

# 湖南公路网络演变的可达性评价

张 兵<sup>1, 2</sup>, 金凤君<sup>1</sup>, 于 良<sup>1, 2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国北京 100101;

2. 中国科学院研究生院, 中国北京 100039)

**【摘 要】**利用可达性评价模型, 计算1984—2004年公路网络演变过程中带来的可达性变化, 并对2025年湖南高速公路网络可达性进行模拟。结果表明:湖南公路网络变化过程中, 可达性显示以中南部为主的“中心—边缘”同心圈层结构, 呈现明显“东北—西南”轴线特征, 网络变化使湘西、湘南等边远地区受益巨大, 但滞后的特征仍然显著。公路网络演变过程中, 城市之间的可达性变异先减小后增大, 到2025年, 湖南高速公路网络完成, 城市间可达性将逐步实现优化均衡, 14个地级市4h通勤圈基本形成, 长沙等核心城市2h交流圈的扩展将推动区域一体化的纵深发展。

**【关键词】**公路网络; 可达性; 空间格局; 区域发展

**【中图分类号】**F540 **【文献标识码】**A

可达性评价一直是交通地理界在基础设施评价和交通规划中讨论的热点, 随着世界范围高速交通的快速建设, 众多学者开始对交通网络快速演变带来的可达性及其区域效应进行研究<sup>[1-6]</sup>。在国内, 金凤君、曹小曙等对全国范围铁路和公路网络进行了探讨<sup>[7-9]</sup>, 从交通运距看, 铁路网络的大尺度区域效应和快速交通下公路网络的中小尺度区域效应比较显著, 但目前国内学者仅对小尺度和大尺度区域的公路网络进行相应时间断面研究<sup>[10, 11]</sup>, 缺乏长时间序列中尺度区域公路网络变化评价。本文以中部省区湖南省为例, 分析1984—2004年来公路网络演变, 从“过去—现在”进行可达性的分析与评价, 同时模拟未来湖南高速公路规划实施后带来的可达性变化, 为中部崛起战略中湖南发展提供有益的建议。

## 1 研究方法和数据来源

### 1.1 研究模型选取

可达性概念自提出以来, 一直得到众多学者的引申和发展<sup>[2, 5, 6-8, 12]</sup>, 主要指在适当时间到达指定地点并依靠交通设施的能力。可达性的数学表达有多种形式, 其中利用最短路径模型求可达性是最为有效的方式之一。模型如下:首先构造节点(城市)间的实际交通里程, 建立距离矩阵L:

中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号:KZCX3-SW-353)资助。

收稿日期:2006-03-13; 修回日期:2006-05-20

**作者简介:**张兵(1974—), 男, 湖南醴陵人, 博士生。主要研究方向为交通运输与区域发展。

$$L = [I_{ij}]_{n \times n}$$

当  $i = j$  时,  $I_{ij} = 0$  ;

当  $i \neq j$  时, 且  $i$  与  $j$  相邻时,  $I_{ij}$  为两城市间的运输距离;

当  $i \neq j$  时,  $i$  与  $j$  不相邻时:  $I_{ij} = \min\{(I_{ik} + I_{kj}), \text{all } k\}$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ )。

式中:  $I_{ij}$  表示  $i$  城市到  $j$  城市的最短公路运输距离。

本文采用时间距离作为可达性指标。即给定节点到其它各节点的最短距离之和, 距离越短, 在公路网络中的中心位置越好, 根据  $L$  矩阵, 节点  $i$  的总运输距离 ( $D_i$ ) 定义为:

$$D_i = \sum I_{ij} \quad A_k = \sum \sum I_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

式中:  $D_i$  为各节点的各个节点到  $i$  点的最短距离之和,  $A_k$  为不同时段的网络可达性总和,  $k$  为不同的时段, 其中  $I_{ij}$  为节点间的公路里程与速度的比值。

## 1.2 研究时段选取

依据湖南公路网络结构, 选取4个年份作为演变和模拟研究断面: ①1984年, 湖南公路网络以“一般干线+普通公路”为主, 干线包括油面干线公路和普通干线公路, 干线主要是三、四级公路, 普通公路主要为等外路。②1993年, 湖南形成以“国道+省道”的公路网络。③2004年, 湖南公路网络形成“高速公路+国道+省道”发展格局, 高速公路里程1405km, 初步形成“一纵四横”高速公路骨架。④2025年, 《湖南高速公路网规划》完成时间。依据规划, 湖南将形成“五纵七横”高速公路网络, 高速总里程达到5300km, 其中纵向主线2510km, 横向主线2620km, 其它170km。

