

基于陆路交通的浙江省城市可达性及经济联系研究

李一曼¹ 徐维祥² 陈斌³

(1. 温州市经济建设规划院 2. 浙江工业大学 经贸管理学院)

【摘要】以浙江省 11 个地级市为研究对象,利用 1996、2004 和 2012 年陆路交通网络和经济社会发展数据,借助加权平均旅行时间指标和引力模型,探讨城市可达性与城市对外经济联系的时空演变。结果表明:①节点所有城市可达性均有改善现象,且省域边缘地区比中心区域提升幅度更大,区域交通均衡化趋势明显;②城市间经济联系强度日趋强化,并逐步沿重要道路干线方向演进,其中环杭州湾城市间联系愈趋紧密;③各城市经济联系总量增长明显,并存在空间极化现象。总体上来看,浙江省各城市可达性提升,经济联系增强,体现了区域交通基础设施建设完善与经济社会发展间的良性互动。

【关键词】经济联系, 加权平均旅行时间, 可达性, 引力模型, 浙江省

区域是一个复杂的适应性系统,重要特征在于开放性,即区域的发展离不开与其他城市和区域的相互联系^[1],突出表现为人流、物流、信息流、资金流的不停交换与流动。区域间的相互作用及其空间联系作为一个综合性概念,涵盖政治联系、文化联系、经济联系等方面。其中经济联系一直是经济地理学、城市地理学和交通地理学研究的重要内容,像早期杜能(V. Thunen)的农业区位论、韦伯(A. Weber)的工业区位论和克里斯特勒(W. Christaller)的中心地理论,无不渗透着区域空间联系的思想^[2]。自 1950 年代“计量革命”以来,关于区域经济联系的研究进入活跃期,产生了诸多理论与方法,如赖利(W. Reilly)的零售引力定律、齐普夫(G. K. Zips)的引力模型、康维斯(P. D. Converse)的断裂点法等,这些方法后来被广泛用于区域间空间联系和相互作用的研究中^[3]。同时,区域间的经济联系更多时候表现为基于交通可达性的区域联系紧凑程度,以及相互之间的作用。交通基础设施作为乌尔曼(E. L. Ullman)空间相互作用概念中“可转移性”要素的重要组成部分^[4],其可达性深刻影响城市物质要素空间流动的效率,很大程度上决定了区域经济联系的广度和深度。

国外学者对区域经济联系的研究主要集中在交通网络可达性评价与格局、基于改进重力模型的空间相互作用、空间流视角的城市体系等方面^[5-7],主要的研究工具是引力模型^[8-9]。国内学者在这一领域的研究主要集中于基于海陆空交通方式的可达性研究^[10-12]、城市腹地范围分析^[13]、区域经济联系研究^[14]等方面,引力模型法^[15]、最短距离法^[16]、最短旅行时间^[17]等工具被广泛运用于测度国家、城市群、省(市)域等不同空间范围的可达性及其联系。纵观这些文献,大多是研究具体交通设施变化而引起的区域可达性变化,以及区域经济联系的静态分析,而对于基于时间成本的区域经济联系时空动态演变领域鲜有涉及。本文在借鉴相关研究的基础上,以浙江省 11 个地级市为研究区域,采用网络分析方法得到 1996、2004 和 2012 年三个时间断面的城市可达性数据,并利用时间距离修正引力模型对城市间经济联系强度与总量、空间格局及其演变进行探讨,以为区域国土空间开发、城镇体系规划、交通运输规划编制及政策制定提供科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区概况

基金项目:国家自然科学基金项目(71273243、71073147);浙江省哲学社会科学重点研究基地“技术创新与企业国际化研究中心”资助项目。

作者简介:徐维祥(1963—),男,浙江东阳人,博士,教授,博士生导师。主要研究方向为产业集群与区域创新。E-mail: xwq@zjut.edu.cn。

浙江省位于中国东南沿海、长江三角洲南翼，地处 118° 02' E—122° 45' E 和 27° 27' N—30° 09' N 之间，全区土地面积 10.18 万 km²，下辖杭州、宁波、温州等 11 个地级市，是我国经济最发达的省区之一。截至 2012 年，该区域铁路营运里程达 1765km，公路通车里程达 11.18 万 km，形成了较为完善的综合交通网络体系（图 1）。本研究以该区域的 11 个地级行政区域作为基本空间单元，探讨该区综合交通可达性及其与城市经济社会发展的联系，以实证分析获取相关启示性的结论。

