

从配套网络看中国汽车产业：现状、困境与策略

——基于汽车整车企业发动机总成配套网络数据

伊辉勇 孙涛林

(重庆交通大学经济与管理学院, 重庆 400074)

【摘要】 在新的科技浪潮与中国汽车工业转型升级形成交汇之际, 顺应“汽车新四化”和突破“汽车四基”瓶颈是实现汽车工业转型升级的最后机会。为了更好的研究汽车产业现状, 本文基于核心区域整车企业配套中最具有关键技术代表性的发动机总成相关数据构建隶属合作网络, 结合社会网络分析法和地理空间布局分析法, 从技术归属和地理空间布局两方面进行分析。研究发现: 发动机总成所属7个网络均具有小世界特征, 但密度较低, 抗毁能力较弱; 涉外资企业仍然是网络权力绝对掌控者, 本土企业发展较慢但后劲很足, 在发动机配套网络的主要权力掌控者和限制力来源群体中与涉外资企业形成了势均力敌的局面; 此外, 零部件企业合作外溢性较强, 地理距离不是做出“抱团”行为的主要影响因素。最后针对目前中国汽车产业所处的困境, 提出了可行的建议。

【关键词】 汽车产业 社会网络分析 空间布局 网络特征 发动机总成 隶属合作网络

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2021.08.018

【中图分类号】 F407.471; F276 **【文献标识码】** A

引言

新中国成立以来, 中国汽车产业大致经历了起步、引进合资、市场化发展和创新发展4个阶段^[1], 取得了自2009年起连续11年产销量全球第一的显著成绩, 但中国汽车产业大而不强^[2], 其发展在很大程度上是以组装从世界各地获得的外部技术的方式发展^[3], 合资企业几乎占据了我国乘用车市场的2/3^[4], 整个产业的发展历程始终伴随着来自涉外资企业(包括外国独资企业和中外合资企业)的关键技术限制和国内政策方面的保护, 其发展速度和质量与国民的期望之间仍存在较大的差距。如今又面临着环境、交通和能源约束进一步趋紧, 保护政策和补贴政策退潮, 互联网造车企业大举进入汽车市场致使竞争更加激烈等挑战。在新的科技浪潮与中国汽车工业转型升级形成历史性交汇之际, 顺应“汽车新四化”趋势, 突破“汽车四基”瓶颈是汽车产业转型升级的最后机会。为加快推动汽车产业转型升级, 突破关键技术并形成完全独立自主的全产业链,

通过对整车配套网络精准、量化的分析来探索中国汽车产业的现状、特征和存在的问题, 对确保产业安全和更加科学合理的制定汽车产业政策和发展战略具有重要意义。

整车制造企业的发展水平决定着汽车产业的发展程度, 而汽车零部件产业则是汽车产业利润的主要来源和整车企业自主创新的主要根基, 近年来国内外学者对此进行了大量的研究。如Chen等^[5]通过对比中国2004~2013年中国汽车行业上市的所有车型的综合年度数据和政策文献, 详细地对中国汽车行业的信息、描述、研究和数据进行了分析。Xiao等^[6]对高铁对汽车初创企业的影响、He等^[7]对如何完善支持新能源汽车产业发展的法律政策、赵放和薛乔^[8]对FDI条件下中国汽车零部件产业的关联溢出效应等进行了研究。汽车产业空间布局及影响因素方面, 赵浚竹等^[9]通过研究发现, 中国汽车工业形成了不同于欧美日等汽车发达国家整车与零部件企业邻近的空间聚集特征, 呈现出专业化水平和空间聚集程度越来越低的特点。以及贺正楚等^[10]对汽车制造业区域

收稿日期: 2021-04-10

基金项目: 重庆市社会科学规划项目“重庆智能网联汽车产业生态位评价和演化研究”(项目编号: 2019YBJJ043); 重庆市教委人文社会科学研究规划项目“重庆新能源汽车产业生态位测度与演化机制研究”(项目编号: 20SKGH083)。

作者简介: 伊辉勇, 重庆交通大学经济与管理学院教授, 博士。研究方向: 协同创新与大规模定制。孙涛林, 重庆交通大学经济与管理学院硕士研究生。研究方向: 产业经济与协同创新。

布局的显著影响因素、王继东和杨蕙馨^[11]对中国汽车产业地理集中度演变影响因素、Wang等^[12]对“一带一路”地区主要汽车进口来源国的时空演化分布进行了研究。在复杂网络方面，Sun等^[13]对中国新能源汽车相关专利的合作网络进行了研究，发现中国新能源汽车专业合作网络发展平稳，具有密度不断增加、结构稳定、子群凝聚力不断增强等特点。欧阳俊和李康杓^[14]对26家主要整车生产企业与1358家零部件供应商的整体关系结构进行了分析，结果显示中国汽车零部件购销体系仍然属于企业间封闭的交易网络，全国范围内的“开放性市场”尚未出现。Li等^[15]对不同规模网络中政府政策对电动汽车扩散的动态影响、Neto等^[16]对究竟是谁控制着汽车产业的公司所有权网络、赵炎等^[17]对2000~2008年间的中国汽车联盟网络进行了研究。总体来看，运用复杂网络和空间布局的研究方法，为深入分析中国汽车产业的网络拓扑结构、空间格局演化及其影响因素提供了重要研究视角。

现有研究分别从空间布局和复杂网络角度对中国汽车产业进行了一定程度上的探索，但主要是从单一角度出发，将两种研究视角相结合对中国汽车产业进行研究的文献相对欠缺。而事实上，空间地理分析方法能够弥补在构建网络时未曾考虑网络节点本身地理位置和节点之间的地理空间关系的缺点。因此，本文通过整车配套网络中最具有关键技术代表性的发动机总成数据构建零部件供应商之间的隶属合作网络，结合社会网络分析法和空间地理分析法进行研究，力图探索中国汽车工业发展至今，中国汽车零部件供应商网络的现有特征及存在的问题，从而更好地为零部件企业在选择“抱团伙伴”和相关部门更加科学合理的制定汽车行业发展策略和政策提供一些理论支撑和现实依据。

