

# 基于低碳出行方式的南京市本地居民

## 景点可达性研究<sup>1</sup>

王宇环<sup>1</sup>、靳诚<sup>1</sup>，安鸿波<sup>2</sup>，刘月<sup>1</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院，江苏南京 210023; 2. 中国矿业大学信息与控制工程学院，江苏徐州 221116)

**【摘要】**以南京市为研究区，选取 22 个 3A 级及以上旅游景点，基于 ArcGIS 平台可达性计算的网路分析与栅格分析方法，分析了在步行+共享单车+地铁新型低碳出行方式之下，现阶段和地铁第二期建设完成阶段居民到达旅游景点的最短时间与平均时间以及变化情况，发现二期地铁的建设使旅游景点的平均时间可达性减少了 3.96min；现状地铁下有 8 个旅游景点可达性较好，14 个一般，二期地铁建设完成后，将有 16 个景点可达性较好，6 个一般；老城区内居民前往景区的平均时间可达性内坪差异小，栖霞区、江宁区、雨花台区、浦口区内部差异大；有 62.87% 的区域在二期地铁的建设下可达性变化在 5min 之内，可达性变化大的区域基本与二期新增地铁线路经过的区域一致。

**【关键词】** 低碳出行 旅游景点 可达性 本地居民 GIS 南京市

**【中图分类号】** K901 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-8227 (2018) 11-2443-10

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201811006

旅游现已成为居民休闲娱乐的主要方式之一，作为一种社会经济现象，其发生的载体是以空间为载体的，而且通过交通方式来完成。南京是较早建设地铁的城市，现如今已开通 7 条地铁线路，共 114 个地铁站点，为居民出行提供了便利，大大缓解了城市交通压力。随着近几年共享单车的快速发展，“最后 1km”的出行问题也得到了有效解决，地铁+共享单车+步行的新型低碳出行方式逐渐变成了居民出游的重要选择。在此基础上，朱玮等<sup>[1]</sup>根据统计分析、模型分析等方法研究上海闵行区城市公共自行车系统对居民出行方式的影响；沈苏彦等<sup>[2]</sup>运用空间相互理论中的威尔逊模型，对南京地铁 1 号线、2 号线共 55 个站点与南京市所有 3A 级以上景点进行了旅游空间关联度计算；李志等<sup>[3]</sup>利用最短距离模型法分别测算南京地铁开通前后居民出行旅行时间的变化。但是上述研究没有涉及基于一定出行方式旅游景点可达性，本地居民作为城市一日游重要客源，其出行所耗费的时间是影响出行的主要因素<sup>[4]</sup>，因此，结合新型的低碳出行方式研究南京市本地居民到达旅游景点的时间可达性就显得十分重要。

可达性作为一个概念，广泛地应用于交通规划、城市规划和地理学领域<sup>[4]</sup>，可达性表示一种空间测度，最早由 Hansen 于 1959 年提出<sup>[5]</sup>，将其定义为交通网络中各节点相互作用的机会大小。可达性最初的测算方法是简单的空间距离测算，随着交通网络

**收稿日期**: 2018-02-28; **修回日期**: 2018-04-25

**基金项目**: 国家自然科学基金 (41601131, 41571134); 江苏省高校自然科学研究重大项目 (16KJA170002)

**作者简介**: 王宇环 (1995~), 女, 硕士研究生, 研究方向为旅游地理. E-mail: 815125056@qq.com\*通讯作者  
E-mail: jincheng2431@163.Com

体系的不断丰富，简单的空间距离已经不能表示空间中节点的相互到达关系，可达性的测度方法日益丰富，目前常用的指标包括最短旅行时间、加权平均旅行时间、经济潜能及日常可达性等<sup>[6]</sup>，但这些方法本质上可以分为两种类型，一是基于栅格数据的成本距离分析<sup>[7]</sup>，如靳诚等通过将研究区划分为栅格网格，在对高速公路通达性算法进行优化的基础上测算研究区农业旅游示范点的加权时间可达性<sup>[4]</sup>。胡志斌等<sup>[8]</sup>通过对不同用地类型赋予权重做栅格叠加计算，得到城市绿地总体距离成本可达性。汪德根等<sup>[9]</sup>，潘竟虎等<sup>[10, 11]</sup>，沈惊宏等<sup>[12]</sup>，尚永正等<sup>[13]</sup>，曹小曙等<sup>[14]</sup>均采用栅格成本距离分析计算研究区内研究目标的可达性，此外靳诚，张莉等<sup>[15, 16]</sup>还根据最小种子算法，基于 MapX 与 Delphi 开发了基于时间最短的区域旅游景点可达性计算与分析信息系统及基于时间最短的区域可达性计算与分析模块，其本质依然是对栅格网络进行计算。第二种类型是基于矢量数据的网络分析和插值分析，如黄晓燕等<sup>[17]</sup>通过复杂网络理论构建广州公共交通网络模型，对比分析地铁站点线路加入到交通网络前后交通可达性发生的变化。姜博等通过构建研究区网络数据库，运用 ArcGIS 空间分析中的反距离加权插值法研究哈大高铁开通前后沿线城市可达性的演变<sup>[18]</sup>。宋明洁等<sup>[19]</sup>，蒋晓威等<sup>[20]</sup>，冯长春等<sup>[21]</sup>均采用了网络分析的方法计算研究区域的可达性。

