

# 基于汽车产业供应链体系的中国城市网络特征研究

陈肖飞<sup>1</sup>, 杨洁辉<sup>2</sup>, 王恩儒<sup>3</sup>, 苗长虹<sup>1</sup>

(1. 河南大学黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明省部共建协同创新中心, 开封 475001;  
2. 河南大学现代物流研究院, 开封 475001; 3. 北达科他大学地理与地理信息科学系, ND58202, 美国)

**摘要:** 结构特征与权力等级是城市网络的重要要素。基于“产业-区位”视角, 通过对2012年中国汽车产业供应链体系分析, 凝练中国城市网络特征。研究发现: ① 基于汽车产业供应链体系的中国城市网络表现出明显的“低密度-多核心、高聚类-少趋同”的结构特征。② 城市网络的结构特征与权力等级存在显著“悖论”, 即城市节点的网络地位不仅取决于链接城市的数量, 还需考虑关联网络的空间属性和资本容量。③ 城市网络权力等级中既包括上海、重庆等领导核心城市, 也包括广州、芜湖等中心集约城市和苏州、成都等权力门户城市, 说明转变中心性与转变控制力不仅能有效揭示中国城市网络节点的真实权力属性, 也更符合经济现象的地理空间非均衡规律。④ 重庆、上海、天津、长春、北京、十堰等领导核心城市并未完全锁定中国六大汽车产业集聚区, 其中长三角地区网络权力最突出, 珠三角地区网络权力最弱。

**关键词:** 汽车产业; 供应链体系; 转变中心性; 转变控制力; 中国城市网络

DOI: 10.11821/dlyj020190060

## 1 引言

经济地理学强调城市“区位”是自然与社会综合体, 本质上要求城市与其他参照系统共存, 因此在科学辨识城市区位状态时, 要充分考虑与其他参照系统直接或间接的链接关系及其所组成的网络拓扑结构<sup>[1,2]</sup>。然而城市间关系更多取决于城市“代理人”(city agent), 城市“代理人”之间的交易、供应、知识、信息等“流”要素所衍生的拓扑网络关系成为Friedman“世界城市”假说和Castells“流空间”理论的重要论点之一<sup>[3-7]</sup>。现实中, 基于“代理人”的城市网络特征主要包括了结构特征与权力等级, 然而由于城市节点的根植性及链接特征使得“结构特征与权力等级存在错配性”<sup>[8-12]</sup>, 因此对网络结构特征和权力等级的关系研究不仅契合现实境况, 也亟需深化。

以高级生产者服务(APS)和跨国公司(TNCs)作为“代理人”是近年来国内外研究城市网络的主要媒介之一<sup>[13,14]</sup>, 但其过于强调企业空间组织的垂直关系, 不足以全面揭示城市网络的结构特征和权力等级。因此, 相继出现了基于物流网络<sup>[15,16]</sup>、信息网络<sup>[17]</sup>、航空网络<sup>[18]</sup>、高铁网络<sup>[19]</sup>、知识网络<sup>[20]</sup>、贸易网络<sup>[21]</sup>、货运网络<sup>[22]</sup>、非政府组织<sup>[23]</sup>等视角研究城市网络的结构特征、演化趋势以及驱动机制。虽然相关成果表明城市网络特征可

收稿日期: 2019-01-18; 修订日期: 2019-05-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41901149, 41430637); 教育部人文社会科学研究项目(19YJC630202); 中国博士后科学基金面上项目(2017M622332)

作者简介: 陈肖飞(1986-), 男, 河南三门峡人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为产业集群与区域发展。

E-mail: chenfei\_niglas@163.com

通讯作者: 苗长虹(1965-), 男, 河南鄢陵人, 教授, 博士生导师, 研究方向为经济地理与空间规划。

E-mail: chhmiao@henu.edu.cn

以通过度中心值、平均最短路径、度关联指数、聚类系数等指标进行表征,但仍无法真实反映节点的网络地位与权力等级,即网络拓扑结构赋予城市节点属性能力的高低差异易于被忽视。带着对上述问题的思考,研究进一步对网络结构与权力等级的关系进行考虑。2011年,Neal基于递归思想提出递归中心性(recursive centrality, RC)和递归控制力(recursive power, RP)方法,后将其更名为转变中心性(alter-based centrality, AC)与转变控制力(alter-based power, AP)<sup>[24,25]</sup>。作为对城市网络中心性再认识与权力测度再深化的新方法,其更加考虑网络链接特征。近年来该方法引起了国外学者的广泛关注<sup>[26,27]</sup>,同时中国学者也进行了相关实证研究,并进一步从网络拓扑结构角度讨论了其对于中国城市网络研究的实用性<sup>[28-30]</sup>。2018年,Derudder等在对上述研究方法进行系统总结的基础上,提出虽然城市网络分析在时间序列和功能效用层面都进行了深入研究,但仍可以被理解为城市间关系的“特殊实践”,因此提出了“连锁网络模型”,倡导利用多重分析方法研究网络平行性和差异性以评估经济现象的地理空间非均衡规律<sup>[31]</sup>,这与递推理论存在内在关联性,共同成为本研究的方法基础。

选取汽车产业供应链体系分析中国城市网络特征,主要基于以下原因:首先,随着中国积极与全球市场接轨,中国汽车制造业已逐渐从空间疏散状态发展到以长三角地区、珠三角地区、京津冀地区、长江中游地区、成渝地区和东北地区为核心的集聚区<sup>[32,33]</sup>,相关学者虽然对中国汽车制造业时空格局集聚及演变规律做了丰富研究,但对于“产业-区位”互动影响和测度分析并不深入<sup>[34,35]</sup>。其次,20世纪90年代以来,在后福特主义(Post-Fordism)影响下,越来越多的整车企业和零部件厂商趋于独立,开放式采购已成为中国汽车供应链体系的典型特征。原材料供应商、零部件供应商、整车配套厂商、汽配流通商等不同等级的企业往往布局于不同城市并以供应链的方式映射出城市网络,这种网络不仅存在垂直结构特征,也适于讨论水平结构特征。需要说明的是,汽车产业供应链体系仅是城市“代理人”之间的一种特殊情境,并不能将其研究结论进行无限复制和推广并代替和否定其他要素流的相关结论。实际上,基于城市“代理人”之间各类要素流的城市网络更多是互补,而非对立。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

