

不同尺度下交通对空间流动性的影响

陈永林^{1,2}, 谢炳庚¹, 张爱明², 柴超前²

(1. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 长沙 410081; 2. 赣南师范大学地理与规划学院, 赣州 341000)

摘要: 交通的变化对社会经济空间组织产生了重大影响。在宏观与微观尺度下, 从理论上分析了交通对空间流动性的影响, 借鉴物理学中动能与势能转化理论, 构建了单一城市的流动性测度方法, 并基于ArcGIS软件的空间分析方法, 使用2005年、2010年和2015年的电子地图数据和统计数据, 以全国285个设区市和典型市域——赣州市为研究区开展了实证研究。结果表明: ① 交通流是空间流动性最显性的表现, 与时间、空间及距离相互作用, 形成特殊的空间组织形式——流动空间。② 不同尺度下交通对空间流动性的影响表现不一: 宏观尺度下, 交通的改变使区际流动空间得以生成, 相互依赖程度也随着流动性的增强而增强, 微观尺度下, 交通的变化改变了城市内部的空间组织。③ 全国主要设区市陆路交通网密度呈阶梯状分布, 中心城市和交通变化量最大的城市流动性最大, 交通的变化对设区市的流动有明显的正向带动作用, 对市域内人流的迁移与扩散、功能区的范围扩展与方向迁移、精英空间的变化具有较为显著的引导作用。

关键词: 交通; 空间流动性; 尺度; 影响; 全国; 赣州市

DOI: 10.11821/dlxb201806013

1 引言

全球流动在近一个世纪大大增强, 成为贯穿当代社会现实的新时代精神, 流动性研究已成为跨学科聚焦的新领域^[1]。在流动性视角下, 空间与时间的概念被重新定义。20世纪80年代, 社会学家Castells首次提出流动空间(Space of Flows)的概念, 并区分了流动空间与场所空间^[2-3]。流动性是一种对地理形态的形成过程和规律机制的解读^[4], 流动空间及流动性问题应该成为地理学尤其是人文地理学所应关注的新热点之一。流动空间理论引入中国以后, 引起了国内学者们的广泛关注, 关注的焦点主要集中在流动空间的结构模式与特征^[5-6]、形成机理与网络格局^[7]、与城市空间和行动者网络空间关系^[8-12]等。大部分研究主要从信息社会或城市空间视角构建了流动空间的理论框架, 有些学者还从居民就业结构、行为方式和流动性的角度等^[13-16]分析了流动空间的特征。

交通是流动性最为显性的一种组织方式, 直接影响区域空间结构和社会结构, 尤其是在高速交通基础上建立起来的高度流动性社会, 成为当前和今后城市和区域空间发展的重要支撑^[17]。近年来, 国内外学者在高速交通对城市空间结构的影响方面的研究较

收稿日期: 2017-06-17; 修订日期: 2018-03-30

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0502406); 江西省高校人文社科项目(JC17101) [Foundation: National Program on Key Research Development Project, No.2016YFC050240; Humanities and Social Sciences Project of Jiangxi Provincial Education Department, No.JC17101]

作者简介: 陈永林(1977-), 男, 江西兴国人, 博士, 副教授, 研究方向为区域经济与文化地理。E-mail: gnsycyl@163.com

通讯作者: 谢炳庚(1961-), 男, 湖南长沙人, 教授, 博士生导师, 研究方向为资源评价与利用规划。

E-mail: xbgbyb@sina.com

多。这些研究表明:城际间的高速铁路网使长距离跨区域流动成为可能,造成了“时空压缩”,并引发城市形态、功能、发展模式及区域旅游流空间结构的变化^[18-20],城市内部也会受高铁设施的影响^[21]。纵观国内外有关交通对流动空间和流动性的研究,虽然成果较为丰富,但大部分研究只讨论了特定的空间尺度,综合考虑多尺度的研究不多^[22-23],实证研究较多,理论与实证研究相结合较少,定性研究较多,定量描述较少。基于此,本文在宏观(全国)尺度和微观(市域)尺度下系统分析交通对空间流动性的影响,并以全国285个设区市和典型市域——赣州市为研究区开展实证研究,试图进一步丰富和完善流动空间理论体系,并就交通及城市规划提出建设性意见,供政府部门决策参考。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

在全国尺度下,基于ArcGIS 10.0软件平台,首先制作2005年、2010年、2015年的全国铁路、高速公路及高速铁路空间分布矢量图,采用空间分析方法计算出各设区市的路网密度,采用等值法制作出不同年份的路网密度图;然后选取285个城市3个年份的19个指标,采用熵权赋值法测度出2005-2010年及2010-2015年的各设区市流动性;最后采用统计分析法分析交通变化与城市流动性之间的关系。

在市域尺度下,基于ArcGIS 10.0软件平台,首先制作出2010年及2015年赣州市的道路空间分布图;然后利用两个年份的研究区全要素电子地图数据、纸质地图及网上查询的数据,采用线密度、点密度和标准差椭圆等分析工具,制作出两个年份的路网密度、人口流动、功能区及小区房价等专题地图;最后利用这些专题地图进行空间分析。