可达性计算的两种方法各有利弊，以栅格为基础的计算方法默认所有网格之间都是通行的，无法描述不通行或跳跃式通行，以矢量网络为基础的方法只能准确计算交通网络和节点上的准确数值，无法计算交通网络外的数值，基于这两种方法，汪德根等<sup>[22]</sup>，靳诚等<sup>[7]</sup>设计了一种结合两种算法优点的新方法，本文在上述思想之上，设计一种适用于地铁网络的计算方法，运用地理信息技术与程序算法计算 22 个 3A 级及以上景点在地铁现状和二期地铁建设完成时其时间可达性的演变情况，并分析二期地铁建设完成对部分景点时间可达性的影响程度。

## 1 研究区域与研究方法

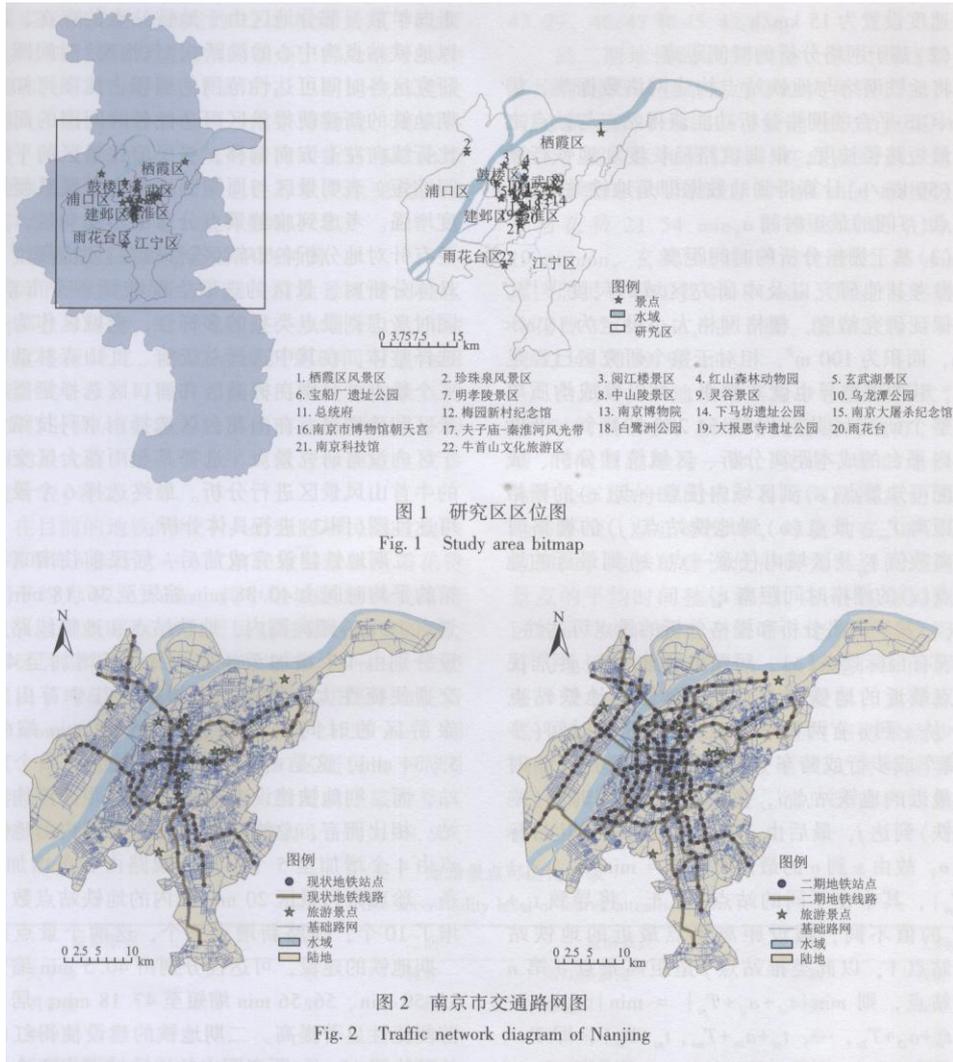
### 1.1 研究区域

南京位于长江下游，地理坐标为  $31^{\circ} 14' N \sim 32^{\circ} 37' N$ ,  $118^{\circ} 22' E \sim 119^{\circ} 14' E$ ，下辖 11 个区，是中国四大古都，首批历史文化名城，有世界文化遗产预留名单 2 项、全国重点文物保护单位 49 处，共有 A 级景区 56 家。丰富的自然历史文化条件为南京市旅游的发展奠定了基础，随着地铁网络的不断完善与共享单车的迅猛发展，城市居民选择休闲旅游景点越来越不受空间距离的限制。

由于南京市目前及二期规划建设地铁网络主要集中在老城区（鼓楼区、玄武区、建邺区、秦淮区），以及栖霞区、雨花台区、江宁区 and 浦口区。考虑到地铁+共享单车+步行这一出行方式的局限性，对于附近没有地铁站点经过的研究区域采用这一出行方式显然是不合理的，故根据南京市市政地图、南京市 2017 年遥感影像图，结合现阶段地铁网络分布划定包含老城区、栖霞区、雨花台区全部面积以及浦口区、江宁区建设用地密集部分作为本文的研究区域（图 1）。

### 1.2 资料与数据来源

旅游景区选取南京市 22 个 3A 级及以上景点，分别是夫子庙、明孝陵、中山陵、白鹭洲公园、下马坊遗址公园、灵谷景区、南京博物院、大报恩寺遗址公园、南京科技馆、南京市博物馆朝天宫、牛首山文化旅游区、阅江楼、总统府、梅园新村纪念馆、珍珠泉、玄武湖、红山森林动物园、南京大屠杀纪念馆、栖霞山风景区、雨花台、乌龙潭公园、宝船厂遗址公园；基础路网数据从 openstreetmap 中提取，去掉高速公路、隧道等不宜骑车通过的道路；地铁网络及站点数据根据国家发改委批复的《南京市轨道交通第二期建设规划调整方案图（2016~2021）》获取，现状地铁共有 7 条线路，114 个地铁站点，二期建设完成后，将有 13 条线路，224 个地铁站点；研究区划范围从《南京市市政地图》中获得；以上数据借助 GIS 平台，通过建立图层，数字化处理，构建现状地铁和二期规划建设地铁两个时段的数据库，作为研究的基础底图（图 2）。



### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 居民出行方式与时间

居民出行是一种目的出行，即从不同出行起点到出行终点完成一次有目的的活动，这就说明，在出行过程中即使变换了多种交通方式，只要目的地不变，仍看作一次出行<sup>[23]</sup>，居民前往目的旅游景点即为一次出行。基于本研究的基础，居民的出行方式有步行、骑共享单车、乘坐地铁，这其中可以任意组合，即步行+共享单车+地铁，或步行+地铁，或共享单车+地铁，或步行+共享单车。具体选择何种方式，本文采用一种理想的假设，即居民总是选取出行耗时最短的方式。

居民出行所需时间通常由候车时间，运行时间和换乘时间三部分组成<sup>[24]</sup>。而实际上，因为城市道路状况以及出发时间的不同，还可能存在拥堵时间。由于地铁线路的复杂性，不同换乘站点存在不同的换乘时间与候车时间，基于此，在本文的研究中，不考虑换乘时间与候车时间以及可能存在的拥堵时间，仅研究一种理想状态下，居民从出发地到达目的地所需的最短时间。

此外，根据研究需要，假设居民总是选择距离自己最近的地铁站点乘车前往目的地。

#### 1.3.2 可达性评价指标

区域内任意一点到指定旅游景点可达性指标为:

$$A_j = \text{Min}(M_j T_{ij}) \quad (1)$$

式中:  $T_{ij}$ 为区域内任意一点  $i$  通过交通网络到景点  $j$  的最短时间;  $M_j$ 是景点的权重; 由于本文只研究旅游景点的交通通达性, 可将常数  $M$  设置为 1;  $A_j$ 为区域内任意一点到旅游景点的最短时间, 可用来描述该景区与周围区域交通联系的便捷程度。

区域内任意一点到所有景点的可达性指标为:

$$A = \sum_1^n A_j/n \quad (2)$$

其中  $n$  为景区的数量, 在本研究中  $n=22$ 。  $A$  可用来描述区域内某点的旅游便捷程度, 反映了该点居民出行前往任意旅游景区的平均时间。

### 1.3.3 可达性算法

#### (1) 速度的确定

本研究设计的速度共有 4 级: 水域通行速度设为  $1\text{km/h}^{[9]}$ ; 没有道路网的陆地默认通行方式为步行, 速度设置为  $5\text{km/h}^{[25]}$ ; 地铁网络的通行速度为  $50\text{km/h}^{[3]}$ ; 基础路网的通行方式为骑车, 速度设置为  $15\text{km/h}$ 。

#### (2) 基于网络分析的时间距离

将地铁网络与地铁站点构建网络数据集, 借助 ArcGIS 平台的网络分析功能获得站点与站点之间的最短路径长度, 根据该路径长度和地铁行驶速度 ( $50\text{km/h}$ ) 计算得到的数据即是地铁站点 ( $i$ ) 到站点 ( $j$ ) 间的最短时间  $a_{ij}$ 。

#### (3) 基于栅格分析的时间距离

参考其他研究以及本研究区域的尺度<sup>[13,14]</sup>, 为了保证研究精度, 栅格网格大小设定为  $10\text{m} \times 10\text{m}$ , 面积为  $100\text{m}^2$ , 相对于整个研究区已经足够小, 其内部差异也就非常小, 可以看成均质单元, 整个研究区共有网格 64205594 个。借助 ArcGIS 平台的成本距离分析、区域统计分析、成本分配可知景点 ( $o$ ) 到区域内任意一点 ( $x$ ) 的栅格时间距离  $T_{ox}$ 、景点 ( $o$ ) 到地铁站点 ( $j$ ) 的栅格时间距离数值  $T_{oj}$  及区域内任意一点 ( $x$ ) 到最近的地铁站点 ( $i$ ) 的栅格时间距离  $t_{xi}$ 。

#### (4) 基于网络分析和栅格分析的景点可达性

现有目标景点 ( $o$ ), 居民出发点 ( $x$ )、距居民出发点最近的地铁站点 ( $i$ ) 以及任意地铁站点 ( $j$ )。从  $x$  到  $o$  有两种形式:  $x$  通过栅格时间 (步行+骑车或步行或骑车) 直接到  $o$ ;  $x$  通过栅格时间到最近的地铁站点  $i$  再由  $i$  通过网络时间 (乘坐地铁) 到达  $j$ , 最后由  $j$  通过栅格时间到达目标

景点  $o$ 。故由  $x$  到  $o$  的最短时间  $T = \min \{ T_{xo}, t_{xi} + a_{ij} + T_{jo} \}$ ，其中在不同的站点  $j$  下车，将导致  $t_{xi} + a_{ij} + T_{jo}$  的值不同，假设距离景点最近的地铁站点为站点 1，以此类推站点  $j$  是距离景点  $o$  第  $n$  近的站点，则  $\min \{ t_{xi} + a_{ij} + T_{jo} \} = \min \{ t_{xi} + a_{i1} + T_{1o}, t_{xi} + a_{i2} + T_{2o}, \dots, t_{xi} + a_{in} + T_{no}, t_{xi} + T_{io} \}$ ，即  $T = \min \{ T_{xo}, \min \{ t_{xi} + a_{i1} + T_{1o}, t_{xi} + a_{i2} + T_{2o}, \dots, t_{xi} + a_{in} + T_{no}, t_{xi} + T_{io} \} \}$ 。借助 MATLAB 及 ArcGIS 平台即可求得居民前往旅游景点的最短时间  $T$ 。

