

长三角装备制造业产学研创新网络体系的演化分析¹

吕国庆¹, 曾刚¹, 郭金龙²

【摘要】: 利用国家重点产业专利信息服务平台, 对长三角装备制造业联合申请发明专利数据进行检索, 绘制了长三角地区企业、厂、公司与高校、科研机构之间的产学研创新网络, 从节点、部类、城市、区域等4个层面, 采用中心度、网络密度等网络结构指标, 对1985~2010年长三角装备制造业产学研创新网络的结构及空间特征进行分析。研究发现, 长三角装备制造业产学研创新网络的演化具有明显的阶段性特征, 中心度较高的成员多为高校, 区域内各城市的产学研空间分异特征明显, 地理邻近、行政邻近及知识规模邻近是影响行为主体建立创新合作联系重要的因素, 网络建构处于初级阶段。

【关键词】: 产学研创新网络; 装备制造业; 长三角

【中图分类号】: F129.9 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1000-0690(2014)09-1051-09

随着信息技术的发展, 以网络为特征的社会经济组织和空间发展模式, 已得到西方发达国家政府部门和学术界的关注^[1]。产学研创新网络是企业、厂、公司(以下简称企业)与大学、科研机构在技术创新过程中, 自发形成的一种非正式合作网络, 是国家创新体系建设的重要组成部分。它能整合高校及科研机构的创新资源, 解决企业技术创新的障碍, 同时也能为大学、科研机构的研发活动提供市场导向和资金支持, 从而促进科研成果向现实生产力转化。

网络研究已有多年历史, 然而, 基于网络的创新研究仍然是新兴的领域^[2]。新近关于产学研创新网络的研究呈现出2个特点^[3~23]: 第一, 成果多集中在经济和管理领域, 已有研究大多从宏观层面考察产学研创新网络的演变模式, 或者基于少数高校样本从微观层面分析产学研创新网络的特征及其变化趋势; 而地理学者更多的关注地理邻近性对创新网络知识流动的影响, 网络的结构和空间特征的演化关注较少。第二, 对传统产业的较少关注也是近年来研究中的一个不足, 特别是长三角的装备制造业实现了巨大的增长且日益重要, 却几乎完全被忽略。

因此, 本文着眼于竞争环境下产学研行为主体之间耦合和互动, 运用社会网络分析方法, 选取中心度、网络密度等指标, 考察1985年以来长三角装备制造业产学研创新网络的结构演变趋势, 研判其结构和空间特征, 以求为装备制造业竞争力及产学研创新网络体系的提档升级提供理论依据。

1 长三角装备制造业产学研创新网络构建

1.1 长三角装备制造业及产学研发展概况

长三角装备制造业门类齐全, 其作为引领中国经济增长火车头的龙头地位日益彰显。2010年, 6.2万家规模以上企业实现产值7.8万亿元; 电气机械及器材制造业、通用设备制造业、交通运输设备制造业和通信设备制造业等四大支柱产业, 合计产值占全国1/3以上。尽管如此, 长三角装备制造业也面临着越来越多的挑战, 一方面, 传统粗放型经济增长模式下存在急需突

1. 收稿日期: 2013-03-15; 修订日期: 2013-05-09

基金项目: 国家社会科学重大项目(10ZD016)、国家自然科学基金面上项目(41071093、41371147)、德国科学基金会(LI 981/8-1 AOBJ: 595493)资助。

作者简介: 吕国庆(1984-), 男, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, 主要从事区域经济与创新网络的研究。
E-mail: lvguoqing2002@126.com

破的若干瓶颈，如：自主技术创新能力依然薄弱、缺乏拥有自主知识产权的核心技术；另一方面，也面临着原材料成本上升、人力资源缺乏和绿色壁垒等多方面的压力。

长三角地区的产学研合作始于20 世纪80 年代初，通过企业、高校、科研机构的共同探索和实践，已经发展成为一个多形式、多方位、多层次、多元化的系统工程，在加快产业升级、技术创新和提升区域整体竞争力的过程中，发挥了重要的支持作用。但不可否认，目前长三角的装备制造业产学研创新网络体系，无论在广度上还是深度上，仍不能适应经济发展及市场激烈竞争的需要，存在着诸如供需失衡影响科技成果转化、利益分配机制尚不合理等种种障碍。

