

皖江城市带区内公路交通空间组织

焦华富, 杨成凤

(安徽师范大学国土资源与旅游学院, 芜湖 241003)

摘要: 通过调研获取皖江城市带各市区内公路客运联系数据, 从社会网络视角, 分析皖江城市带区内公路交通联系的网络特征, 并结合各市区内相互作用强度的现状及历年的变化, 预测其今后经济联系的主导方向, 为区内公路交通联系方向的预测提供参考, 从而提出区内公路交通空间组织的优化建议。结果显示: 皖江城市带区内公路交通网络密度较高; 根据区内相互作用强度现状, 形成了合肥市主中心, 芜湖市副中心和安庆市区域性中心及“东西轴线”和“南北轴线”的经济联系格局; 城市间的相互作用强度不断增长, 但增速不一, 总体位序变化较小; 今后区内公路交通空间组织方向是沿“东西轴线”和“南北轴线”发展、围绕区域中心完善并加强“两翼”建设。

关键词: 区内公路交通; 空间相互作用强度; 交通空间组织; 皖江城市带

文章编号: 1000-0585(2012)06-1066-13

城市交通是城市地理学的重要研究内容。根据城市交通的特征可分为城市内部交通与城市外部交通^[1], 现有国内外研究成果丰硕。国外的研究集中于运用通达性^[2,3]和分形^[4]的方法对城市交通网络进行描述; 对城市交通与城市土地利用关系进行研究^[5]; 城市交通问题^[6]等方面。国内研究集中于借鉴国外方法, 对城市交通网络结构进行分析^[7]; 城市交通对城市土地利用^[8]、住宅价格^[9]等影响; 将城市交通作为经济带, 对交其概念、类型、性质和生命周期的归纳^[10]; 城市交通问题及其评价^[11]等方面。

当前, 国内对交通的研究多以经济发达地区为研究对象, 主要集中在长江三角洲^[7,12~15]和珠江三角洲^[16]。研究的内容为可达性的空间格局^[7,14~16]; 高等级公路网的建设对可达性的影响^[12]; 可达性的时空变化^[13]等。此外刘奕等^[17]、王伯礼等^[18]、刘传明等^[19]分别以湖北省、新疆、和淮安市为例对交通和经济的相互作用、协调发展等进行研究。也有学者以县域为单位, 研究区域交通优势度综合评价模型^[20]及县域的综合交通可达性^[21,22]。王成新等以山东半岛城市群为例, 探讨了高速公路对城市群结构演变的影响^[23]。张倩等提出以交通、人口和经济属性为依据判别城市群^[24]。金凤君等在总结前人研究成果的基础上, 认为未来, 中国交通设施网络面临的基本问题是对既有资源的优化调整^[25]。方创琳也提出应该依托快速国土轴, 完善城市群快速交通系统^[26]。我国城市密集区与城市群的迅速发展, 对交通网络化、现代化的需求日益迫切^[27]。所以, 合理的交通空间组织显得尤为重要。

目前对皖江城市带的研究集中在空间经济联系^[28,29]等方面, 但从社会网络方面对其交通的研究成果还较少。皖江城市带作为多个城市有机结合发展起来的都市带, 其区内

收稿日期: 2011-07-13; 修订日期: 2012-03-15

基金项目: 安徽省哲学社会科学规划项目 (AHSK09-10D89)

作者简介: 焦华富 (1962-), 男, 安徽黄山市人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市地理与城市经济的教学和科研工作。E-mail: jiaohuafu@263.net

(城市带内各城市之间)及区际(城市带内各城市对城市带以外其他城市)的交通流作用随着经济的发展而不断加强,对交通空间组织的结构优化提出更高的要求。本文着重从区内联系的角度,对皖江城市带内各城市之间的交通空间组织进行研究。

1 研究区概况与测度指标

1.1 研究区域

长江中下游地区安徽段又称“皖江”,皖江城市带(图1)现包括合肥市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市、安庆市、池州市、巢湖市^①、滁州市、宣城市九市和六安市金安区、舒城县,共59个县(市、区)(鉴于市域统计的完整性,本文将六安市整个地级市纳入研究范围),面积90788km²,2009年末人口3592.41万人,其中非农业人口896.23万人,占皖江城市带内总人口的24.95%(高于安徽省22.33%的总体水平),GDP为7144.67亿元,面积、总人口、GDP分别占全省的65.03%、52.87%和71.00%,人均GDP是全省平均值的1.24倍,是安徽省的经济发展水平较高的地区,在安徽省的经济发展中起着重要的作用。随着2010年1月12日,国务院正式批复《皖江城市带承接产业转移示范区规划》,安徽省沿江城市带承接产业转移示范区建设纳入国家发展战略,其在安徽省乃至整个区域经济发展中将会发挥更大的作用。

将皖江城市带内四种交通运输方式的比率与安徽省以及全国相比得知:在客运方面,三者的相似度极高,皆为以公路运输为主(分别占92.26%、96.11%、93.35%),其次是铁路(分别占7.14%、3.63%、5.12%),而水运和民航都低于1%;在货物运输方面,安徽省和全国相似性较大(公路、铁路、水运和民航分别占80.33%、5.76%、13.91%、0;75.32%、11.80%、11.29%、0.02%),而皖江城市带与之相比在公路运输方面比率(63.62%)较低,但水运方面较高(31.04%),高于安徽省(13.91%)和全国(11.29%)所占的比例,反映了皖江城市带地处长江流域中下游黄金水段的水运优势。

可见,无论是全国、安徽省还是皖江城市带,客运和货运都是以公路运输方式为主。鉴于资料的可得性,本文选取皖江城市带的公路作为研究的重点,通过公路客运量数据,反映皖江城市带区内公路交通联系。