## 2 结果分析

### 2.1 旅游景点的可达性

利用上述可达性的计算方法，得到了 22 个景点基于现状地铁网络和二期建设地铁网络下到全域的可达性图。整体上看，旅游景区时间可达性都随着二期地铁的建设有所缩短，具体减少时间与地铁站点新增数量、新增线路有着直接关系，可以看出可达性时间圈层会随着地铁站点与线路走向扩散，部分地区由于地铁站点的存在，出现以地铁站点为中心的跳跃式“气泡型”时间圈。由研究区各时间可达性范围的面积占比图可知，二期地铁的新建使得景区可达性各时间圈的面积占比折线向左上方向偏移，居民前往景区的平均时间缩短，表明景区与周围区域的交通联系便捷程度增强。考虑到旅游景点分布的不均匀性，为了更有针对性地分析各市辖区居民出游便捷程度，在具体分析时，景区的选取上要兼顾各个市辖区，同时考虑到景点类型的多样性，老城区作为一个选择整体，在其中选择总统府、红山森林动物园三个景点，分别在栖霞区和浦口区选择栖霞山风景区和珍珠泉，在雨花台区选择南京科技馆，江宁区没有研究景点，选择其与雨花台区交界处的牛首山风景区进行分析。最终选择 6 个景点的可达性图（图 3）进行具体分析：

二期地铁建设完成前后，居民前往南京科技馆的平均时间由 40.38min 缩短至 36.18min，在景点 10min 距离圈内，地铁站点和地铁线路的数量分别由 4 个增加至 8 个、由两条增加至 4 条，交通便捷性大大增强。而居民前往牛首山文化旅游区的时间仅由原先的 55.68min 缩短至 53.34min，这是由于目前其周围仅有一个地铁站，而二期地铁建设未在其 20min 距离圈内增设站。相比而言，总统府 10min 距离圈内的地铁站点由 4 个增加至 5 个，地铁线路由 3 条增加至 4 条，珍珠泉风景区 20min 圈内的地铁站点数量新增了 10 个，线路新增了三个，这两个景点因为二期地铁的建设，可达性分别由 40.5min 缩短至 35.59min、56.56min 缩短至 47.18min，居民出游便捷性显著提高。二期地铁的建设使得红山森林动物园 10min 距离圈内的地铁站点由 3 个增加至 5 个，地铁线路由 2 条增加至 4 条，居民前往景区的平均时间由 41.46min 缩短至 37.27min。目前仅有一个地铁站点位于栖霞山风景区的 20min 距离圈内，二期地铁建设完成后将新增 3 个站点，平均可达性时间也由 53.37min 缩短至 50.69min，但居民在其最近的地铁站点栖霞山北下车后仍要经过 11min 才能到达景区。

为了更好地研究与比较旅游景点的时间可达性，根据景点可达性的平均时间，按照等间隔的方式将其划分为 4 个等级：可达性非常好景区（0~20min），可达性较好景区（20~40min）可达性一般景区（40~60min），可达性差景区（>60min）。

根据实际情况看，研究的 22 个旅游景点中没有可达性非常好和可达性差的景点，都处在可达性一般和较好两个等级上（表 1）。二期地铁的建设使得夫子庙、白鹭洲公园、南京博物院、南京科技馆、阅江楼景区、总统府、梅园新村和红山森林动物园这 8 个景点的可达性等级发生变化，但从实际变化数值来看，这种影响不大。

