

DOI:10.3969/j.issn.1004-9479.2016.03.001

张凡, 杨传开, 宁越敏, 等. 基于航空客流的中国城市对外联系网络结构与演化[J]. 世界地理研究, 2016, 25(3):1-11  
ZHANG F, YANG C, NING Y, et. al. The changing structure of Chinese transnational urban network[J]. World Regional Studies, 2016, 25(3):1-11

# 基于航空客流的中国城市 对外联系网络结构与演化

张凡<sup>1</sup>, 杨传开<sup>1</sup>, 宁越敏<sup>1</sup>, 魏也华<sup>1,2</sup>

(1. 华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200062;

2. 犹他大学地理系及公共与国际事务研究院, 美国盐湖城 84112)

**摘要:** 改革开放以来, 经济全球化和快速城市化促进了中国城市外向型联系的发展, 改变了中国城市对外联系的空间格局。越来越复杂化的城市空间分布和组织规律需要一个全新的、综合的网络视角来考察。航空运输是当前城市间相互联系的重要物质基础, 体现了城市间的直接关系, 是研究城市网络的合适工具。本文以中国城市对外的航空客运联系作为衡量城市关系的指标, 借鉴社会网络分析中的 2-模网络概念构建了中国城市对外联系网络, 并对网络的结构特征和演化规律进行了分析。研究表明, 中国城市对外联系网络存在北京-上海-广州的三中心结构。中心城市以外, 西部城市上升势头迅猛, 体现了网络多元化发展的趋势。此外, 中国城市对外联系的主要对象逐渐从东南亚向东亚转移, 并呈现出以首尔为核心的网络结构。同时, 中国城市对外联系扩张以强化区域内部联系为主, 洲际联系发展滞后。

**关键词:** 航空客流; 对外联系网络; 2-模网络; 网络中心度

**中图分类号:** F56

**文献标识码:** A

## 0 引言

改革开放以来, 中国通过融入全球化进程实现了经济飞跃式的发展, 国际地位日益提升。与此相应, 中国城市的崛起并演变为世界城市也成为学术界关注的焦点。一般意义上, 世界城市的地位就是其在各类全球性网络中配置资源的综合能力, 以促进商品、信息、资本和人的全球流动<sup>[1]</sup>。Lai 从建设国际金融中心的角度分析了香港、上海、北京在全球金融体系中的地位和作用, 并进一步探讨了城市在全球金融体系中的地位是如何成为全球城市功能的一个方面, 提升香港、上海和北京在全球经济体系中的支配能力和影响力<sup>[2]</sup>。Taylor 从生产性服务业角度构建全球城市互锁网络, 通过建立城市对分析探讨了中国主要城市北京、上海和香港是如何与国际城市建立联系并融入世界城市网络中的<sup>[3]</sup>。不难看出, 这些研究本质上只关注了国内顶级的城市在世界城市网络中的崛起, 而没有反映普遍意义上中国城市集体融入全球化进程的特点。事实上, 真正能进入全球网络的国内城市数量确实不多, 根据 GaWC

收稿日期: 2015-12-20; 修订日期: 2016-02-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(41329001)。

作者简介: 张凡(1987-), 男, 博士研究生, 研究方向为航空网络与城市网络。E-mail: zfecnu@gmail.com.

工作组对世界城市的排名“The World According to GaWC”,2000年和2004年仅有4个中国城市上榜,2008年增加到8个,2010年和2012分别上升到10个和14个。换言之,这十多个城市就成了世界城市网络研究中对中国城市关注的全部。正如Robinson所批判的,欧美经济地理学和城市地理学主流的研究之中,存在着“欧美中心论”的偏见,广大发展中国家的城市从地图上“脱落”了<sup>[4]</sup>。鉴于此,本文将克服世界城市研究的局限,将更多国内城市纳入到研究的范畴,着重分析中国城市与国际城市之间的联系,并进一步探讨由此形成的中国城市对外联系网络的结构特征与演化规律。

城市对外联系种类很多,其中航空运输联系是形成城市体系网络系统的物质条件和必要前提,因为它能够直接反映城市间的交易流和连通度,越来越多地成为国家和国际级城市体系研究中被广泛应用的一个重要指标<sup>[5]</sup>。国外学术界从该视角进行了丰富的实证研究。其中Cattan利用欧洲90个主要城市之间的国际航班数据,分析了欧洲城市之间的吸引机制和国际化的特征,表明欧洲城市网络是建立在各国本身城市体系的基础上的<sup>[6]</sup>。Shin等则类似地从城市间国际客流量入手,考察了亚洲城市与世界主要城市之间的联系,认为亚洲城市在世界城市网络中的层次正逐步提高<sup>[7]</sup>。Matsumoto在考虑国际航空客流量的基础上加入货流量这一指标,分别考察了亚洲、欧洲、美洲三大区域内航空客货流网络的发展情况,进而对三大区域内的九个枢纽城市的能级进行了评估<sup>[8]</sup>。相对于国外航空市场,中国民航的国际航线发展起步较晚,90年代以后才开始进入较快的发展期,航线从1990年的44条发展到1996年的98条,并在2002更进一步达到161条<sup>[9]</sup>。因此从航空运输的角度考察中国城市的对外联系的相关研究基本从2000年以后开始起步,研究主要从以下两个方面展开:第一,国际航线的空间格局。周一星等最早关注到中国国际航线呈现高度极化的特征<sup>[10]</sup>:2001年,京津冀和长三角是国际航线最主要的来源地,两者占全国的比重达到40%以上;而在省域层面,省会城市在国际航线上占据绝对主导地位,在多数省份,省会城市甚至成为唯一开通国际航线的城市。王成金等在周一星研究的基础上,进一步理清了中国对外航空联系的空间地域特征。东部地区仍然是国际航空联系集中的区域,但国际客流占全国的比重逐渐下降,中部和西部地区也逐渐参与到国际联系中<sup>[9]</sup>。王姣娥等重点考察了国内城市与“一带一路”沿线城市的航空联系,发现国内城市对外航空联系以客运联系为主,货运联系强度和广度较弱。同时,上海、北京和广州是对外航空客运的枢纽,上海为对外航空货运的枢纽;第二,引入网络分析的工具,对中国国际航空网络进行分析<sup>[11]</sup>。例如,党亚茹等利用复杂网络相关理论和研究方法分析国际航空客运网络的拓扑结构,并探讨了中国与其他国家的航空联系情况<sup>[12]</sup>。吴晋峰等将国际航空联系所涉及的49个国内城市与110个国际城市全部纳入到一个网络分析框架中,研究发现中国与东亚和东南亚城市之间联系最为紧密。洲际层面上,中国城市与美国联系最为密切,与欧洲、大洋洲、非洲联系较少,与南美洲尚无航空联系<sup>[13]</sup>。