1 研究数据与方法

整车企业的配套网络一般由发动机、底盘、车身及附件、电子电器和新能源五大总成系统构建而成，其中发动机为汽车的行驶提供动力，是汽车最为重要的零部件。发动机技术的突破既是提高汽车性能、经济性和环保性的关键所在，也是中国汽车产业消除技术限制，实现汽车全产业链独立自主的突破口。

2.1 研究对象与数据处理

本文通过收集中国核心区域17家整车企业2019年的配套网络信息(表1)构建隶属合作网络作为研究对象，将汽车零部件企业抽象为节点，共同参与整车企业配套网络的次数描述为边。所收集的数据涵盖11家合资整车企业和6家国有整车企业，在一定程度上能够反映中国汽车产业的整体情况。为了研究的方便性和精确性，对数据进行了以下处理：(1)通过天眼查整理企业的新旧名称和注册地址；(2)为了分析技术掌控在谁的手里，将同一家公司在不同地方分公司按总部公司名称记录，如博世南京、博世苏州等分公司，统一按照博世记录和分析，但分析凝聚子群时，分公司名称不合并，主要侧重于分析地理距离因素对零部件供应商“抱团”行为的影响；(3)对各系统网络和企业进行字母编码(表2)。

表1 研究对象基本信息

区域	企业性质	整车企业名称
上海	国有	上海乘用车
	合资	上海大众 上海通用
北京	国有	北京汽车
	合资	北京现代 北京奔驰
重庆	国有	长安汽车
	合资	长安福特
武汉	国有	东风汽车
	合资	神龙汽车 东风本田
广州	国有	广汽乘用车
	合资	广州本田 广汽丰田
长春	国有	中国一汽
	合资	东风日产 一汽大众

2.2 研究方法 with 网络构建

隶属网络表示一组行为人与一系列事件的关系，行为人因参与同一事件而相互联系。社会网络分析法可以用来分析不同节点相互连接而成的网络的结构、性质及其属性，强调用整体观点从节点间关系和结构的角度把握研究对象，注重节点间的互动关系，具有其他分析手段无法比拟的明显优势^[18]。本文采用社会网络分析理论及方法，以汽车整车企业作为“事件”，相关零部件供应商作为“参与者”构建隶属合作网络，节点之间在同一事件中的共现次数作为两者之间边上

的权值，边上的权值越大，表明两者共同参与的事件越多，其制造的零部件之间的契合度越高，这样的企业更加容易成为合作伙伴选择的重点对象，也更容易形成多次合作。本文中， $V=(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ 表示汽车零部件企业点集， n 为企业的数量， $E=(E_1, E_2, E_3, \dots, E_s)$ 表示零部件企业之间的合作边集合， e_{ij} 表示节点*i*与节点*j*之间的连接状态，且 $e_{ij}=\delta (\delta \geq 0)$ ， $\delta=0$ 意味着不存在合作关系。其矩阵表达式为：

$$G_{n \times n} = \begin{pmatrix} e_{1,1} & \cdots & e_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n,1} & \cdots & e_{n,n} \end{pmatrix} \quad \text{其中 } e_{i,j} = \delta (\delta \geq 0) \quad (1)$$

为了提高分析结果的精确性，且由于合作关系是相互的，故本文根据发动机零部件所属的不同系统，搭建了点火系统、启动系统、冷却系统、配气结构、燃料供应系统、涡轮增压系统以及机体组7个无向网络，并利用 UCINET6.199 和 Gephi0.9.2 对其进行分析。

2.2.1 网络规模

整体网络规模指的是网络包含的全部节点数目，即各网络所包含的所有零部件供应企业数量，通常情况下，整体网络的规模越大，边越多，其结构越复杂，网络本身所具有的结构对节点的影响也越大。本文中网络规模用 N 表示。

2.2.2 网络密度

网络密度通过节点之间的实际关系数与理论上的最大关系数之比来计算，是衡量一个网络中所有节点之间联系紧密疏松程度的指标，网络密度越大，说明各个零部件企业之间的联系越紧密，资源在整个网络中的流通效率则会越高。计算公式如下^[19]：

$$Nd = 2m/n(n-1) \quad (2)$$

其中 m 是网络中的实际存在边的数量， n 为网络中的节点数量。网络密度的阈值是 $[0, 1]$ 。

2.2.3 平均路径长度

平均路径长度被定义为网络中所有可能节点对沿着最短路径的平均距离，是描述网络稀疏性的最常用指标之一。一般认为，具有高度聚类系数和较短平均路径长度的网络具有小世界效应，计算公式如下^[19]：

$$NL = \sum d_{ij}/n(n-1) \quad (3)$$

式中 d_{ij} 是节点 i 与节点 j 之间的最短路径长

度， n 为网络中节点的数量。

2.2.4 聚类系数

聚类系数被定义为节点在所属网络中参与的三角形网路数量，并由三角形数量的最大可能量进行归一化处理，该指标在社会网络分析中反映边缘聚类成紧密相连的邻域的程度，其计算公式如下^[19]：

$$C_i = 2n_i/k_i(k_i-1) \quad (4)$$

式中 k_j 是与节点 i 直接相联系的节点数量， n_i 是节点 j 周围的三角形数量，整个网络的聚类系数是网络中所有节点聚类系数的平均值。

2 数据可视化与网络基本特征分析

2.1 数据可视化分析

首先利用 Gephi 软件对各系统网络进行可视化，图中节点的尺寸大小按照其中心度值呈现，中心度值越大，在图中的节点尺寸越大，反之越小，同理，节点之间边上的权值越大则连线越粗，反之则越细。各系统可视化图见图1和图2。众所周知，多中心网络相比单中心网络更有利于创新思想的产生和实现。从可视化图中不难看出，启动系统和燃料供应系统具有不利于创新的单中心网络结构，网络全局的绝对权力主要掌握在中心节点企业（亚普和风帆）手中，其他各系统网络已经形成了多中心。点火系统和机体组两个网络中存在两个互不联系的群体，观察原始数据可以得知，与主体网络脱离的企业主要为本土小微汽车零部件企业。