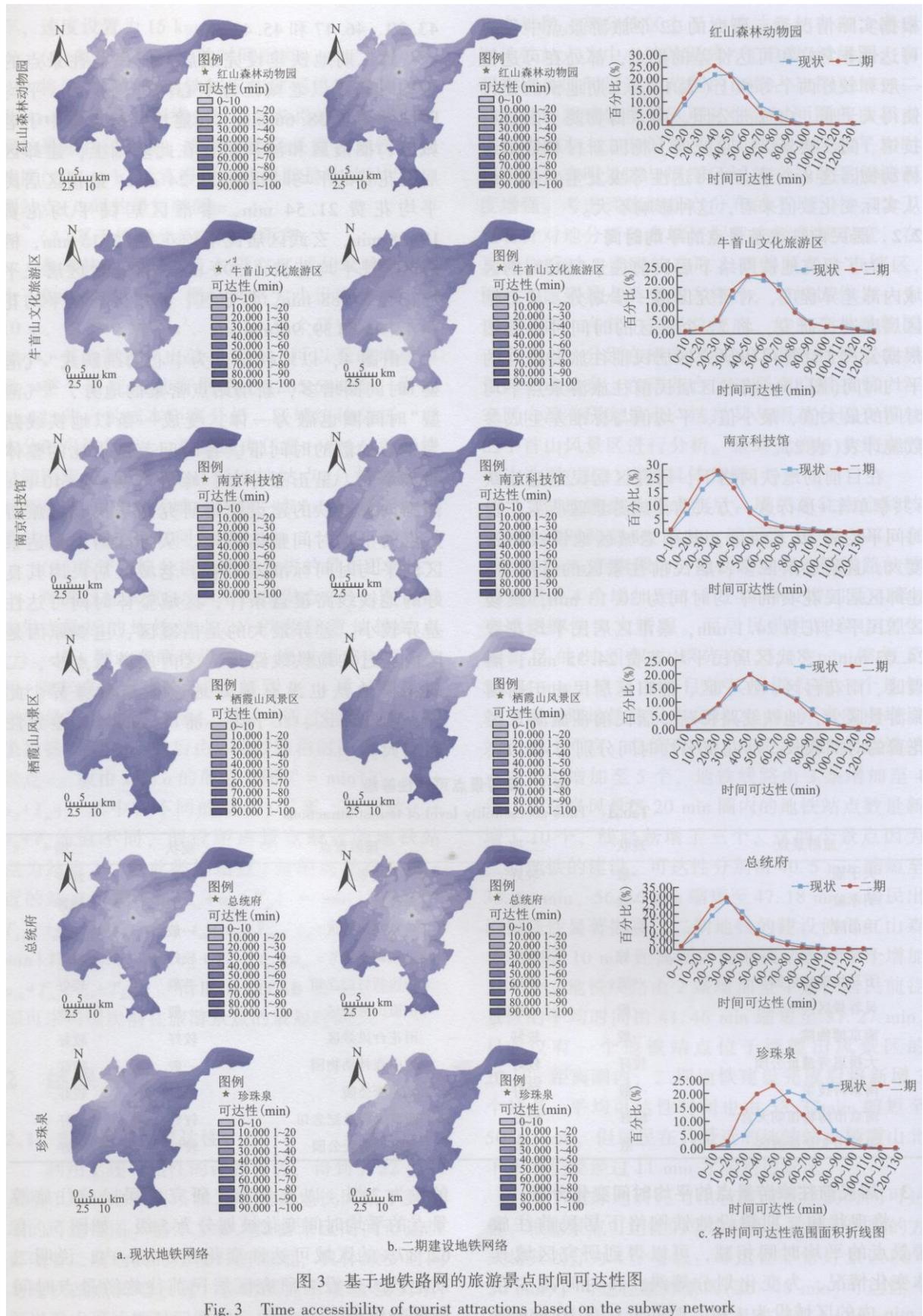


表 1 旅游景点可达性等级

Tab. 1 Time accessibility level of tourist attractions

旅游景点	现状	二期	旅游景点	现状	二期
夫子庙	一般	较好	阅江楼景区	一般	较好
明孝陵	一般	一般	总统府	一般	较好
中山陵	一般	一般	珍珠泉风景区	一般	一般
白鹭洲公园	一般	较好	玄武湖景区	较好	较好
下马坊遗址公园	一般	较好	梅园新村纪念馆	一般	较好
灵谷景区	一般	一般	栖霞山风景区	一般	一般
南京博物院	一般	较好	雨花台风景区	较好	较好
大报恩寺遗址公园	较好	较好	红山森林动物园	一般	较好
南京科技馆	一般	较好	乌龙潭公园	较好	较好
南京市博物馆朝天宫	较好	较好	南京大屠杀纪念馆	较好	较好
牛首山文化旅游区	一般	一般	宝船厂遗址公园	较好	较好

## 2.2 居民前往旅游景点的平均时间

为了研究地铁网络下居民前往景区时间的区域内部差异程度，对研究区进一步划分。从市辖区尺度进行研究，将 22 个景区的时间可达性图根据公式 2 计算可得研究区居民前往旅游景点的平均时间（图 4），将各区居民前往旅游景点平均时间的最大值、最小值、平均值与标准差生成参数统计表（表 2）。

表 2 各区居民前往旅游景点时间参数

Tab. 2 Time parameters for residents to visit the tourist attractions

区名			最大值	平均值 (min)	标准差
	最小值 (min)		(min)		(min)
雨花台区	现状	17.89	74.87	43.29	13.12
	二期	15.34	71.99	37.88	11.96
建邺区	现状	17.12	42.21	30.13	4.80
	二期	15.03	39.03	27.24	4.55
鼓楼区	现状	15.43	33.74	24.10	3.32
	二期	13.58	29.25	21.54	2.65
秦淮区	现状	15.36	36.25	24.03	4.65
	二期	12.68	30.56	19.68	3.50
玄武区	现状	15.38	37.12	24.35	4.41
	二期	13.03	35.41	22.15	4.66
栖霞区	现状	20.55	98.93	48.92	17.45
	二期	19.53	91.99	44.94	15.78
江宁区	现状	23.98	88.94	46.47	11.58
	二期	20.94	89.39	43.48	12.46
浦口区	现状	23.32	81.48	45.42	11.42
	二期	20.78	72.17	39.96	9.15

在目前的地铁网络下，研究区居民通过地铁+共享单车+步行这一方式前往旅游景区所需花费时间平均为 42.62min。其中老城区地铁线路密度大，且附近景区多，居民前往景区的时间短，建邺区居民花费的平均时间为 30.13min，鼓楼区居民平均花费 24.1min，秦淮区居民平均花费 24.03min，玄武区居民平均花费 24.35min；栖霞区、雨花台区、江宁区、浦口区居民由于周围旅游

景区少，地铁线路稀疏，居民前往旅游景区花费的时间较长，所花费平均时间分别为 48.92、43.29、46.47 和 45.42min。

到二期地铁建设完成后，居民前往景点的平均时间圈以老城区为中心向外围扩大，平均时间缩短至 38.66min，新建地铁站点集中于老城区、栖霞区和浦口区，在此基础上，建邺区居民花费的平均时间为 27.24min，鼓楼区居民平均花费 21.54min，秦淮区居民平均花费 19.68min，玄武区居民平均花费 22.15min，栖霞区居民平均花费 44.94min，雨花台区居民平均花费 37.88min，江宁区、浦口区居民平均花费 43.48 和 39.96min。