总体而言,过往研究对中国城市对外航空联系网络有了基础的认识,厘清了中国城市对外联系的基本空间地域结构特征。为进一步挖掘中国城市对外联系的总体格局,本文借鉴Taylor“城市对”的研究思想<sup>[3]</sup>,将中国城市对外联系看成是若干“国内-国际”城市对的集合,并选取2002和2012《中国交通统计年鉴》中对主要国际航段旅客数量作为衡量中国城市对外联系的指标,汇总所有航段数据得到各国内、国际城市总体联系量,再从中国城市和国际城市两个角度入手,分别考察中国城市对外联系空间拓展和联系的国际城市空间格局演变两个方面的特点。

## 1 研究数据和方法

### 1.1 研究数据

航空联系数据本身也存在多种类型,例如国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)出版的“航段起讫点统计(on-flight origin and destination)”数据作为衡量城市间联系的指标<sup>[14-18]</sup>。Derudder 认为 ICAO 的数据存在一定的问题,建议通过使用营销信息数据转移(Marketing Information Data Transfer, MIDT)等其他数据库的统计资料进行补充<sup>[19]</sup>。不管是何种数据,城市航空联系的数据必须是建立在 OD(origin-destination)数据的基础上。

本研究的研究数据来自《中国交通统计年鉴》对民航国际航线的运输情况进行的统计,包含了主要航段的航空客流数据,但这一数据并不是城市之间点对点(origin-destination)的流量数据,因此需要将数据进行处理,转化为城市点对点的流量数据。例如 2012 年广州-上海-名古屋这一航线旅客运输量为 181461 人,因此需要将其分解为广州-名古屋和上海-名古屋两个航段。通过查询发现广州和上海到名古屋每天直达航班的班次分别为 1 班和 9 班,因此对广州-上海-名古屋航线的客运量进行重新分配,其中十分之一即 18146 人为广州-名古屋航段的客运量,另外十分之九即 163315 人为上海-名古屋航段的客运量。此外,为了反映中国城市对外联系网络的发展演化情况,本研究将选取 2002 年和 2012 年两个年份的数据进行分析。

### 1.2 研究方法

按照 Taylor 在世界城市网络中“城市对”(City Dyad)的研究思想<sup>[3]</sup>,中国城市对外联系网络可以看成若干城市对的集合,国内城市和国际城市分别隶属于两个群体,决定两个群体之间关系的是个体之间的关系,因此中国城市对外联系网络呈现出二元性(duality)的特征。社会网络分析(social network analysis)中的 2-模网络为理解和分析这种二元性特征提供了理论启发和依据<sup>[20]</sup>。本质上中国城市对外联系网络是国内城市和国际城市两个群体之间的宏观关系,该网络的基本构成单元是各个城市对的微观关系,因此二元性体现在“微观-宏观”的关系。社会学研究中,Breiger 首先利用“微观-宏观”(macro and micro)结构探讨了“个人和群体之间的二元性”(the duality of persons and groups),并提出了 2 模社会网络的概念<sup>[21]</sup>。吴素春引入了这一概念,对中国创新型城市的国际合作网络进行了分析<sup>[22]</sup>。在本研究中,中国城市对外联系网络的宏观结构是由微观城市个体塑造的。为更好地理解这样的 2-模网络,本文构建了中国城市对外联系网络的嵌套图(图 1)。如图所示,实线部分是真实的对外联系,反映了该网络的宏观结构,表面上看这是一组组“城市对”的微观关系