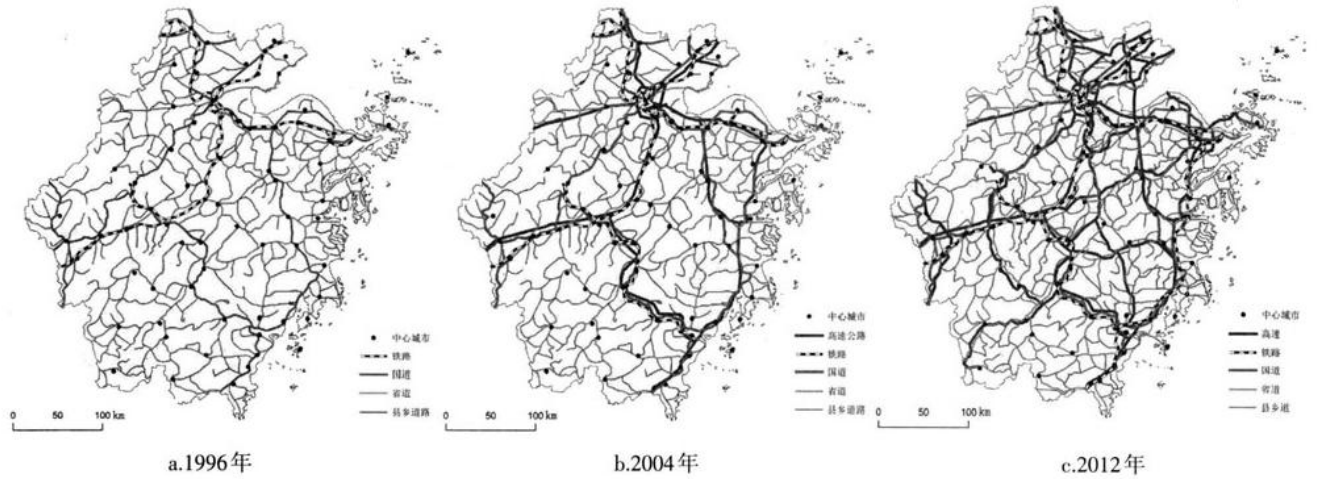


图1 1996—2012年浙江省道路网
Fig.1 The road network in Zhejiang Province from 1996 to 2012

1.2 加权平均旅行时间

决定城市可达性程度高低的因素很多，如空间区位、交通基础设施水平、人的移动意愿及移动能力等。本文借鉴国内外学者经验，采用加权平均旅行时间指标来评价区域可达性水平，其表达式为^[18]：

$$A_i = \sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j) / \sum_{j=1}^n M_j \quad (1)$$

式中： A_i 为节点城市 i 的加权平均旅行时间，其中 A_i 值越小，表示节点可达性越好； n 为除 i 点以外的节点总数； T_{ij} 为节点 i 到节点 j 的最短旅行时间距离； M_j 为节点 j 的权重，本文采用节点城市人口规模为权重，以反映节点城市人们的吸引力。

1.3 引力模型

经济联系强度是衡量区域经济联系的重要指标，它既能反映经济中心对周围地区的辐射能力，也能反映周围地区对这一辐射能力的接受程度。引力模型则是测算区域经济相互联系强度的常用方法。因此，本文结合相关研究，采用城市间综合交通最短旅行时间成本修正引力模型，对城市经济联系强度和总量进行测度，其表达式为^[19-20]：

$$R_{ij} = \left(\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j} \right) / D_{ij}^2, F_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (2)$$

式中： R_{ij} 为 i 、 j 城市间的经济联系强度； F_i 为 i 城市对外经济联系总量，反映该城市与其他城市的经济联系强弱程度； P_i 、

P_i 分别为 i 、 j 城市人口规模； G_i 、 G_j 分别为 i 、 j 城市 GDP； D_{ij} 为 i 、 j 城市间基于陆路综合交通网络的最短旅行时间。

2 数据来源与处理

浙江省交通数据来源于《浙江交通地图册》(中华地图学社 1996)、《浙江省旅游交通地图册》(成都地图出版社 2004)、《浙江省地图册》(中国地图出版社 2012)。经济社会数据则主要源于《浙江统计年鉴》、《中国县(市)社会经济统计年鉴》及各县(市)统计年鉴。