2.1.1 交通网密度的计算 交通通达度或便捷度的计算方法有很多,主要包括最短路模型^[24]、时空距离法^[25-26]、空间句法^[27]等。选取的评价指标也不尽相同,其中道路网密度是道路交通网络的基本属性之一,是评价某一区域交通网络优劣的基本指标之一^[28]。从全国尺度下来看,影响各设区市交通通达度最为显著的主要是陆路交通,而陆路交通变化最大的又主要是普通铁路、高速公路和高速铁路。基于此,本文主要选取各设市市的普通铁路、高速公路和高速铁路的道路密度来计算交通通达度。考虑不同类型的道路权重不同,因此要对不同类型的道路长度进行加权处理。权重主要依据不同类型道路的最高运行时速来确定。计算公式如下:

$$A = \sum_{i=1}^n (w_i L_i) / S \quad (1)$$

$$w_i = v_{\max} / 100 \quad (2)$$

式中: A 为研究区路网密度,路网密度越大,表明此区域内路网越密集,通达性越好; L_i 为 i 种道路的实际长度; w_i 为 i 种道路的权重; v_{\max} 为 i 种道路的最高时速; n 为道路种类,在这里, n 取值为3(普通铁路、高速公路和高速铁路),最高时速的取值分别为160 km/h、120 km/h、300 km/h。

道路的长度计算方式采用GIS空间分析法。在ArcGIS 10.0软件平台的支持下,运用相交运算工具,用不同年份、不同类型的道路网分别与全国设区市域面进行相交运算,得到各设区市不同年份、不同类型道路的长度。

2.1.2 流动性的测度 (1) 流动性测度的方法引入

城市之间的流动性是双向的,很多学者采用运输流量^[29]、百度指数或班次次数^[30]来测度两两城市间的流动性。就单一城市而言,与外部空间的流动不是一对一的,而是一

对多的, 不仅包括要素的流出, 还包括要素的流入。流动性是相对其他所有城市而言的, 与该城市的流动性趋势 (“流势”) 有关。因此, 要测度单一城市的流动性, 首先引入物理学中动能与势能相互转换公式。物理学中认为: 物体从高处做自由落体运动, 势能转化为动能。计算公式为:

$$mg\Delta h=\frac{1}{2}mv^2$$

(3)

式中: m 为物体的重量; g 为重力加速度; Δh 为高度差; v 为物体的运动速度。由式 (3) 可以看出, 物体下降速度与高度差的平方根呈正比关系。即有 $v\propto\sqrt{\Delta h}$ 。

类比物理学的动能与势能转化的基本原理, 流动性的强弱与不同时期城市的指标增量有关。城市的指标增量越大, 城市的 “流势” 越强, 当这种 “流势” 转化为流动动能的时候, “流势” 越大, 流动速度越大, 流动性越强。因此, 城市的流动性与城市指标增量成正比关系, 即可以运用不同时期城市指标增量来表征城市的流动性。

$$V\propto\sqrt{\Delta Q}$$

(4)

$$\Delta Q=Q_b-Q_a$$

(5)

式中: V 为城市的流动性; Q_b 、 Q_a 分别为研究期某一指标的期末与期初的观测值。

(2) 城市流动性测度指标体系的构建

本文选取人口流等 5 种流的类型、流动人口等 12 个观测因子来系统衡量城市的流动性。(表 1) 为减少人为因素的影响, 各观测因子的权重采用熵值法进行赋值。熵值法是利用熵值判断某个指标的离散程度, 指标的离散程度越大, 该指标对综合评价的影响越大。具体的测算方法见相关参考文献^[16, 31]。指标权重计算结果如表 1 所示。

表 1 城市流动性测度指标体系
Tab. 1 Urban liquidity measurement index system

流的类型	观测因子(Q_a)	指标权重(w_n)	流的类型	观测因子(Q_n)	指标权重(w_n)
人口流	流动人口(Q_1)	0.073	信息流	人均 邮政业务总量(Q_3)	0.083
	客运总量(Q_2)	0.078		信息传输、计算机服务和软件业从业人员数(Q_6)	0.094
经济流	地区生产总值(Q_5)	0.081	物品流	本地电话用户数量(Q_7)	0.079
	第二、三产业占 GDP 的比重(Q_4)	0.073		社会消费品零售额(Q_8)	0.082
资金流	流动资产年平均余额(Q_{11})	0.087		货运总量(Q_9)	0.079
	地方财政预算内支出(Q_{12})	0.096		批发零售贸易业商品销售总额(Q_{10})	0.095

(3) 城市流动性的计算

选取全国 285 个设区市 2005 年、2010 年及 2015 年共 3 个年份的城市统计数据, 首先对指标进行标准化处理, 再利用标准化后的数据根据式 (6) 加权求和, 计算出 2005-2010 年和 2010-2015 年两个时期的城市流动性。

$$V=\sqrt{\Delta Q}=\sqrt{\sum w_n(Q_{bn}-Q_{an})}$$

(6)

式中: Q_{bn} 、 Q_{an} 分别为指标 n 在期末与期初标准化后的统计量; w_n 为指标 n 的权重。

2.2 数据来源

各设区市行政边界地图数据来源于全国基础地理信息数据库 (比例尺为 1:10 万); 2005 年、2010 年、2015 年的全国铁路、高速公路及高速铁路数据由同时期的《全国交通地图册》矢量化而得; 285 个设区市 3 个年份的统计数据来源于同时期的《中国城市统计

年鉴》, 缺失的部分城市统计数据采用平均值法进行插值; 2010年及2015年赣州市的地图及其他要素数据来源于同时期的全要素电子地图(比例尺为1:5000); 公交线路数据由赣州市纸质地图矢量化而得; 小区房屋均价由“房价网”查询整理而得。

