

# 电动汽车技术转移网络结构及其社会资本

尹秋菊, 黄洁萍, 冯丽

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

**摘要:** 技术转移网络的整体结构、个体特征,以及群体成员之间的联系,对该网络的持续发展具有重要的影响。基于社会网络分析的视角,利用实证数据来研究电动汽车技术转移网络的属性特征,以及由于网络属性特征所形成的社会资本。首先识别出某个时间段的电动汽车技术转移组织和节点,据此利用 UCINET 分析软件构建了电动汽车技术转移网络,并从网络个体属性和网络整体属性两个层面,对电动汽车技术转移网络进行分析。具体包括基于中心性和中介性的网络个体属性分析,基于小世界效应和小团体的网络整体属性分析。通过研究,得出电动汽车技术转移网络的结构,并进一步判断转移网络中的意见领袖及其存在的社会资本,从而为电动汽车技术转移网络的管理与促进提供一定的依据。

**关键字:** 电动汽车; 技术转移; 社会网络分析; 社会资本

**中图分类号:** F224.33

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2013)02-0043-05

## 一、问题的提出

2001年,科技部启动了“十五”电动汽车重大科技专项。2005年,电动汽车产业化初现端倪。2008年,北京奥运会组委会决议,奥运场馆内外全部使用“零排放”的电动车辆。电动汽车的研发和生产受到了企业界和学术界的高度重视,该领域的技术转移问题也广受关注。

### (一)研究背景

中国拥有大量的高校、科研院所和实力强大的汽车制造企业,这些组织在电动汽车领域或者拥有自己独特的科技优势,或者有着现实或潜在的需求,它们之间存在着广泛的技术联系。目前针对电动汽车技术转移的工作大多侧重于技术转移过程的服务、控制和管理,且大多从定性的角度进行分析。而整个电动汽车产业技术转移工作的顺畅运行及动态进化,无疑要受到网络中的关键角色、网络结构、网络节点属性等的影响。因此,本文将利用社会网络分析的方法和手段来识别电动汽车技术转移网络的结构(包括个体属性和整体属性),并进一步判断转移网络中的意见领袖及社会资本。这些分析不仅能丰富与发展技术转移的理论体系,而且其分析结果会对提高电动汽车技术转移效率、维护电动汽车技术转移的可持续性增长具有良好的促进和预防作用。

## (二)相关文献

包括电动汽车技术转移网络在内的高新技术转移网络,已经成为许多学者研究的重点。如王辉<sup>[1]</sup>利用演化博弈方法,构建军民技术转移网络复制动态模型,对军民技术转移网络的形成进行分析,揭示其演化过程中各要素之间关系。Albors<sup>[2]</sup>在借鉴日本 SMes(中小企业)技术转移网络发展的基础上,分析了欧洲 IRC(创新接力中心)技术转移网络的现状,并讨论了欧洲范围内不同的社会-经济文化环境对技术转移网络能力的影响。Tu Yan<sup>[3]</sup>研究了电子商务环境下的高新技术转移结构,建立了三层企业高新技术转移机制模型,并对如何运用社会网络来支持技术转移中的合作行为进行了研究。综上所述,大多研究是从定性的角度进行,缺少利用定量方法对高新技术网络的研究,尤其是针对其转移网络内各组织的关系,以及高新技术转移网络结构的稳定性和发展态势方面尚很少有研究涉及。

同时,社会网络的方法已被运用到各种网络结构的分析中。如禹献云<sup>[4]</sup>运用 CAS(复杂适应系统)理论和方法,对高新技术企业创新网络的演化机理进行分析。蒋贻宏<sup>[5]</sup>从技术转移合作的机理出发,结合小世界网络模型来研究技术转移网络的形成机制和结构特点。刘凤朝<sup>[6]</sup>以中国“985高校”为研究对象,绘制了“985高校”与其他高校、研究机构以及企

收稿日期: 2012-05-24

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(9112011); 国家自然科学基金资助项目(70802008); 国家自然科学基金资助项目(71272057); 国家自然科学基金重点资助项目(70639001)