熵控网络理论认为，网络中一条闭环路径上的节点之间资源流通效率更高，节点之间更容易产生合作行为。基于此观点，本文认为，脱离主体网络的企业，谁能率先与主体网络中的节点取得联系，就能率先占据很多路径上的中间位置，扮演“桥”的角色，能够控制过往路径上的资源流通。当然，其中部分企业虽然没有在当前网络中与主体网络相联系，但是在其他系统网络中是存在联系的，这是其优势所在，通过自身在其他网络中的已有联系，形成新的联系，率先脱离当前的劣势地位，并占据“桥”位置。

2.2 网络基本特征分析

对网络基本特征进行分析有利于从宏观上发现各网络的整体特征和节点分布情况，以及可能存在的问题。各系统网络的基本拓扑结构特征如表2所示。

从网络规模来看，点火系统、启动系统和涡轮

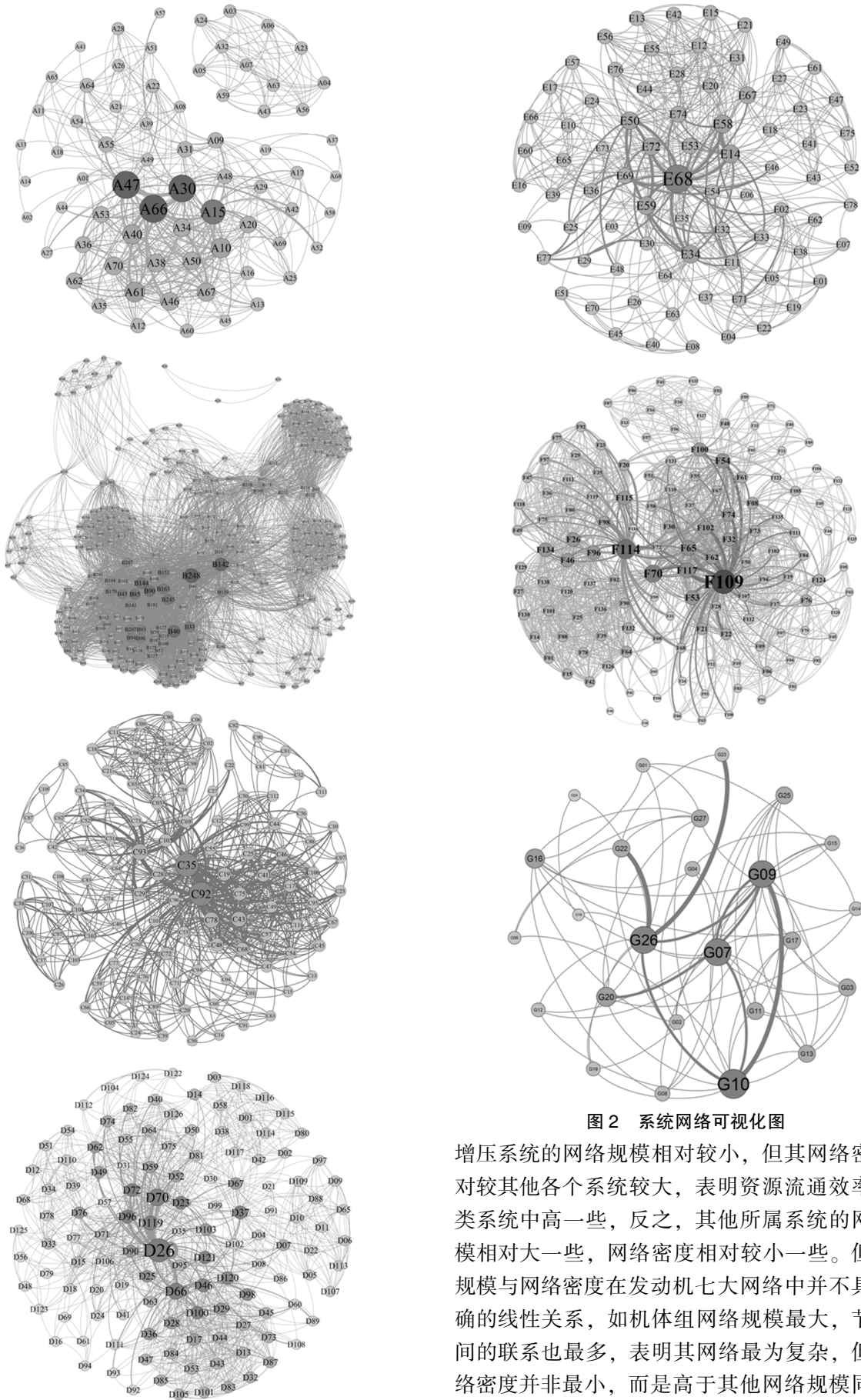


图 1 各系统网络可视化图

图 2 系统网络可视化图

增压系统的网络规模相对较小，但其网络密度相对其他各个系统较大，表明资源流通效率在此类系统中高一些，反之，其他所属系统的网络规模相对大一些，网络密度相对较小一些。但网络规模与网络密度在发动机七大网络中并不具有明确的线性关系，如机体组网络规模最大，节点之间的联系也最多，表明其网络最为复杂，但其网络密度并非最小，而是高于其他网络规模同样相对较大的配气结构、燃料系统和冷却系统等网络。