利用《中国汽车工业企业信息大全》<sup>[36]</sup>和“中国汽车供应商网”(http://www.chinaautosupplier.com/index.html)筛选出2012年汽车产业供应网络关系。不同零部件企业与不同整车企业存在复杂的供应关系,如作为零部件及配件重要供应商的伟世通汽车饰件系统有限公司业务领域主要包括汽车内部饰件、外部饰件、电子电器和雷达安全等,主要为上汽大众有限公司、上海通用汽车有限公司、东风神龙汽车有限公司、东风日产汽车有限公司、长安福特汽车有限公司、北京现代汽车有限公司、奇瑞汽车有限公司等整车企业配套(表1)。同时由于汽车产品供应链存在较为严格的等级体系,如一级供应商可直接为整车企业供货,而二级供应商更多为一级供应商提供产品,以此类推(表2)。上述原因共同决定了汽车企业之间势必存在复杂的供应关系,而基于汽车产业供应链体系的中国城市网络也将存在复杂的结构特征和权力等级。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 网络结构特征**<sup>[37]</sup> 利用Ucinet软件,采用社会网络分析法,从等级性、耦合性、

表1 2012年中国部分汽车工业企事业单位信息<sup>[36]</sup>Tab. 1 Information of automobile industry enterprises in 2012<sup>[36]</sup>

产品系统分类	企业名称	企业驻地	配套对象
发动机零部件	广西玉柴机器股份有限公司	玉林	东风商用、东风柳汽、江淮股份、郑州宇通等
车身零部件	延锋伟世通汽车饰件有限公司	上海	上海大众、东风日产、长安福特、北京现代等
底盘零部件	富奥汽车零部件股份有限公司	长春	一汽大众、上海通用、东风神龙、奇瑞汽车等
通用件产品	江苏盛昌隆联合科技有限公司	徐州	厦门金龙、北京北汽、重庆长安、南京南汽等
电子电器产品	风帆股份有限公司	保定	上海大众、上海通用、一汽大众、北京现代等
汽车用品	安徽通宇电子股份有限公司	合肥	江淮汽车、一汽集团、东风汽车、华晨汽车等

表2 中国典型汽车核心企业不同等级供应商信息

Tab. 2 Information of different levels of supplier enterprises in China

核心企业	一级供应商	二级供应商	三级供应商
广州本田汽车有限公司	肇庆本田金属有限公司	无锡福兰德科技有限公司	信阳银光机械有限公司
	本田汽车零部件制造有限公司	湖北法雷奥车灯有限公司	扬州瑞鹤零部件有限公司
		广州三叶电机有限公司	温州新光机车部件有限公司 常州新科汽车电子有限公司
东风日产汽车有限公司	联合汽车电子有限公司	安徽正鼎控股股份有限公司	仪征双环活塞环有限公司
	东风日产乘用车发动机工厂	株洲齿轮有限责任公司	宁波南方减震器制造有限公司
		一汽光洋转向装置有限公司	河南斯凯特汽车路管有限公司 威海万丰奥威汽轮有限公司
奇瑞汽车有限公司	东风发动机减震器有限公司	深圳市宝凌电子有限公司	深圳市宝凌电子股份有限公司
	信义玻璃控股有限公司	河北凌云工业集团有限公司	南宁八菱科技股份有限公司
		芜湖莫森森泰克汽车有限公司	哈尔滨齐塑汽车饰件有限公司 江苏中联地毯有限公司

数据来源：根据“中国汽车企业供应商网”(<http://www.chinaautosupplier.com/index.html>)整理。

通达性、集聚性等4个层面讨论网络结构特征，涉及指标主要包括节点度、度关联值、平均最短路径、聚类系数等。

**2.2.2 网络权力等级** (1) 转变中心性<sup>[25]</sup>不仅取决于节点自身的联系，还取决于它所链接的其他节点的中心地位。测度公式为：

$$RC_o = \sum_{a=1} r_{oa} \times C_a$$

式中： $RC_o$ 为地区 $o$ 的转变中心性； $C_a$ 为地区 $a$ 的直接链接地区数（度中心性）； $r_{oa}$ 为地区 $o$ 与地区 $a$ 的链接量。

(2) 转变控制力<sup>[25]</sup>充分考虑了间接链接地区的数量对网络权力的影响。测度公式为：

$$RP_o = \sum_{a=1} \frac{r_{oa}}{C_a}$$

式中： $RP_o$ 为地区 $o$ 的控制力； $r_{oa}$ 为地区 $o$ 与地区 $a$ 的链接量； $C_a$ 为地区 $a$ 的直接链接地区数，用 $C_a$ 的倒数加权得到地区 $o$ 对地区 $a$ 的网络控制力。

### 3 城市网络结构特征

#### 3.1 城市网络总体特征

根据中国产业分类标准《国民经济行业分类》(GB/T4754-2002)，汽车制造业的三位数代码是372，主要包括汽车整车制造(3721)、改装汽车制造(3722)、电车制造