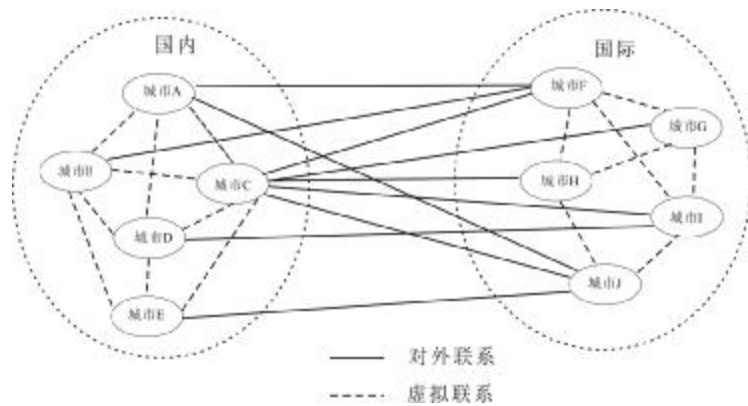


图 1 中国城市对外联系网络的嵌套与构建

构成的。实际上宏观网络结构也可以由国内、国际两个群体内城市的内部虚拟关系构成。例如,城市 A 和 B 同时与城市 F 发生联系,与城市 G、H、I 和 J 并没有发生共同联系,所以城市 A 和 B 可以理解为只有一组共同的虚拟联系。2-模网络的精髓就在于可以将本身并不是完备网络的一组关系转化成两组由虚拟联系构成的完备网络。

为了分析中国城市对外联系网络的结构特征,本研究进一步引入了社会网络分析中的网络中心度计算。因为,网络中心性是衡量网络权力结构的基本指标<sup>[23]</sup>。正如传统 1-模网络利用度数中心度(degree centrality)、接近中心度(closeness centrality)和中间中心度(betweenness centrality)来分析网络的中心结构一样,2-模网络也可以用类似的思路来分析,不过需要先将 2-模数据转化成两个 1-模数据,然后才能分析各种中心性指数。为方便计算原理的表达,现将 2-模数据矩阵命名为 X,而国内城市虚拟联系矩阵命名为 X<sup>N</sup>,国际城市虚拟联系矩阵命名为 X<sup>M</sup>。

度数中心度。X 的中心度 C<sub>D</sub>X 可以用两个中心度 C<sub>D</sub>X<sup>N</sup> 和 C<sub>D</sub>X<sup>M</sup> 表示。C<sub>D</sub>X<sup>N</sup> 的中心度为矩阵 X<sup>N</sup> 对角线上的值,而 C<sub>D</sub>X<sup>M</sup> 的中心度为矩阵 X<sup>M</sup> 对角线上的值<sup>[20]</sup>。

接近中心度。对于 1-模网络中的一个行动者来说,该点到其他点距离之和便是其接近中心度。对于网络 X<sup>N</sup> 而言,一个点的接近中心度为该点到矩阵其他各点的距离之和再加上该点到网络 X<sup>M</sup> 中所有点的距离之和。也就是说在网络 X<sup>N</sup> 中,点 n<sub>i</sub> 的接近中心度 C<sub>C</sub><sup>NM</sup>(n<sub>i</sub>) 是该点所联系的矩阵 X<sup>M</sup> 中的点到矩阵 X<sup>N</sup> 和 X<sup>M</sup> 中点的距离的一个函数。

$$C_C^{NM}(n_i) = \left[ 1 + \frac{\sum_{j=1}^{g+h} \min_k d(k, j)}{g+h-1} \right]^{-1} \quad (1)$$

其中,g 为 X<sup>N</sup> 中点的数量,h 为 X<sup>M</sup> 中点的数量,点 k 与 j 邻接。

中间中心度。在 1-模网络中,中间中心度关注的是一个行动者在多大程度上居于网络的中间,即中介性。本研究虚拟的两个 1-模网络中,网络 X<sup>N</sup> 中的点的关系是基于与 X<sup>M</sup> 中的点的关系构成的。因此当计算 X<sup>M</sup> 中点 m<sub>k</sub> 的中间中心度时,需要考虑 X<sup>N</sup> 与 m<sub>k</sub> 邻接的点。如果 X<sup>N</sup> 中的一对点 (n<sub>i</sub>, n<sub>j</sub>) 仅仅共同联系 X<sup>M</sup> 中一个点 m<sub>k</sub> (即 X<sub>i,j}^N=1), 则 m<sub>k</sub> 的中间中心度增加一个单位,如果 (n<sub>i</sub>, n<sub>j</sub>) 共同联系 X<sub>i,j}^N 个成员,那么 m<sub>k</sub> 的中间中心度增加 1/X<sub>i,j}^N 个单位。这样 m<sub>k</sub> 的中间中心度可以表示为<sup>[24]</sup>:</sub></sub></sub>

$$C_D^{NM}(m_k) = \frac{1}{2} \sum_{n_i, n_j \in m_k} \frac{1}{X_{i,j}^N} \quad (2)$$

## 2 中国城市对外航空联系的发展情况

### 2.1 对外航空联系的发展历程

国际航空网络一直是中国对外联系的重要支撑,20 世纪 90 年代末以来我国国际航空运输发展十分迅速。截至 2013 年底,国际航空客运量和货运量分别达到 2655 万人和 154.5 万吨,相比 1997 年的 505 万人和 29.1 万吨,分别增长了 5.25 和 5.31 倍。从国际航空运输的整体地位来看,国际客运量占全国航空客运总量的比重变化不大,在 7%~10% 之间徘徊。尤其是近五年来,客运量占比呈现出小幅下降的趋势,事实上,同时期国际客运量是以较快速率增长,这说明国内航空客运的发展势头更为迅猛。此外,国际货运量占全国航空货运总