表2 系统隶属网络基本特征

所属系统	字母编码	网络规模	网络密度	平均路径长度	平均聚类系数
点火系统	A	70	0.2505	1.867	0.883
机体组	B	264	0.1859	1.922	0.868
配气结构	C	112	0.1649	2.155	0.888
燃料供应	D	126	0.1782	2.110	0.849
启动系统	E	78	0.2035	1.876	0.877
冷却系统	F	138	0.1686	2.261	0.879
涡轮增压	G	28	0.2381	1.950	0.822

较高的平均聚类系数和较小的平均路径长度表明网络具有小世界特性。通过将数据导入 Gephi, 计算出平均路径长度和平均聚类系数, 通过表2可以看出, 各系统中节点之间平均通过路径长度均在2左右, 平均聚类系数均在0.85左右, 表明各系统中任何节点基本上可以通过一个节点就

可以与其他任意节点取得联系, 但同时平均聚类系数均较高, 表明各系统网络具有小世界特性。

3 隶属合作网络权力分布分析

3.1 点度中心度分析

点度中心度反映节点在整个网络中的影响力, 可依据与其有直接关系的节点数量来衡量, 指标值与影响力大小成正比。通过对各系统隶属网络计算该指标, 能够清晰的看到哪些节点占据着核心地位, 具有较大的影响力。在整体网络中, 与某个节点相连, 则意味着可直接对相连节点产生影响, 间接相连可施加的影响远不如直接相连, 能直接施加影响的节点数量与该节点的影响力正相关。为了更加精确的分析整车企业配套网络在多大程度上由本土企业掌握主导权, 抑或是衡量涉外资企业在各系统所属领域具有的影响力, 本文采取在计算点度中心度的基础上结合指标值前10%的企业的性质进行分析, 结果如下。

表3 各系统中心度值前10%企业

系统	企业名称	归纳
点火系统	博世 联合电子 特殊陶业 长春一汽富维 德福派克 浙江利尔 瑞安夸克	度平均值为45.36, 其中涉外资企业4家, 小微企业2家
机体组	安庆帝伯格茨 马勒三环 一汽铸造 马勒 上海皮尔博格 上海兴盛 济南沃德 白城中一精锻 长春爱铃克 亚新科工业 靖江华达 上海华迅 恩福商业 上海汇众 上海科尔本 曼·胡默尔 河南西峡 麦格纳 安庆环新 上海爱知 河北德纳 宁波蜗牛 舍弗勒 汉格斯特 岱高 武进常达轿配 上海飞翔 无锡永凯达 宁波神通	度平均值为147.72, 其中涉外资企业15家, 小微企业16家
配气结构	佛吉亚 天纳克 东风汽部 华纳圣龙 上海伊顿 上海交运 济南沃德 玉环三和 劳士领 信阳贝恩银光 信阳银光	度平均值为60.82, 其中涉外资企业5家, 小微企业7家
燃料供应	亚普 廊坊华安 马勒 邦迪管路 富奥 十堰固诺尔 考斯泰 英瑞杰 天津格林利福 东风汽部 八千代工业 飞得滤清 扬州长运 爱三工业	度平均值为74.92, 其中涉外资企业6家, 小微企业4家
启动系统	风帆 湖北神电 亚新科工业 上海法雷奥 湖北骆驼蓄电池 锦州汉拿 常州三菱	度平均值为40, 其中涉外资企业3家, 小微企业1家
冷却系统	富奥 东风汽部 皮尔博格泵 德尔福 瑞安鲍田 上海乾通 上海日用-友捷 十堰新日 扬州东博 湖北霆宇 北京京伟 河南西峡 宁波高发 曲阜汽配 富士汤姆森 贵航永红 无锡增润	度平均值为54.69, 其中涉外资企业4家, 小微企业6家
涡轮增压	上海菱重 上海亚域 上海三达 博格华纳	度平均值为16.5, 其中涉外资企业1家, 小微企业2家

注: 零部件供应商的企业性质均通过天眼查查询获得。

节点的中心度越高, 影响范围越广, 与之相连节点之间的边越粗, 影响程度越深。各细分系统网络中心度值前10%的节点联系范围几乎涵盖了整个网络, 拥有远高于其他节点的影响范围和

深度, 从整体情况来看, 涉外资企业和小微企业的数量均为38家, 占比高达43.18%, 表明两者在中国零部件配套网络的中坚力量中扮演着至关重要的角色, 对中国汽车零部件行业发展起着关

键作用。小微企业中多是本土企业，即使中心度值不及涉外资企业，也能从侧面反映出我国汽车零部件产业发展的后备力量充足。

3.2 结构洞分析

结构洞是两个行动者之间非冗余的联系，也是一个可以绝对控制以获利的空间。结构洞位置上的主体能够率先获得信息和控制利益的机会，从而比其他位置上的企业更加具有优势，能够影响必须通过它的其他节点，非结构洞位置的节点往往会受到来自结构洞位置节点的限制。具体结构洞位置所在的主体能够获得的优势取决于网络性质，在发动机配套零部件供应商网络中表现为结构洞位置的零部件企业能够限制必须经由该结构洞节点所在路径上的其他节点之间取得联系或形成合作的机会，同时也能够率先同其他节点处获得最新的消息，从而率先为应对瞬息万变的市场环境做好准备。本文结构洞指标采用 UCINET 软件计算，结果如图 3 所示。