1.2 样本的选择与数据处理

本文选取1985 年以来长三角地区的装备制造企业为研究样本，讨论的区域为长三角城市经济协调会的16 个成员城市，分别是上海市、南京市、镇江市、扬州市、苏州市、无锡市、常州市、泰州市、南通市、杭州市、嘉兴市、湖州市、宁波市、绍兴市、台州市和舟山市。

联合申请发明专利是一种常见的产学研合作形式^[24]，可以反映网络中相关节点基于创新活动所进行的合作，如果专利申请人中包含高校或科研机构与企业的多个申请人，即认为主体之间存在合作关系。数据来源于国家知识产权局专利检索与服务系统中的重点产业专利信息服务平台，在国省代码检索栏分别输入“上海%”、“江苏%”和“浙江%”，按照专利申请人为大学、学院、研究所和公司、企业、厂的交叉组合，检索到发明专利7 612项；按照公司、企业、厂和大学、学院、研究所的交叉组合检索到4 538 项。结果中含有申请人为“××大学××公司”的发明专利，如复旦大学科学技术开发总公司，不符合联合申请的要求，同时国外和港澳台地区的联合申请专利也不在本文的讨论范围之内。由于专利申请日到公开日需要18 个月，在2010 年12 月以后的数据并不完全，因此提取数据的截止日期为2010 年12 月。对数据进行遴选，剔除上述不符合分析要求及不属于16 个成员城市的数据后，得到样本共4 019项。

从发明专利合作数量来看（图1），1985~2002 年，专利合作数一直处于较低水平，合作数量均在 100 以下；从 2003 年开始，合作数量迅速增加，2006 年超过 300 项，2008 年为 472 项；2009 年以后，装备制造业产学研合作进入跃升期，专利数量全部在 800 项以上。由此可以看出，长三角装备制造业产学研创新行为呈现明显的阶段性特征。同时，结合 2000 年后高校成为中国公共科研的主要力量^[25]这一论断，本文分 1985~1999 年、2000~2005 年、2006~2008 年和 2009~2010 年 4 个阶段对其创新网络的演变规律进行分析。

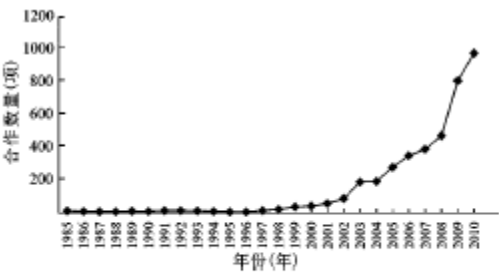


图1 1985-2010年长三角装备制造业产学研合作发明专利情况
Fig.1 The general information of cooperative invention patents in 1985-2010

2 长三角装备制造业产学研创新网络的演化分析

以4个阶段的数据作为依据,绘制以企业、高校以及科研机构为节点,专利合作关系为联系的产学研创新网络图谱(图2)。为简化网络线,将网络连接节点数的阈值均设为2,即产学研创新网络的节点之间只有2次以上合作才显示连线。

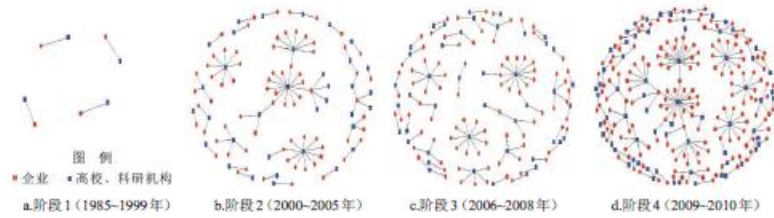


图2 1985-2010年长三角装备制造业产学研创新网络图谱
Fig.2 The development of cooperative innovation networks in 1985-2010

表1 1985-2010年长三角产学研创新网络关键节点演化分析
Table 1 The evolution of key nodes in cooperative innovation networks in 1985-2010