量的比重从 1997 年到 2010 年总体呈现增长的态势,而随着 2010 年以后国际航空货运量的降低,国际货运占全部货运的比重也有所下降(图 2)。

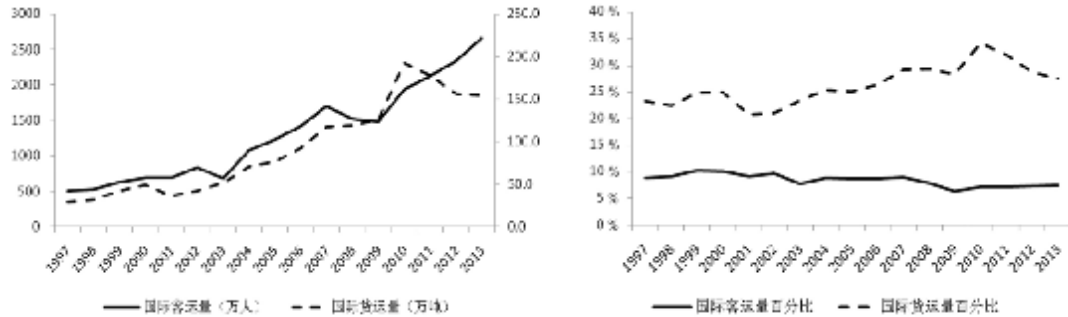


图 2 1997 年~2013 年中国国际航空运输增长情况

数据来源:历年中国统计年鉴。

总体上看,近年来我国国际航空运输发展势头较为迅猛,尤其是国际客运量增幅较大,这也意味着中国城市与国际城市之间的联系也越来越紧密。具体到城市层面,根据交通统计年鉴数据统计,从 1997 到 2012 年,开通国际航班的国内城市从 11 个增长到了 36 个,联系的国际城市数量也从 32 个增至 84 个,这些城市的国际旅客总量也从 458.1 万人增至 2539.8 万人(表 1)。从表中可以看出,近 15 年来中国城市对外航空联系的发展大致可以分为三个阶段,第一,从 1997 年至 2002 年,对外航空联系呈现小幅增长的特征;第二,从 2002 年至 2007 年,对外航空联系实现了飞跃式的发展;第三,从 2007 年至 2012 年,对外航空联系恢复到低速增长的阶段。

表 1 中国城市对外航空联系发展情况

	国内通航 城市数量	国际目的地 城市数量	国际旅客 总量(万人)
1997	11	32	458.1
2002	19	38	648.7
2007	30	70	1749.7
2012	36	84	2539.8

数据来源:中国交通统计年鉴。

## 2.2 对外航空联系空间格局

中国城市的对外航空联系经过十几年的发展已经初具规模,形成了相对稳定的空间格局。本研究围绕国际联系的起点和终点两个环节,对作为起点的中国城市和作为终点的国际城市的空间分布格局进行了分析。

首先,中国城市对外航空联系的总体格局主要呈现出以下两个特点:第一,对外联系主要集中在沿海地区,北京、上海和广州成为对外联系强度最高的城市(图 3)。2012 年北京、上海和广州三个城市国际航空旅客

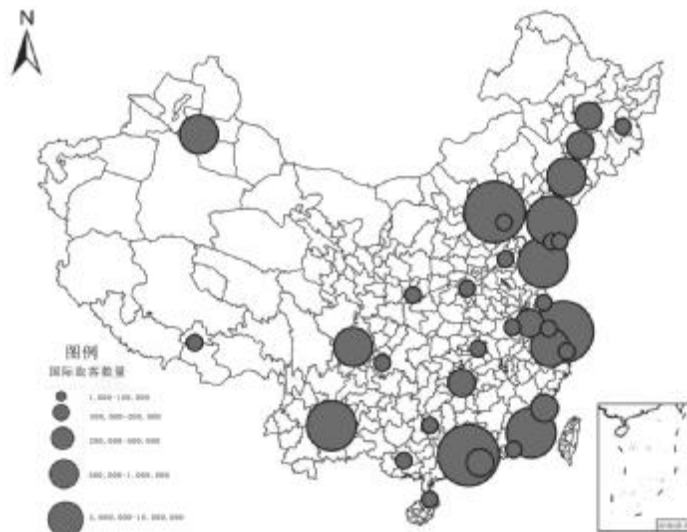


图 3 2012 年中国城市对外联系的空间格局

数据来源:中国交通统计年鉴

数量最多,均超过了 100 万人。其他对外联系强度较高的城市大多分布在沿海地区。例如国际航空旅客数量在 50 万和 100 万之间的城市中除了昆明之外,其他的厦门、青岛和大连均位于沿海地区;第二,沿海地区之外主要对外联系集中在西部中心城市,中部地区城市处于相对边缘的地位。与沿海地区相比,中西部地区的国际联系发展较为滞后,并且集中在西部地区的三个中心城市昆明、成都和乌鲁木齐。中部地区的主要省会城市郑州、武汉和长沙对外联系水平均不高,在对外联系的空间格局中被相对边缘化。