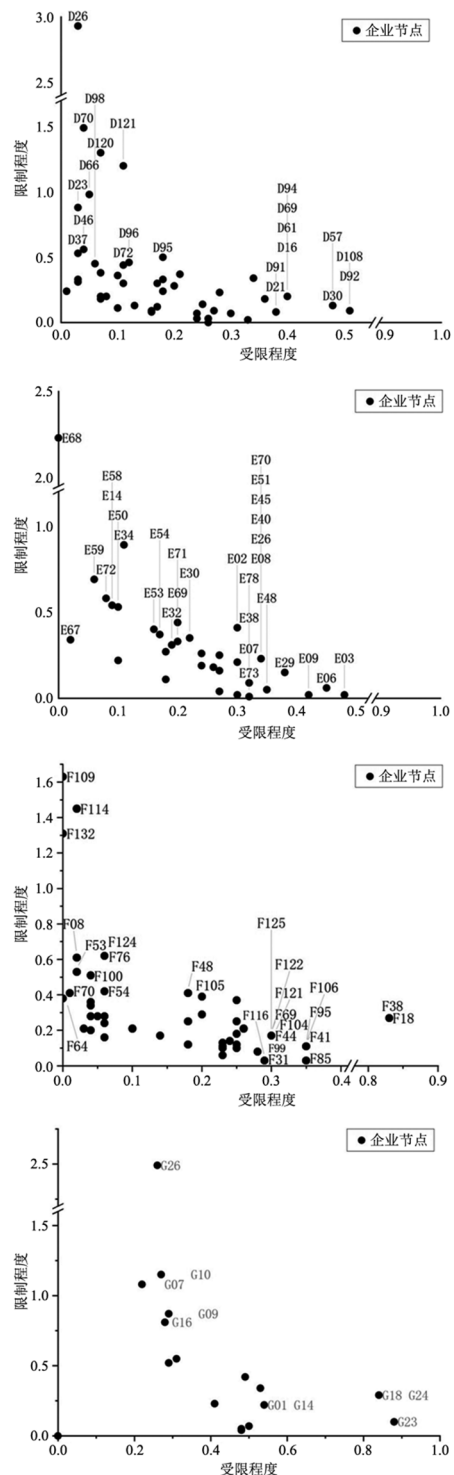
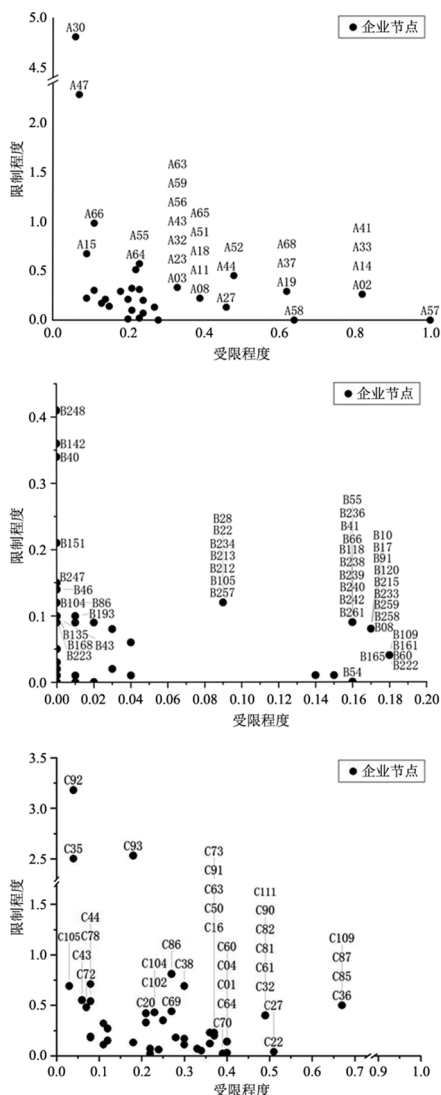


图3 企业节点限制与被限制力

注：图中字母所代表的系统名称同表2。

为了更加精确的分析各个系统中限制力量的来源以及被限制企业的各方面情况，本文不光计算了各个企业的受限制力，也通过软件计算结果矩阵计算了每个节点的限制力量大小，并将各个系统网络中受限程度以及限制力量相对较大的节点呈现在图3中，出于保护企业信息和计算结果呈现的方便性，企业名称以其编号的形式出现。

从节点结构洞限制力度与受限程度分布而言，

大多数节点的限制力和受限程度都分布在 0.5 及以下,值得注意的是,机体组网络的规模及复杂程度都是第一,但是其限制与受限的程度都比较小,限制力最大的不到 0.45,受限程度最大不超过 0.2,而网络规模与复杂程度最小的涡轮增压系统网络的节点限制与受限值反而更大,限制力最高达到 2.5,受限程度也接近 0.9,同样计算其他系统网络的分布情况,均比机体组的值高。结合网络的实际情况,不难理解的是网络复杂程度较高的网络中,节点之间取得联系的路径往往不单一,且各条路径的长度差别不大,路径上的结构洞节点难以产生明显的限制作用,因此本文可以得出结论,网络复杂程度较高的网络中节点的受限程度与限制力会相对较小。

本文另外一个研究目标在于衡量发动机系统配套零部件网络中的限制力量来源与受限制较大的企业名单,因此对相关企业进行统计,主要统计限制力排在各系统前 10%且值大于 0.5 的节点。统计结果如下。

表 4 各系统结构洞指标前 10%名单统计

所属系统	企业名单	涉外资占比(%)
点火系统	特殊陶业 联合电子 博世 长春一汽 湖北新飞祥 常州新华陵	40
配气结构	佛吉亚 东风汽部 天纳克 广州三五 上海索格菲 唐山北内 北京迪拉 上海伊顿 华纳圣龙 爱三工业 广州双叶 广汽丰田 天津三五	61.5
燃料供应	亚普 廊坊华安 八千代工业 爱三工业 马勒 英瑞杰 十堰固诺尔 天津格林利福 广东志达	55.6
启动系统	风帆 上海法雷奥 湖北骆驼蓄电池 常州三菱 湖北神电 亚新科工业 锦州汉拿	42.9
冷却系统	富奥 东风汽部 北京汽车国贸 南方英特 成都华川 重庆海通 上海日用-友捷 河南西峡	37.5
涡轮增压	博格华纳 上海菱重 上海亚域 上海三达 霍赛尔 北方通用动力 富奥石川岛	57.1