2.3 研究区概况

赣州市位于江西省南部(144.93°E、25.83°N), 是江西省面积最大、人口和下辖县市最多的设区市, 也是江西省省域副中心城市。本研究选择赣州市政府所在的中心城区作为研究区。中心城区下辖2个区: 章贡区(老城区)、经济开发区(新城区)。2015年, 中心城区的建成区面积为137 km², 人口密度为647.62人/km², GDP产值为5844716万元。市辖区年末实有公共汽(电)车营运车辆数为625辆, 全年公共汽(电)车客运总量为6313万人次。2011年12月, 赣州市政府批准实施《赣州市中心城区近期建设规划(2011-2015)》, 规划对城市道路交通建设作了详细部署, 目前规划已实施完成。2010-2015年期间, 研究区的城市道路及功能区发生了显著的变化, 新老城区对比明显。因此, 选择2010年及2015年两个年份的赣州市区为研究区具有典型代表。

3 不同尺度下交通对空间流动性影响的理论解释

3.1 流动性视角下的交通与时间、空间及距离的关系

交通流是一种最常见的流动形式, 与时间、空间及距离相互作用, 形成特殊的空间组织形式—流动空间(图1)。从时间与距离的关系来看, 在交通流的作用下, 地区间的通行时间发生了变化, 空间距离不再是刚性的, 而具有一定的弹性; 从时间与空间的角度来看, 交通流的变化改变了时间与空间的边界, 时间与空间不再是恒定不变的, 区域间的要素流动成为可能, “双城生活”与“同城化”现象成为“时空压缩”的现实例子^[32]; 从空间与距离的关系来看, 交通流使实际地理距离变得不太重要, 城市的功能空间及辐射范围沿着交通线路不断延展, 甚至实现不同城市间的空间一体化^[21]。

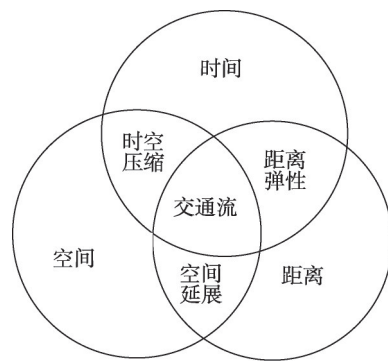


图1 交通与时间、空间、距离关系图

Fig. 1 The relationship between traffic, time, space and distance

3.2 宏观尺度下交通对空间流的影响

宏观尺度下, 交通对流的影响主要体现在区际流动空间的生成。组成区际流动空间的交通要素主要有交通站点(节点)、交通线路(通道)和交通网络(网络)。节点主要为中心城市或交通枢纽, 有规模大小和等级之分。在极化和扩散效应的作用下, 规模和等级较大的节点吸引要素, 空间集聚形成, 进而刺激节点的地域空间范围扩大, 对外的辐射功能加强; 交通线路成为沟通节点与节点之间的重要通道, 加速了人员与要素在区际之间的流动。这种流动不是单向的, 而是双向的, 使城市与城市之间的空间联通成为可能, 相互依赖程度也随着流动性的增强而增强; 诸多节点与线路互相交织形成交通网络, 在区域空间结构中发挥重要作用。城镇体系的形成需要交通网络的支撑, 区际间的经济活动通过交通网开展分工与合作。交通网络还是联结“核心—边缘”(城市与农村、发达地区与不发达地区)的重要桥梁与纽带。

3.3 微观尺度下交通对空间流的影响

微观尺度下, 交通的变化引发城市内部流动空间的生成。这种流动空间的存在同样也会造成地理空间的变化, 具体可以表现为职住空间的分离、社区功能的调整、公共资

源的重分、土地利用的调整、城市边界的模糊及社会阶层的空间分异等现象。随着城市内部交通的变化,不同经济背景与文化背景的人群在城市空间的流动性日益凸显,以人为主体的活动空间由场所空间逐渐转变为流动空间。人群沿主要交通干线的时间性流动导致工作空间、居住空间及生活空间的相对分离,城市内部各区域的功能发生调整。这种功能的调整,又推动了城市公共基础设施、社会服务及其他公共资源在城市空间上的重新分配,地铁沿线、交通环线、交通枢纽等城市空间的人流集中,公共资源分布密集,地价及房价明显高出其他区域,吸引了更多社会精英阶层的流入,而对于底层人群有挤出效应,进而加速了社会阶层在城市内部的空间分异。

4 交通对不同尺度下空间流动性影响的实证研究

4.1 全国尺度下交通对流动性的影响——以设区市为评价单元

4.1.1 交通网密度的时空分布特征分析 由图2可知,全国设区市陆路交通网密度的时空分布具有以下特点:从空间分布来看,交通网密度成阶梯状分布,即第三级阶梯>第二级阶梯>第一级阶梯,这与全国自然地理海拔高度的三级阶梯分布特征是一致的。从时间变化来看,2010-2015年间的密度变化大于2005-2010年间,其中第三级阶梯变化最大。分析其原因,第三级阶梯海拔高度较小,铺修铁路、高速公路及高速铁路成本较低,加之这一区域人口密度大,经济相对发达,对路网改造的需求迫切。因此,第三级阶梯的交通网建设速度比第二、第一级阶梯快,交通通达性好,这也为该地区资源与要素的空间流动提供很好的便利条件。