由于不同时期、不同等级道路行驶速度存在差异,根据《中华人民共和国公路工程技术标准(JTG-2003)》,结合浙江省道路实际状况,设定 3 个时间断面不同等级道路行驶速度如下:1996 年铁路、国道、省道、县乡道路平均行驶速度分别设为 60km/h、60km/h、50km/h、30km/h,2004 年高速、铁路、国道、省道、县乡道路平均行驶速度分别设为 100km/h、70km/h、60km/h、50km/h、30km/h,2012 年高速、铁路(动车、高铁)、国道、省道、县乡道路平均行驶速度分别设为 100km/h、80km/h(150km/h、250km/h)、60km/h、50km/h、30km/h。其中,考虑到部分城市过江、跨海等情况,设定渡船平均速度为 20km/h。

3 交通可达性与城市经济联系

3.1 城市可达性时空演变

根据式(1)计算得到的浙江省各城市综合交通可达性数值(表 1),并利用 ArcGIS 空间数据可视化功能,直观表现可达性空间格局(图 2)。

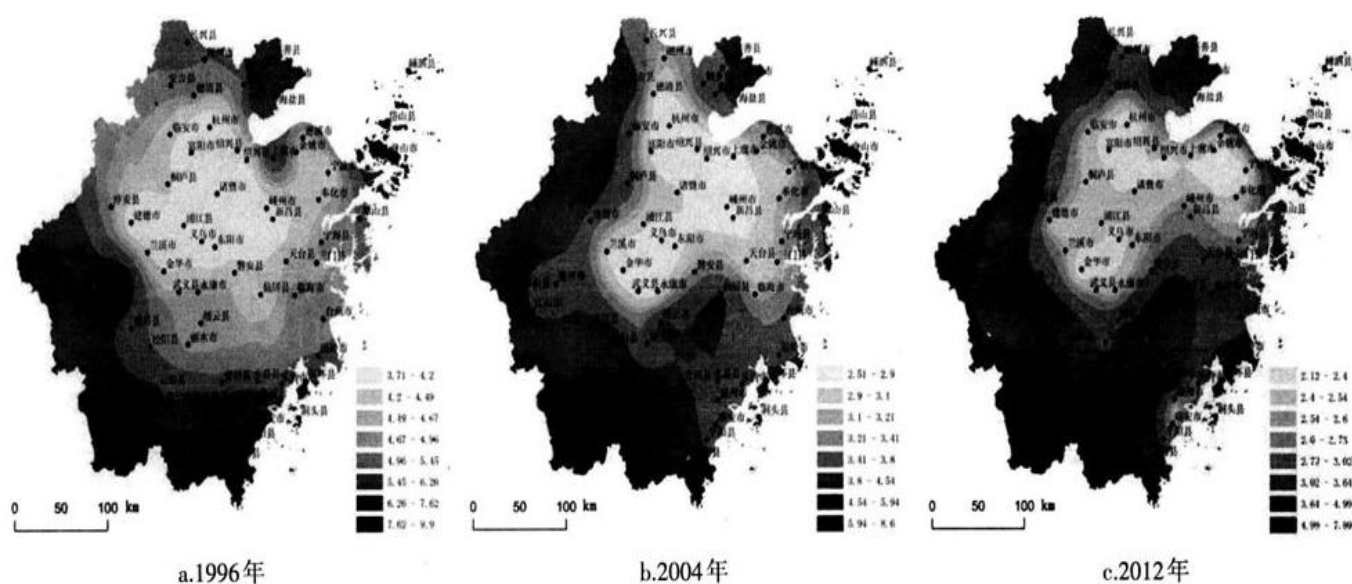


图2 1996—2012年浙江省道路网络可达性演变

由表 1、图 2 得出,城市可达性时空演变表现为如下特征:①城市可达性整体水平改善显著。1996、2004 和 2012 年 11 个城市加权平均旅行总时间值分别为 55.38h、35.60h、30.10h,研究年度间缩减值为 19.78h 和 5.50h,分别提高 35.72%和 15.44%;除舟山和衢州 2 个城市外,1996—2012 年其余城市可达性时间都从位于 3—6h 区间跨越到 2—3h 区间内,区域彼此间联系趋于紧密;②可达性存在空间分异,且提升幅度各异。由于地理位置和交通优势,围绕金华、杭州的中部区域和宁波、温州周边的东部沿海地区基本为可达性高值区;但近 15 年来,初始值较低的省域边缘地区相对中心区域提升幅度普遍都高,可达性均衡化