## 1.3 评价中的速度选取、网络设定和数据来源

时间速度的选取标准依据中华人民共和国行业标准《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)制定: 1984年油面干线40km/h, 干线公路30km/h, 普通公路20km/h; 1993年国道60km/h, 省道40km/h; 2004年, 高速公路100km/h, 国道、省道取70、50km/h; 2025年高速公路100km/h, 国道、省道取80、60km/h。不同时期评价的城市节点主要依据《2005年行政区划简册》进行甄选, 其中, 湘西土家族苗族自治州用吉首市作为地区重要城市。网络设定中两点之间有多条道路链接的, 只选取这个时间断面等级最高的道路计算, 即高速公路>国道>省道>普通公路; 同时在计算过程中忽略在城市节点和河流渡口处的时间损耗。数据来源主要来源于不同时期的交通地图册和湖南高速公路网规划<sup>①</sup>。

# 2 分析结果

## 2.1 可达性总体格局分析

<sup>①</sup> ① 湖南省交通厅. 2004年和<http://www.xchen.com.cn/Article/shuzhibaogao/yijian/200602/31824.asp>。

2.1.1 不同时期可达性分布整体上体现出明显的“中心—边缘”同心圈层特征，可达性显示不均衡、低级※均衡、优化的格局特征

1984、1993、2004、2025 年四个时间断面的可达性等值线图上均表现出以邵阳、娄底、湘潭、长沙、衡阳、株洲等区域内湖南中东部城市为中心，张家界、湘西、郴州、岳阳等湖南西南、西北、东北地区的城市为外围的“中心—外围”分布格局(图2)，可达性等值线呈现同心圈层由内向外逐步递减。其中，1993、2004 年时间段中等值线分布非常不平滑，到2025 年，等值线相对平整。

1993 年节点可达性变异系数(CV)为 0.192，为四个时间断面中最小，其次为 1984 年和 2025 年，变异系数为 0.201，表明公路网络在 1984—1993 年演变过程中，可达性取得较好的均衡性，随着湖南东中部的高速公路建设，区域可达性之间的差距逐渐增大，到 2025 年湖南高速公路网络规划的实施完成，湖南公路网络可达性分布进一步优化。整体上，湖南公路网络演变经历 1984 年初步均衡、落后※1993 年均衡、提升※2004 年的不均衡、优化※2025 年(模拟)的均衡、优化的阶段性变化。

表 1 湖南公路网络的可达性变化  
Tab. 1 The changes of the accessibility in the Hunan province(1984—2025)

| 地名       | 可达性时间总和(101 个城市总体样本)/h |          |          |            | 可达性变化率/%    |             |                 |
|----------|------------------------|----------|----------|------------|-------------|-------------|-----------------|
|          | 1984 年                 | 1993 年   | 2004 年   | 2025 年(模拟) | 1984—1993 年 | 2004—1993 年 | 2025—2004 年(模拟) |
| 求和(101)  | 113 054.7              | 77 236.6 | 50 928.0 | 36 062.1   | 31.68       | 34.06       | 29.19           |
| 求和(地级市)  | 13 790.9               | 9 548.3  | 5 880.3  | 4 303.4    | 30.76       | 38.42       | 26.82           |
| 平均值(101) | 1 119.4                | 764.7    | 504.2    | 357.1      |             |             |                 |
| 标准差(101) | 225.0                  | 146.7    | 112.9    | 71.7       |             |             |                 |
| CV(101)  | 0.201                  | 0.192    | 0.224    | 0.201      |             |             |                 |

2.1.2 可达性等值线在空间上呈现轴线特征，优化的过程呈现边际递减效应

可达性空间整体优化，同时表现出明显的轴线特征。湖南整体可达性由1984 年的113 054.7h 下降为1993 年的77236.6h，减少31.68%，2004 年下降为50 928h，下降幅度为34.06%；到2025 年，湖南高速公路网络完成，可达性总时间为36 062h，下降29.19%；1984—1993、1993—2004、2004—2025年，优化的总里程数量逐步降低，其中从现在到高速公路网络完成，总可达性优化里程相当于1984—1993 年的41.5%，1993—2004 年的56.1%。1993、2004 年表现出以“东北—西南”走向为主轴，集中于G320、G322 和上昆国家高速公路湖南段沿线，1984、2004 年另外表现出以G207 和长沙—张家界高速沿线复合轴为发展次轴。其中，未来高速公路网络重点完善湖南西部，地理和地质条件远远大于东中部，高速公路建设费用将远远高于1993—2004 年阶段，费用/可达性比例则大大增加，公路网络可达性呈现出边际效应递减趋势。