作者简介: 尹秋菊(1973—),女,副教授,管理学博士,E-mail:yinqiuju@bit.edu.cn

业之间的产学研专利合作网络,分析了 1985—2009 年期间专利合作网络结构及其空间分布的演化路径。Qi Zhong<sup>[7]</sup>从社会网络分析的角度,阐述了组织内部有关知识网络的几个问题,包括节点之间的知识关联及其强度分析,识别关键知识节点等。闫相斌<sup>[8]</sup>利用社会网络分析方法,对我国管理科学领域机构的学术合作网络进行了研究。综上所述,社会网络分析的方法已经应用到多种学科和领域,然而到目前为止,尚很少有对电动汽车这个具体的领域进行深入的分析。

## 二、电动汽车技术转移网络识别

通过收集发生电动汽车技术转移的组织或机构的数据,构建电动汽车技术转移网络。

### (一)网络节点确定

本文的主要数据来源是《国家科技成果数据库》,以入库时间为发生技术转移的时间。除此之外还进行了撒网式搜集,搜集方法包括去各大电动车国家重点实验室调研、通过搜索引擎搜索等。搜索结果主要包括高校、科研院所、企业、政府和中介服务机构,并以这些单位为网络中的节点。技术转移网络中节点的连接方式主要有科技成果转化、合作开发和共建实体三种方式。

### (二)网络关系识别

收集的数据不能直接用于计算,还需要对其进行规范化,将其改写成可直接用于计算的形式,即根据原始数据建立网络模型。本文所使用的社会网络分析工具为 UCINET,它需要先将关系用矩阵形式表示,即  $A=(a_{ij})$ ,其中元素  $a_{ij}=1$  表示成员  $i$  和成员  $j$  之间发生了技术转移,且由  $i$  转移给  $j$ ;  $a_{ij}=0$  则表明成员和成员之间没有发生技术转移。电动汽车技术转移部分网络矩阵如下式所示

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

相应的社群图如图 1 所示,图中圆点表示发生技术转移的组织成员,连线表示技术转移的关系和方向。

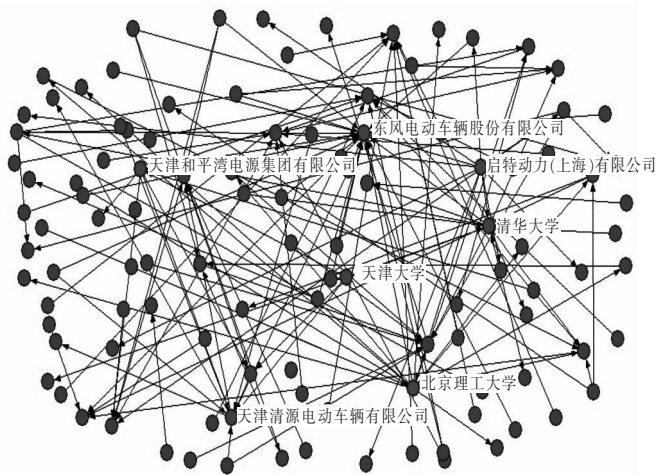


图 1 2005—2008 年电动汽车技术转移网络

## 三、电动汽车技术转移网络结构分析

本文将分别从网络的个体属性和网络的整体属性对 2005—2008 年电动汽车技术转移网络进行分析。网络的个体属性分析,主要通过度和中介性这两个参数,得出在网络中具有重要作用的或处于网络中重要位置的核心节点。网络的整体属性分析主要包括如下两个内容:小世界效应分析和小团体分析。

### (一)基于中心性和中介性的网络个体属性分析

不同节点的中心性和中介性的排序不同。它们从不同侧面反映了成员在网络中的重要程度。中心性是指与该节点有直接关系的节点数目,一般用于测量网络中的行动者的自身交互能力;中心性反映成员在网络中具有的连接数,度数大说明成员参与的技术转移次数多。中介性是指网络图中某一节点与其他各点之间相间隔的程度,表示一个节点在多大程度上是图中其他点的“中介”,中介性大说明成员所处位置比较重要,有着信息优势和控制优势。利用 UCINET 我们可以得到 2005—2008 年电动汽车技术转移网络中心性及中介性排在前十位的节点名称及其参数,如表 1 所示。

通过表 1,我们可以得出如下结论:

1. 大多数节点的中心性和中介性具有较强的关联。例如北京理工大学、清华大学、天津清源电动车辆等均同时具有较高的中心性和中介性。这表明与其它节点关联多的节点,大多数情况下也会在网络中占据核心位置。