由图 4，以地铁站点为中心的跳跃式“气泡型”时间圈增多，新增站点密集的地方，“气泡型”时间圈也融为一体，变成一条以地铁线路为中心扩散的时间带。各时间范围占比的整体趋势不变，呈正态分布，峰值均在 30~40min 范围内，地铁的建设使得研究区居民到达旅游景点的平均时间整体缩短。从各区居民到达景区的平均时间标准差来看，老城区居民因其良好的地铁线路覆盖条件，区域整体时间可达性差异较小，差异最大的是栖霞区，主要原因是区内经过的地铁线路少，区内旅游景点少，二期建设地铁也没有很好地改变这种差异。此外，雨花台区、江宁区、浦口区的区内差异性也很大。

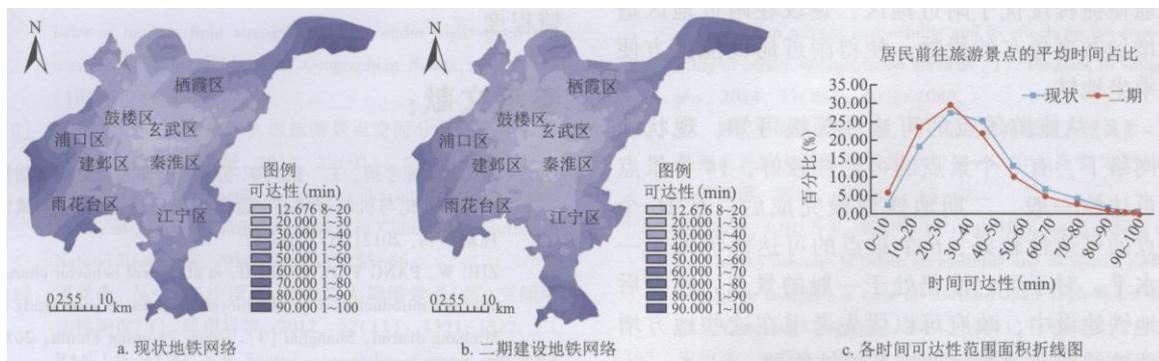


图 4 居民前往旅游景点的平均时间可达性  
Fig. 4 Average time accessibility for residents to visit tourist attractions

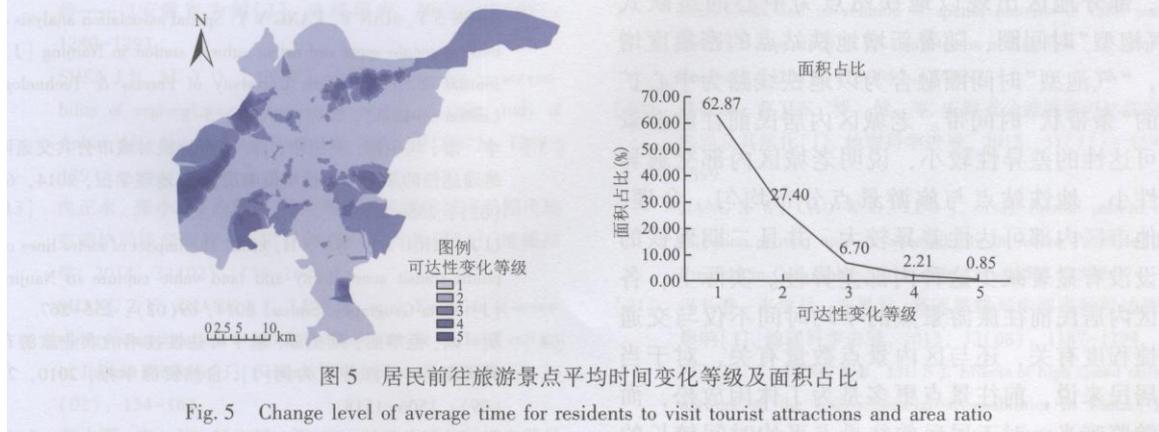


图 5 居民前往旅游景点平均时间变化等级及面积占比  
Fig. 5 Change level of average time for residents to visit tourist attractions and area ratio

### 2.3 居民前往旅游景点的平均时间变化分析

将现状和二期建设地铁网络下居民前往旅游景点的平均时间相减，可以得到研究区域具体变化情况，为变化划分等级，将时间减少在 5min 内的区域设为 1 级，时间变化在 10min 内的设为 2 级，以此类推，研究区居民前往旅游景点的平均时间变化被划分为 5 级。如图 5，有 62.87% 的区域可达性变化在 5min 内，说明二期地铁的建设对研究区居民前往旅游景点时间的影响较小。

为研究居民前往旅游景点平均时间变化与二期地铁建设之间的关系，将二期地铁新增的地铁站点和线路在居民前往旅游景

点的平均时间图上显示出来(图 6),可以直观地看出,平均时间变化等级高的地方基本都是二期新增地铁站点和线路经过的地方,市中心范围因为本就具备良好的地铁网络覆盖,所以平均时间变化情况受二期地铁新增站点、线路的影响小,而像浦口区、栖霞区这些原本没有较好地铁网络覆盖的地方,因为新增的地铁线路,区内居民前往旅游景点的平均时间有了相对较大幅度的缩短。



### 3 结论与讨论

本文在传统的可达性计算上,针对有地铁网络的区域,设计了一种结合网络分析与栅格分析的可达性算法,并探讨了在步行+共享单车+地铁这一低碳出行方式下,研究区内居民前往旅游景点的便捷程度。主要得出以下 4 点结论:

(1) 从旅游景点的可达性来看,二期地铁的建设使得景点时间可达性平均缩短 3.96min。可达性时间圈层随着地铁站点与线路走向进行扩散,部分地区由于地铁站点的存在,呈现时间的跳跃性,出现以地铁站点为中心的“气泡型”时间圈,这是由于该地区地铁站点与线路相对稀疏,交通便捷程度优于附近地区,建议在附近地区适量增加共享单车的投放,使得附近居民能更方便地乘坐地铁。