2.2 可达性结构及其变化

2.2.1 可达性结构分析

对总体城市结点可达性变化幅度和变化绝对值为标准，对 1984—2004 年进行公路网络演变的可达性结构分析，并在此基础上进行 2004—2025 年情景模拟(图 2)，将城市分为以下四类(表 2)：

表 2 不同时段可达性结构变化  
Tab. 2 The changes of city's accessibility in Hunan province

| 类型                    | 1984—2004 年                                                                                 | 2004—2025 年(模拟)                                                                                                                                   |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 绝对值> 平均值、<br>相对值> 平均值 | 花恒、津市、石门、桂东、桑植、澧县、保靖、岳阳、龙山、临澧、郴州、江华、凤凰、永顺、桂阳、宜章、慈利、资兴、浏阳、张家界、沅陵、醴陵、临湘、东安、永兴                 | 江永、保靖、炎陵、洪江、岳阳、靖州、津市、会同、武冈、临武、桃源、湘阴、辰溪、汝城、沅陵、花恒、汨罗、南县、新田、芷江、怀化、泸溪、新晃、宁远、蓝山、安乡、麻阳、新宁、岳阳县、古丈、吉首、凤凰、新化、嘉禾、冷水江、华容、淑浦                                  |
| 绝对值> 平均值、<br>相对值< 平均值 | 新田、蓝山、江永、宁远、嘉禾、新晃、古丈、芷江、汝城、华容、麻阳、岳阳县、辰溪、炎陵、会同、吉首、临武、靖州、泸溪                                   | 龙山、江华、绥宁、桂东、通道、城步                                                                                                                                 |
| 绝对值< 平均值、<br>相对值> 平均值 | 株洲、株洲县、湘潭、湘潭县、衡阳县、长沙、长沙县、湘乡、常德、益阳、耒阳、宁乡、衡东、双峰、隆回、衡阳、汉寿、衡山、娄底、常宁、桃源、沅江、衡南、攸县、新宁              | 涟源、洞口、邵阳县、新邵、望城、永州、邵阳、攸县、隆回                                                                                                                       |
| 绝对值< 平均值、<br>相对值< 平均值 | 桃江、永州、双牌、祁东、望城、祁阳、涟源、邵东、平江、茶陵、洞口、湘阴、洪江、邵阳、安乡、邵阳县、道县、怀化、武冈、新邵、安仁、汨罗、南县、城步、绥宁、冷水江、新化、通道、安化、淑浦 | 衡阳县、茶陵、永兴、邵东、双峰、娄底、汉寿、常宁、道县、澧县、常德、衡南、衡东、双牌、衡阳、安化、桂阳、临澧、东安、衡山、祁阳、祁东、耒阳、湘乡、永顺、安仁、慈利、石门、郴州、湘潭、湘潭县、长沙、资兴、株洲县、株洲、宁乡、长沙县、宜章、临湘、醴陵、沅江、张家界、平江、桃江、桑植、益阳、浏阳 |

第一类:可达性变化绝对值>整体变化绝对值、可达性变化率>整体平均值变化率;这类节点在可达性整体优化的情况下受益最大,这类节点主要位于省区的边缘地带,1984—2004 年这类城市主要位于湘东、湘西、湘北边缘地区,主要包括张家界、郴州、岳阳等地区的县市,在2004—2025 年未来模拟过程中,边缘地区范围有所扩大,高速公路网络将进一步使边缘性地区的可达性得到优化。

第二类:可达性变化绝对值>整体变化绝对值、可达性变化率<整体平均值变化率。这类城市获益较大,在空间位置上处于第一类地区的内缘,在1984—2004 年阶段较多,达到19 个,重点位于湘南、湘北,未来2004—2025 年间,这类地区仅在湘西地区有部分分布,经济基础相对较差,发展速度较慢。

第三类:可达性变化绝对值<整体变化绝对值、可达性变化率>整体平均值变化率。主要位于可达性最优区域周边的过渡区,城市受益相对较小。在1984—2004 年,有25 个城市属于这一区域,2004—2025 年阶段仅9 个城市属于这一类别,范围大大缩小,主要属于邵阳、涟源周边地区。