(3723)、汽车车身及挂车制造(3724)、汽车零部件及配件制造(3725)及汽车修理(3726)等6个四位数行业。通过对“中国工业企业数据库”中汽车制造业数据的整理,2012年,汽车制造企业数量为9501个(其中汽车整车制造347个,汽车零部件及配件制造9154个),重庆、上海、宁波、十堰、台州、苏州、天津、芜湖、长春等企业数量位居前列。基于空间自相关分析,发现西南地区、北部沿海及东部沿海的部分城市如成都-重庆、北京-天津、上海-苏州-宁波等的整车企业和零部件企业空间耦合度较好,系数范围主要集中于0.6~0.8之间,而长江中游、南部沿海及东北地区的部分城市耦合度较差,系数范围主要集中在0.3~0.5之间<sup>①</sup>。汽车产业空间集聚格局仅依靠企业数量的斑块结构并不能得到有效体现,因此将进一步采用规模以上汽车企业的从业人员数量进行分析。2012年,汽车企业从业人员数量较多的城市主要集中分布于北部沿海的北京、天津、济南,西南地区的重庆、成都,长江中游的十堰、武汉,东部沿海的南京、上海以及东北地区的长春和哈尔滨,基于从业人员数量计算产业集中度和EG指数<sup>[38]</sup>,发现汽车企业的产业集中度和地理集中度都相对较低,分别是0.4075和0.0217,空间分布疏散化态势显著。但值得注意的是,整车制造的从业人员数量空间分布相对均衡,而零部件制造的从业人员数量空间疏散态势显著,主要是由于西北地区的新疆和青海、西南地区的云南等省份的多个城市退出了汽车零部件制造行业,使得从业人员空间不均衡现象愈加明显。通过空间自相关分析,发现西南地区、北部沿海、东部沿海及东北地区的部分城市如北京-天津、成都-重庆、长春-哈尔滨、上海-宁波等空间耦合度较好,系数范围主要集中于0.7左右,而长江中游、南部沿海的部分城市耦合度较差,系数范围主要集中于0.4左右(图1)。

虽然通过汽车产业的相关属性数据对中国主要城市格局状况进行了分析,但仍无法反映其内部结构特征。因此,在对《中国汽车工业企业信息大全》<sup>[36]</sup>和“中国汽车供应商网”中2012年相关数据整理的基础上,将整车企业与零部件及配件企业归并到以市域单元为基点的城市序列,选取企业供应关系排名前25%的城市节点,建构中国典型城市网络拓扑结构,网络整体表现出“低密度-多核心、高聚类-少趋同”的典型特征(图2)。基于汽车产业供应链体系的中国城市网络共有链接较多,但绝大多数强度都较低,其中强度1~15的链条共有4 200余条,占94.36%,强度高于15的链条仅占5.64%。按照城市间供应链链接强度为基准,网络可划分为四等级:首先,上海-重庆、上海-北京、重庆-十堰等强度均在50以上,形成了一级链接,建立了东部沿海(长三角地区)、北部沿海(京津地区)、长江中游地区(十堰-武汉-合肥-南昌)和西南地区(重庆-成都)之间的网络构架。其次,广州-重庆、重庆-武汉、成都-重庆、上海-苏州、上海-宁波等强度均在20以上,形成了二级链接,此链接更多的是区域内部网络关系的完善,其中尤以长三角地区表现更为明显。再次,南京-上海、芜湖-合肥、上海-无锡、天津-长春、长春-大连等强度均在10以上,形成了三级链接,进一步优化和完善了区域内外城市间的供应网络。最后,其余城市间的强度均低于10,构成四级链接。四层链接有效整合了中国原有的六大汽车产业集聚区,但需要注意的是,珠三角地区在网络中的整体链接强度并不高,主要与日系整车和零部件供应商在该区域已基本形成了较为完善的生

① 参考国家信息中心对中国区域的划分,将中国除港澳台地区外的31个省(直辖市、自治区)划分为东北(黑龙江、吉林、辽宁),北部沿海(山东、河北、北京、天津),东部沿海(上海、江苏、浙江),南部沿海(广东、福建、海南),长江中游(湖南、湖北、江西、安徽)、黄河中游(陕西、河南、山西、内蒙古),西南(广西、云南、贵州、四川、重庆)和西北(甘肃、青海、宁夏、西藏、新疆)八大区域。下同。