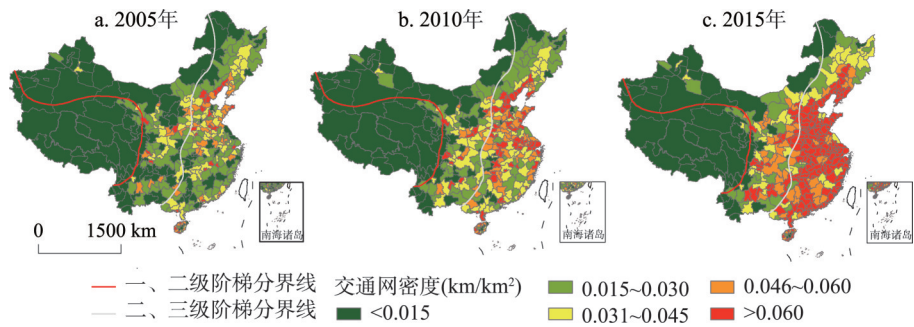


图2 全国设区市陆路交通网密度图
Fig. 2 Density map of land transport network in different cities of China

4.1.2 设区市流动性的时空分布特征 从图3可知:2005-2010年间,大部分设区市的流动性较小,流动性较大的设区市主要分布在东部沿海及东北、西南少部分地区,其中北京、上海及广州的流动性最大;2010-2015年间,大部分设区市的流动性均有所提高,中、东部地区提高较明显;比较两个时期各设区市的流动性,变化较大的设区市主要集中在第三级阶梯,第二级阶梯中也有部分设区市有所提升。分析其原因,北京等4个直辖市经济体量较大,发展速度较快,对外沟通与交流频繁,流动性明显比别的地区大。第三级阶梯中的设区市经济基础较好,受东部沿海地区的扩散效应影响,发展明显加快,流动性变化较大。

4.1.3 交通对设区市流动性的分析 为分析交通的变化与流动性变化之间的关系,分别作出2005-2010年及2010-2015年路网密度变化量与流动性测度之间的散点图(图4)。

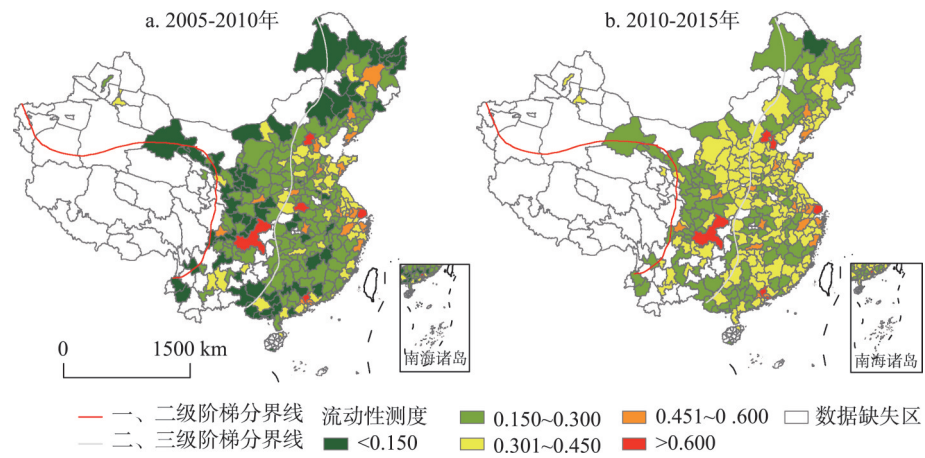


图3 全国设区市流动性分布图

Fig. 3 Distribution of spatial mobility in different cities with districts in China

由图4可知，两个时期的路网密度变化量与流动性测度均呈线性相关，随着路网密度变化量的增加，流动性测度也有增加的趋势，表明交通的变化对设区市的流动性具有明显的正向带动作用。

为进一步探讨交通对设区市流动性的影响，选取全国中心城市（省会城市和直辖市）和路网密度变化量最大（ $> 0.06 \text{ km/km}^2$ ）的城市流动性进行比较分析（表2）。