趋势明显；③空间格局演变存在较大变化，由以杭州、金华、诸暨组成的省域几何中心向外围区域递增的“核心—外围”模式，到杭州、金华为“双核心”向外围呈不规则环状递增的圈层结构，再逐渐向以杭州、宁波、温州、金华—义乌为带状中心向四周递增的“Ⅱ型”空间结构转变。从结果分析可知，浙江省道路网络的建设与优化，大大提高了节点城市交通可达性，特别是2003年浙江省提出实施高速网络工程战略举措，沪杭高速、金丽温高速、杭金衢高速等高速公路线路的建设极大地改善了城市可达性，同时高速铁路、高速公路、跨海（江）大桥的建设与国道、县乡道的优化则实现了区域交通组织的网络化，使城市可达性得到进一步提升。

表1 1996—2012年浙江省城市可达性变化/h
Tab.1 The variation of road accessibility of city in Zhejiang Province from 1996 to 2012

城市	1996	2004	2012
杭州市	3.71	2.51	2.12
宁波市	4.14	3.02	2.30
温州市	6.38	3.23	2.45
嘉兴市	6.54	3.61	2.92
湖州市	4.93	3.11	2.78
绍兴市	3.81	2.63	2.35
金华市	4.21	2.75	2.31
衢州市	5.51	3.48	3.00
舟山市	6.68	4.56	4.09
台州市	4.84	3.47	2.89
丽水市	4.62	3.21	2.89

3.2 城市经济联系强度

根据公式（2）计算得到浙江省城市间经济联系强度矩阵（限于篇幅仅列举前三），并利用 Ucinet 6.232 进行联系强度的空间表达（图3）。

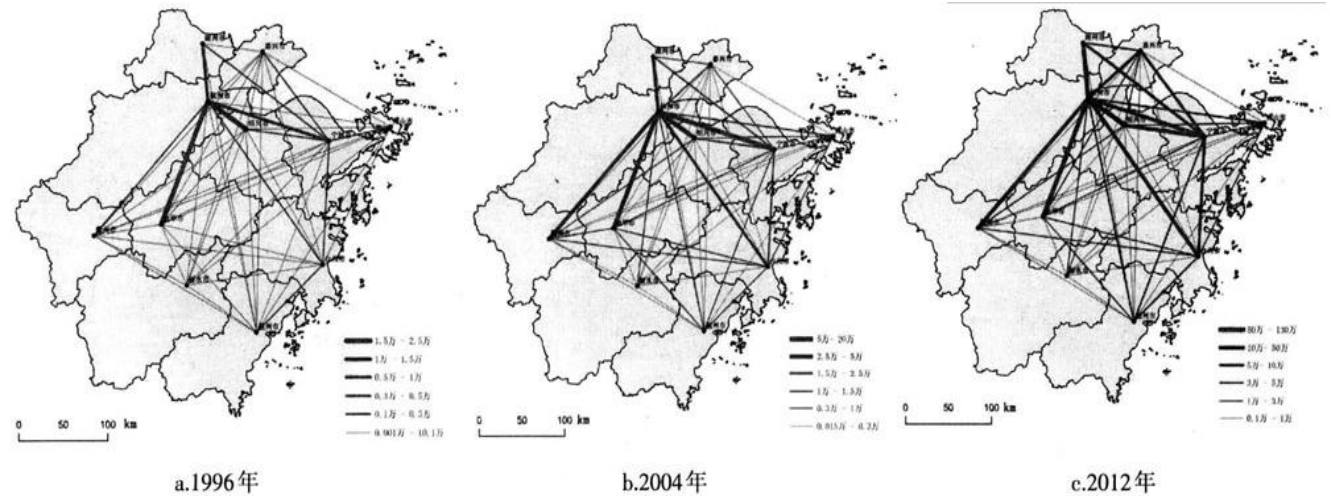


图3 1996—2012年浙江省城市经济联系强度变化

从城市间经济联系强度及空间格局演变来看（图 3、表 2），城市经济联系强度呈现如下特征：①1996—2012 年城市对外经济联系强度呈现稳定增长态势，其中以杭州与绍兴、湖州、嘉兴、宁波经济联系增长幅度最高，且位次一直居于前 4 位，这与杭州作为长三角中心城市及浙江省经济政治中心地位相符合；而舟山与丽水、衢州、金华、温州经济联系增长幅度最低，且处于后列。舟山处于省域边缘且为海岛城市，近些年经济虽取得快速发展，但囿于与其他城市联系存在较长空间距离，很大程度上减缓了时间成本减少所带来的压缩效果，致使城市对外经济联系薄弱；②经济联系地理空间存在较大差异。以杭州、嘉兴、绍兴、宁波组成的环杭州湾地区城市间经济往来不断强化，网络化发展初步显现；以台州、温州为主的东南部沿海区域对外经济联系处于主导轴线的壮大期；以衢州、丽水组成的西南部地区与其他区域城市联系较为松散，主导空间发展轴线还尚未形成；③经济联系空间格局演变特征明显。1996—2012 年对外经济联系提升幅度较大的城市，其空间分布上多数位于交通条件改善显著的区域，其中甬台温、杭新景等道路和沪杭线、金温线、杭甬线等铁路建设，带动宁波、台州、温州、衢州与沿线其他城市的经济联系不断强化，城市经济联系表现出明显的道路干线带状化演变特征。