1.2 数据来源

通过2010年9月19日至10月28日对皖江城市带内十个市的各大客运公司进行实地

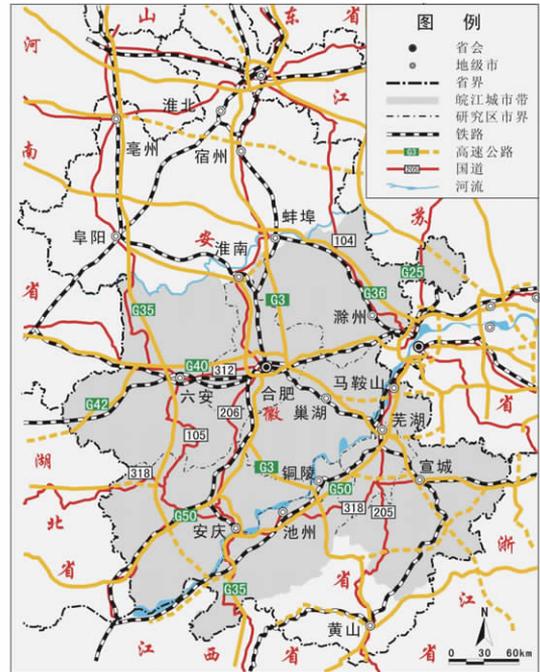


图1 皖江城市带区位及交通图

Fig. 1 The location and traffic map in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

建设纳入国家发展战略,其在安徽省乃至整个区域经济发展中将会发挥更大的作用。

^①2011年8月22日,地级巢湖市被撤销,考虑到资料的连续性,本文仍沿用原地级巢湖市的数据,下同。

调研（调研客运量大致占总客运量的 90% 以上），获得 2009 年各市之间的客运流量信息，因数据涉及各客运公司商业利益，故处理为从某市出发到皖江城市带内其他各市的客运比例（表 1）。对部分资料保存不完整的城市，通过其他月份的比例计算处理，对缺失的数据加以补充。

表 1 2009 年皖江城市带区内公路客运比例数据（%）

Tab 1 The regional road passenger proportion of the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province in 2009（%）

	合肥市	滁州市	六安市	马鞍山市	巢湖市	芜湖市	宣城市	铜陵市	池州市	安庆市
合肥市	—	11.84	17.66	8.36	16.12	16.52	4.38	8.63	3.65	12.85
滁州市	73.58	—	4.29	5.34	5.83	7.50	无	1.61	无	1.85
六安市	71.77	2.45	—	2.88	4.73	3.60	0.96	1.44	2.70	9.46
马鞍山市	29.85	2.96	2.14	—	26.73	28.82	4.29	1.44	0.26	3.50
巢湖市	29.54	1.68	2.36	18.53	—	25.17	0.87	18.69	1.53	1.62
芜湖市	29.87	1.33	1.67	26.35	9.38	—	13.74	11.18	1.94	4.53
宣城市	32.85	无	3.27	6.69	2.76	34.20	—	9.58	4.50	6.14
铜陵市	28.13	0.95	3.08	1.33	10.07	22.04	9.14	—	11.38	13.89
池州市	26.83	无	1.89	0.54	2.74	3.85	3.62	13.33	—	47.20
安庆市	40.24	0.94	7.19	3.61	2.50	7.71	3.66	13.39	20.75	—

1.3 测度指标

通过 Ucinet6 Version6.212 软件对数据进行处理，计算其网络密度、中心度等指标，并通过 netdraw 模块绘制皖江城市带区内交通空间联系强度图。主要测度指标涵义如下：

（1）网络密度^[30]

网络密度指的是网络中各个成员之间联系的紧密度，可以通过网络中“实际关系数”除以“理论上的最大关系数”。成员之间的联系越多，该网络的密度越大，城市节点间联系越强。

（2）中心度^[30]

网络的中心度是指个体权力的量化分析，是衡量成员处于网络中心位置的程度，反映了某一组织在不同区域范围内的参与活动程度和影响力大小，包括度数中心度、中间中心度和接近中心度等。

度数中心度（Degree Centrality）是衡量哪些城市在空间交通联系网络中处于重要中心地位的指标，可用一个城市与其他城市之间直接联系的多少来表示。根据不同城市的联系方向和强度，又分为点出度和点入度。点出度代表了该城市在区域内交通作用的大小，若一个城市点出度相对较大，这表明其具有较强的门户功能；点入度反映交通流在该城市内聚性的强弱。

接近中心度（Closeness Centrality）是用某城市与其他所有城市的最短距离表示其在网络中的位置。如果网络中一个成员在联系过程中较少依赖其他成员，此成员就具有较高的接近中心度。接近中心度越高，说明它与其他城市之间的通达性越好，进而受其他城市节点的影响控制程度越小，即核心作用也越强。

中间中心度（Betweenness Centrality）是衡量某城市在交通网络中对其他城市控制程度的指标。如果一个城市位于多个其他城市的捷径（最短路径）上，则该城市具有较高的

中间中心度。

三个测度中，度数中心度衡量了一个城市与其他城市交往能力；接近中心度刻画了交通流在城市间流动的通达性；中间中心度反映了城市在交通网络中对其他城市的控制程度。三个测度指标的值越高，反映了该城市交通地位上的优势。

2 区内公路交通网络结构特征

2.1 公路网络密度

通过调研资料（表 1）统计，皖江城市带内各市之间公路客运联系线路（考虑到各班次往返的数据量不同，统计时往返计 2 条）共计 86 条，十个城市间的理论最大线路为 90 条，所以网络密度为 0.9556，网络密度较高，说明皖江城市带区内公路交通客运联系强。但滁州市和宣城市、池州市之间没有直接联系的客运班线，可见地处皖江城市带周边地区的城市之间公路客运联系较弱。