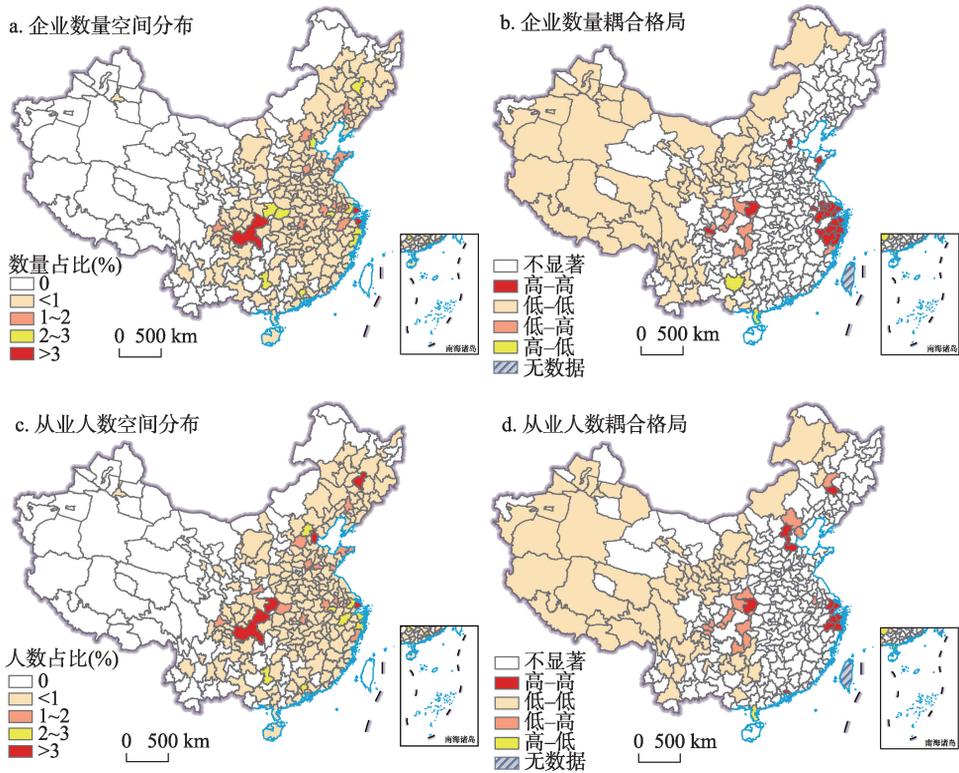


图1 2012年汽车企业数量及从业人员空间分布及耦合格局

Fig. 1 Spatial distribution and coupling patterns based on the number and employees of enterprises in 2012

注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1823号的标准地图制作，底图无修改。

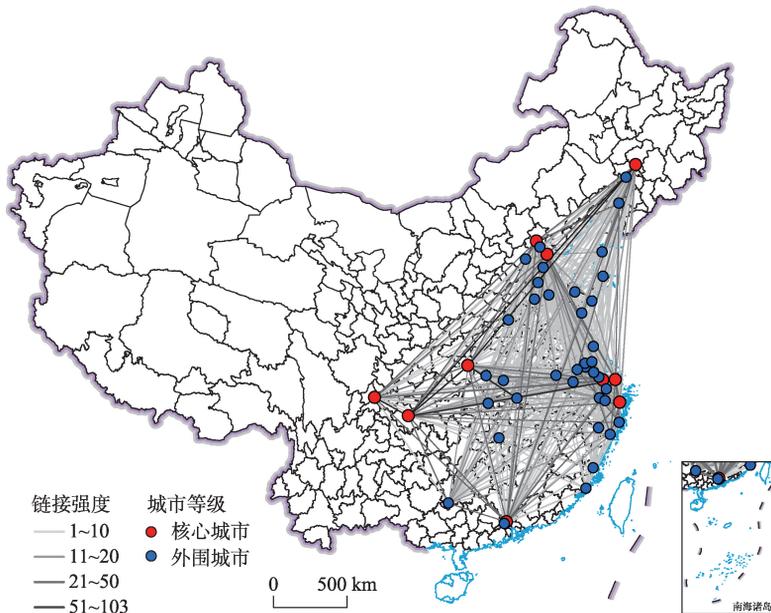


图2 基于汽车产业供应链体系的中国城市网络拓扑结构

Fig. 2 Urban network structure based on supply chain system of automobile industry in China

注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1823号的标准地图制作，底图无修改。

产体系有关。

### 3.2 城市网络特征分解

**3.2.1 等级性** 网络中节点度最大值为755, 最小值为13, 平均值为185.75, 对网络节点度分布进行曲线拟合, 斜率 $|a|$ 为0.618, 说明网络层级性较为显著(表3)。其中,  $C_{\text{上海}}$ 、 $C_{\text{重庆}}$ 、 $C_{\text{十堰}}$ 、 $C_{\text{天津}}$ 、 $C_{\text{北京}}$ 、 $C_{\text{广州}}$ 、 $C_{\text{长春}}$ 、 $C_{\text{宁波}}$ 、 $C_{\text{苏州}}$ 、 $C_{\text{成都}}$  分别是40、39、38、40、41、39、35、37、39、30;  $\sum r_{\text{上海},j}$ 、 $\sum r_{\text{重庆},j}$ 、 $\sum r_{\text{十堰},j}$ 、 $\sum r_{\text{天津},j}$ 、 $\sum r_{\text{北京},j}$ 、 $\sum r_{\text{广州},j}$ 、 $\sum r_{\text{长春},j}$ 、 $\sum r_{\text{宁波},j}$ 、 $\sum r_{\text{苏州},j}$ 、 $\sum r_{\text{成都},j}$  分别是755、720、541、459、447、436、399、371、341、326, 十大核心城市分别对应了当前中国的六大汽车产业集聚区, 同时长三角地区的南京、杭州、温州、台州和长江中游的芜湖、武汉、合肥、襄阳等城市逐渐崛起形成了第二核心等级, 汽车产业集聚区发展不均衡现象相对显著。对于单核心网络, 其核心城市地位愈突出, 非核心城市的路径依赖越强, 如果核心城市由于功能障碍或外部袭击而瘫痪, 网络脆弱性也将加剧, 其中珠三角地区表现最为明显。广州作为该区域绝对核心节点, 整体控制了其他城市如泉州、佛山、福州等的零部件供应, 近些年随着汽车产业的转型和升级, 珠三角地区面临形势愈加严峻, 竞争力逐渐下降。对于多核心网络, 核心节点群组在应对障碍和袭击时, 会有效保持结构平衡, 形成集聚组团, 保证节点联系通畅, 其中长三角地区表现最为显著, 上海、宁波、苏州作为区域核心城市, 协同应对网络风险, 共同获得权力收益。

**3.2.2 耦合性** 网络中节点链接并不均等, 若度值大的节点相互联系, 则该网络具有耦合性(度关联指数为正数), 反之, 网络具有拮抗性(度关联指数为负数)。通过度关联指数模拟, 结果为0.395, 符合同配耦合特征, 并具有扁平化趋势。同时研究进一步发现, 网络链接总数为4458条, 而网络密度仅为0.32, 意味着实际供应链链接量仅占理论链接量的32%, 说明城市网络链接疏松, 主要原因是汽车供需关系属于典型的“核心-外围”结构, 核心企业以整车组装为主, 外围企业多以零部件及配件制造为主, 同时伴随着模块化生产、弹性生产、柔性生产、大规模定制等生产模式的出现, 产品专门化程度得到较大提升, 但企业间缺乏必要联系。因此, 网络联系扁平化趋势在削弱高层级性带来的路径依赖和区域锁定等潜在危机时, 却也强化了核心群组节点与边缘节点间的链接效率。

