳距离和时间范围。这

里的距离相当于价格，“远、近”相当于“贵、便宜”，用“选择步行或自行车接驳”来代替“购买”。对于出行者而言，接驳距离和时间越小越好，因此，研究的关键是要确定出行者心理能承受的标准距离和最大距离。

考虑到因距离太近而放弃接驳的出行者是不存在的，因此，根据调查数据标定KLP模型可以得到3条距离-相关累积频率曲线，曲线交叉点即为距离阈值点，见图5。出行者对  $M_{标准}$  的心理感觉是相对较合理，即心理感受的界限； $M_{最大}$  为上限距离，如果接驳距离超过此极限，出行者会感觉太远，心理负担较大，可能改变出行方式。

### 3.2 步行接驳时空阈值

#### 1) 距离阈值。

利用修正后(现场模拟实验中获得的实际距离修正意愿接驳距离)的调查数据(所有样本)标定模型，结果见式(3)~(6)，得到相关累积频率曲线见图6。

$$T_i = \frac{1}{1 + \exp F_i(x)}, \quad (3)$$

$$F_1(x) = -0.0097x + 3.0185, \quad (R^2 = 0.817), \quad (4)$$

$$F_2(x) = 0.006x - 4.3994, \quad (R^2 = 0.970), \quad (5)$$

$$F_3(x) = -0.0042x - 4.0276, \quad (R^2 = 0.920). \quad (6)$$

$T_1$ ， $F_1(x)$  为应该再近些； $T_2$ ， $F_2(x)$  为应该再远些； $T_3$ ， $F_3(x)$  为太远不愿意选择。

利用KLP分析步行接驳距离阈值，见表4。可以看出，步行接驳距离为472 m时，出行者感觉相对较合理；如果接驳距离超过862 m，出行

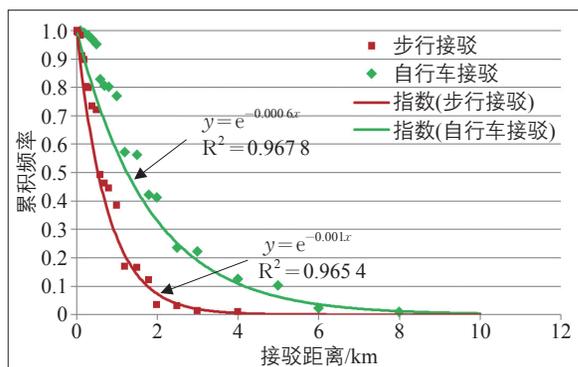


图3 步行和自行车接驳轨道交通距离衰减曲线

Fig.3 A monotonic decreasing curve for accessing time vs. pedestrian and cyclist volume

者心理负担较大，可能会改变出行方式。

#### 2) 时间阈值。

由KLP回归拟合得到出行者对步行接驳时间的接受度分布曲线，见图7。由具体分析结果可知(见表5)，按50%分位值，男性和女性的标准接驳时间分别为8.5 min和8.7 min；接驳时间为9.2 min之后，女性可接受度高于男性，最大可达到