2.2 公路网络中心性

运用 Ucinet6 软件，得到各城市的中心度（表 2）。总体而言，皖江城市带各城市的度数中心度均较高，除滁州市、宣城市和池州市外，其余皆为满分，说明皖江城市带内公路交通网络发育较好，7 个城市之间均实现公路客运交通直接联系；宣城市和池州市联系与滁州市之外的皖江城市带其他城市，度数中心度次之；滁州市度数中心度最低，因其与 2 个城市未实现直接客运联系。这体现了地处皖江城市带边缘，城市联系相对较少，反映了区位对城市带内部交通的影响。

表 2 皖江城市带公路客运联系网络中心度

Tah 2 Centrality degree of road passenger's contacts network in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

	度数中心度			接近中心度	中间中心度
	度数中心度	标准化后点出度	标准化后点入度		
合肥市	100.000	56.561	63.940	100.000	0.794
滁州市	77.778	9.610	9.030	81.818	0.000
六安市	100.000	15.481	14.774	100.000	0.794
马鞍山市	100.000	19.478	22.589	100.000	0.794
巢湖市	100.000	31.839	22.000	100.000	0.794
芜湖市	100.000	34.703	34.827	100.000	0.794
宣城市	88.889	12.368	11.418	90.000	0.000
铜陵市	100.000	20.288	20.417	100.000	0.794
池州市	88.889	9.117	10.661	90.000	0.000
安庆市	100.000	19.769	19.559	100.000	0.794

从标准化后的点出度（NrmOutDeg）和点入度（NrmInDeg）可以看出，除马鞍山市外，其余城市的点出度和点入度排序之间有着一致性。其中，合肥市的点出度（56.561）和点入度（63.940）最高，说明合肥市作为安徽省的省会城市以及皖江城市带内经济发达的城市，在区内公路客运交通中的重要地位，既是重要的客运目的地，又是重要的客运门户城市；芜湖市作为点出度（34.703）和点入度（34.827）排名第二的城市，公路客运的

输出量和输入量都很高,说明其在皖江城市带内公路客运地位仅低于合肥市,但与合肥市还存在一定的差距。马鞍山市在点出度(19.478)和点入度(22.589)的排序上相差较大,分别为第六和第三,说明马鞍山市在皖江城市带区内公路客运中目的地的地位高于及门户城市的地位。

接近中心度中,合肥市、六安市、马鞍山市、巢湖市、芜湖市、铜陵市和安庆市属于第一等级(100.000),接近中心度最高,说明这些城市与其他城市间的通达性好,不受其他城市节点的影响;宣城市和池州市属于第二等级(90.000),与这两个城市与滁州市无直接的公路客运交通联系情况相一致;滁州市第三等级(81.818),与宣城市和池州市没有之间公路客运交通相连,说明滁州市的公路客运交通受其他城市的控制程度较大。

中间中心度中,合肥市、六安市、马鞍山市、巢湖市、芜湖市、铜陵市和安庆市为0.794,说明这七个城市对皖江城市带公路客运交通的控制性一致,结合实际数据,可知是对宣城市、池州市和滁州市的控制;宣城市、池州市和滁州市的中间中心度为0,说明这三个城市在皖江城市带公路客运交通中没有控制作用。

2.3 公路网络结构图

通过 Ucinet6 软件 netdraw 模块,绘制皖江城市带区内公路交通客运量的网络结构图(图 2)。

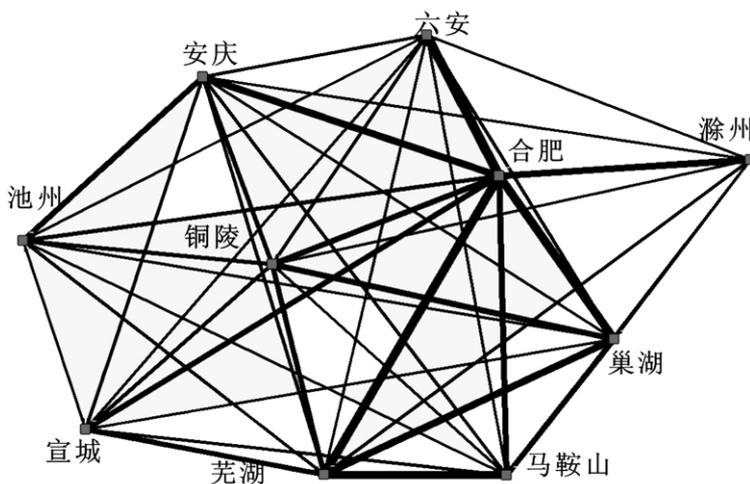


图 2 皖江城市带区内公路客运网络结构图

g 2 Regional road passenger's contacts network in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

可知,皖江城市带公路客运网络结构较为紧密,合肥市和铜陵市处于网络结构中心。其中,合肥市与其他各城市之间的客运联系强度较大,体现了省会城市 and 皖江城市带内重要的经济中心与其他城市之间交往密切;铜陵市虽处于结构图的中心,但与其他城市之间的公路客运联系强度不是很大;芜湖市、六安市、马鞍山市、巢湖市、安庆市之间以及它们与合肥之间联系线较粗,说明这些城市之间具有较强的公路客运交通联系,城市之间联系密切;池州市、宣城市和滁州市处于网络结构的外围,且距中心较远,说明这三个城市在皖江城市带内公路交通运输中地位较低。由此可见,通过网络结构图得出的结论与上述通过中心度指标所得出的结论一致。

3 区内城市相互作用

通过计算 2009 年皖江城市带内各城市相互作用强度，反映其城市间联系现状；因从《安徽省统计年鉴 2003》开始分市统计公路数据，故选取 2002 年以来数据，计算相互作用强度变化，以预测各城市未来联系的方向。