表3 典型城市的网络节点度

Tab. 3 Node degree of typical cities in network

城市	节点度	城市	节点度	城市	节点度	城市	节点度
上海	755	芜湖	289	常州	102	福州	45
重庆	720	南京	283	青岛	85	沧州	38
十堰	541	武汉	268	泰州	76	丽水	38
天津	459	温州	241	廊坊	75	泉州	37
北京	447	柳州	238	长沙	68	日照	33
广州	436	襄阳	189	扬州	60	随州	32
长春	399	沈阳	188	绍兴	59	聊城	32
宁波	371	合肥	161	保定	59	佛山	31
苏州	341	无锡	149	荆州	54	盐城	29
成都	326	镇江	110	潍坊	54	四平	29
杭州	320	济南	104	烟台	53	德州	22
台州	303	大连	103	嘉兴	51	新乡	13

西南地区、北部沿海及东部沿海的部分城市如成都-重庆、北京-天津、上海-苏州-宁波等的企业数量和从人员空间耦合度都相对较好，而长江中游、南部沿海及东北地区的耦合度较差，不仅说明汽车产业空间结构的疏密情况，也在一定程度上反映出核心城市内部企业的链接状态。

**3.2.3 通达性** 网络平均最短路径长度最小值为0.21，最大值为6.35，平均值为3.63，说明网络通达性并不是很好，少部分企业节点的“流”要素传递需要中转3~4个节点才能达到网络核心，整体网络平均最短路径较长说明了网络的传输效率和通达性较弱，网络节点在面对功能障碍或外部袭击时，响应速度和结构改变会较为滞后（表4）。由于汽车产品供应链存在较为严格的等级供应体系，映射到城市空间网络上，部分外围节点需要经过多个城市才能与核心城市产生联系，但主要表现在不同区域之间。值得注意的是，导致网络通达性不畅的主要原因集中在部分外围城市如日照、廊坊、德州、随州、四平，虽然数量少，但平均最短路径较长，一定程度上削弱了整体网络的通达性。而重庆、上海、十堰、苏州等核心城市的平均最短路径仍然较小，表明上述核心城市能够以较低成本和较快速度实现汽车产品的供应和交易，同时也能促进资金、信息、技术、市场需求等“流”要素的传播蔓延。

**3.2.4 集聚性** 网络聚类系数最大值为6.244，最小值为2.016，平均值为3.526，表明网络中大部分节点城市与其他城市间均存在联系，几乎没有孤立点，网络聚集效应明显（表5）。基于核心城市进行局部聚类系数模拟，整体在4.254~5.107间浮动，说明核心城市之间网络链接较为密切，如上海-重庆、上海-北京、重庆-十堰等链接强度均在50以上，广州-重庆、重庆-武汉、成都-重庆、上海-苏州、上海-宁波、北京-天津等链接强度均在30以上，而非核心城市间缺乏链接互动，网络效应还未凸显。同时进一步对六大汽车集聚区内的城市网络聚类系数进行模拟，发现成渝地区和珠三角的聚类系数最高，东北地区 and 京津冀地区次之，长三角地区和长江中游地区最低，主要原因是由于成渝地区和珠三角地区内部的供应网络相对封闭，而长三角地区和长江中游地区的供应网络相对开放。从网络结构功能来看，整体聚集程度高有利于小集团成员间形成信任氛围，而非核心城市联系稀疏却有利于外界信息的渗入。需要说明的是，成员之间联系紧密，往往会造成“信任”惯性，并不利于网络效用外溢。

表4 典型城市网络节点的平均最短路径

Tab. 4 Average shortest path of typical cities in network

城市	最短路径	城市	最短路径	城市	最短路径	城市	最短路径
济南	6.35	四平	4.55	无锡	3.96	柳州	2.50
泰州	6.32	成都	4.48	佛山	3.96	广州	2.29
保定	6.25	福州	4.48	青岛	3.85	襄阳	2.08
日照	5.97	泉州	4.34	新乡	3.54	长春	1.88
廊坊	5.73	扬州	4.27	沈阳	3.44	芜湖	1.67
南京	5.63	荆州	4.27	镇江	3.33	天津	1.46
大连	5.63	盐城	4.27	杭州	3.33	苏州	1.25
长沙	5.52	常州	4.27	北京	3.13	台州	1.04
德州	5.24	丽水	4.17	武汉	2.92	十堰	0.83
随州	4.90	合肥	4.17	潍坊	2.81	宁波	0.63
嘉兴	4.90	沧州	4.06	烟台	2.81	上海	0.42
绍兴	4.58	聊城	3.96	温州	2.71	重庆	0.21

表5 典型城市网络节点的聚类系数

Tab. 5 Clustering coefficients of typical cities in network

城市	聚类系数	城市	聚类系数	城市	聚类系数	城市	聚类系数
重庆	3.258	温州	3.406	青岛	3.033	廊坊	3.875
上海	2.435	武汉	2.987	扬州	5.357	荆州	6.244
宁波	2.906	北京	2.597	南京	2.647	嘉兴	4.335
十堰	2.922	杭州	2.686	聊城	2.365	泰州	4.420
台州	3.395	沈阳	3.660	福州	5.644	随州	3.885
苏州	2.960	烟台	2.978	佛山	5.522	四平	2.478
天津	2.535	镇江	4.623	绍兴	3.412	保定	3.037
芜湖	3.511	无锡	2.990	盐城	4.679	德州	2.264
长春	2.777	合肥	4.208	丽水	4.418	长沙	4.251
襄阳	3.908	潍坊	2.588	大连	3.733	济南	3.357
广州	3.056	成都	4.349	沧州	3.636	新乡	2.016
柳州	4.292	常州	4.477	泉州	2.286	日照	2.827