**表 2 1996—2012 年浙江省城市间经济联系强度
(前四名)/ $10^4 \times 10^4$ 人· 10^4 元 h^{-2}**

**Tab.3 The variation of economy contact strength in
Zhejiang Province from 1996 to 2012(Top three)**

	1996	2004	2012
杭州—湖州	23 454.40	187 276.17	640 507.38
杭州—绍兴	21 494.39	150 065.00	1 185 095.30
杭州—嘉兴	7 509.16	34 596.57	1 256 612.91
杭州—宁波	7 291.78	84 911.03	403 469.59

3.3 城市经济联系总量

从各城市经济联系总量来看（表 2），随着各城市经济发展水平提升、人口规模增长和陆路综合交通可达性改善，城市对外经济联系总量表现出明显变化：①各城市对外经济联系总量在 1996—2012 年均获得了较大幅度增长。1996、2004 和 2012 年 11 个城市经济联系量总和分别为 16.79 万、137.60 万、953.75 万，研究年度间缩减值为 120.81 万和 816.15 万，分别提高 719.49% 和 593.13%；除丽水、舟山外，单个城市对外联系总量都从 1996 年的 0.01—10 万区间提升到 2012 年的 10—400 万区间，城市之间经济联系愈加紧凑；②城市对外经济联系总量变化存在差异，且呈现空间极化特征。1996—2004 年，城市对外经济联系总量提升幅度最高的前三位为杭州、湖州、绍兴，同时总量上也位居前三位，而衢州、舟山、丽水提升幅度不足 3 万；2004—2012 年城市对外经济联系总量提升幅度最高的前三位为杭州、嘉兴、绍兴，后三位依旧是衢州、舟山、丽水，提升幅度不足 8 万，其中嘉兴城市对外经济联系总量上的巨大变化，从侧面反映出近些年嘉兴经济的高速发展与区域交通可达性的显著提升，特别是 2010 年沪杭高铁建成通车，使其受长三角核心城市上海辐射作用更为明显；③城市对外经济联系总量存在地带分异性特征。1996 年由杭州、嘉兴、绍兴、宁波、湖州城市组成的环杭州湾地区的对外经济联系量为 14.45 万，占总量的 86.05%；而随着长三角区域一体化进程的加快推进，地域分异特征愈加凸显，2012 年 4 城市组成的环杭州湾地区的对外经济联系量为 843.46 万，占总量的 88.45%，明显高于东南沿海及西南部区域，地域分异特征显著。

4 结论

将 1996、2004 和 2012 年浙江省内铁路、高速公路、国道等综合交通网络进行矢量化、配准、赋值，并补充到 1:25 万的基础地理数据中，再通过 Arc-GIS 10.0 软件的网络分析 OD 矩阵功能，计算 69 个节点城市两两可达性数值，并采用加权平均

旅行时间指标度量城市可达性。结果表明 1996—2012 年浙江省各节点城市可达性均出现不同程度提升，其中 2012 年绝大多数城市加权平均旅行时间进入 3 小时范围内。城市可达性虽总体趋于改善，但区域两极现象依旧突出，且改善幅度存在差异。1996—2012 年，东部杭州、温州、宁波以及中部金华城市可达性基本都处于前列，边缘城市可达性相对较差，这与道路基础设施梯度推进的阶段性特征和西南部城市分布较少，路网稀疏特性相符合。