3.1 区内相互作用强度现状

相互作用强度计算涉及人口、经济和距离三个指标。在人口指标方面，考虑到各城市之间的交通流动包括农业和非农业人口，故选取各市的总人口作为人口指标；在经济指标方面，选取各市国民生产总值为标准；在距离方面，考虑到不同方式线路长短不同，且皖江城市带内各市之间的高速公路和铁路接近于直线，本文数据用于横向比较，影响偏小，故直接选取空间距离作为指标（空间距离数据源于网站量测^①），其计算模型如下：

$$R_i = \frac{\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}}{d^2} \quad (1)$$

式中： R_i 为区内城市之间相互作用强度； P_i 、 G_i 分别为皖江城市带内 i 市和 j 市的总人口数（万人）； P_j 、 G_j 分别是皖江城市带内 i 市和 j 市的国内生产总值（亿元）； d 为皖江城市带内 i 市和 j 市之间的距离。

计算结果如表 3 所示：皖江城市带 10 个市中合肥市同其他 9 个市的联系强度均较大，联系强度之和为 403.78，明显高于其他 9 个城市。其中，巢湖市与合肥市的联系强度为整个皖江城市带内最大。同时，六安市和滁州市在皖江城市带内联系强度最大也为合肥市，基本确立了合肥市作为皖江城市带在空间和功能上的核心地位。此外，与其他城市间联系强度之和排序依次是巢湖市、芜湖市、马鞍山市、六安市、安庆市、滁州市、池州市、宣城市和铜陵市。

表 3 2009 年皖江城市带区内相互作用强度矩阵

Tab 3 The regional interaction intensity matrix in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province in 2009

	合肥市	滁州市	六安市	马鞍山市	巢湖市	芜湖市	宣城市	铜陵市	池州市	安庆市	总计
合肥市	—	42.78	113.98	22.50	126.20	33.00	11.77	11.84	10.89	30.80	403.78
滁州市	42.78	—	9.59	32.25	30.99	19.38	7.07	3.06	2.52	6.51	154.17
六安市	113.98	9.59	—	5.12	17.84	8.42	4.03	4.13	5.20	20.17	188.49
马鞍山市	22.50	32.25	5.12	—	40.08	65.37	12.53	3.86	2.48	5.50	189.69
巢湖市	126.20	30.99	17.84	40.08	—	68.58	13.87	13.97	7.93	16.41	335.87
芜湖市	33.00	19.38	8.42	65.37	68.58	—	48.25	14.71	7.02	12.84	277.58
宣城市	11.77	7.07	4.03	12.53	13.87	48.25	—	6.98	4.40	8.30	117.20
铜陵市	11.84	3.06	4.13	3.86	13.97	14.71	6.98	—	16.32	14.75	89.63
池州市	10.89	2.52	5.20	2.48	7.93	7.02	4.40	16.32	—	71.67	128.42
安庆市	30.80	6.51	20.17	5.50	16.41	12.84	8.30	14.75	71.67	—	186.97

资料来源：根据《安徽省统计年鉴 2010》整理计算。

根据相互作用矩阵，为了进一步研究皖江城市带各城市的空间相互作用状况，对各个

^①两城市间直线距离的测量数据来源于国家测绘局监制的天地图网站 (<http://www.tianditu.cn>)，为减少测量误差，于 2010 年 12 月 21 日和 2010 年 12 月 22 两次进行测量核对。

城市选取最大的引力 T_i^{max} :

$$T_i^{max} = (T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}, \dots, T_{i(n-1)}, T_{in}) \quad (2)$$

城市 (C_i) 对应的吸引力最大的城市 (C_i'), 即城市 (C_i) 的最大引力城市, 然后将 (C_i) 与 (C_i') 连接, 得到城市群“最大引力联结线”分布图 (图 3)。连接线越多的城市其总吸引力越大, 具有更高的空间支配地位, 从而成为城市带内交通联系的重要节点。

结合图 3 和表 3 可知, 皖江城市带内形成三个中心和两条轴线, 即合肥市主中心、芜湖市副中心、安庆市区域性中心和“东西轴线”、“南北轴线”。

(1) 合肥市作为主中心, 在区内相互作用强度总和中最高, 且与巢湖市、六安市和滁州市之间的相互作用强度最大, 联系了皖江城市带北部地区。同时, 还具备政治、经济和交通上的优势。政治上, 作为安徽省的省会, 与其他城市之间的人员交往较多, 且有着一定的政策扶持; 经济上, 为皖江城市带内发展最快 (2009 年 GDP 为 2002 年的 5.09 倍)、经济总量最大 (GDP 总

量 2102.13 亿元, 占皖江城市带 29.42%, 安徽省 20.89%) 的城市, 对整个皖江城市带内城市都具有一定影响; 交通优越, 拥有 G3 京台高速 (合徐、合芜、合铜黄段) 和 G40 沪陕高速 (合宁、合六叶段)、G50 沪渝高速 (合宿段)、S12 滁新高速 (合淮阜段) 构成放射型的高速网络, 并同众多的铁路线、公路线组成的放射型交通网络。此外, 与长三角部分核心城市及武汉都市圈的武汉市开通了高速铁路, 在区际交往中也具有一定优势。

(2) 芜湖市与巢湖市、马鞍山市、宣城市之间的联系强度最大, 连接了皖江城市带的东部地区, 但之间的联系强度稍弱于合肥市, 所以为皖江城市带的副中心。芜湖市作为副中心, 还因其具有经济和区位上优势。其经济总量居于皖江城市带内第二位, 且增长速度快, 2009 年是 2002 年的 3.62 倍, 对周边城市具有较强的辐射带动作用; G50 沪渝高速 (合芜段、沿江段)、205 国道、沿江和南北的铁路线路在芜湖市交汇, 再加上长江黄