(2) 从旅游景点的可达性等级可知,现状地铁网络下,有 8 个景点的可达性较好,14 个景点的可达性一般,二期地铁建设完成后,有 16 个景点的可达性较好,6 个景点的可达性仍处于一般水平。对于可达性仍处于一般的景点,在今后的地铁建设中,政府可以优先考虑在这些地方增加地铁线路或适当延伸现有地铁线路。

(3) 从居民前往旅游景点的平均时间来看,二期地铁的建设使得平均时间圈层整体向外围扩散,部分地区出现以地铁站点为中心的跳跃式“气泡型”时间圈,随着新增地铁站点的密集度增加,“气泡型”时间圈融合为以地铁线路为中心扩散的“条带状”时间带。老城区内居民前往旅游景点可达性的差异性较小,说明老城区内部交通异质性小,地铁站点与旅游景点分布均匀、合理,其他市区内部可达性差异较大,并且二期地铁的建设没有显著减少这种内部差异性。实际上,各辖区内居民前往旅游景点的平均时间不仅与交通便捷程度有关,还与区内景点数量有关,对于当地居民来说,前往景点更多是为了休闲放松,而非游览观光,对于居民前往景点平均时间较长的地区,可以多建立一些公园式开放空间,以满足当地居民休闲放松的需求。

(4) 二期地铁的建设对研究区居民前往旅游景点的平均时间影响较小,有 62.87%的区域在二期地铁的建设下可达性时间变化在 5min 之内。平均时间变化大的区域基本与二期新增地铁线路经过的区域一致,这种现象在缺少地铁站点的区域尤为明显。

值得注意的是,本文在研究区域的选取上,由于采用的低碳出行方式的局限性,仅选择了有地铁或有规划建设地铁的区域,

---

实际上没有地铁线路经过的区域更值得研究。在对居民出行时间的分析上，没有考虑到站点换乘时间、等车时间以及可能附加的拥堵时间。在对地铁行驶速度的界定上，没有考虑到不同的地铁线路速度不一，城际线的速度实际上比市内地铁线路大很多，此外对于不同的道路状况，可能会产生不同的步行速度或行车速度。在今后的研究中，笔者将结合现有经验成果从更加全面的角度分析问题和解决问题，进而更好地研究居民或游客出行的便捷程度。

参考文献：

- [1] 朱讳, 庞宇琦, 王德, 等. 公共自行车系统影响下居民 出行的变化与机制研究——以上海闵行区为例[J]. 城市 规划学刊, 2012(05): 76-81.
- ZHU W, PANG Y Q, WANG D, et al. Travel behavior change after the introduction of public bicycle systems: a case study of Minhang district, Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2012 (05) : 76-81.
- [2] 沈苏彦, 韩宇, 庞一阳. 南京地铁与旅游景区(点)的空 间关联分析[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2013, 7(04) : 5-8.
- SHEN S Y, HAN Y, PANG Y Y. Spatial association analysis of tourism scenic spots and urban subway station in Nanjing [ J ]. Journal of Center South University of Forests & Technology (social sciences) , 2013, 7(04) : 5-8.
- [3] 李志, 周生路, 吴绍华, 等. 南京地铁对城市公共交通网 络通达性的影响及地价增值响应[J]. 地理学报, 2014, 69 (02) : 255-267.
- LI Z, ZHOU S L, WU S H, et al. The impact of metro lines on public transit accessibility and land value capture in Nanjing [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(02) : 255-267.
- [4] 靳诚, 范黎丽, 陆玉麒. 基于可达性技术的农业旅游布 局研究——以江苏省为例 U]. 自然资源学报, 2010, 25 (09) : 1506-1518.
- JIN C, FAN L Y, LU Y Q. Spatial distribution of agricultural tourism based on accessibility in case of Jiangsu Province [ J ] • Journal of Natural Resources, 2010, 25(09) : 1506-1518.
- [5 ] HANSEN W G. How accessibility shapes land use [ J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25(2) : 73-76.
- [6] 汪德根, 章臻. 高速铁路对长三角地区都市圈可达性影响[J]. 经济地理, 2015, 35(02) : 54-61.
- WANG D G, ZHANG Y. The influence of high-speed railways on accessibility of Yangtze River Delta Region' s Metropolitans [J]. Economic Geography, 2015, 35(02) : 54-61.
- [7 ] JIN C, XU J, LU Y Q, et al. The impact of Chinese Shanghai- Nanjing high-speed rail on regional accessibility [ J]. Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, 2013, 113(2) : 133- 145.
- [8 ] 胡志斌, 何兴元, 陆庆轩, 等. 基于 GIS 的绿地景观可达性 研究——以沈阳市为例[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学 版),

---

2005, 21(06) : 671-675.

HU Z B, HE X Y, LU Q X, et al. Green space accessibility research based on GIS: taking Shenyang as an example [ J]. Journal of Shenyang Jianzhu University ( Natural Science ), 2005, 21(06) : 671-675.

[9] 汪德根, 钱佳, 牛玉. 高铁网络化下中国城市旅游场 强空间格局及演化[J]. 地理学报, 2016, 71(10): 1784- 1800.

WANG D G, QIAN J, NIU Y. Evolution and spatial characteristics of tourism field strength of cities under high speed rail network in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(10) : 1784-1800.

[10] 潘竟虎, 李俊峰. 中国 A 级旅游景点空间分布特征与可达性[J]. 自然资源学报, 2014, 29(01) : 55-66.

PAN J H, LI J F. Spatial distribution characteristics and accessibility of A-grade Tourist attractions in China [ J ]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(01) : 55-66.

[11] 潘竟虎, 从忆波. 中国 4A 级及以上旅游景点(区)空间可达性测度[J]. 地理科学, 2012, 32(11): 1321-1327.