阶 段	企业、公司、厂				高校、科研机构			
	名称	边	相对中心度	中间中心度	名称	边	相对中心度	中间中心度
1985-1999年	上海市博道基因技术有限公司	1	0.059574	0.000000	复旦大学	6	0.085106	0.005019
	宝山钢铁(集团)公司	9	0.046809	0.007456	华东理工大学	10	0.042553	0.000982
	浙江海宁丝绸集团有限责任公司	3	0.021277	0.000091	浙江大学	8	0.034043	0.004546
	镇江聚氯乙烯树脂厂	2	0.017021	0.000791	常州大学	6	0.029787	0.000273
	常州电池厂	2	0.017021	0.002946	同济大学	5	0.029787	0.000182
	上海宝山钢铁总厂	3	0.017021	0.001146	南京大学	4	0.025532	0.001155
	上海跃龙有色金属有限公司	1	0.012766	0.000000	南京航空航天大学	3	0.025532	0.002555
	上海新新机器厂	3	0.012766	0.000055	杭州市化工研究所	3	0.021277	0.000055
	武进市曙光防腐材料厂	1	0.012766	0.000000	东华大学	4	0.021277	0.000109
	杭州民生凯普医药化工有限公司	1	0.012766	0.000000	浙江工业大学	2	0.017021	0.000018
2000-2005年	宝山钢铁股份有限公司	19	0.076782	0.078638	复旦大学	36	0.190128	0.051829
	上海博道基因技术有限公司	1	0.062157	0.000000	浙江大学	52	0.182815	0.065177
	上海南方模式生物科技发展有限公司	4	0.02925	0.003184	上海交通大学	47	0.159049	0.056417
	上海蓝宝光电材料有限公司	2	0.023766	0.002123	华东理工大学	38	0.127971	0.042063
	扬子石油化工股份有限公司	4	0.021938	0.015108	上海大学	18	0.071298	0.021794
	上海先导药业有限公司	2	0.021938	0.001109	东华大学	18	0.063985	0.000512
	硅存储技术公司	2	0.02011	0.003903	华东师范大学	18	0.053016	0.027450
	浙江新和成股份有限公司	1	0.02011	0.000000	中科院上海有机化学研究所	9	0.04936	0.012539
	上海焦化有限公司	4	0.016453	0.006265	同济大学	13	0.043876	0.012583
	浙江化工科技集团有限公司	1	0.016453	0.000000	中科院上海技术物理研究所	5	0.032907	0.000047
2006-2008年	中控科技集团有限公司	1	0.047859	0.000000	浙江大学	83	0.229219	0.151348
	昆山维信诺显示技术有限公司	1	0.030227	0.000000	华东理工大学	36	0.084383	0.031154
	宝山钢铁股份有限公司	15	0.025189	0.101789	东华大学	30	0.079345	0.022590
	上海特化医药科技有限公司	2	0.018892	0.000793	上海交通大学	40	0.078086	0.061957
	浙江新和成股份有限公司	1	0.016373	0.000000	东南大学	30	0.073048	0.026031
	上海雷允上科技发展有限公司	1	0.013854	0.000000	上海大学	36	0.071788	0.036652
	海通食品集团股份有限公司	1	0.011335	0.000000	江南大学	27	0.060453	0.000599
	江苏宏人特种钢机械厂	1	0.011335	0.000000	浙江工业大学	28	0.050378	0.023078
	浙江医药股份有限公司新昌制药厂	3	0.011335	0.016910	复旦大学	21	0.046599	0.018571
	上海焦化有限公司	2	0.010076	0.018860	清华大学	9	0.04534	0.006379
2009-2010年	上海新微科技股份有限公司	1	0.030278	0.000000	浙江大学	104	0.148024	0.096733
	宝山钢铁股份有限公司	15	0.027754	0.062464	上海交通大学	69	0.129521	0.100210
	上海科立特农科(集团)有限公司	2	0.02439	0.007632	华东理工大学	44	0.076535	0.025203
	上海国森生物科技有限公司	1	0.017662	0.000000	上海大学	35	0.067283	0.019953
	昆山维信诺显示技术有限公司	1	0.016821	0.000000	东华大学	39	0.065601	0.051623
	浙江医药股份有限公司新昌制药厂	4	0.015139	0.003307	江南大学	41	0.058032	0.022074
	上海睿兔电子材料有限公司	1	0.014298	0.000000	东南大学	32	0.054668	0.027060
	中控科技集团有限公司	1	0.012616	0.000000	浙江工业大学	37	0.052145	0.045713
	上海贝尔股份有限公司	1	0.011775	0.000000	同济大学	29	0.043734	0.014654
	上海电气集团股份有限公司	4	0.010934	0.011859	常州大学	33	0.036165	0.026260