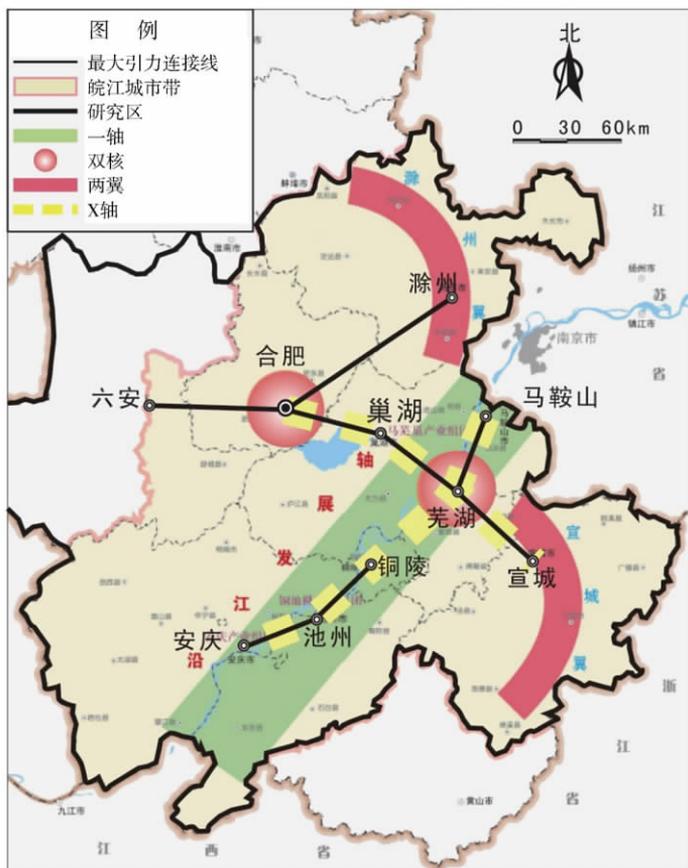


图 3 皖江城市带各城市最大引力联结线

Fig. 3 The largest gravity line linking city-cluster of the cities along the Yangtze River in Anhui Province

注: 底图来源于《皖江城市带承接产业示范区规划》

金水道，方便了芜湖市连接东西、沟通南北，围绕芜湖市现已形成十字交叉的网络。此外，芜湖市通过与巢湖市之间的紧密联系，使得主副中心紧密关联；

(3) 安庆市因居于皖江城市带西南部的区位条件，距皖江城市带内其他城市的空间距离较远，平均达到 148km（居整个城市带内第九位），所以区内的联系强度之和不高（186.97），居皖江城市带内第六位，对整个区域的影响不大。但由于其人口和经济总量较多（分别居第二和第三位），且与邻近的池州市（44km）和铜陵市（87km）相聚较近，在皖江城市带的西南部地区，起着区域性中心作用，与池州市之间的联系较强（71.67），仅次于整个皖江城市带内巢湖市与合肥市、六安市与合肥市的联系，为皖江城市带内第三位，体现了区域性中心对西南部周边地区城市的吸引力。

(4) “东西轴线”和“南北轴线”。

在铜陵市与其他各市的相互作用强度中，与芜湖市存在着较强的相互作用（14.71），仅次于其与池州市（16.32）和安庆市（14.75）的强度，且与安庆市的作用强度接近，吸引力相近。由此可以连接起长江沿岸，构成“东西轴线”（安庆市—池州市—铜陵市—芜湖市—马鞍山市，由于巢湖市与安庆市、池州市、铜陵市的相互作用不强，且没有直接的线路联系，故本文界定的“东西轴线”中不包括沿江的巢湖市）。“东西轴线”城市占皖江城市带总面积的 32.81%，但在人口和经济方面所占比重较大，分别为 33.64% 和 41.15%，在整个皖江城市带内发展较好。现有 G50 沪渝高速（沿江段）、318 国道、321 省道、沿江铁路和长江水道联系。但在“东西轴线”内部存在差异，东段（如马鞍山市和芜湖市）联系较强，而西段偏弱。

南北方向上，通过巢湖市连接合肥市主中心和芜湖市副中心，并延伸至宣城市构成“南北轴线”（合肥市—巢湖市—芜湖市—宣城市）。虽然其城市面积仅占皖江城市带的 35.63%，但人口和经济总量占到 40.58% 和 55.33%，人口密度和经济密度都较高，经济发展较好。且轴线上的合肥市和芜湖市在经济上具有带头作用（分居前两位），对经济较弱的巢湖市和宣城市（分别为第七和第八位）有较大的辐射带动作用。现主要通过 G50 沪渝高速（合芜段和芜宣段）、205 国道、105 省道、104 省道等以及铁路线连接。

表 4 皖江城市带沿轴线的数据

Tab 4 Data along the direction in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

	面积 (km ²)	人口 (万人)	GDP (亿元)	人均 GDP (元)	经济密度 (万元/km ²)
南北轴线	32346	1457.90	3952.90	27113.67	1222.07
东西轴线	29786	1208.46	2940.29	24330.85	987.14
皖江城市带	90778	3592.41	7144.67	19888.25	787.05
安徽省	139600	6794.53	10062.82	14810.18	720.83

资料来源：《安徽省统计年鉴 2010》统计计算。

两条轴线在安徽省乃至整个皖江城市带的经济发展中具有一定优势，人均 GDP 和经济密度均高于皖江城市带和安徽省的平均值（表 4）。但从两条轴线的横向比较可知，“南北轴线”的发展优于“东西轴线”，且从相互作用强度的总值（表 3）中也可得出类似的结论。从而，在整个皖江城市带可构建出空间相互作用联系的“‘X’轴三中心”格局。