由表2可以看出：① 两个时期的中心城市流动性均高于全国平均值，表明中心城市的流动性比其他地区的流动性大，对周围地区的极化和扩散作用加速了人员、资金及资

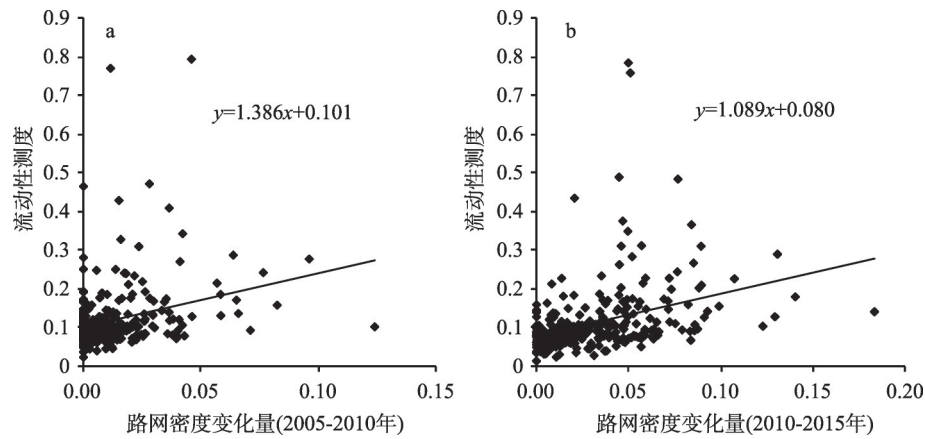


图4 路网密度变化量与流动性测度关系图

Fig. 4 The relationship between road network density and mobility measurement

表2 主要城市的流动性测度比较

年份	Tab. 2 Comparison of mobility measurements in major cities		
	中心城市(除港澳台和拉萨、共30个)	路网密度变化量 $> 0.06 \text{ km/km}^2$ 的城市(共8个)(2005-2010年)	路网密度变化量 $> 0.06 \text{ km/km}^2$ 的城市(共31个)(2010-2015年)
2005-2010年流动性测度 (全国平均值)	0.261 (0.116)	0.182 (0.116)	0.162 (0.116)
2010-2015年流动性测度 (全国平均值)	0.266 (0.119)	0.187 (0.119)	0.164 (0.119)

源的区际流动;②两个时期路网密度变化量最大的城市个数由8个增至31个,表明有路网密度成加速增大的趋势,分别比较这8个城市和31个城市的流动性,2010-2015年间均比2005-2010年间的流动性大,且均大于全国平均值,表明路网密度越大,城市流动性越大,且路网密度增大越快,城市流动性也增加越快。可见,中心城市和交通变化量较大的城市是流动性最快的地区。

4.2 市域尺度下交通对流动性的影响——以赣州市为例

以江西省赣州市中心城区为例,运用空间分析方法,选择2010年和2015年为时间节点,分析交通变化对市域流动性的影响。

4.2.1 交通变化与人流空间的变化 为测度市区人流的空间分布,选择经过每一条公路的公共交通线路条数为测度指标,条数越多,反映该路段的人流量越大。赣州市区主要公共交通工具为公交车,因此主要统计每条公路运行的公交车线路条数。运用ArcGIS软件的空间统计工具作出2010年与2015年的公交线密度图和交通路网标准差椭圆(图5)。

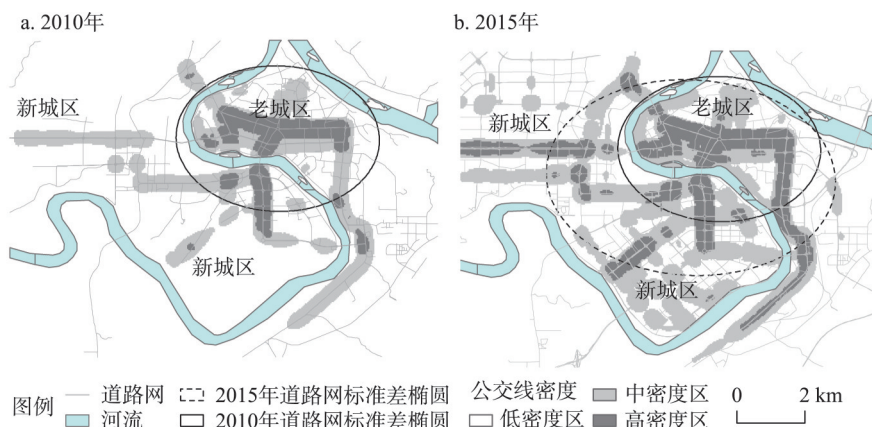


图5 2010年和2015年赣州市交通路网和公交线密度变化图

Fig. 5 Traffic network and bus route density in Ganzhou in 2010 and 2015

由图5可知,2010-2015年间,交通网的标准差曲线范围变大,椭圆中心向西南方向偏移,公交线密度也不断加大,且向西南方向扩散明显。表明交通网范围由小到大、由老城向新城扩散的同时,也伴随着人流量由小到大、由老城向新城迁移,这也说明交通网对人流的迁移与扩散具有较为显著的引导作用。

4.2.2 交通变化与功能空间的变化 运用政府办公、住宅小区、教育机构及商业网点的点数据作出2010年及2015年的标准差椭圆(图6)。由图6可知,除教育区的空间位置变化不明显外,其他功能区均随着道路网的范围扩大而扩大,扩散方向也大致为西南向。表明城市功能区随着交通网的变化发生了变化,其中住宅区与商业区的变化最为突出,教育区变化不明显。反映出交通对住宅区与商业区的影响最为明显。

4.2.3 交通变化与精英空间的变化 精英空间的变化是城市空间极化的一个重要形式,精英空间在空间形式上表现为高档小区、写字楼、高档酒店及高档购物中心的空间布局。由于精英空间是城市富裕阶层的聚集区,可以用各小区的房屋销售价格来测度精英空间的分布。选取研究区394个小区2016年1月-2016年12月的房屋均价为数据源,作出赣州市房价热点图(图7)。