## 4 城市网络权力等级

基于转变中心性和转变控制力的测度,网络整体存在“高中心性-高权力”的领导核心城市、“高中心性-低权力”的中心集约城市、“低中心性-高权力”的权力门户城市和“低中心性-低权力”的裙带边缘城市等四种类型(表6)。城市网络的结构特征与权力等级关系存在显著“悖论”,在网络结构特征中,上海、重庆、十堰、天津、北京、广州、长春、宁波、苏州、成都十个城市作为核心而存在,但基于转变中心性和转变控制力测度,发现广州和宁波属于中心集约城市,而苏州和成都属于权力门户城市,进一步说明转变中心性与转变控制力不仅能更加有效揭示中国城市网络节点的权力属性,也更符合经济现象的地理空间非均衡规律。基于汽车产业供应链体系的城市网络虽然存在从“高中心性-高权力”领导核心城市到“低中心性-低权力”裙带边缘城市分布的一维分布规律,但同时也存在部分关系非匹配的“高中心性-低权力”中心集约城市和“低中心性-高权力”权力门户城市,这也表明城市节点的网络地位不仅取决于链接城市的数量,还需考虑网络关联特征的空间属性和资本容量。

### 4.1 领导核心城市

重庆、上海、十堰、天津、北京、长春的转变中心性和控制力都较高,可归为领导

表6 基于“转变中心性-转变控制力”的城市类型划分

Tab. 6 Classification of cities based on the alter-based centrality and alter-based power

城市类型	中心-权力特征	城市名称
领导核心城市	高中心性-高权力	重庆、上海、天津、长春、北京、十堰
中心集约城市	高中心性-低权力	宁波、广州、芜湖、杭州、无锡、襄阳、柳州、台州、沈阳、镇江、大连、廊坊、长沙、青岛、烟台
权力门户城市	低中心性-高权力	苏州、武汉、成都、南京、温州、常州、合肥、福州、泰州、济南、日照、四平、泉州、绍兴、潍坊
裙带边缘城市	低中心性-低权力	新乡、德州、沧州、随州、嘉兴、荆州、保定、丽水、盐城、佛山、聊城、扬州





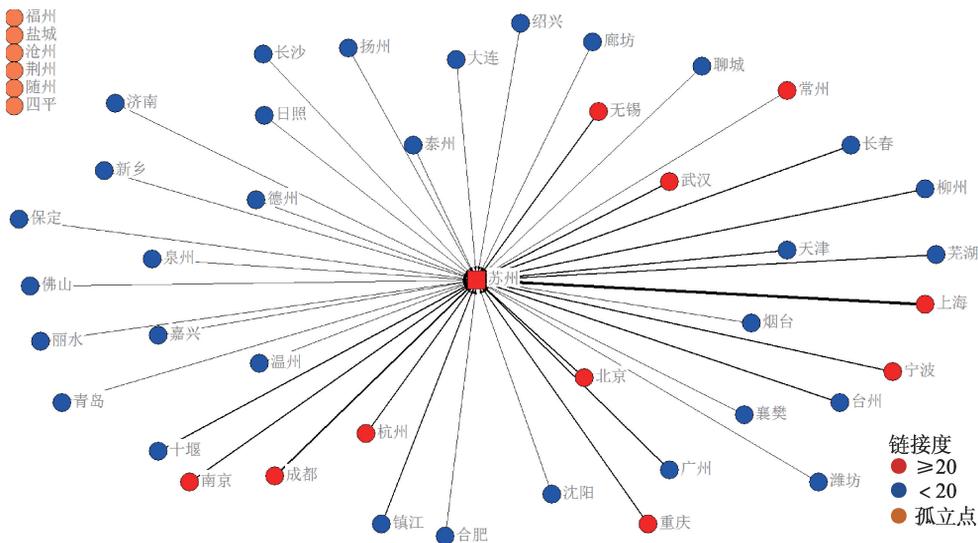


图5 苏州与其他城市直接链接度关联情况

Fig. 5 Links between Shanghai and other cities

## 5 结论

城市网络是一个复杂多重的系统,研究基于中国汽车产业供应链体系这一特殊情景构建了城市网络拓扑结构,利用社会网络方法评价了城市网络结构特征,同时引入转变中心性和转变控制力定量评估了城市节点的网络权力等级,发现:

(1) 基于汽车产业供应链体系的中国城市网络表现出典型的“低密度-多核心、高聚类-少趋同”特征,虽然共有链接较多,但绝大多数强度都较低。网络链接可以分为四个等级:上海-重庆、上海-北京、北京-天津、重庆-十堰等城市建立起了长三角地区、京津地区、长江中游地区和西南地区的汽车供应网络一级链接;广州-重庆、重庆-武汉、成都-重庆、上海-苏州等城市形成了二级链接;芜湖-合肥、上海-无锡、天津-长春、长春-大连等城市形成了三级链接;其余城市构成了四级链接。四层链接有效整合了中国六大汽车产业集聚区。

(2) 城市网络结构特征与权力等级存在显著“悖论”,即城市节点的网络地位不仅取决于链接城市的数量,还需考虑关联网的空间属性和资本容量。基于网络结构特征,上海、重庆、十堰、天津、北京、广州、长春、宁波、苏州、成都等十个城市属于核心城市,然而通过转变中心性和转变控制力测度,发现广州和宁波属于中心集约城市,苏州和成都则属于权力门户城市,进一步说明转变中心性与转变控制力不仅能有效揭示中国城市网络节点的权力属性,也更符合经济现象的地理空间非均衡规律。

(3) 重庆、上海、天津、长春、北京、十堰等领导核心城市并未完全锁定中国六大汽车产业集聚区,其中长三角地区的网络权力最突出,而以广州为核心的珠三角地区,虽然其转变中心性较强,但由于日系汽车在该区域内部形成了相对完善的供应网络,因而与外部城市供应链连接较为疏散,使之并未获得相称的网络权力。

致谢:感谢郭建峰、黄晓东同学在数据处理、图表绘制方面的贡献!