其次,中国城市主要联系的国际城市在空间分布上也呈现出三个特点(图 4):第一,联系范围上呈现多元化特征。中国城市对外联系的国际城市覆盖了除非洲和南美洲之外的所有区域,多元化的特征较为明显。此外,值得注意的是从中国版图向西延伸开来一直到欧洲大致形成了一条联系比较紧密的城市带,这为我国“一带一路”战略的开展奠定了坚实的基础;第二,联系强度上,亚太地区是联系最为紧密的区域。2012 年中国城市对外联系的国际航空客流主要流向了周边的东亚、东南亚和澳洲。与首尔、东京、大阪、新加坡和悉尼等城市联系强度最高。相对而言,与欧洲和北美的联系在强度上还无法与亚太地区相比,说明中国城市对外航空联系主要仍以区域内的短距离联系为主;第三,联系类型上,政治、经济和旅游多种联系模式并存。从 2012 年的数据来看,中国城市联系的国际城市类型主要有三种类型:政治中心城市、经济中心城市和旅游城市。首先,与世界各个国家首都例如华盛顿的联系体现了政治联系的模式。其次,与全球经济中占据主导地位的全球城市例如纽约的联系体现了经济联系的模式。最后,与热门国际旅游城市例如济州岛的联系体现了旅游联系的模式。

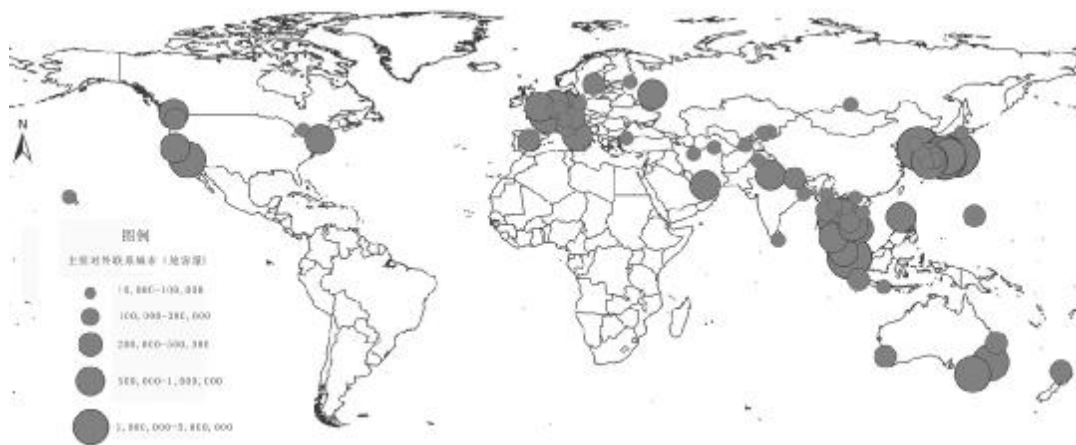


图 4 2012 年主要联系的国际城市空间分布

数据来源:中国交通统计年鉴。

### 3 中国城市对外联系网络的结构特征与演化情况

#### 3.1 对外联系网络的中心结构特征

根据中心度的计算方法,本研究分别对 2002 和 2012 两个年份中国城市对外联系网络的三项中心度进行计算,其中接近中心度和度数中心度的计算结果偏差不大。而接近中心度反映网络中点与网络中心的接近程度,可见度数中心度高的点接近中心度相对也高。因此,本研究重点对 2002 年和 2012 年中国城市对外联系网络的度数中心度和中间中心度进行对比,参考张凡和宁越敏的对比方法<sup>[25]</sup>,选取了排名前十位的城市进行分析(表 2),对中国城

市对外联系网络的整体结构特征进行总结。其中,从度数中心度的结果来看:中国城市对外联系网络的中心性结构呈现出以下三个特点(表 2):

第一,上海取代北京成为中国对外联系的第一枢纽,这两个城市与广州共同形成了对外联系网络的三中心结构。2002 年北京在度数中心度上排名第一,达到 0.76。上海紧接其后度数中心度达到 0.71。2012 年上海超越北京,成为中国对外联系的第一枢纽城市,中心度达到 0.60。此外,广州在网络中的地位虽不及北京和上海,但也拥有很高的度数中心度。在 2002 年和 2012 年,广州的度数中心度均远超其他城市。

第二,西部城市上升势头迅猛,部分城市赶超东部沿海城市成为第二梯队领头羊。从 2002 年的数据来看,北上广以外中心度较高的城市主要集中在东部沿海地区,例如大连、沈阳、青岛和厦门。此后,随着更多的城市纳入到对外联系网络中,西部城市上升的势头逐渐显现。2012 年,昆明和成都超越了沿海的大连和青岛,排名上升到第四和第五名,成为仅次于北上广三核心的第二梯队领头羊。

第三,中心城市中心度逐步下降,体现了对外联系多元化发展的趋势。由四个年份的数据对比可知,排名前列的城市度数中心度的绝对值下降较为明显,例如首位城市的度数中心度从 2002 年的 0.76 下降到 2012 年的 0.60。这说明了更多的城市纳入到对外联系的网络中同时也大大拓展了对外联系的国际城市的数量,使得中心城市在网络中所占份额逐步减小。2002 年首位城市北京覆盖了整个国际城市中 88%的份额,而到 2012 年首位城市上海所占份额已减少到 60%。中国城市数量的垂直拓展也带来联系国际城市数量的水平延伸。

表 2 2002 年和 2012 年中国城市对外联系网络的中心度对比

排名	2002		2012		2002		2012	
	城市	度数中心度	城市	度数中心度	城市	中间中心度	城市	中间中心度
1	北京	0.76	上海	0.60	北京	0.46	上海	0.43
2	上海	0.71	北京	0.49	上海	0.37	北京	0.31
3	广州	0.29	广州	0.38	广州	0.06	广州	0.20
4	沈阳	0.18	昆明	0.18	沈阳	0.02	昆明	0.10
5	大连	0.13	成都	0.10	厦门	0.01	乌鲁木齐	0.10
6	青岛	0.13	沈阳	0.10	大连	0.01	成都	0.01
7	昆明	0.13	大连	0.08	青岛	0.01	沈阳	0.01
8	厦门	0.11	乌鲁木齐	0.08	昆明	0.01	杭州	0.01
9	成都	0.11	青岛	0.07	成都	0.00	大连	0.01
10	福州	0.11	长春	0.06	重庆	0.00	厦门	0.01