2. 特殊情况下,中心性与中介性的结果可能有较大的不同。例如中心性较大的成员东风电动车辆,与较多成员有着技术转移关系,但其中介性却较低,表明其并不占有信息优势。

3. 具有较大中介性的节点包括清华大学、北京

表1 2005—2008 电动汽车技术转移网络个体属性分析

中心性分析(前10位)			中介性分析(前10位)		
节点	绝对中心度	相对中心度	节点	绝对中介中心度	相对中介中心度
东风电动车辆	19	17.273	清华大学	128.167	1.069
北京理工大学	17	15.455	北京理工大学	80.667	0.673
清华大学	14	12.727	天津大学	46.000	0.384
启特动力(上海)	11	10.000	天津清源电动车辆	41.000	0.342
天津清源电动车辆	11	10.000	天津和平湾电源	39.000	0.325
长安汽车	10	9.091	上海神力科技	38.000	0.317
中国第一汽车	9	8.182	合肥工业大学	38.000	0.317
天津和平湾电源	8	7.273	安凯汽车	36.500	0.304
南车时代电动汽车	7	6.364	奇瑞汽车	29.500	0.246
合肥工业大学	7	6.364	东风电动车辆	22.833	0.190

理工大学、天津大学、天津清源电动等。这些成员占据着网络的核心位置,有着信息优势和控制优势,把握了这几个成员的研究方向,就把握了整个技术转移网络的发展方向。

4.中心性和中介性都排在前十位的有东风电动车辆、北京理工大学、清华大学、天津清源。他们是整个网络的核心成员,不仅参与了很多技术转移项目,还参加了一些跨领域的技术项目,在整个技术转移网络中起到了桥梁的作用。

5.核心成员同时包括学校和企业两大类。企业在电动汽车技术转移网络中的作用无可争议,例如东风电动车辆同时承担两个“863”计划的整车项目,研制出的4台电动客车已作为武汉市公交线路的营运客车。另外,高校在基础研究方面具有较强的优势,参与了电动汽车的研发,更多地承担向企业转移创新知识的任务。如清华大学牵头承担“燃料电池城市客车”项目,北京理工大学牵头研制出纯电动旅游客车 BFC6110EV 和纯电动低地板公交车 BK6120EV 等。

## (二)基于小世界效应和小团体的网络整体属性分析

### 1.小世界效应

小世界效应,是指任何两个节点之间通过很少的几个边就可以连接。在电动汽车技术转移网络中,小世界效应的含义是指一项新技术在电动汽车网络中流通的快慢。如果电动汽车技术转移网络具有小世界效应,那么新技术在技术转移网络中被快速传播,这有利于电动汽车技术转移网络各节点互通有无,更好地沟通。也避免了一些企业或科研单位在某项新技术取得一定进展时,其他企业在这项技术上还从零开始,有效地节省了时间和资源。

利用 UCINET 我们可以得到 2005—2008 年电动汽车技术转移网络中所有节点之间的平均距离为  $L=2.122$ 。这就是说,在 2005—2008 年段的技术转移

网络中,任意两个成员之间要想取得联系,不超过 2.122 步就能到达。在小世界效应理论中, $L$  的值一般不超过 10 的网络可认为具有小世界效应。因此,电动汽车技术转移网络是具有小世界效应的网络。同时也可以说明,电动汽车领域技术转移环境还是比较好的,企业之间具有良好的技术交流渠道。

### 2.小团体分析

小团体是指在一个组织中一些成员关系特别紧密,以至于结合成一个次级团体。这些小团体的存在具有一定的自发性,其所研究技术领域具有一定的形似或互补。通过小团体分析找到技术领域相近的成员,以采取相应措施,加强他们的交流与合作。本文利用 UCINET 平台上的 K-plex 算法进行小团体分析,选择  $K$  为 2,最小的团体不少于 4 个节点,可以得到 28 个小团体。

从电动汽车技术转移网络得到的小团体可以看出,北京理工大学、清华大学、北京市京华客车有限公司、东风电动车辆股份有限公司、长安汽车(集团)有限责任公司、天津清源电动车辆有限公司出现在多个小团体中,可以说他们是整个技术转移网络的核心元素,承担着较多的电动汽车专项项目,掌握了电动汽车领域的关键技术。正是由于他们的存在,使得网络成为一个紧密联系的整体。