## 参考文献(References)

- [1] Beaudry C, Swann P. Firm growth in industrial cluster of the United Kingdom. *Small Business Economics*, 2009, 32(4): 409-424.
- [2] Liu W D, Dicken P. Transnational corporations and obligated embeddedness foreign direct investment in China's automobile industry. *Environment and Planning A*, 2006, 38(7): 1229-1247.
- [3] 王成, 王茂军, 柴箐. 城市网络地位与网络权力的关系: 以中国汽车零部件交易链接网络为例. *地理学报*, 2015, 70(12): 1953-1972. [Wang Cheng, Wang Maojun, Chai Jing. The relationship between centrality and power in the city network. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(12): 1953-1972.]
- [4] Taylor P J. Specification of the world city network. *Geographical Analysis*, 2010, 33(2): 181-194.
- [5] Taylor P J, Catalano G, Walker D R F. Exploratory analysis of the world city network. *Urban Studies*, 2002, 39(13): 2377-2394.
- [6] Friedmann B J. The world city hypothesis. *Development and Change*, 2010, 17(1): 69-83.
- [7] Castells M. *The Rise of Network Society*. Oxford: Blackwell, 1996.
- [8] Glückler J, Panitz R. Relational upgrading in global value networks. *Journal of Economic Geography*, 2016, 16(6): 1161-1185.
- [9] Borgatti S P, Li X. On social network analysis in a supply chain context. *Journal of Supply Chain Management*, 2009, 45(2): 5-22.
- [10] Kirschbaum C, Ribeiro P F. How social network role, geographical context and territorial mobility mediate the adoption of transgressive styles in the jazz field. *Journal of Economic Geography*, 2016, 16(6): 1187-1210.
- [11] Grewal D S. *Network Power: The social Dynamics of Globalization*. London: Yale University Press, 2008.
- [12] Allen J. Three spaces of power: Territory, networks, plus a topological twist in the tale of domination and authority. *Journal of Power*, 2009, 2(2): 197-212.
- [13] Jacobs W, Koster H, Hall P. The location and global network structure of maritime advanced producer services. *Urban Studies*, 2011, 48(13): 2749-2769.
- [14] 金钟范. 基于企业母子联系的中国跨国城市网络结构: 以中韩城市之间联系为例. *地理研究*, 2010, 29(9): 1670-1682. [Jin Zhongfan. On structural properties of transnational urban network based on multinational enterprises network in China: As the case of link with South Korea. *Geographical Research*, 2010, 29(9): 1670-1682.]
- [15] 董琦, 甄峰. 基于物流企业网络的中国城市网络空间结构特征研究. *人文地理*, 2013, 28(4): 71-76. [Dong Qi, Zhen Feng. The study on spatial structure characteristics of China's city network based on the logistics enterprise network. *Human Geography*, 2013, 28(4): 71-76.]
- [16] Wang S B, Zhan Z F, Huang Q W, et al. Study on logistics network of Yangtze River Delta city groups: Based on the method of social network analysis. *Journal of Ambient Intelligence & Humanized Computing*, 2018, 9(4): 1-7.
- [17] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例. *地理学报*, 2012, 67(8): 1031-1043. [Zhen Feng, Wang Bo, Chen Yingxue. China's city network characteristics based on social network space: An empirical analysis of Sina micro-blog. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(8): 1031-1043.]
- [18] 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. *地理研究*, 2002, 21(3): 276-286. [Zhou Yixing, Hu Zhiyong. Looking into the network structure of Chinese urban system from the perspective of air transportation. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 276-286.]
- [19] 黄洁, 钟业喜, 李建新, 等. 基于高铁网络的中国省会城市经济可达性. *地理研究*, 2016, 35(4): 757-769. [Huang Jie, Zhong Yexi, Li Jianxin, et al. Economic accessibility of provincial capital cities in China based on the presence of high-speed rails. *Geographical Research*, 2016, 35(4): 757-769.]
- [20] Matthiessen C W, Schwarz A W, Find S. World cities of scientific knowledge: Systems, networks and potential dynamics: An analysis based on bibliometric indicators. *Urban Studies*, 2010, 47(9): 1879-1897.
- [21] Xi G L, Zhen F, He J L, et al. City networks of online commodity services in China: Empirical analysis of Tmall clothing and electronic retailers. *Chinese Geographical Science*, 2018, 28(2): 1-16.
- [22] Liang S B, Cao Y H, Wu W, et al. International freight forwarding services network in the Yangtze River Delta, 2005-2015: Patterns and mechanisms. *Chinese Geographical Science*, 2019, 29(1): 112-126.
- [23] Taylor P J. The new geography of global civil society: NGOs in the world city network. *Globalizations*, 2004, 1(2): 265-277.
- [24] Zachary N. Differentiating centrality and power in the world city network. *Urban Studies*, 2011, 48(13): 2733-2748.
- [25] Zachary N. Does world city network research need eigenvectors?. *Urban Studies*, 2013, 50(12): 1-12.