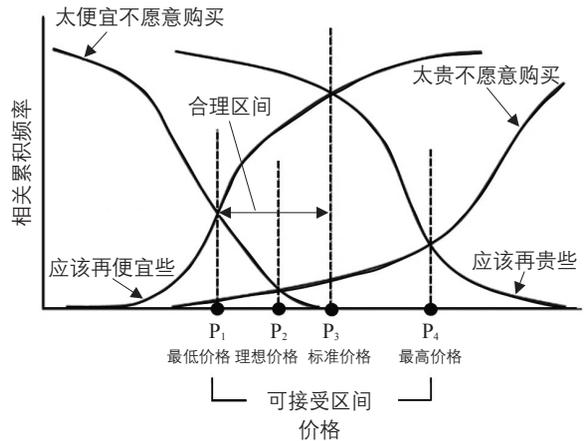


图4 KLP原理示意图

Fig.4 Demonstration of KLP principle

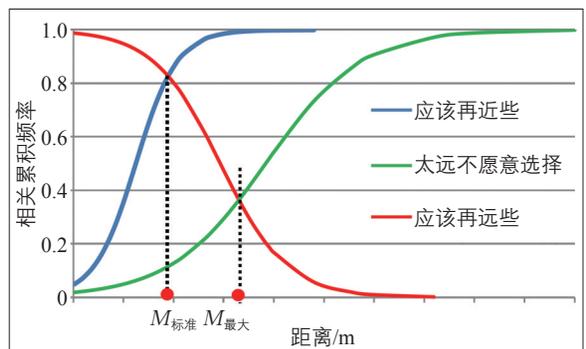


图5 应用于轨道交通接驳中的KLP原理示意图

Fig.5 KLP principle for investigating rail transit access behavior

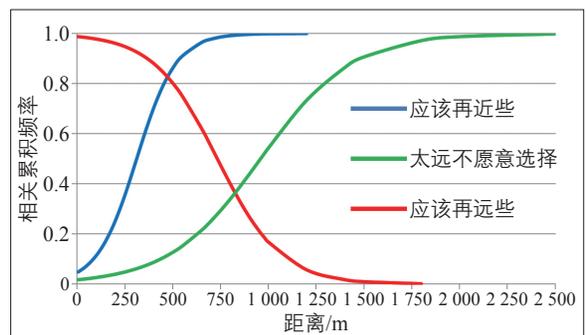


图6 步行接驳距离相关累积频率曲线

Fig.6 Relative cumulative frequency of pedestrians' accessing distance

25.0 min; 按90%分位值, 男性可接受最大接驳时间约为16.4 min, 女性则可达18.8 min, 很大原因可能是女性的忍耐度高于男性。

### 3.3 自行车接驳时空阈值

#### 1) 距离阈值。

利用修正后的数据(所有样本)标定模型, 结果见式(7)~(10), 并得到相关累积频率曲线。

$$T_i = \frac{1}{1 + \exp F_i(x)}, \quad (7)$$

$$F_1(x) = -0.005 2x + 3.924 5, (R^2 = 0.926), \quad (8)$$

$$F_2(x) = 0.001 9x - 3.299 7, (R^2 = 0.886), \quad (9)$$

$$F_3(x) = -0.001 3x - 3.752, (R^2 = 0.939). \quad (10)$$

$T_1$ ,  $F_1(x)$  为应该再近些;  $T_2$ ,  $F_2(x)$  为应该再

远些;  $T_3$ ,  $F_3(x)$  为太远不愿意选择。

利用KLP分析自行车接驳距离阈值, 见表6。可以看出, 当自行车接驳距离为1 017 m时, 出行者感觉相对较合理; 如果接驳距离超过2 203 m, 出行者心理负担较大, 可能会改变出行方式。

#### 2) 时间阈值。

由KLP回归拟合得到出行者对自行车接驳时间的接受度分布曲线。由具体分析结果可知(见表7), 按85%分位值, 男性和女性标准接驳时间分别为15.4 min和13.3 min; 值得注意的是, 按90%分位值, 男性可接受最大接驳时间为41.6 min, 远大于女性23.0 min, 这是因为调查中部分男性有骑车健身的偏好, 也可能由于女性的生理耐受力 and 体力低于男性。

表4 步行接驳距离阈值

Tab.4 Critical accessing distance for pedestrian m

样本属性	$M_{标准}$	$M_{最大}$
所有样本	472	862
男性	450	798
女性	466	840

表5 步行接驳时间阈值

Tab.5 Critical accessing time for pedestrian min

分位值	标准接驳时间			最大接驳时间		
	所有样本	男性	女性	所有样本	男性	女性
50%分位	8.1	8.5	8.7	11.8	10.6	11.7
70%分位	10.4	10.5	11.1	14.0	12.8	14.5
85%分位	12.8	12.6	13.8	16.3	15.2	17.3
90%分位				17.4	16.4	18.8

表6 自行车接驳距离阈值

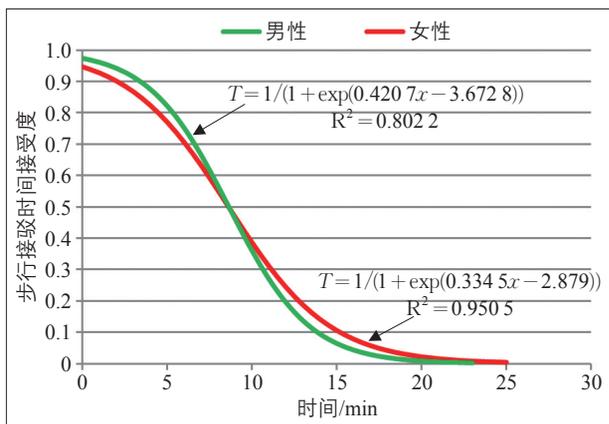
Tab.6 Critical accessing distance for cyclists m