我们还可以发现,大部分小团体的成员既包括政府,又包括高校和企业。这些组织的活动和相互作用有效地促进了产学研的发展,推动了“干中学”和“学中用”的过程。以国家混合动力汽车重大专项课题(简称 PNHEV)为例,东风电动车辆有限公司承担国家“863 计划”电动汽车重大专项中的混合动力城市公交车(EQ6110HEV)、混合动力轿车(EQ7200HEV)两个整车项目。与承担 21 个配套零部件项目的单位紧密合作,采取虚拟研发方式共同展开混合动力汽车的科研攻关。参与研究的单位有清华大学、北京理工大学、北京交通大学、中国科学

院、中纺机电研究所、天津和平海湾电源集团等。

通过对网络个体属性进行研究,我们可以把握网络的核心节点,对核心节点进行进一步的研究和分析,可以了解整个技术转移网络的研究方向。另外,从小世界效应和小团体两个方面研究技术转移网络的整体属性,可以找到整个技术转移网络中研究方向相关或相近的企业,从而可以通过加强引导鼓励他们之间的交流与合作。

#### 四、电动汽车技术转移网络的社会资本分析

对社会资本的测量集中于两个方面:一是个体拥有的社会资本,另一个是个体使用的社会资本。

##### (一)个体拥有的社会资本

个体所拥有的社会资本考察的是个体所调用的资源总量。个人所拥有的社会团体越多,异质性

表2 网络节点参与小团体数

节点	参与小团体数
东风电动车辆	14
北京理工大学	13
清华大学	10
北京市京华客车	8
天津和平海湾电源	8
天津清源电动车辆	7
长安汽车(集团)	6

越强,其社会资本越丰富。东风电动车辆有限公司参与的小团体有14个,是网络成员中拥有的小团体数最多的成员,其社会资本最雄厚。其他参与小团体较多的成员如表2所示。

##### (二)个体使用的社会资本

个体使用的社会资本考察的是个体所实际动用的资源。分析网络成员使用的社会资本,首先需要寻找结构洞,即根据拥有的结构洞的数量来衡量社会资本的多少。所谓结构洞是指社会网络中的某个或某些个体与有些个体发生直接联系,而与其他个体不发生直接联系,所形成的关系间断。占据了结构洞的企业具有位置优势。这个位置能为企业家带来位置竞争力,在社会网络中占据“有利地形”,具有信息优势和控制优势。具体表现为:占据结构洞的个体能够获得来自多方面的非重复性信息,并成为信息的集散中心,预先获得更多有利的信息资源。

本研究中,主要通过测量电动汽车技术转移网络中网络限制度和网络有限规模两个指标测量结构洞。网络限制指标值越大,存在结构洞的可能性越小;网络的有效规模越大,说明网络的重复程度越小,存在结构洞的可能性越大。利用UCINET软件测量部分节点的结构洞指标,如表3所示。

表3 电动汽车技术转移网络结构洞指标(部分)

节点	有效规模	效率	限制	层级
(清华)科威国际技术转移有限公司	1.000	1.000	1.000	1.000
阿波沙和达公司	1.000	1.000	1.000	1.000
安凯汽车股份有限公司	4.000	1.000	0.250	0.000
包头电机厂	1.000	1.000	1.000	1.000
北方华德尼奥普兰客车股份有限公司	1.000	1.000	1.000	1.000
北京奥组委	5.000	1.000	0.200	0.000
北京公交集团	1.000	1.000	1.000	1.000
北京航空航天大学	2.000	1.000	0.500	0.000
北京交通大学	2.000	1.000	0.500	0.000
天津清源电动车辆有限公司	10.273	0.934	0.125	0.030
启特动力(上海)有限公司	10.500	0.955	0.107	0.025
清华大学	13.875	0.991	0.079	0.072
北京理工大学	16.647	0.979	0.070	0.016
东风电动车辆股份有限公司	18.711	0.985	0.059	0.013
中国第一汽车集团公司	9.000	1.000	0.111	0.000
长安汽车(集团)有限责任公司	9.800	0.980	0.059	0.013
合肥工业大学	7.000	1.000	0.156	0.102
北京理工科凌电动车股份有限公司	1.000	1.000	1.000	1.000
北京市京华客车有限公司	5.667	0.944	0.205	0.033
北京有色金属研究总院	1.000	1.000	1.000	1.000
北京中纺锐力机电有限公司	1.000	1.000	1.000	1.000
北汽福田公司	1.000	1.000	1.000	1.000