- [26] Boyd J P, Mahutga M C, Smith D A. Measuring centrality and power recursively in the world city network: A reply to Neal. *Urban Studies*, 2013, 50(8): 1641-1647.
- [27] Muñoz S, Scuzzarella R, Cihák M. The bright and the dark side of cross-border banking linkages. *IMF Working Papers*, 2011, 11(186): 200-225.
- [28] 尹宏玲, 吴志强, 杨婷. 扎克瑞尼尔世界城市网络测度方法评述及其启示. *国际城市规划*, 2014, 29(6): 110-113. [Yin Hongling, Wu Zhiqiang, Yang Ting. Review and enlightenment of the method to measure the world city network of Zachary Neal. *Urban Planning International*, 2014, 29(6): 110-113.]
- [29] 朱查松, 王德, 罗震东. 中心性与控制力: 长三角城市网络结构的组织特征及演化: 企业联系的视角. *城市规划学刊*, 2014, (4): 24-30. [Zhu Chasong, Wang De, Luo Zhendong. Centrality and power: A method of analyzing city network spatial structure. *Urban Planning Forum*, 2014, (4): 24-30.]
- [30] 赵梓渝, 魏冶, 庞瑞秋, 等. 基于人口省际流动的中国城市网络转变中心性与控制力研究: 兼论递归理论用于城市网络研究的条件性. *地理学报*, 2017, 72(6): 1032-1048. [Zhao Ziyu, Wei Ye, Pang Ruiqiu, et al. Alter-based centrality and power of Chinese city network using inter-provincial population flow. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(6): 1032-1048.]
- [31] Derudder B, Taylor P J. Central flow theory: Comparative connectivities in the world-city network. *Regional Studies*, 2018, 52(8): 1029-1040.
- [32] 赵浚竹, 孙铁山, 李国平. 中国汽车制造业集聚与企业区位选择. *地理学报*, 2014, 69(6): 850-862. [Zhao Junzhu, Sun Tieshan, Li Guoping. Agglomeration and firm location choice of China's automobile manufacturing industry. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(6): 850-862.]
- [33] 吴铮争, 吴殿廷, 袁俊, 等. 中国汽车产业地理集中及其影响因素研究. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(1): 116-121. [Wu Zhengzheng, Wu Dianting, Yuan Jun, et al. Study on the geographical concentration and contributing factors of Chinese automotive industry. *China Population, Resources and Environment*, 2008, 18(1): 116-121.]
- [34] 颜炳祥. 中国汽车产业集群理论及实证的研究. 上海交通大学博士学位论文, 2008. [Yan Bingxiang. Theoretical and empirical research on China's automobile industry cluster. Shanghai: Doctoral Dissertation of Shanghai Jiao Tong University, 2008.]
- [35] 陈肖飞, 苗长虹, 潘少奇, 等. 轮轴式产业集群内企业网络特征及形成机理研究: 基于2014年奇瑞汽车集群实证分析. *地理研究*, 2018, 37(2): 353-365. [Chen Xiaofei, Miao Changhong, Pan Shaoqi, et al. Characteristics and construction mechanism of enterprise networks in "Hub-and-Spoke" cluster: Empirical evidence from Chery cluster in 2014, China. *Geographical Research*, 2018, 37(2): 353-365.]
- [36] 中国汽车工业协会, 中汽华轮公司. 中国汽车工业企业单位信息大全: 2012版. 人民交通出版传媒管理有限公司, 2012. [China Association of Auto Manufacturers, China Auto Hualun Advertising Co., Ltd. China Automotive Industry Enterprises & Administrative Organizations: 2012. Beijing: China Communications Publishing & Media Management Press Co., Ltd., 2012.]
- [37] 罗家德. 社会网分析讲义. 北京: 社会科学文献出版社, 2005. [Luo Jiade. Social Network Analysis. Beijing: Social Science Literature Press, 2005.]
- [38] Maurel F, Sédillot B. A measure of the geographic concentration in French manufacturing industries. *Regional Science and Urban Economics*, 1999, 29(5): 575-604.

## The characteristics of China's urban network based on the supply chain system of automobile industry

CHEN Xiaofei<sup>1</sup>, YANG Jiehui<sup>2</sup>, WANG Enru<sup>3</sup>, MIAO Changhong<sup>1</sup>

(1. Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development & Yellow River Civilization by Provincial and Ministerial Co-construction of Collaborative Innovation Center, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China; 2. Institute of Modern Logistics, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China; 3. Department of Geography & GISc, University of North Dakota, ND 58202, USA)

**Abstract:** Structural characteristics and power hierarchy are important elements of urban networks. This paper studied the selection of China's automobile industry supply chain system in 2012 by using "China automobile industry enterprise information Daquan", "China industrial enterprise database" and "China automobile supplier network", and analyzed the characteristics of China's urban network from the perspective of "industry-location". The results showed that: Firstly, based on the supply chain system of automobile industry, China's urban network showed obvious structural characteristics of "low density, multi-core, high clustering, less convergence". Secondly, there existed a "paradox" between the structural characteristics and power levels of cities in the urban network, which means that the network status depended not only on the number of linked cities, but also on the spatial attributes and capital capacity of the associated networks. Thirdly, the urban network power level included not only the leading core cities such as Shanghai and Chongqing, but also the central intensive cities such as Guangzhou and Wuhu, and the power gateway cities such as Suzhou and Chengdu. The result suggested that the "alter-based centrality" and "alter-based power" could not only effectively reveal the real power attribute of China's urban network nodes, but also kept more in line with the unbalanced law of geographical space of economic phenomena. Fourth, leading core cities, including Chongqing, Shanghai, Tianjin, Changchun, Beijing, Shiyang, etc., did not completely take over the six major automotive agglomerations in China, among which Yangtze River Delta region was at the highest level in the power hierarchy whereas the Pearl River Delta region was at the bottom. Finally, it should be noted that the supply chain system of automobile industry was only a special situation between "urban agents", and its research conclusions could not be infinitely copied and promoted, and could not replace the relevant conclusions of other factor flows.

**Keywords:** automobile industry; supply chain system; alter-based centrality; alter-based power; China's urban network