第四类:可达性变化绝对值<整体变化绝对值、可达性变化率<整体平均值变化率。这类城市变化最少,主要包括衡阳、邵阳、娄底等湖南中部地区的城市,2004—2025 年这部分地区有所扩大,根据经济规模的收入递增效应,这类城市经济增长/可达性优化的边际效应远远大于边缘地区。

1984—2004 年阶段,可达性四个类别空间分布较为均衡,在2004—2025 年阶段,可达性在空间的分布开始出现极化,中间类别较少,表明高速公路网络在空间上对湖南周边的地区的可达性大大提高,进一步促进空间结构的整体优化的均衡性。

## 2.2.2 可达性的均衡性和稳定性

网络演变中具有一定的均衡性,主要表现为城市间可达性极差显著减小:1984 年为1 034h、1993 年为528h(均为龙山和邵阳),2004 年450h、2025 年为365h(均为湘潭和龙山),1984—2025 年递减幅度达到64.7%。县级城市和地级市极差在4 个年份之间分别为1 019h、645 h、437h、363h 和579h、460h、306h、166h,1984—2025 年间降幅达到64.4%和71.3%。而在所有县级城市和地级市内部, CV 值在1984、1993、2004年分别为0.195、0.187、0.213 和0.194、0.185、0.216,到湖南高速公路网络完成时, CV 值减小到0.195、0.169,均衡化趋势更为显著,公路网络变化使城市间的地理区位差距大大缩小,这将

为区域间协调发展和一体化建设奠定坚实的基础。

网络演变使城市总体样本的可达区位得到改变，可达性重心变动可以判断其变化程度和稳定程度。采用土地利用中的重心公式来演绎可达性重心<sup>②</sup>：1984 年(111° 39′ 2″、27° 32′ 9″)、1993 年(111° 41′ 24″、27° 32′ 9″)、2004 年(111° 36′ 49″、27° 30′ 51″)、2025 年(111° 39′ 23″、27° 31′ 26″)，四个时间断面中，可达性重心一直位于涟源和邵东之间，相对位置变化较小，表明网络演变保持了城镇体系通达整体格局的稳定性。其中重心变化为：1984—1993 年重心向东偏移，1993—2004 年，重心向西南方向移动，2004—2025 年重心回归。

2.3 重点城市可达性评价

1984—2025 年，14 个地级市之间的交通可达性得到极大的改善(表3)。其中：2025 年间，14 个城市可达性(内部时间总和)仅为479h，减少了69.84%，城市可达性平均时间仅为34.23h，减少了79.2h，空间收敛的效果明显。1993—2004 年高速公路开始新建阶段是地级市可达性改变最为明显的时段，可达性总量变化最大，这阶段地级市之间的城市平均通达时间减少了2.76h，变化比例几乎达到50%，使地级市的空间相对地理位置得到显著的改变，相对于1993 年，2004 年的地级市之间的城市平均旅行时间已经低于4h(一个工作日8h内往返)的临界点，而2025 年将达到2.63h，相对空间的大大压缩，重要节点之间各种“流”流转将更为通畅。

网络演变过程中，地级市和县级城市可达性变化表现出一定的分异特征。1984—1993、1993—2004、2004—2025 年，地级市和县级城市可达性减少幅度分别为 303h、262h、113h 和 373h、267h、155h，县级城市变化明显大于地级市。1993—2004 年间地级市变化幅度较大，原因是 1993 年开始的“一纵三横”高速公路建设主要连通东中部的地级市。1984 年县级城市可达性与地级市差距较大，1984—1993 年国道和省道建设大大缩小了两者之间差距，1993—2004 年变化幅度有所缓和，而未来2004—2025 年高速公路网络建设将大大减少两者之间的差距。

表 3 地级市之间可达性变化  
Tab.3 The changes of city's accessibility in Hunan province

|                  | 1984 年 | 1993 年 | 2004 年 | 2025 年 | 1984—1993 年 | 1993—2004 年 | 2004—2025 年 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|
| 14 个地级市可达性总和/h   | 1 588  | 1 125  | 623    | 479    | 463.22      | 501.44      | 144.14      |
| 14 个地级市可达性总和平均/h | 113.43 | 80.34  | 44.52  | 34.23  | 33.09       | 35.82       | 10.30       |
| 城市间平均时间/h        | 8.73   | 6.18   | 3.42   | 2.63   | 2.55        | 2.76        | 0.79        |
| 变化率/%            |        |        |        |        | 29.17       | 44.58       | 23.12       |