通过结构洞指标的测量,可以得出东风电动汽车股份有限公司的有效规模最大为18.711,网络限制指标最小为0.059。其次,有效规模较大、网络限制指标较小的依次为北京理工大学、清华大学、天津清源电动车辆有限公司、启特动力(上海)有限公司、长安汽车(集团)有限责任公司、中国第一汽车集团公司等。这些成员占据着网络的中心位置,为潜在的意见领袖,会比较容易地获得所需高技术人才、企业专业化的技术、各类信息的支持、优先享受政府或其他组织提供的优惠待遇、资金融通能力等社会资本,可以迅速组织资源,为技术转移服务。成员社会资本量的增加扩充了信息的传播渠道,这不仅可以缩短采纳者的决策时间和实施技术创新的时间,又可以获取有效的信息,在降低信息搜寻成本的同时还降低了信息的失真程度,提高了信息积累。

## 五、结束语

本文利用实证数据,分别从个体属性特征和

整体属性特征两个视角,对电动汽车技术转移网络进行了分析。从不同角度找到了网络中的核心节点主要为高校和企业,虽然结果不同,但具有一定的相似性。同时还找到了网络中的小团体和社会资本比较丰厚的节点。通过以上的分析结果,可以判断那些占据网络关键信息资源和控制路径的机构,对提高电动汽车技术转移的效率,改善电动汽车技术转移网络的结构具有重要的意义。

结合上述的分析结果,我们建议:(1)通过更全面的数据,识别出在电动汽车技术转移网络中占据联系优势和信息优势的核心节点,并通过培养核心技术和精炼核心业务来提高这些核心节点的竞争力,保障网络稳健性;(2)通过培育龙头技术转移示范机构和培养复合型人才来优化电动汽车技术转移中介服务结构,建立畅通的技术沟通渠道。

### 参考文献:

- [1] 王辉,候光明.军民技术转移网络形成与发展的演化博弈分析[J].兵工学报,2009(增):20-24.
- [2] Albors J, Sweeney E. Transnational technology transfer networks for SMEs. A review of the state-of-the art and an analysis of the European IRC network[J]. Production Planning and Control, 2005(16):413-23.
- [3] Tu Yan, Zhang Ning, Wang Tianmei. Enterprises hi-tech transfer mechanisms in ecommerce environment[C]. Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), 2011(8):486-490.
- [4] 禹献云.基于CAS理论的高技术企业创新网络演化机理研究[D].长沙:湖南大学,2009.
- [5] 蒋贻宏.基于小世界网络视角的技术转移网络结构、功能和培育机制研究[D].中国科学技术大学,2011.
- [6] 刘凤朝,马荣康,姜楠.基于“985”高校的产学研专利合作网络演化路径研究[J].中国软科学,2011(7):178-192.
- [7] Qi Zhong, WANG Keyi. Knowledge network analysis within organizations based on SNA[J]. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008(10):1-5.
- [8] 闫相斌.我国管理科学领域机构学术合作网络分析[J].科研管理,2011(12):104-111.

# Empirical Study on Electric Vehicle Technology Transfer Network and Its Social Capital

YIN Qiuju, HUANG Jieping, FENG Li

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstracts:** The overall structure, individual characteristics, and the links among group members of technology transfer network have an important influence on the sustainable development of the network. Based on social network analysis approach, an empirical study on the structure of Electric Vehicle Technology Transfer Network (EVTN) and social capital which arises from its characteristics is conducted. First, the nodes which represent the organizations involved in the technology transferring are identified, based on which the EVTN at a certain time is constructed. Moreover, the structure of the network from the overall network structure (focusing on small world effect and small group) and individual attributes (focusing on central degree and the intermediary) are analyzed. Besides that, leading opinion and social capital among the network are judged, in order to provide a basis for the government management of the technology transfer market and the improvement of the robustness of the network.

**Key words:** electric vehicles; technology transfer; social network analysis; social capital