与国务院批复的《皖江城市带承接产业转移示范区规划》中确立的以长江一线为“发展轴”、合肥市和芜湖市为“双核”、滁州市和宣城市为“两翼”的“一轴双核两翼”产业布局，有着一定的重合区域。反映了未来皖江城市带沿着“双核”和“东西轴线”、“南北轴线”发展的必然趋势。

3.2 区内相互作用强度变化

根据公式(1)计算2002年以来皖江城市带内两两城市之间的相互作用强度，并最终汇聚成每个城市历年的总值，反映该城市在区内相互作用强度变化(表5)。

由表5可知，各市的相互联系强度不断增长，但增长的速度不一。通过各市初期(2002年)和末期(2009年)人口和经济总量的变化可知，人口方面各市变化较小(末期为初期的1.01~1.10倍)，但经济方面增长较快(末期为初期的2.05~5.09倍)，且各市之间的增长速度差异很大，说明在空间距离不变的情况下，对各市相互联系强度影响最大的指标是经济。

表5 皖江城市带区内相互作用强度变化

Tab. 5 The changes of regional interaction intensity in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
合肥市	101.91	117.50	138.70	178.78	216.50	275.35	342.09	403.78
滁州市	54.59	61.06	71.56	76.39	88.56	113.32	130.78	154.17
六安市	52.97	59.07	70.94	90.00	106.72	134.75	165.96	188.49
马鞍山市	50.95	60.96	76.56	96.29	112.20	141.68	170.43	189.69
巢湖市	108.67	123.90	144.44	161.71	189.60	242.41	292.97	335.87
芜湖市	80.81	93.77	112.12	130.61	154.41	194.79	238.88	277.58
宣城市	40.41	45.82	53.46	58.83	68.51	86.27	101.79	117.20
铜陵市	24.48	28.50	35.25	43.54	54.51	68.25	78.63	89.63
池州市	37.31	42.25	50.92	57.15	67.27	87.70	98.51	128.42
安庆市	58.29	65.92	79.34	88.13	103.06	133.13	150.65	186.97

资料来源：根据2003年到2010年《安徽省统计年鉴》整理计算。

由相互联系强度之和的增长速度可知，合肥市的增长速度最快，特别是2004年之后，增速加快，说明该阶段过后，合肥市在经济上的迅速增长。此外，增长速度排序依次是：马鞍山市、铜陵市、六安市、池州市、芜湖市、安庆市、巢湖市、宣城市和滁州市。从空间上看，沿江城市的增长速度较快，而位于皖江城市带边缘地区的宣城市和滁州市增长最慢，这与沿江经济的快速增长，而边缘地区经济增长缓慢有关。

从其总量的位序排列上看，变化较小。但2005年变化较大，而其前后阶段相对稳定，且前三位和末三位变化较小，而中间位次变化较大。其中：

(1) 位序居前的为合肥市、巢湖市和芜湖市，说明这三个城市在区内相互作用中处于优势地位。

合肥市2005年之后，排序第一，且随着时间的推移，其优势越来越大。这与合肥市经济的快速发展密不可分，从2002年的412.81亿元到2009年的2102.13亿元，增长了5.09倍，而同期人口变化相对经济变化相对较小，由448.1万人增长到491.4万人，仅增长1.20倍。

巢湖市在2005年后由区内第一位降至第二位，由于巢湖市的区位优势(居于皖江城

市带中部, 到达其他城市的空间距离较短), 初期与其他城市之间的相互作用较强, 但随着交通的改善、经济的快速发展, 距离的重要作用逐渐被经济和人口指标取代, 巢湖市的位次下降。

芜湖市一直保持平稳的发展趋势, 经济总量居皖江城市带内第二位, 但由于人口较少(第七位), 所以在空间相互作用强度中略小于巢湖, 居第三位。同时这也体现了主副中心和“南北轴线”的强大经济吸引力, 这必将促进“南北轴线”沿线城市交通的交往。

(2) 位序最后的为池州市、宣城市和铜陵市, 反映了这三个城市在区内相互作用中处于弱势地位。虽然铜陵市和池州市在研究期内经济总量增长较快, 分别比初期增长了3.89和3.67倍, 增长速度居皖江城市带内第三和第四位, 但由于这三个城市的经济总量规模较小(居末三位), 而宣城市本身经济增长较慢, 又地处皖江城市带边缘, 与其他城市之间的空间距离远, 所以对皖江城市带内其他城市的吸引较弱, 相互作用弱, 且一直保持弱势。

(3) 位序居中且有一定变化的为马鞍山市、六安市、安庆市和滁州市。

马鞍山市在初期的位序靠后, 为第七位, 但随着其经济的迅速发展, 2009年比2002年增长了4.31倍, 增长速度居皖江城市带内第二位, 经济总量由初期第八位发展到第四位, 故其对其他城市的相互作用强度增大, 提高到第四位。

六安市由初期第六位到2005年之后一直保持第五位, 稳中有升。虽然其经济总量和增长速度居第六位, 但由于其是皖江城市带内的人口最多的市, 所以在相互作用强度的总量中居中。

安庆市虽然在经济总量和人口总量上占有一定的优势, 分别为皖江城市带内第三和第二位, 但由于其偏居与皖江城市带西南部, 与其他城市空间距离较远, 所以其在相互作用强度总量中较弱, 居第六位。同时又由于经济增长速度慢, 在相互作用强度总量的排序中由第四位降至第六位。

滁州市的经济和人口总量位居皖江城市带第五位, 但由于位于其位于皖江城市带东北部, 与其他城市空间距离较远, 所以其在相互作用强度总量中较弱, 居第七位, 且由于其经济增长速度在皖江城市带内最慢, 所以其在相互作用强度总量排序中不断下降。