样本属性	$M_{标准}$	$M_{最大}$
所有样本	1 017	2 203
男性	1 200	2 600
女性	1 000	2 200

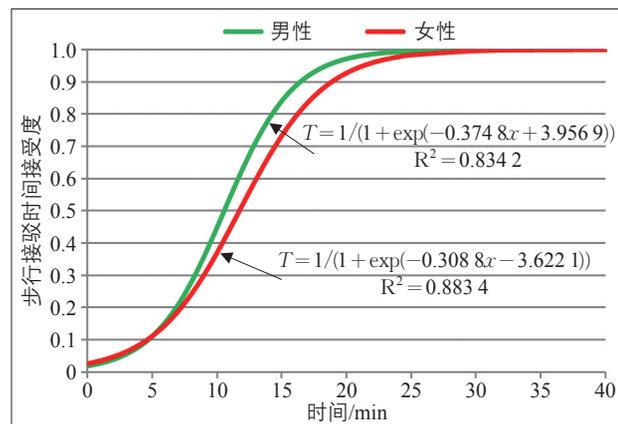
表7 自行车接驳时间阈值

Tab.7 Critical accessing time for cyclists min

分位值	标准接驳时间			最大接驳时间		
	所有样本	男性	女性	所有样本	男性	女性
50%分位	10.1	10.9	9.1	15.8		15.2
70%分位	13.4	13.8	11.7	18.0	10.4	18.2
85%分位	15.8	15.4	13.3	20.0	18.8	21.3
90%分位	18.0	16.6	14.4	30.0	41.6	23.0



a 标准接驳时间



b 最大接驳时间

图7 步行接驳时间接受度分布

Fig.7 Distribution of pedestrians' acceptable accessing time

### 3.4 模型结论对比分析

KLP模型计算结果表明：

1) 步行最大接驳距离为862 m，自行车最大接驳距离为2 203 m，与调查统计结果吻合；按85%分位值，步行接驳可接受距离范围约1 km内，自行车可接受距离约3 km内。因此，可以验证模型选取以及获取的理论值基本可靠、有效。

2) 步行接驳轨道交通的标准距离为472 m，最大距离为862 m，该值介于传统经验值700~904 m<sup>[4]</sup>，大于660 m区域圆<sup>[3]</sup>、750 m(起点)和695 m(讫点)(85%分位步行距离)<sup>[5]</sup>。分析其原因是：①已有研究结论大多是通过调查数据统计步行接驳的平均时间，进而换算得到轨道交通车站的接驳范围或距离，由于存在速度取值的差异性，导致结果不一致。②本文结论是在被调查者比较熟悉的场景下得出，对于距离的感知相对准确<sup>[21]</sup>。

3) 自行车接驳轨道交通的标准距离为1 017 m，最大距离为2 203 m，与已有研究结论基本接近，如1.8~2.3 km<sup>[8]</sup>和3 km以内<sup>[7]</sup>，远小于5.5 km<sup>[10]</sup>。分析其原因：①气候因素和天气条件对于接驳距离的影响较大，本次问卷调查和现场模拟实验时间为夏季，天气较炎热，选择骑行较长距离接驳轨道交通的出行者较少；②调查地点选取北京市四环以内，轨道交通平均站间距约为1 000 m<sup>[2]</sup>，小于郊区的轨道交通站间距，使用自行车接驳轨道交通的出行者对于距离的可接受范围相对较小。

4) 本文数据获取来自问卷调查和现场模拟实验，使得出行者对距离和时间的感知与实测值偏差降低，而且建立的是“纯距离”和“纯时间”KLP模型，可信度较高。

## 4 结语

本文从使用步行和自行车接驳轨道交通的出行者意愿和感知角度出发，在北京市某轨道交通车站周边进行问卷调查和现场模拟实验，识别轨道交通接驳方式选择的影响因素，深入分析出行者对步行和自行车接驳距离和时间的敏感程度及心理感受分布特征、接驳距离衰减特征以及接驳时空阈值。本文结论可为合理规划城市轨道交通

车站及其评价提供量化的参考指标。尤其是接驳时空阈值的确定，将经济学的方法应用于轨道交通接驳行为研究来量化出行者心理可接受的时间和距离界限，可为评价轨道交通车站周边用地布局和车站设置规模提供依据。

由于调查的样本量有限，本文重点分析了不同性别的青年群体。后续研究中需进一步补充调查样本，考虑年龄、出行方式选择偏好、轨道交通车站区位和道路环境等因素，获得多元化的轨道交通接驳时空阈值，为步行和自行车接驳轨道交通出行模式下的合理规划、设计以及自行车停车场的布设提供参考。

志谢

感谢宫晓刚、贺方杰、苏靖、李涛等同学协助完成问卷调查和现场模拟实验。

参考文献：

References:

- [1] 熊文. 城市慢行交通规划：基于人的空间研究[D]. 上海：同济大学，2008.  
Xiong Wen. Urban Pedestrian and Bicycle Planning: Based on Human-oriented Spatial Analysis[D]. Shanghai: Tongji University, 2008.
- [2] 柳丽娜. 轨道交通客流接驳方式研究[D]. 北京：北京工业大学，2010.  
Liu Lina. Study on Urban Rail Transit Access Mode [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2010.
- [3] 王文红，关宏志. Nested-Logit模型在轨道交通衔接方式选择中的应用[J]. 城市轨道交通研究，2008，11(7)：25-30.  
Wang Wenhong, Guan Hongzhi. Application of Nested-Logit Mode in Railway Transfer Mode Selection[J]. Urban Mass Transit, 2008, 11(7): 25-30.
- [4] 张宁，戴洁，张晓军. 基于多项Logit模型的轨道交通站点步行接驳范围[J]. 城市轨道交通研究，2012，15(5)：46-49.  
Zhang Ning, Dai Jie, Zhang Xiaojun. Walking Affect Area of Rail Transit Stations Based on Multinomial Logit model[J]. Urban Mass Transit, 2012, 15(5): 46-49.

- [5] Dennis Zielstra, Hartwig H Hochmair. A Comparative Study of Pedestrian Accessibility to Transit Stations Using Free and Proprietary Network Data[DB/CD]. Washington DC: Transportation Research Board, 2011.
- [6] Ahmed M El-Geneidy, Paul R Tétreault. Pedestrian Access to Transit: Identifying Redundancies and Gaps Using a Variable Service Area Analysis [DB/CD]. Washington DC: Transportation Research Board, 2010.
- [7] 甘勇华. 自行车与城市轨道交通的换乘衔接[J]. 城市轨道交通研究, 2007, 10(4): 8-10.  
Gan Yonghua. On the Transfer between Bicycle and Urban Mass Transit[J]. Urban Mass Transit, 2007, 10(4): 8-10.
- [8] 况丽娟, 叶霞飞. 自行车接驳城市轨道交通的特征研究[J]. 城市轨道交通研究, 2010, 13(2): 53-56.  
Kuang Lijuan, Ye Xiafei. Characteristics of Bike-and-Ride at Urban Mass Transit Station[J]. Urban Mass Transit, 2010, 13(2): 53-56.
- [9] 毛保华. 城市轨道交通规划与设计(第二版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.  
Mao Baohua. Planning and Design for Urban Rail Transit (2nd ed.)[M]. Beijing: China Communication Press, 2011.
- [10] 曹萍, 陈峻. 自行车与轨道交通换乘站选址及需求预测[J]. 交通科技与经济, 2008, 10(3): 87-89.  
Cao Ping, Chen Jun. Bicycle-Metro Station Locating and Its Demand Predicting[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2008, 10(3): 87-89.
- [11] 王志臣, 王明生. 城市轨道交通与市内交通的衔接规划研究[J]. 国防交通工程与技术, 2005, 3(4): 48-50.  
Wang Zhichen, Wang Mingsheng. Joining and Coordination between Urban Rail Traffic Transfer Junction and Other Transportation Modes[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2005, 3(4): 48-50.
- [12] Garrard J, Rose G, Lo S K. Promoting Transportation Cycling for Women: The Role of Bicycle Infrastructure[J]. Preventive Medicine, 2008, 46(1): 55-59.
- [13] Dill J, Carr T. Bicycle Commuting and Facilities in Major US Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them—Another Look[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 2003.
- [14] Hartwig H Hochmair. Assessment of Service Areas for Bicycle Accessibility to Transit Stations [DB/CD]. Washington DC: Transportation Research Board, 2012.
- [15] Sungjin P, Junhee K. Factors That Influence Walking and Biking to the Station: Modeling Commuter Rail Users' Access Mode Choice[DB/CD]. Washington DC: Transportation Research Board, 2008.
- [16] Johnston R J. On Frictions of Distance and Regression Coefficients[J]. Area, 1973, 5(3): 187-191.
- [17] 王成金. 中国交通流的衰减函数模拟及特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 690-696.  
Wang Chengjin. Function Simulation and Regularity of Distance Decay of Inter-Urban Traffic Flow in China[J]. Progress in Geography, 2009, 28(5): 690-696.
- [18] Kishi K, Uchida K, Satoh K. Price Sensitivity of Airfare from the Viewpoint of Passengers[J]. Journal of Infrastructure Planning, 1999(16): 187-194.
- [19] Kishi K, Hino S, Satoh K. Location Planning of Elevators at Subway Stations Considering Transfer Resistances Based on Passengers' Physical and Conscious Resistance[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2003, 5: 3250-3260.
- [20] 何静, 刘志钢, 孙有望. 基于乘客能量和心理阻抗的换乘便利性分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2010, 38(1): 92-97.  
He Jing, Liu Zhigang, Sun Youwang. Transfer Convenience of Urban Rail Transit Based on Passengers' Physical and Conscious Resistance [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2010, 38(1): 92-97.
- [21] Sean O'Sullivan, John Morrall. Walking Distances to and from Light-Rail Transit Stations[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1996(1538): 19-26.