数据来源:根据《中国交通统计年鉴》相关数据计算。

此外,中间中心度的计算揭示了中国城市对外联系网络中城市的中介性的强弱,其计算结果(表 2)与度数中心度和接近中心度相比,有较大相似性,同时也存在一定的差异性,基于差异性额外发现了网络的两个特点:

第一,中心城市中介性极强,承担对外联系的桥梁作用,边缘城市无中介性。经过度数中心度计算所识别出来的北上广三中心城市在中间中心度上有绝对的统治地位,尤其是北京和上海。例如 2002 年,北京和上海的中间中心度分别达到 0.46 和 0.37,远远超出其余城市。此后广州逐渐崛起,乌鲁木齐和昆明也逐渐加快了发展的步伐。到了 2012 年,北京、上海、广州、昆明和乌鲁木齐这五个城市的中间中心度相较于其余城市均高出 10 倍以上。因此

大部分中国城市要实现与国际城市联系必须通过主要的核心城市,例如北京和上海。这些核心城市凭借其对外联系的广度成为中国城市对外联系的桥梁。

第二,中心城市以外的城市中介能力与地理区位联系紧密。除北上广三个中心城市以外,中间中心度相对较高的是昆明和乌鲁木齐。而昆明与乌鲁木齐分别地处我国的西南和西北边陲,分别离东南亚和东亚的国家较近,因此形成与周边国家城市较为紧密的联系,成为中国城市对外联系的区域中心。此外,沈阳和大连地处东北与日韩距离较近,联系也紧密,因此也表现出微弱的中介性。总体上看,中国是一个国土面积辽阔的国家,地理位置处于边陲的城市相对与国外城市更为接近,因此具备良好的建立国际联系的基础,越来越发挥出对外联系的桥头堡的作用。

### 3.2 对外联系网络的可视化

网络中心性的分析可以解释中国城市对外联系网络中每个城市的中心度,进而可以判断出处于中心位置的国内城市和国际城市。除此之外,为了更直观地展示网络中各个城市所处位置以及相互之间的关系,还可以通过网络可视化的技术手段将具备 2-模属性的中国城市对外联系网络展示出来。具体而言,UCINET 软件中提供了丰富的扩展可用于网络分析,而 Netdraw 是最常见的一种网络可视化的工具<sup>[26]</sup>。本文将利用 Netdraw 工具对 2-模网络进行可视化得到图 5。图中,用各个城市的度数中心度数值来表示点的大小,用城市间航空联系强度表示线的粗细。为能精确地体现网络中城市的聚类性,本文还将借助 Netdraw 中多维量表 MDS (Multi Dimensional Scaling) 工具识别相互关联度较高的城市<sup>[20]</sup>。

2002 年的数据显示出中国城市对外联系网络中的北京-上海双中心结构(图 5)。具体来看,2002 年上海和北京在网络中的中心性最高,两者对外联系的覆盖范围也相近,因此网络整体上呈现均衡的双中心结构。北京维持了政治中心的功能,强调与国外首都的联系,而上海进一步强化了与日韩城市间的联系。此外,广州与东南亚地区的联系进一步得到巩固,联系范围基本覆盖了东南亚主要国家,在网络中扮演对外联系南大门的角色。国际城市方面,首尔中心度比其他国际城市大不少,体现了其中心性上的优势。同时,首尔吸引了 90%以