1984—2025 年，湖南地级市的2h、4h 通勤时距范围急剧增大(表4)。1984 年，4h 时距辐射范围最大的是长沙市，占湖南国土面积的18.4%，到2004 年，处于省区中部优势区位的湘潭、长沙、株洲、衡阳、娄底、益阳等每个地级市4h 通勤范围都函括了湖南60%以上的国土面积，平均辐射县市超过60个，基本形成4h 通勤圈。随着高速公路网络完成，娄底4h 通勤城市数达到92 个，邵阳通勤面积为湖南总面积的94.4%，长沙、邵阳、娄底将实现与全部地级市之间的4h 互通。

1—2h 的通勤范围是形成都市圈的地域空间，同时也是核心辐射功能最强区域。高速公路网建设使地级市2h 通勤空间大大扩展。1993 年湖南高速公路建设开始，长沙和衡阳、湘潭成为最大的受益城市(表4)，由于空间吸引范围“叠加”，长株

$$X_i = \sum_{j=1}^n (C_{ij} \times X_j) / \sum_{j=1}^n C_{ij}, Y_i = \sum_{j=1}^n (C_{ij} \times Y_j) / \sum_{j=1}^n C_{ij}$$
<sup>2</sup> ① 可达性重心公式：，其中，X<sub>i</sub>、Y<sub>i</sub> 是第i 个城市的经纬度坐标，C<sub>ij</sub> 为第i 个城市j 时段的可达性，其中n=(1,2,3…101)，j 取1984、1993、2004、2025 年四个时间断面。



潭一体化在某种程度上大大减少了三个城市对共同的空间资源的“ 袭夺” 。而在地理位置相对偏远的吉首、张家界、郴州等地市，2h 通勤圈相对狭小，同时通勤的县市经济相对落后，城市节点和周边区域的互动强度远远小于湖南中部和北部经济较为发达地区，空间促进作用较小。

### 3 结论

#### 3.1 可达性格局整体优化，分异特征显著

1984— 2004 年，公路网络演变带来大规模的空间收敛，空间格局呈现“ 中心— 边缘” 同心圈层特征；优化格局呈现出明显的“ 东北— 西南” 走向，湖南西部和南部是可达性优化最为显著的区域；2004— 2025 年高速公路网络规划的实施将进一步优化边缘地区，整体的分异格局变化不大，但空间差距将进一步缩小，在公路网络演变的过程中，可达性边际效应递减。

表 4 地级市空间通达范围变化率(面积(县市数)/km<sup>2</sup>/个)  
Tab. 4 The change ratio among the main cities in different scale

|     | 2h 通勤范围    |      |            |      | 4h 通勤范围    |      |             |      |             |      |
|-----|------------|------|------------|------|------------|------|-------------|------|-------------|------|
|     | 2004 年     |      | 2025 年(模拟) |      | 1984 年     |      | 2004 年      |      | 2025 年(模拟)  |      |
|     | 面积(县市数)    | %    | 面积(县市数)    | %    | 面积(县市数)    | %    | 面积(县市数)     | %    | 面积(县市数)     | %    |
| 长沙  | 53 712(30) | 25.4 | 69 506(36) | 32.8 | 39 015(21) | 18.4 | 141 283(68) | 66.7 | 170 234(83) | 80.4 |
| 株洲  | 46 326(26) | 21.9 | 61 724(33) | 29.1 | 31 258(17) | 14.8 | 136 335(67) | 64.4 | 167 195(81) | 78.9 |
| 湘潭  | 59 081(32) | 27.9 | 83 525(43) | 39.4 | 33 723(20) | 15.9 | 141 283(68) | 66.7 | 179 475(87) | 84.7 |
| 衡阳  | 47 661(25) | 22.5 | 72 038(39) | 34.0 | 25 697(15) | 12.1 | 129 445(64) | 61.1 | 162 820(83) | 76.9 |
| 邵阳  | 27 654(18) | 13.1 | 47 849(26) | 22.6 | 32 933(17) | 15.5 | 112 028(57) | 52.9 | 199 996(98) | 94.4 |
| 岳阳  | 9 799(6)   | 4.6  | 31 582(18) | 14.9 | 10 778(6)  | 5.1  | 59 897(33)  | 28.3 | 128 564(62) | 60.7 |
| 益阳  | 43 227(21) | 20.4 | 53 021(28) | 25.0 | 32 972(16) | 15.6 | 145 692(67) | 68.8 | 153 122(79) | 72.3 |
| 常德  | 39 085(19) | 18.4 | 64 637(31) | 30.5 | 35 580(14) | 16.8 | 117 830(55) | 55.6 | 159 749(78) | 75.4 |
| 娄底  | 36 152(22) | 17.1 | 65 567(34) | 30.9 | 23 033(12) | 10.9 | 126 023(62) | 59.5 | 190 199(92) | 89.8 |
| 郴州  | 24 661(12) | 11.6 | 41 078(21) | 19.4 | 19 123(9)  | 9.0  | 83 666(44)  | 39.5 | 105 517(57) | 49.8 |
| 永州  | 27 389(13) | 12.9 | 49 532(27) | 23.4 | 20 358(11) | 9.6  | 98 114(50)  | 46.3 | 157 765(82) | 74.5 |
| 怀化  | 20 011(11) | 9.4  | 40 089(22) | 18.9 | 17 303(9)  | 8.2  | 53 260(27)  | 25.1 | 117 291(58) | 55.4 |
| 吉首  | 15 911(8)  | 7.5  | 36 164(16) | 17.1 | 14 311(8)  | 6.8  | 37 335(18)  | 17.6 | 117 515(56) | 55.5 |
| 张家界 | 20 046(6)  | 9.5  | 26 593(8)  | 12.6 | 17 297(5)  | 8.2  | 69 192(30)  | 32.7 | 97 793(50)  | 46.2 |