由图7可知,房价热点区主要位于章江以南的新城区,房价冷点区位于老城区,说明老城区主要集中分布中低收入阶层的人群,而高收入的精英阶层主要位于新城区,反

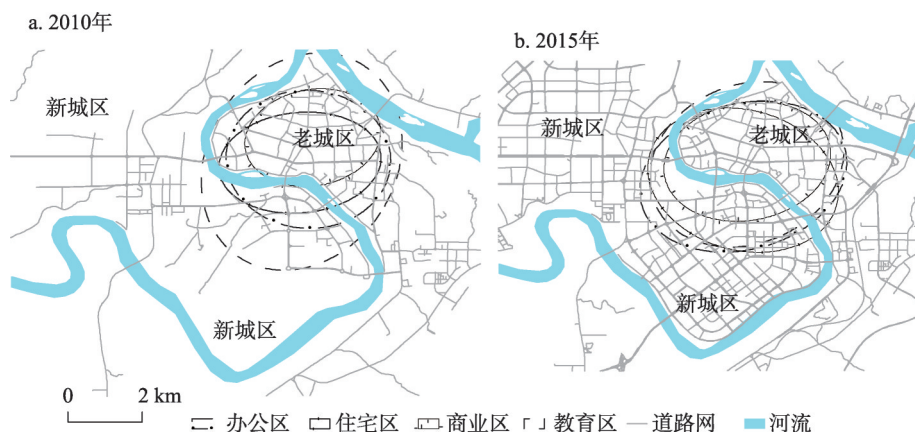


图6 2010年和2015年赣州市功能区变化图

Fig. 6 Change of functional area in Ganzhou in 2010 and 2015

映出精英空间已经由老城区向新城区迁移,精英空间上的迁移方向与交通网的迁移方向是基本一致的。这也从另一个角度反映出交通网的变化引导着社会阶层的空间分化。

5 结论与建议

本文在ArcGIS软件平台的支持下,综合运用多种空间分析方法,构建了宏观尺度(全国尺度)及微观尺度(市域尺度)下交通对流动性影响的理论体系,并分别以全国主要设区市及典型市域——赣州市为例开展了实证研究。研究得出以下几个基本结论:

(1) 交通流是流动性最显性的表现,与时间、空间及距离相互作用,形成特殊的空间组织形式——流动空间,这种流动空间使距离具有弹性,空间得以延展,时空可以压缩。

(2) 不同尺度下交通对空间流动性的影响表现在:宏观尺度下,交通的改变使区际流动空间得以生成。通过交通站点、线路及网络,资源与要素在区际间自由流动,这种流动不是单向的,而是双向的,使城市与城市之间的空间联通成为可能,相互依赖程度也随着流动性的增强而增强。微观尺度下,交通的变化引发城市内部流动空间的生成,改变了城市的职住空间、社区功能及社会阶层的空间分化等。

(3) 实证研究结果显示:宏观尺度下,全国主要设区市陆路交通网密度成阶梯状分布,与自然地理三级阶梯分布基本一致,第一级阶梯密度最小,第三级阶梯密度最大,且有总体增大的趋势。比较2005-2010年与2010-2015年两个时期全国主要设区市的流动性,中心城市和交通变化量较大的城市是流动性最快的地区,交通的变化对设区市的流动性具有明显的正向带动作用;微观尺度下,交通网对市域内人流的迁移与扩散、功能区的范围扩展与方向迁移、精英空间的变化具有较为显著的引导作用。

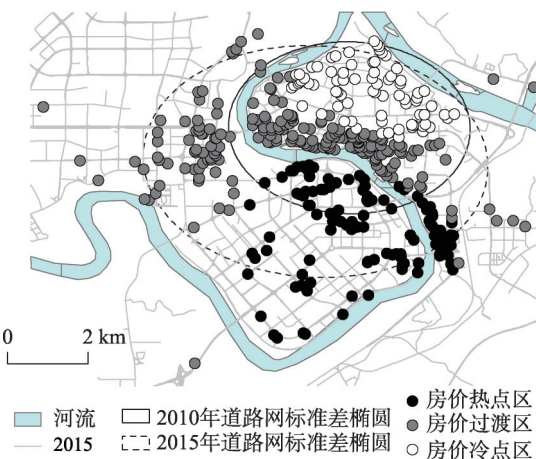


图7 赣州市小区房价热点图

Fig. 7 Hot spots of housing price in Ganzhou

根据以上结论, 本文就交通及城市规划方面提出以下几点建议:

(1) 要加大对西部地区交通基础设施建设的投入, 缩小与中、东部地区的差距, 才能吸引更多的资源与要素向西部地区流入。中心城市及交通变化比较快的地区要出台相关政策与措施, 严格控制人口规模, 避免资源及要素大量流入造成过度集中, 剥夺周边地区的发展机会。

(2) 城市内部要合理布局交通线路, 加快旧城改造的进程, 打通新老城区的交通连接。将老城的主要城市功能外迁, 城市公共服务设施应在主要交通干线周边均匀分布, 且应在住宅小区的规划建设之前优先布局。

比较目前国内外学者的相关研究, 本文主要的创新之处在于: ① 在新流动性的研究范式下, 从交通的角度讨论了空间流动性的影响, 是对现有的流动空间理论的一个有益补充与完善, 并在宏观(全国)与微观(市域)尺度下实证分析了交通对空间流动性的影响。② 借鉴物理学中动能与势能转化理论, 构建了单一城市的流动性测度方法, 可为相关研究提供借鉴参考。诚然, 本研究也还有诸多不足之处, 譬如没有讨论流动性的宏观与微观尺度转换问题, 在实证研究中没有分析交通对制度和空间维度下的流动性影响等问题。这些问题亟待在后续的研究中得到更好的解决。

参考文献(References)