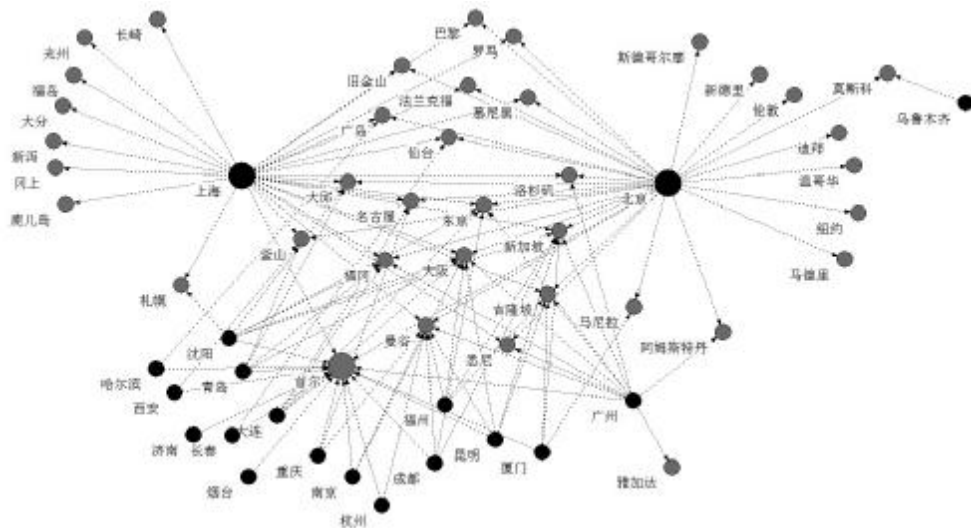


图 5 2002 年中国城市对外联系网络的结构示意  
数据来源:根据《中国交通统计年鉴》相关数据绘制。



上的国内城市,是名副其实的中国城市对外联系的首要对象。

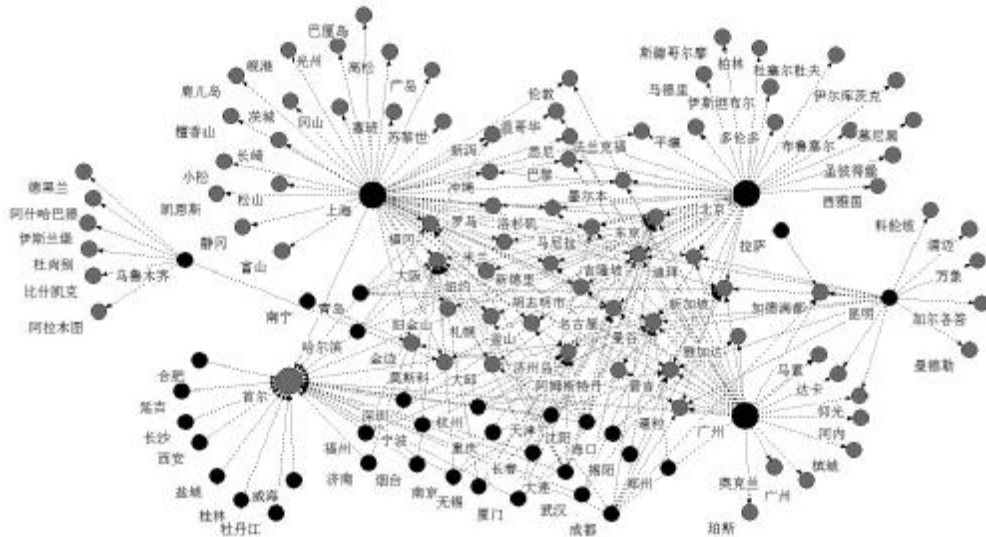


图 6 2012 年中国城市对外联系网络结构示意图

数据来源:根据《中国交通统计年鉴》相关数据绘制。

从 2012 年的数据来看(图 6),网络中“3+2”中心城市的格局开始显现,其中北京、上海和广州为三个全国性的中心城市,乌鲁木齐和昆明为两个区域中心城市。具体来看,上海在网络中心度上拉开了与北京的差距,成为中国对外联系的第一枢纽。北京的增长幅度相对较小,尤其是与国外首都的联系发展基本停滞,政治联系在中国城市对外联系网络中的地位越来越低。广州的中心地位相对于 2002 年得到了进一步的提升。除了东南亚以外,广州的联系范围还往南延伸到澳大利亚、新西兰,往西延伸到主要欧洲城市,往东也开辟了到洛杉矶的联系,成为继北京和上海之后第三个全国中心城市。乌鲁木齐和昆明区域中心的作用也有了长足的发展。乌鲁木齐与中亚主要国家的首都都建立了联系,还将联系的范围拓展到伊朗和俄罗斯。昆明则定位为与东南亚、南亚二线城市联系,像科伦坡、清迈、加尔各答等越来越多的城市被纳入到昆明的联系范围。此外,相对于 2002 年而言,越来越多的国内城市也在逐步拓展其国际联系,主要沿海城市例如大连、青岛、南京、杭州、厦门、深圳也先后发展了三对以上的国际联系。成都成为内陆城市里唯一对外联系发展良好的城市,基本与沿海城市处于同一层次。从国际城市方面看,首尔依然是单核心,但随着其他城市的崛起,首尔单核心的突出性也在下降中。例如,大阪正在快速崛起中,与首尔的差距也越来越小。大阪联系的国内城市数量越来越多,分布也越来越广。

#### 4 总结

中国城市对外联系从 90 年代开始起步,经过十几年的发展,对外联系的广度和强度都得到了大大的强化。具体体现在三个方面:第一,对外联系的广度和强度得到了长足的发展。开通国际航线的国内城市数量从 1997 年的 11 个增长至 2012 年的 36 个。联系的国际城市数量从 1997 年的 32 个增长至 2012 年 84 个。国际航空旅客数量从 1997 年的 458 万增长至 2012 年的 2340 万;第二,对外联系的空间格局呈现出集中在沿海地区的特点,除个别西部中心城市外,其余中西部地区处于相对边缘化的地位。同时,对外联系的对象在空间上呈现

多元化的分布特点。从联系强度来看,亚太地区是联系最为紧密的区域。从联系类型上来看,政治、经济和旅游多种联系模式并存。

此外,通过借鉴社会网络分析中的2-模网络的概念和分析方法,本文建构出中国城市对外联系的网络。该网络可以具体分解为国内和国际两个部分的网络,因此网络的特点也体现出二元性。其中,国内城市部分主要有四个特点:第一,上海取代北京成为中国对外联系的第一枢纽,并与广州一同形成了对外联系网络的三中心结构;第二,西部城市上升势头迅猛,部分城市赶超东部沿海城市成为第二梯队领头羊,体现了网络多元化发展的趋势;第三,中心城市中介性极强承担对外联系的桥梁作用,边缘城市无中介性;第四,城市中介能力与地理区位联系紧密。国际城市部分体现出三个特点:第一,中国城市对外联系的主要对象逐渐从东南亚向东亚转移,并呈现出以首尔为核心的网络结构;第二,中国城市对外联系扩张以强化区域内部联系为主,洲际联系发展滞后;中国城市对外联系类型越发多样化,体现政治、经济、旅游多元驱动的结果。