#### 3.2 空间联系拓展，空间经济格局改变

随着高速公路网络的进一步实施，湘中地区地级市极大地拓展了2h 空间腹地，地级市间4h 交流圈基本形成，城市系统空间的“ 收敛” 将进一步促进城市之间“ 流” 的流转，湖南中南部核心城市将可能沿“ 东北— 西南” 沿线形成高速公路产业带，进一步推动外围腹地的经济发展；而湖南西北和南部经济基础较为薄弱，可达性仍然相对滞后，可能形成积累循环效应。

#### 3.3 可达性和经济发展的空间耦合对区域发展产生更为深远的影响

伴随公路网络的纵深演变，城市可达性在空间上出现一定的层次性、空间经济分布具有明显的不均衡性，可达性与经济发展之间具有一定的互动耦合关系，公路网络的区域效应显得更为复杂，网络如何与城市体系合理匹配，形成良性互动的交通— 城市— 经济复合系统，这需要下一步进行深入研究。

#### 参考文献:

[ 1 ] KIYOSHI KOBAYASHI , MAKOTO OKUMURA .The growth of city systems with high -speed railway systems[ J] .The Annals of Regional Science, 1997, 31(1):39 -56.

- 
- [ 2] MURAYAMA Y.The impact of railways on accessibility in Japanese urbansystem[ J] .Journal of Transport Geography , 1994, 2(2):87 -100.
- [ 3] JAVIER G, RAFAEL G , GABRIEL G .The European high speed trainnetwork :predicted effects on accessibility patters[ J] .Journal of TransportGeography , 1996, 4(4):227 -238 .
- [ 4] DUPUY G , STRANSKY V .Citis and highway networks in Europe[ J] .Journal of Transport Geography, 1996 , 4(2):107 -121.
- [ 5] LIMING LI, YIMAN SHUM.Impacts of the national trunk highway systemon accessibility in China[ J] .Journal of Transport Geography , 2001, (9):39-48 .
- [ 6] MURAYAMA Y.The impact of railways on accessibility in Japanese urbansystem[ J] .Journal of Transport Geography , 1994, 2(2):87 -100.
- [ 7] 金凤君, 王娇娥.20 世纪中国铁路网扩展及其空间可达性[ J] .地理学报,2004 , 59(2):293-302 .
- [ 8] 王娇娥, 金凤君.中国铁路客运网络组织与空间服务系统优化[ J] .地理学报, 2005, 5 , 371 -380.
- [ 9] 曹小曙, 薛德升, 阎小培.中国干线公路网络连结的城市可达性[ J] .地理学报, 2005 , 60(6):903 -910 .
- [ 10] 曹小曙, 阎小培.经济发达地区交通网络演化对可达性空间格局的影响——以广东省东莞市为例[ J] .地理研究, 2003 ,22(5):305 -312 .
- [ 11] 徐 , 陆玉麒, 高等级公路网建设对区域可达性的影响——以江苏省为例[ J] .经济地理, 2004 , 11(4):830 -833.
- [ 12] 罗鹏飞, 徐逸伦, 张楠楠.高速铁路对区域可达性的影响研究——以沪宁地区为例[ J] .经济地理, 2004 ,24(3):407 -411 .