结构洞节点的数量和所在位置主体采取的行动决定了网络整体的资源流通效率,也是网络大环境下新合作和新交易形成的主要影响者。各细

分系统网络中,除机体组网络没有限制力达到 0.5 以上的节点以外,其他各系统网络的主要限制力来源的节点中,涉外资企业仍然占据很大的比重。结合计算结果数据,本文还观测到在各系统限制力前 10%的企业中,排名最靠前的前三甲企业仍然多是涉外资企业,如特殊陶业、联合电子、博世、佛吉亚等,均是限制力几乎在 1 以上且不乏达到 4.8 的企业。从整体情况也可以看出如今国内企业也占有半壁江山,虽然在不同系统网络中占比情况不同,但也是势均力敌,因此本文可以得出结论,培养本土零部件企业占据结构洞位置并帮助其提高限制力是当前急需解决的问题。

4 隶属合作网络派系与抗毁性分析

4.1 派系分析

对于无向网络而言,一个派系中的任何两点之间都是直接相关的,派系是“最大的”、“完备的”,他们之中不能加入新的节点,否则将改变其派系的性质。一个派系相当于一个社团,意味着派系中的成员之间关系很牢固,社团内部成员之间的关系非常紧密且稳定。对参与多个社团的节点而言,其合作伙伴的丰富性能带来多样化的合作关系和知识互动,更加有利于获取非冗余的异质性外部资源,从而提高创新效率^[20]。本文利用 UCINET 软件对各系统网络进行派系计算,最小规模设定为 4 个节点,然后通过分析各社团成员的地理位置分布情况,探索地理距离因素对发动机零部件供应商之间抱团行为的影响。

结合空间布局能够进一步分析社团中节点之间空间地理关系,通过 UCINET 软件分析得出各系统网络共计有 48 个社团,其中跨省社团占比高达 93.75%,且大多数社团成员都分布在 3 个省(区、市)及以上,全部成员都分布在同一省(区、市)的社团数量仅有 3 个,表明对于汽车发动机各细分系统零部件供应商而言,地理距离不再是选择组建社团时主要的影响因素,反映出中国汽车零部件产业中企业的合作网络外溢性比较高。另外,合作伙伴的地理多样性不仅能促进产品满足特定的、当地的偏好,对增加企业创新绩效具有显著的正向影响^[21],还能防止被参与多个社团的企业节点摄取过多的利益。综上所述,地理临近性虽有利于降低合作成本,但不利于获取外部异质性资源和提高创新绩效。

4.2 抗毁性分析

分析网络抗毁性和可靠性是为了检测网络中个别节点退出或个别关系破灭之后网络能够维持或恢复其性能的程度,这种破坏可能来自网络内部,也可能来自网络外部,通常表现为蓄意攻击和随机攻击两种方式。网络效率是分析复杂网络抗毁性以及可靠性的常用指标之一,该指标衡量了知识、技术和资源等创新要素在产业创新网络中的扩散速度,通过网络中任意两个节点之间最短距离倒数的平均数来计算,公式为:

$$Ne = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{ij}} \quad (5)$$

式中 M 为遭受攻击后网络中节点数量; d_{ij} 表示节点 i 与节点 j 之间的网络距离; Ne 表示遭受攻击状态下的网络连通效率。

正如前文的分析结果所示,涉外资企业往往具有较大的影响力和限制力,对此类节点及其与之相关的边出现故障之后给整个网络带来的影响需要予以特别关注。本文采取蓄意攻击的方式对各大系统的隶属合作网络进行抗毁性分析,以10%的比例对节点按中心度值从大到小的顺序进行节点退出模拟,再计算各剩余网络的网络效率。结果如图4、图5所示。

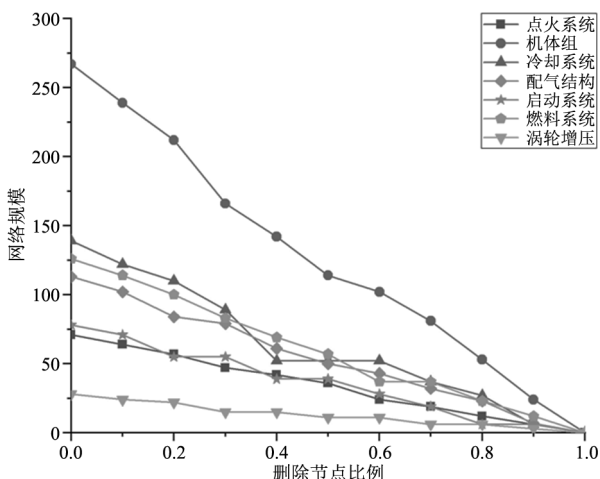


图4 网络规模走势图

随着退出节点的逐渐增多,网络规模下降速度最快的是机体组,表明其中心度值较大的节点较为集中,其他各系统的网络规模下降速度较快的依次是冷却系统、燃料系统、配气结构、启动系统、点火系统和涡轮增压系统。从网络效率来看,各系统网络的初始网络效率均不高,均在0.4~0.6之间。其中机体组的网络效率下降速度最为缓慢,删除节点比例达到90%之后才产生急剧下降并接近