## 参考文献:

- [1] Smith D., Timberlake, M. Conceptualising and mapping the structure of the world system's city system[J]. *Urban Studies*, 1995, 32(2): 287-302.
- [2] Lai K. Differentiated markets: Shanghai, Beijing and Hong Kong in China's financial centre network [J]. *Urban Studies*, 2012, 49(6): 1275-1296.
- [3] Taylor P., et al. City-dyad analyses of China's integration into the world city network [J]. *Urban Studies*, 2013, 51(5): 868-882.
- [4] Robinson J. Global and world cities: A view from off the map [J]. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2002, 26(3): 531-554.
- [5] Keeling D J. Transport and the world city paradigm [M]. *World Cities in a World-system*. 1995. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Catton N. Attractivity and internationalization of major European cities—the example of Air-Traffic[J]. *Urban Studies*, 1995, 32(2): 303-312.
- [7] Shin K.H., Timberlake M.F. Worldcities in Asia: Cliques, centrality and connectedness[J]. *Urban Studies*, 2002, 37(12): 2257-2285.
- [8] Matsumoto H. International air network structures and air traffic density of world cities [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2007, 43(3): 269-282.
- [9] 王成金, 金凤君. 从航空国际网络看我国对外联系的空间演变[J]. *经济地理*, 2005, 25(5): 667-672.
- [10] 周一星, 胡智勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构[J]. *地理研究*, 2002, 21(3): 276-286.
- [11] 王姣娥, 王涵, 焦敬娟. “一带一路”与中国对外航空运输联系[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(5): 554-562.
- [12] 党亚茹, 周莹莹, 王莉亚, 等. 基于复杂网络的国际航空客运网络结构分析[J]. *中国民航大学学报*, 2009, 27(6): 41-44.
- [13] 吴晋峰, 任瑞萍, 韩立宁, 等. 中国航空国际网络结构特征及其对入境旅游的影响[J]. *经济地理*, 2012, 32(5): 147-152.
- [14] Smith D., Timberlake, M. Worldcity networks and hierarchies, 1977-1997[J]. *American Behavioral Scientist*, 2001, 44(10): 1656-1678.
- [15] Choi J H, Barnett G A, Chon, B. Comparing world city networks: a network analysis of Internet backbone and air transport intercity linkages[J]. *Global Networks*, 2006, 6(1): 81-99.
- [16] Derudder B., Witlox F. An appraisal of the use of airline data in assessing the world city network: A research note on data[J]. *Urban Studies*, 2005, 42(13): 2371-2388.

- [17] Derudder B., Witlox F. Flying where you don't want to go: an empirical analysis of hubs in the global airline network[J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografe*, 2007, 98(3):307-324.
- [18] Jin F., Wang F, Liu Y. Geography patterns of air passenger transport in China 1980-1998: imprints of economic growth, regional inequality, and network development[J]. *The Professional Geographer*, 2008, 56(4):471-487.
- [19] Derudder B., Witlox F. Mapping world city networks through airline flows: context, relevance, and problems[J]. *Journal of Transport Geography*, 2008, 16(5):305-312.
- [20] 刘军. 整体网分析讲义[M]. 上海:格致出版社, 2011.
- [21] Breiger R.L. The duality of persons and groups[J]. *Social Forces*, 1974(53):181-190.
- [22] 吴素春. 中国创新型城市国际合作网络研究[J]. *世界地理研究*, 2013(3):74-82.
- [23] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 上海:社会科学文献出版社, 2004.
- [24] Faust k. Centrality in affiliation networks[J]. *Social Networks*, 1997, 19(2):157-191.
- [25] 张凡, 宁越敏. 基于全球航班流数据的世界城市网络连接性分析[J]. *南京社会科学*, 2015(11):54-62.
- [26] Hanneman A. Mark R. Introduction to social network methods[M]. Riverside, CA: University of California, Riverside, 2005.

## The changing structure of Chinese transnational urban network:

An analysis through air passenger flow

ZHANG Fan<sup>1</sup>, YANG Chuan-kai<sup>1</sup>, NING Yue-min<sup>1</sup>, WEI Ye-hua<sup>1,2</sup>

(1.Center for Modern Chinese City Studies, Shanghai 200062, China;

2.Department of Geography, University of Utah, Salt Lake City 84112, USA)

**Abstract:** The spatial evolution of the interaction between Chinese cities and foreign cities is accompanied by rapid urbanization and globalization since the start of the opening and reform era in 1978. A more complicated Chinese urban network still remains under-examined in empirical studies. Air connection offers a notable aspect to reveal the changing connections between Chinese cities and foreign cities since air transportation is a basic carrier for urban interaction. This article focuses on the changing structure of Chinese transnational urban network and proposed a new analytic framework based on the concept of 2-mode social network. There are some significant findings. First, Beijing, Shanghai and Guangzhou are the three central cities of Chinese transnational urban network. Besides the central cities, western cities have achieved fast growth rate during the past decade. Second, Chinese cities are closely connected to the cities from surrounding areas such as Seoul and have relatively weak transcontinental connections.

**Key words:** air passenger flow; transnational urban network; 2-mode social network; network centrality