- [1] Sun Jiuxia, Zhou Shangyi, Wang Ning, et al. Mobility in geographical research: Time, space and society. *Geographical Research*, 2016, 35(10): 1801-1818. [孙九霞, 周尚意, 王宁, 等. 跨学科聚焦的新领域: 流动的时间、空间与社会. *地理研究*, 2016, 35(10): 1801-1818.]
- [2] Castells M. *The Information City: Information Technology, Economic Restructuring, and the Urban-Regional Progress*. Oxford UK & Cambridge USA: Blackwell, 1989.
- [3] Castells M. *The Rise of the Network Society*. Cambridge, MA: Blackwell, 1996.
- [4] Tang Xueqiong, Yang Xihao, Qian Junxi. Meanings and practices of borders from the perspective of cross-border mobility: A case study of village X, Hekou, Yunnan at the Sino-Vietnamese borderlands. *Geographical Research*, 2016, 35(8): 1535-1546. [唐雪琼, 杨茜好, 钱俊希. 流动性视角下边界的空间实践及其意义: 以云南省河口县中越边境地区X村为例. *地理研究*, 2016, 35(8): 1535-1546.]
- [5] Shen Lizhen, Zhen Feng, Xi Guangliang. Analyzing the concept, attributes and characteristics of the attributes of space of flow in the information society. *Human Geography*, 2012, 27(4): 14-18. [沈丽珍, 甄峰, 席广亮. 解析信息社会流动空间的概念、属性与特征. *人文地理*, 2012, 27(4): 14-18.]
- [6] Shen Lizhen, Jiang Zhou, Yu Tao. The flow characteristics of urban space in the new period. *Urban Problems*, 2009(6): 9-14. [沈丽珍, 江昼, 于涛. 新时期城市空间的流动特征. *城市问题*, 2009(6): 9-14.]
- [7] Sun Zhongwei. Formation mechanism, basic flows pattern relation and network properties of space of flows. *Geography and Geographical Information Systems*, 2013, 29(5): 107-111. [孙中伟. 流动空间的形成机理、基本流态关系及网络属性. *地理与地理信息科学*, 2013, 29(5): 107-111.]
- [8] Wei Ye. *Spatial structure of Shenyang in the perspective of space of flows [D]*. Changchun: Northeast Normal University, 2013. [魏冶. 流空间视角的沈阳市空间结构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2013.]
- [9] Chen Chen, Xiu Chunliang. Research on city network of northeast China based on space of flows. *Areal Research and Development*, 2014, 33(4): 82-89. [陈晨, 修春亮. 流空间视角的东北地区城市网络研究. *地域研究与开发*, 2014, 33(4): 82-89.]
- [10] Dong Chao, Xiu Chunliang, Wei Ye. Network structure of 'space of flows' in Jilin Province based on telecommunication flows. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 510-519. [董超, 修春亮, 魏冶. 基于通信流的吉林省流空间网络格局. *地理学报*, 2014, 69(4): 510-519.]
- [11] Liu Chaoqing, Qian Zhi. The research of urban spatial polarization based on the space of flows theory: A case study of Shanghai. *Journal of Shanghai Normal University (Natural Science)*, 2013, 42(2): 206-213. [刘朝青, 钱智. 基于流动空间理论的城市空间极化研究: 以上海市为例. *上海师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 42(2): 206-213.]
- [12] Ai Shaowei, Miao Changhong. "Space of places", "space of flows" and "space of actor-networks": From the perspective of ant. *Human Geography*, 2010, 25(2): 43-49. [艾少伟, 苗长虹. 从“地方空间”、“流动空间”到“行动者网络空间”].