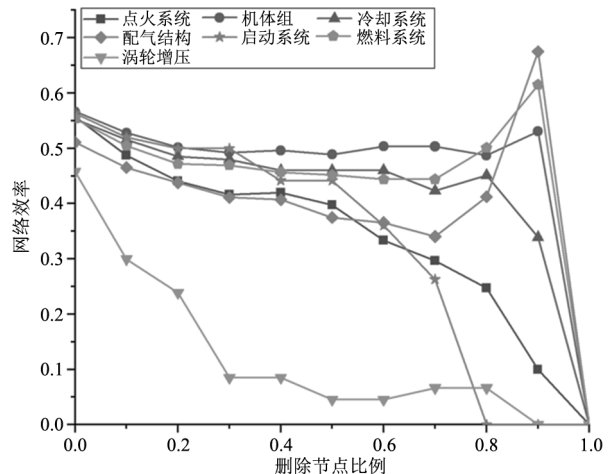


图5 网络效率走势图

于崩溃。冷却系统、燃料系统和配气结构系统的网络效率下降速度较为缓慢,直至退出节点比例接近70%时开始有所上升,然后快速下降。结合实际数据,之所以会造成网络效率抬升,是因为随着剩下的网络节点规模趋近于0时,网络中已经不存在闭环路径,仅存在两点之间或者散点之间的单线联系,导致距离较小,则距离倒数之和较大,即网络效率会升高,但此时的网络对技术创新和资源流通无益,网络已经崩溃。点火系统网络的效率随着节点的删除持续下降至0,不存在抬升现象。此外,启动系统网络的效率在删除节点比例50%之前下降速度较慢,随后快速下降,并在80%时下降至0。前期下降速度最快的是涡轮增压系统,随着删除节点比例达到30%时,网络效率就已近下降至近0.1并接近崩溃,这也表明涡轮增压系统网络的抗毁性最低。综上可以得出结论,发动机各系统的网络效率较低,在蓄意攻击下,机体组、燃料供应和冷却系统的抗毁能力较高,其他各系统的抗毁能力都偏低,具有网络复杂程度越高抗毁能力越强的特点。

5 结论与建议

5.1 结论

本文基于已有文献,利用国内六大核心区域17家整车制造企业配套网络中最具有关键技术代表性的发动机总成数据构建了隶属合作网络,从社会网络和空间布局两个角度出发,对隶属合作网络的基本拓扑特征、中心度、结构洞、凝聚子群和抗毁性指标进行分析,得出以下主要结论:

(1) 发动总成相关零部件企业合作网络均具有小世界特征,意味着中国汽车零部件产业形成

了良好的、开放性的合作氛围,同时意味着整车企业已经形成了较为稳定的创新网络;但燃料供应系统和启动系统仍未形成多中心特点,相关技术领域由亚普和东风掌握着绝对的网络主导权力,是一家独大的局面,而单中心网络整体创新效率会过分依赖于中心节点的行动,基于全局资源利用的网络结构还有待进一步完善。

(2) 从各细分系统网络主要限制力来源企业的整体情况来看,本土企业虽然拥有的限制力比不上涉外资企业,但在数量上已经形成了势均力敌的局面。目前发动机各细分系统网络中限制力最大的节点多是特殊陶业、联合电子、博世、佛吉亚等涉外资企业,且呈现网络的复杂程度越高,结构洞节点具有的限制力越小的特点。所以中国汽车零部件产业的当务之急是进一步提高本土结构洞节点企业的数量和其拥有的限制力。

(3) 发动机各细分系统网络抗毁能力较低,初始网络效率均不超过0.6,且随着中心度值较高的节点退出,网络效率会快速下降。部分主要节点的退出容易导致整个系统网络效率急剧下降甚至崩溃,而中心度值较高的企业几乎一半都是涉外资企业,表明整个产业对涉外资企业的依赖性较高,独立抗击市场风险的能力较弱。

(4) 中国汽车零部件企业的合作外溢性较高,地理距离已经不是影响汽车零部件供应商选择合作伙伴组建“社团”的主要影响因素。传统意识中,地理位置的邻近性有利于企业之间合作的达成以及交易成本的降低,在选择合作伙伴时会给予距离因素较多的关注,但通过对凝聚子群的成员进行空间布局分析,发现联系紧密且关系稳固的社团成员往往分布在多个省(区、市)。

5.2 建议

根据上述分析结果,从企业、产业和相关部门3个层面为中国汽车零部件产业合作网络的结构完善、提高本土汽车零部件企业网络地位以及提高汽车零部件产业安全性提出了优化建议。

(1) 企业层面。本土企业想要实现赶超涉外资企业的目标,从复杂网络角度可以利用自身在其他系统中的已有联系节点为未曾有足够影响力的系统网络“牵线搭桥”,率先占据闭环路径上的中间节点,抢占“桥”角色;要灵活应对来自结构洞节点的限制,现实中同一类合作零部件的

供应商应当多元化,缩小他人对自身的限制;选择合作伙伴时,应当尽可能的拓展筛选范围,降低对地理距离因素的考察,提高自身的影响范围和资源来源。

(2) 产业层面。良好的产业环境是整个汽车零部件产业健康持续发展的基本前提,地方保护主义不利于汽车产业开放性合作氛围的营造,鼓励汽车整车企业适当扩大配套网络规模,不仅能为新生零部件企业提供足够的市场参与机会,还能增加整个汽车零部件产业网络中的节点和边,从而提高网络复杂度,进而提高网络的抗毁能力。在提高各系统网络抗毁性的同时,注重电动化技术、智能化技术、网联化技术的研发和应用,在新能源行业标准尚未清晰之前,率先掌握关键技术,力争掌握足够的话语权和主导权。