4 区内交通公路空间组织的优化建设

通过皖江城市带区内公路联系网络结构, 和相互作用强度现状及变化分析, 提出皖江城市带区内公路交通空间组织提供优化建议。

4.1 沿两条轴线发展

皖江城市带现有的城市区内公路交通中, “南北轴线”交通发展较好, 除宣城市外, 皆为以国土面积计算的公路密度较高, 以人口计算的公路密度较低, 可见“南北轴线”中大多数城市的现有交通密度较大, 但交通的发展仍低于其人口需求, 故今后仍需完善南北轴线城市交通建设^[31]。而“南北轴线”在皖江城市带内经济密度最高, 合肥市和芜湖市在经济总量上居前两位, 巢湖市与合肥市、芜湖市之间, 宣城市和芜湖市之间都具有较强的相互作用强度, 受到核心城市的辐射影响较大。随着今后两个核心城市的进一步发展, 对周边弱经济实力的城市的带动势必增强, 从而需加强“南北轴线”交通的进一步发展。对部分服务水平下降的高速公路进行扩建扩, 如合巢高速公路合肥至巢湖段。以及加强南北跨江公路建设(如芜湖长江二桥建设), 以使“南北轴线”更好的联通两大区域

中心。

“东西轴线”现有国道、省道、高速公路、航道和铁路相连，但多局限于沿江一线。特别是轴线西部的安庆市、池州市和铜陵市，现有的相互作用强度排序靠后，分别居第六、第十和第八位。其中池州市因经济总量在皖江城市带内最低，人口较少，所以其公路客运量为皖江城市带内最低。且“东西轴线”西部的经济密度较低，而东部为皖江城市带内最强，所以今后需通过东西沿线的交通带动西部安庆市和池州市的经济发展。随着皖江城市带承接产业转移的“沿江发展轴线”建设，沿江铁路、沿江高速的作用不断发挥，区内分工协作的加强，势必会带来区内交通联系的加强。此外通过东西向的交通，也能够加强与经济发达的长三角核心城市以及武汉都市圈的区际交通联系。

4.2 围绕区域中心完善

围绕根据最大引力连接线得出皖江城市带区内相互作用的三个中心经济的迅速发展，必将是今后加强交通联系的重点区域。

合肥市作为主中心，在经济、政治、交通区位上具有较强的优势，与皖江城市带内其他城市有很强的交通联系，对区内城市有很大的经济吸引力，这必然导致这些城市之间的交通流量较大；同时，作为承接产业转移规划中的“双核”之一，今后必将更快发展，对周边地区的辐射带动作用不断加强，作为联系皖江城市带区际和区内的重要交通枢纽，现已形成放射状交通网络，今后需加强交通的管理和维护，以保证其通畅和高效。

芜湖市作为副中心，在区域经济和交通区位中都具有一定的优势，但在芜湖市现已形成交叉的网络中对西线和南线的交往相对较弱，今后应加强芜湖市与沿江西线的铜陵市、池州市、安庆市以及南线宣城市的联系，以使其枢纽作用更好的发挥。

安庆市作为区域性中心，随着皖江城市带“沿江发展轴”的建设，也将促进安庆市与沿江城市的经济联系，带动安庆市与沿江城市的交流，促进东西方向的交通发展。同时围绕安庆市区域中心的交通建设，也能够改变“东西轴线”中西段较弱的情况，从而促进整个“东西轴线”的发展。此外通过合宿高速和黄黄高速，开通岳西至罗田的高速与湖北省内高速网络相连，也能成为皖江城市带与武汉都市圈区际交通联系的重要枢纽。

4.3 加强“两翼”建设

宣城市和滁州市作为《皖江城市带承接产业转移示范区规划》中的“两翼”，在皖江城市带内的经济和相互作用强度排序中都较弱，分别为第九位和第七位，且经济增长速度分别为第九和第十位，说明现有经济发展较弱，与区内其他城市的联系不强。现有交通结构网络较弱。但随着皖江城市带承接产业转移机遇，势必给“两翼”的经济发展带来促进作用，与皖江城市带内其他地区的交流加强，从而促进这两市与皖江城市带内其他城市区内公路交通联系的建设。

同时，滁州市和宣城市紧邻长三角，能够成为皖江城市带区际交通联系的东向出口，加强“两翼”区内和区际的公路交通建设，有利于皖江城市带自身以及与长三角区域的交通和经济联系。

5 结论与讨论

本文通过分析，得出以下结论：皖江城市带区内公路交通网络密度较高；根据区内相互作用强度现状，形成了合肥市主中心，芜湖市副中心和安庆市区域性中心及“东西轴线”和“南北轴线”的经济联系格局；城市间的相互作用强度不断增长，但增速不一，总

体位序变化较小; 今后区内公路交通空间组织方向是沿“东西轴线”和“南北轴线”发展、围绕区域中心完善并加强“两翼”建设。

鉴于篇幅有限, 本文仅从区内联系的角度将皖江城市带作为一个封闭的系统来研究其区内公路交通的空间组织。但在区域一体化和承接产业转移背景下, 长三角乃至整个长江中下游地区的社会经济发展态势及其空间结构变化, 对皖江城市带交通组织影响更大, 尚待进一步研究。

致谢: 感谢合肥市汽车站、旅游汽车站和锦湖高速汽车站、芜湖市运泰集团、铜陵市汽车运输公司、六安市汽车南站和东站、安徽省交通运输集团(巢湖、宣城、安庆、滁州)汽运公司、池州市汽车站、马鞍山长运客运有限责任公司等在论文数据收集中给予的支持。

参考文献:

- [1] 陈航, 等. 中国交通地理. 北京: 科学出版社, 2000. 153.
- [2] Gutierrez Javier, Urbano Paloma. Accessibility in the European Union; the impact of the trans-European road network. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(1): 15~25.
- [3] Siming L, Yiman S. Impact of the national trunk highway system on accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9: 39~48.
- [4] Kim K S, Benguigui L, Marinovc M. The fractal structure of Seoul's public transportation system. *Cities*, 2003, 20(1): 31~39.
- [5] Steven E, Polzin P E. Transportation/land-use relationship: Public transits' impact on land use. *Journal of Urban Planning and Development*, 1999, (12): 135~151.
- [6] VanWee B. Land use and transport: Research and policy challenges. *Journal of Transport Geography*, 2002, 10(4): 259~271.
- [7] 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. *地理学报*, 2006, 61(10): 1065~1074.
- [8] 毛蒋兴, 阎小培. 城市交通系统对土地利用的影响作用研究——以广州为例. *地理科学*, 2005, 25(3): 353~360.
- [9] 石忆邵, 郭惠宁. 上海南站对住宅价格影响的时空效益分析. *地理学报*, 2009, 64(2): 167~176.
- [10] 韩增林, 等. 交通经济带的基础理论及其生命周期模式研究. *地理科学*, 2000, 20(8): 295~300.
- [11] 陆建. 城市交通系统可持续发展规划理论与方法. 南京: 东南大学博士学位论文, 2003.
- [12] 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. *经济地理*, 2004, 24(6): 830~833.
- [13] 吴威, 曹有挥, 梁双波. 20世纪80年代以来长三角地区综合交通可达性的时空演化. *地理科学进展*, 2010, 29(5): 619~626.
- [14] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 开放条件下长江三角洲区域的综合交通可达性空间格局. *地理研究*, 2007, 26(2): 391~402.
- [15] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长三角地区交通优势度的空间格局. *地理研究*, 2011, 30(12): 2199~2208.
- [16] 曹小曙, 阎小培. 经济发达地区交通网络演化对通达性空间格局的影响——以广州市东莞市为例. *地理研究*, 2003, 22(3): 305~312.
- [17] 刘奕, 贾元华, 税常峰. 基于引力模型的城际交通网络布局规划方法研究. *人文地理*, 2011, 26(6): 127~132.
- [18] 王伯礼, 张小雷. 新疆公路交通基础设施建设对经济增长的贡献分析. *地理学报*, 2010, 65(12): 1522~1533.
- [19] 刘传明, 张义贵, 刘杰, 等. 城市综合交通可达性演变及其与经济发展协调度分析——基于“八五”以来淮安市的实证研究. *经济地理*, 2011, 31(12): 2028~2033.
- [20] 黄晓燕, 曹小曙, 李涛. 海南省区域交通优势度与经济发展关系. *地理研究*, 2011, 30(6): 985~999.
- [21] 刘传明, 曾菊新. 县域综合交通可达性测度及其与经济发展水平的关系——对湖北省79个县域的定量分析. *地理研究*, 2011, 30(12): 2209~2221.
- [22] 张立志, 李同升. 基于GIS的县级尺度交通可达性研究——以陕西省为例. *人文地理*, 2010, 25(1): 100~104.

- [23] 王成新,王格芳,刘瑞超,等.高速公路对城市群结构演变的影响——以山东半岛城市群为例.地理科学,2011,31(1):61~67.
- [24] 张倩,胡云锋,刘纪远,等.基于交通、人口和经济的中国城市群识别.地理学报,2011,66(6):761~770.
- [25] 金凤君,张文尝,王娇娥,王成金.中国交通地理学的成长与发展——建所70周年交通地理研究成果与展望.地理科学进展,2011,30(4):417~425.
- [26] 方创琳.中国城市群形成发育的新格局及新趋势.地理科学,2011,31(9):1025~1034.
- [27] 吕韬,姚士谋,曹有挥,等.中国城市群区域城际轨道交通布局模式.地理科学进展,2010,29(2):249~256.
- [28] 韩会然,焦华富,李俊峰,等.皖江城市带空间经济联系变化特征的网络分析及机理研究.经济地理,2011,30(3):384~389.
- [29] 韩会然,焦华富,郇恒飞,等.皖江城市带空间经济联系的网络特征及优化方向研究.人文地理,2011,26(2):92~97.
- [30] 刘军.整体网分析讲义:UCINET软件实用指南.上海:格致出版社,2009.
- [31] 杨成凤,焦华富,潘庆,等.皖江城市带公路网时空变化特征及成因分析.经济地理,2011,31(1):60~65.

Study on regional road traffic spatial organization in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province

JIAO Hua-fu, YANG Cheng-feng

(College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241003, Anhui, China)

Abstract: Based on the investigated data of regional road passengers, this paper uses social network method to analyze the network characteristics of regional road traffic's contact in the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province. Combining with the current situation of regional interaction strength and its changes over the years, the article predicts the dominant direction of its economic links in the future in order to provide reference for predicting the direction of regional traffic links, and puts forward some recommendations for optimizing the spatial organization of regional road traffic. The results are shown as follows. (1) The regional road traffic's contact network has a high density. (2) On the basis of current interaction strength, it formed an economic contact pattern of three centers and two axes, i. e., Hefei as the main center, Wuhu as a sub-center, Anqing as a regional center as well as " east-west axis" and " north-south axis". (3) The interaction strengths in the cities of researched area grow at different speeds, but their sequences change less. (4) The direction of traffic spatial organization in the future will develop along the " east-west axis" and " north-south axis", optimize the traffic around regional centers and strengthen the traffic in " two-wings".

Key words: regional road traffic; spatial interaction strength; traffic spatial organization; the city-cluster along the Yangtze River in Anhui Province