**表 3 1996—2012 年浙江省城市经济联系
总量变化/ $10^4 \times 10^4$ 人· 10^4 元 h^{-2}**

**Tab.3 The variation of economy contact volume in
Zhejiang Province from 1996 to 2012**

城市	1996	名次	2004	名次	2012	名次
杭州市	66 766.54	1	548 845.91	1	3 940 307.31	1
宁波市	15 757.02	4	144 381.63	4	836 966.30	4
温州市	4 021.37	8	32 537.47	8	205 081.76	8
嘉兴市	9 920.94	5	51 210.27	7	1 470 740.70	2
湖州市	27 140.58	2	221 463.57	2	798 110.71	5
绍兴市	24 900.60	3	188 734.64	3	1 388 502.04	3
金华市	4 284.92	7	63 291.71	5	336 823.16	6
衢州市	2 684.09	10	31 059.46	9	109 538.39	9
舟山市	3 291.16	9	19 089.27	10	93 604.61	10
台州市	7 359.54	6	57 217.38	6	290 126.86	7
丽水市	1 784.43	11	18 189.26	11	67 747.11	11

区域陆路综合交通网络可达性的改善，有效减缓城市间彼此联系受空间距离衰减的作用，从而实现了地理空间的有效收敛；再加上城市自身经济社会的发展，城市对外经济联系的紧凑性显著提升。基于时间成本修正引力模型，得到浙江省 11 个地级城市 1996—2012 年经济联系强度与联系总量都呈现不同程度增长态势，且空间网络结构渐趋复杂。杭州由于地理位置上的居中性以及经济社会发展上的首位性，与绍兴、嘉兴、宁波等地缘邻近性城市经济联系不断增强，环杭州湾区域经济联系复杂网络结构初步显现，而台州、温州则处于轴带极核式网络结构形成过程中。交通运输为区域经济联系的重要支撑系统，浙江省对外经济联系强度与联系总量演变受省域陆路交通基础设施建设影响巨大，城市间经济联系沿主要交通干线分布特征凸显。

参考文献：

- [1]姜海宁，陆玉麒，吕国庆.江浙沪主要中心城市对外经济联系的测度分析[J].地理科学进展，2008，27（6）：82—89.
- [2]陈睿山，叶超，蔡运龙.区域经济联系测度方法述评[J].人文地理，2013（1）：43—47.
- [3]姜博，修春亮，赵映慧.“十五”时期环渤海城市群经济联系分析[J].地理科学，2009，29（3）：347—352.
- [4]Ullman E L. American Commodity Flow[M]. Esattle: University of Washington Press, 1957.
- [5]Delmelle E C, Casas I. Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a

-
- developing country: The case of Cali, Colombia[J]. *Transport Policy*, 2012, 20 (2): 36—46.
- [6] Russon M G, Farok Vakil. Population, convenience and distance decay in a short-haul mode of United States air transportation[J]. *Journal of Transport Geography*, 1995, 3 (3): 179—185.
- [7] Goetz Andrew R. Air passenger transportation and growth in the US urban system, 1950—1987[J]. *Growth and Change*, 1992, 23 (2): 217—238.
- [8] Khadaroo J, Seetanah B. The role of transport infrastructure in international tourism development: a gravity model approach[J]. *Tourism Management*, 2008, 29 (5): 831—840.
- [9] Lewer Joshua J, Van den Berg H. A gravity model of immigration[J]. *Economics Letters*, 2008, 99 (1): 164—167.
- [10] 曹小曙, 薛德升, 阎小培. 中国干线公路网络联结的城市通达性[J]. *地理学报*, 2005, 60 (6): 903—910.
- [11] 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, 60 (3): 371—380.
- [12] 姜海宁, 谷人旭, 陆玉麒, 等. 江苏省民用机场可达性及其服务能力评价[J]. *地理科学*, 2010, 30 (4): 521—528.
- [13] 王丽, 邓羽, 刘盛和, 等. 基于改进场模型的城市影响范围动态演变——以中国中部地区为例[J]. *地理学报*, 2011, 66 (2): 189—198.
- [14] 赵林, 韩增林, 马慧强. 中原经济区城市内在经济联系分析[J]. *经济地理*, 2012, 32 (3): 57—62.
- [15] 朱兵, 张小雷, 桂东伟, 等. 新疆城镇发展与交通可达性相互影响[J]. *地理科学进展*, 2010, 29 (10): 1239—1248.
- [16] 金凤君, 王娇娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. *地理学报*, 2004, 59 (2): 293—302.
- [17] 徐的, 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, 24 (6): 830—833.
- [18] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化[J]. *地理学报*, 2006, 61 (10): 1065—1074.
- [19] 孟德友, 陆玉麒. 基于铁路客运网络的省际可达性及经济联系格局[J]. *地理研究*, 2012, 31 (1): 107—122.
- [20] 刘波, 成长春. 江苏沿海地区经济联系及物流要素流量空间特征分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2012, 21 (6): 653—658.