(3) 相关部门层面。从提高网络抗毁性和建立开放性市场出发,相关部门除了制定适应当前产业发展状况的政策以外,还应承担“牵线搭桥”的角色,使零部件企业能够通过更多的途径与其他企业节点建立联系。此外,还要注重对重点企业的培养,通过提供支持使其能够稳定占据网络关键节点位置;扶持一批具有发展潜力的企业形成和占据新的关键节点位置,从而推动整个汽车零部件产业健康可持续发展;帮助本土龙头企业成为所在网络的中心,同时促进网络形成多中心结构。

参 考 文 献

- [1] 马符讯,刘彦. 中国汽车工业70年的成就、经验与未来展望[J]. 理论探索, 2019, 240(6): 108~113.
- [2] 赵福全,刘宗巍,郝瀚,等. 中国汽车工业强基战略与实施建议[J]. 中国软科学, 2016, (10): 1~10.
- [3] Hertenstein P, Williamson P J. The Role of Suppliers in Enabling Differing Innovation Strategies of Competing Multinationals from Emerging and Advanced Economies: German and Chinese Automotive Firms Compared [J]. Technovation, 2018, (2-3): 46~58.
- [4] Wu F, Sun Q, Grewal R, et al. Brand Name Types and Consumer Demand: Evidence From China's Automobile Market [J]. Journal of Marketing Research, 2019, 56(1): 1~18.
- [5] Chen Y, Lin Lawell C. -Y. Cynthia, Wang Y S. The Chinese Automobile Industry and Government Policy [J]. Research in Transportation Economics, 2020, 84: 100849.
- [6] Xiao F, Zhou Y, Deng W, et al. Did High-speed Rail Affect the Entry of Automobile Industry Start-ups? Empirical Evidence From Guangdong Province, China [J]. Travel Behaviour and

- Society, 2020, 19: 45~53.
- [7] He M, Zhou J, Liu L. A Study of Supporting Legal Policies for Improving China's New Energy Automobile Industry Based on Environmental Benefits Equilibrium—enlightenment From the Environmental Subsidies of Germany Legal System [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42: 18699~18708.
- [8] 赵放, 薛乔. FDI对中国汽车零部件产业的关联溢出效应研究——基于中国汽车工业面板数据的经验分析 [J]. 工业技术经济, 2017, 36 (5): 21~29.
- [9] 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 [J]. 地理学报, 2014, 69 (6): 850~862.
- [10] 贺正楚, 王皎, 曹文明. 中国汽车制造业的产业地图及影响产业布局的因素 [J]. 科学决策, 2018, (5): 1~29.
- [11] 王继东, 杨蕙馨. 新常态下中国汽车制造业集中度演变研究 [J]. 东岳论丛, 2016, 37 (6): 112~119.
- [12] Wang Y, Song C, Sigley G, et al. Using Social Networks to Analyze the Spatiotemporal Patterns of the Rolling Stock Manufacturing Industry for Countries in the Belt and Road Initiative [J]. Isprs International Journal of Geo-information, 2020, 9 (7): 431.
- [13] Sun H, Geng Y, Hu L, et al. Measuring China's New Energy Vehicle Patents: a Social Network Analysis Approach [J]. Energy, 2018, 153: 685~693.
- [14] 欧阳俊, 李康杓. 中国汽车零部件购销网络的块段模型分析 [J]. 统计研究, 2006, (4): 32~38.
- [15] Li J, Jiao J, Tang Y. An Evolutionary Analysis on the Effect of Government Policies on Electric Vehicle Diffusion in Complex Network [J]. Energy Policy, 2019, 129: 1~12.
- [16] Sacomano Neto Mario, Carmo Marcelo José do, Ribeiro Evandro Marcos Saidel, et al. Corporate Ownership Network in the Automobile Industry: Owners, Shareholders and Passive Investment Funds [J]. Research in Globalization, 2020, (2): 100016.
- [17] 赵炎, 孟庆时, 郑向杰. 对中国汽车企业联盟网络抱团现象的探析 [J]. 科研管理, 2016, 37 (S1): 547~557.
- [18] 邵云飞, 欧阳青燕, 孙雷. 社会网络分析方法及其在创新研究中的运用 [J]. 管理学报, 2009, 6 (9): 1188~1193, 1203.
- [19] 罗家德. 社会网分析讲义 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005: 26~57.
- [20] Lo J Y, Li H. In the Eyes of the Beholder: the Effect of Participant Diversity on Perceived Merits of Collaborative Innovations [J]. Research Policy, 2018, 47 (7): 1229~1242.
- [21] Beers C V, Zand F. R&D Cooperation, Partner Diversity, and Innovation Performance: An Empirical Analysis [J]. 2014, 31 (2): 292~312.

China's Auto Industry: Current Situation, Predicament and Strategy ——Based on the Data Analysis of Engine Assembly Supporting Network of Automobile Whole Vehicle Enterprises

Yi Huiyong Sun Taolin

(College of Economics and Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

[Abstract] At the time of the convergence of the new wave of science and technology with the transformation and upgrading of China's automobile industry, it is the last opportunity to realize the transformation and upgrading of the automobile industry by conforming to the "New Four-base" in order to better study the current situation of the automobile industry, this paper builds a cooperative network based on the relevant data of the engine bus, which is the most representative of the key technology in the core area, combined with the social network analysis method and geospatial layout analysis method, and analyzes the two aspects of technical attribution and geospatial layout. The study finds that the seven networks belonging to the engine assembly all have small world characteristics, but the density is low and the anti-destruction ability is weak, the foreign-funded enterprises are still the absolute control of network power, the local enterprise development is slow but the strength is sufficient, in terms of quantity, in the main power control and restriction source group of the engine supporting network and the foreign-funded enterprises involved in the formation of a situation of equal power. Finally, in view of the current difficulties of China's automobile industry, put forward a feasible proposal.

[Key words] automotive industry; social network analysis; spatial layout; network characteristics; engine assembly; cooperative network

[Jel classification] L62; L22

(责任编辑: 张舒逸)