- ANT视角. 人文地理, 2010, 25(2): 43-49.]
- [13] Xiu Chunliang, Sun Pingjun, Wang Qi. Residence-employment structure analysis on spaces of geography and flows in Shenyang City. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1110-1118. [修春亮, 孙平军, 王琦. 沈阳市居住就业结构的地理空间和流空间分析. 地理学报, 2013, 68(8): 1110-1118.]
- [14] Choo S, Mokhtarian P L. Do telecommunications affect passenger travel or vice versa? Structural euqantion models of aggregate U.S. time series data using composite indexes. *Transportation Research Record*, 2005: 224-232.
- [15] Zhen Feng, Wei Zongcai, Yang Shan, et al. The impact of information technology on the characteristics of urban resident travel: Case of Nanjing. *Geographical Research*, 2009, 28(5): 1307-1317. [甄峰, 魏宗财, 杨山, 等. 信息技术对城市居民出行特征的影响: 以南京为例. 地理研究, 2009, 28(5): 1307-1317.]
- [16] Xi Guangliang, Zhen Feng, Shen Lizhen, et al. The evaluation of resident fluidity and the spatial characteristics of flow in Nanjing. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(9): 1051-1057. [席广亮, 甄峰, 沈丽珍, 等. 南京市居民流动性评价及流空间特征研究. 地理科学, 2013, 33(9): 1051-1057.]
- [17] Zhen Feng, Zhai Qing, Chen Gang, et al. Mobile social theory construction and urban geography research in the information era. *Geographical Research*, 2012, 31(2): 197-206. [甄峰, 翟青, 陈刚, 等. 信息时代移动社会理论构建与城市地理研究. 地理研究, 2012, 31(2): 197-206.]
- [18] Wu Kang, Fang Chuanglin, Zhao Miaoxi, et al. The intercity space of flow influenced by high-speed rail: A case study for the rail transit passenger behavior between Beijing and Tianjin. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2): 159-174. [吴康, 方创琳, 赵渺希, 等. 京津城际高速铁路影响下的跨城流动空间特征. 地理学报, 2013, 68(2): 159-174.]
- [19] Kivisto P. Time-space compression. *Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization*, 2012.
- [20] Wang Degen, Chen Tian, Lu Lin, et al. Mechanism and HSR effect of spatial structure of regional tourist flow: Case study of Beijing-Shanghai HSR in China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 214-233. [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. 地理学报, 2015, 70(2): 214-233.]
- [21] Wang Jixian. Urban and regional impacts of high-speed railways: A preamble. *Urban Planning International*, 2011, 26(6): 1-5. [王缉宪. 高速铁路影响城市与区域发展的机理. 国际城市规划, 2011, 26(6): 1-5.]
- [22] Ureña J M, Menerault P, Garmendia M. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective. *Cities*, 2009, 26(5): 266-279.
- [23] Wang Jixian, Lin Chenhui. High-speed rail and its impacts on the urban spatial dynamics in China: The background and analytical framework. *Urban Planning International*, 2011, 26(1): 16-23. [王缉宪, 林辰辉. 高速铁路对城市空间演变的影响: 基于中国特征的分析思路. 国际城市规划, 2011, 26(1): 16-23.]
- [24] Jin Fengjun, Wang Jiao'e. Railway network expansion and spatial accessibility analysis in China: 1906-2000. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2): 293-302. [金凤君, 王姣娥. 20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性. 地理学报, 2004, 59(2): 293-302.]
- [25] Liu Chengliang, Yu Ruiling, Xiong Jianping, et al. Spatial accessibility of road network in Wuhan Metropolitan Area. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12): 1488-1498. [刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 武汉都市圈路网空间通达性分析. 地理学报, 2009, 64(12): 1488-1498.]
- [26] Li Peiquan, Cao Xiaoshu. The road network accessibility and spatial pattern of Guangzhou-Foshan metropolitan area. *Economic Geography*, 2011, 31(3): 371-378. [李沛权, 曹小曙. 广佛都市圈公路网络通达性及其空间格局. 经济地理, 2011, 31(3): 371-378.]
- [27] Mei Zhixiong, Xu Songjun, Ouyang Jun. Road network accessibility and its influence on city potential in Zhujiang River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(5): 513-520. [梅志雄, 徐颂军, 欧阳军. 珠三角公路通达性演化及其对城市潜力的影响. 地理科学, 2013, 33(5): 513-520.]
- [28] Li Lele, Bai Jianjun, Song Bingjie. A study of comprehensive accessibility of xi'an transport networks. *Human Geography*, 2014, 29(5): 88-93. [李乐乐, 白建军, 宋冰洁. 西安市交通网络综合通达性研究. 人文地理, 2014, 29(5): 88-93.]
- [29] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: Some calculations. *Journal of Air Transport Management*, 2004, (10): 239-247.
- [30] Ye Lei, Duan Xuejun, Ou Xiangjun. The urban network structure of Jiangsu Province based on the traffic and information flow. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(10): 1230-1237. [叶磊, 段学军, 欧向军. 基于交通信息流的江苏省流空间网络结构研究. 地理科学, 2015, 35(10): 1230-1237.]
- [31] Xie Binggeng, Chen Yonglin, Li Xiaoqing. The application of coupling coordination model in the evaluation of "Beautiful China" construction. *Economic Geography*, 2016, 36(7): 38-44. [谢炳庚, 陈永林, 李晓青. 耦合协调模型在

“美丽中国”建设评价中的运用. 经济地理, 2016, 36(7): 38-44.]

- [32] Wang De, Song Yu, Shen Chi, et al. A review on the implementation of city integration strategy. Urban Planning Forum, 2009(4): 74-78. [王德, 宋煜, 沈迟, 等. 同城化发展战略的实施进展回顾. 城市规划学刊, 2009(4): 74-78.]

The impact of traffic on spatial mobility at different scales

CHEN Yonglin^{1,2}, XIE Binggeng¹, ZHANG Aiming², CHAI Chaoqian²

(1. Department of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. Department of Geography and Planning, Gannan Normal University, Ganzhou 341000, Jiangxi, China)

Abstract: Traffic system controls the material flow of modern society and it shapes the spatial distribution of socio-economic system by providing logistics service. Its change has significant impact on the spatial organization of socio-economic system. Here we report an investigation on the impact of traffic change on spatial mobility at different scales, and based on the theory of kinetic energy and potential energy transformation in physics, a method of measuring the mobility of a single city is constructed. On both macro and micro scales, we selected 285 municipalities (major cities with districts and with Ganzhou as a typical case) to investigate the impact of traffic change on spatial mobility based on the spatial analysis of electronic map data and statistical data collected in 2005, 2010 and 2015 with the aid of ArcGIS. Our results find that traffic change has significant impact on the spatial mobility of municipalities at different scales. Our conclusions can be drawn as follows. First, traffic flow is the most dominant reflection of spatial mobility, and by interacting with other factors of time, space and distance, a special spatial organization, flowing space, is formed. Second, the influence of traffic on spatial mobility is different from scale to scale. On macro scale, traffic change will generate new inter-regional flow space. The degree of interdependence increases as spatial mobility increases; on micro scale, traffic change will change the spatial organization within a city where the material flow of the city will change accordingly. Finally, the land transport network density of municipalities in China was in a gradient distribution. Central cities and cities with the most variable traffic flow have the greatest spatial mobility. Traffic change has an obvious positive driving force on the mobility of municipalities (cities with districts), and it plays a more significant leading role in the migration and dispersal of population in urban areas, and the extension and direction migration of functional zones.

Keywords: traffic; spatial mobility; scale; influence; nationwide; Ganzhou