PAN J H, CONG Y B. Spatial accessibility of scenic spot at 4A level and above in China [ J ]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(11) : 1321-1327.

[12] 沈惊宏, 陆玉麒, 兰小机, 等. 区域综合交通可达性评 价——以安徽省为例[门]. 地理研究, 2012, 31(07): 1280-1293.

SHEN J H, LU Y Q, LAN X J, et al. Assessment on accessibility of regional comprehensive transport: A case study of Anhui[ J ] , Geographical Research, 2012, 31(07) : 1280- 1293.

[13] 尚正永, 张小林, 卢晓旭, 等. 基于可达性的城市功能用地 空间格局演变研究——以江苏省淮安市为例[J]. 地理科 学, 2014, 34(02) : 154-162.

SHANG Z Y, ZHANG XL, LU XX, et al. Evolution of accesibility spatial pattern of urban land use: a case of Huai' an City in Jiangsu Province[ J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34 (02) : 154-162.

[14] 曹小曙, 李涛, 杨文越, 等. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. 地理科学进展, 2015, 34 (06) : 657-664.

CAO X S, LI T, YANG W Y, et al. Accessibility and urban spatial connections of cities in the Silk Road Economic Belt based on land transportation [ J ]. Progress in Geography, 2015 , 34(06) : 657-664.

[15] 靳诚, 陆玉麒, 张莉, 等. 基于路网结构的旅游景点可 达性分析——以南京市为例[门]. 地理研究, 2009, 28(I) : 246-258.

JIN C, LU Y Q, ZHANG L, et al. An analysis of accessibility of scenic spots based on land traffic network: A case study of Nanjing [ J ] . Geographical Research, 2009, 28 ( 1) : 246 - 258.

---

[16] 张莉, 陆玉麒, 赵元正. 基于时间可达性的城市吸引范 的划分——以长江三角洲为例[J]. 地理研究, 2009, 28 (03) : 803-816.

ZHANG L, LU Y Q, ZHAO Y Z. Delimitation of central cities attracting scope based on time accessibility: A case study of Yangtze River Delta [J]. Geographical Research, 2009, 28 (03) : 803-816.

[17] 黄晓燕, 张爽, 曹小曙. 广州市地铁可达性时空演化及 其对公交可达性的影响[J]. 地理科学进展, 2014, 33 (08) : 1078-1089.

HUANG X Y, ZHANG S, CAO X S. Spatial-temporal evolution of Guangzhou subway accessibility and its effects on the accessibility of public transportation services [ J]. Progress in Geography, 2014, 33(08) : 1078-1089.

[18] 姜博, 初楠臣, 王媛, 等. 高速铁路影响下的城市可达 性测度及其空间格局模拟分析——以哈大高铁为例[J]. 经济地理, 2014, 34(11) : 58-62.

JIANG B, CHU N C, WANG Y, et al. High-speed railway impact on the measure of urban accessibility and its spatial pattern simulation analysis: a case of Harbin-Dalian High-Speed Rail[J] . Economic Geography, 2014, 34(11): 58-62.

[19] 宋明洁, 王宏志, 邵奇慧, 等. 小城镇可达性及其与农村聚落空间格局的关系——以荆州市 93 个小城镇为例[J]. 人文地理, 2013, 128(05) : 54-60.

SONG M J, WANG H Z, SHAO Q H, et al. Accessibility of small towns and its relation to spatial patterns of rural settlements : a case study of 93 small towns in Jingzhou [ J ]. Human Geography, 2013, 128(05) : 54-60.

[20] 蒋晓威, 曹卫东, 罗健, 等. 安徽省公路网络可达性空间 格局及其演化[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1591- 1599.

JIANG X W, CAO W D, LUO J, et al. Spatial pattern and evolution of road network accessibility in Anhui Province [ J ]. Progress in Geography, 2012, 31(12): 1591-1599.

[21] 冯长春, 丰学兵, 刘思君. 高速铁路对中国省际可达性的 影响[J]. 地理科学进展, 2013, 32(08): 1187-1194. FENG C C, FENG X B, LIU S J. Effects of high speed railway network on the inter-provincial accessibilities in China [ J ]. Progress in Geography, 2013, 32(08) : 1187-1194.

[22] 汪德根, 陈田, 陆林, 等. 区域旅游流空间结构的高铁 效应及机理——以中国京沪高铁为例[J]. 地理学报, 2015, 70(02) : 214-233.

WANG D G, CHEN T, LU L, et al. Mechanism and HSR effect of spatial structure of regional tourist flow; Case study of Beijing-Shanghai HSR in China [ J ]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(02) : 214-233.

[23] 毛海斌. 中国城市居民出行特征研究[D]. 北京: 北京工业 大学博士学位论文, 2005.

MAO H X. Research on person trip characteristics of Chinese citizens [ D ]. Beijing: Doctor Dissertation of Beijing

---

University of Technology, 2005.

[24] 郭谦, 吴殿廷, 鲍捷. 基于换乘效率指数的北京轨道交通网络通达性评价及其成因分析[J]. 经济地理, 2012, 32(11) : 38-44.

GUO Q, WU D T, BAO J. Evaluation of accessibility in urban rail transit network of Beijing based on transfer efficiency index and the analyze of its Cause [ J ]. Economic Geography, 2012, 32(11) : 38-44.

[25] 潘竟虎, 刘伟圣, 尹君. 地级及以上城市影响腹地及其演变[J]. 城市问题, 2014(06): 37-45.

PAN J H, LIU W S, YIN J. The prefecture-level cities and above affect the hinterland and its evolution [ J ]. Urban Problems, 2014(06) : 37-45.