对于总体网络而言，阶段1（1985~1999 年）网络线稀疏，联合申请少，网络规模和连接次数分别为236、194，多数企业与高校、科研机构仅进行了1次合作，以致图谱中显示的节点数目仅为8 个；阶段2（2000~2005 年）与阶段3（2006~2008 年），节点之间初现联网之势；阶段4（2009~2010 年），网络规模和连接数达到1 190、1 999，网络线稠密并出现中心及多个子网。说明：随着时间的推移，长三角装备制造业产学研创新网络中参与合作的组织数逐渐增多，知识交流愈发频繁。

2.1 产学研创新网络关键节点的演化分析

度表示与某节点直接相连的组织个数，度数越大代表节点间合作的次数越多，合作关系越持久。基于此，选取 Freeman(1979) 相对中心度^[26]及 Liefner 等(2011)中间中心度[4]2 个指标，考察长三角装备制造业产学研创新网络中关键节点的变化(表 1)。

通过对网络指标的计算，并根据相对中心度高低进行排序后发现：① 长三角装备制造业产学研创新网络的连接呈现“核心-边缘”范式，浙江大学、上海交通大学、华东理工大学等工科院校在创新能力、创新资源以及创新基础设施等方面具有优势，其他成员为获得更多创新效益，越来越倾向于与创新实力雄厚的机构组建创新联盟；② 企业网络指标方面，排名靠前节点的中间中心度仍有近50%显示为0，仅有少数大型国有企业（如宝山钢铁）与多家高校、科研结构发生联系，说明产学研创新网络中的企业倾向与专业领域内的某一所大学建立联系，这在一定程度上也是造成考察时段企业排序变化较大的原因；③ 清华大学等研发基础、研发能力较强的大学和科研机构，作为区域外知识提供者的作用日渐凸显；④ 除杭州市化工研究所、中科院有机化学研究所和物理技术研究所在考察时段，作为关键节点出现过1 次外，再无科研机构出现在前10 位，说明科研机构在产学研创新网络中的作用并不突出；⑤ 相比浙江大学、上海交通大学等高校，复旦大学因其进行创新合作的企业数量较少，在2009 年后并未作为关键节点出现，由此可见，为使网络具有更高的鲁棒性和连接的可靠性，应加大鼓励和支持企业与高校、科研机构进行合作创新的力度。

2.2 部类产学研创新网络的演化分析

根据国际专利分类表，专利共分为8 个部类。A部为生活需要；B 部为作业、运输；C 部为化学、冶金；D部为纺织、造纸；E部为固定建筑物；F部为机械工程、照明、加热、爆破；G 部为物理；H 部为电学。将样本数据按部类进行统计（表2），长三角装备制造业产学研联合申请的发明专利以C部最多，G、H、A、B比例类似，F、E部较少。

表2 1985~2010年长三角装备制造业产学研联合申请专利分布情况(按类型分)
Table 2 The distribution of cooperative invention patents from 1985 to 2010 (by type)

类型	A 部	B 部	C 部	D 部	E 部	F 部	G 部	H 部	合计
数量(次)	496	483	1549	195	103	174	512	507	4019
百分比(%)	12.34	12.02	38.54	4.85	2.56	4.33	12.74	12.62	100

随着长三角装备制造业产学研创新网络规模的扩张，各部类网络中心点也在发生变化（图 3）。A 部的网络中心点先后经历复旦大学、浙江大学和江南大学的更替，江南大学基于其强大的专业优势而最终成为网络的核心节点。2000 年以前，B 部的局部中心点一直是宝钢，且相对中心度较高；随后复旦大学、上海交大开始超越宝钢，浙江大学和华东理工大学的中心度指标和宝钢并驾齐驱；2009 年后，上海交大、浙江大学的绝对局部中心度继续攀升并成为合作创新网络的核心节点。C 部中心点的变化趋势与 B 部相似，2000 年前，局部中心点基本以宝钢为主，华东理工大学在其子网中的核心地位稍有体现；2000 年后，华东理工大学、浙江大学、浙江工业大学成为网络中的三大节点。2000 年以前，D 部、E 部、F 部、G 部、H 部的网络规模普遍较小，不存在明显的局部中心点。2000 年以后，D 部中心点是东华大学，并具有较高的相对中心度，这充分体现了东华大学在纺织科学领域的优势地位；E 部中心点为浙江大学、同济大学；F 部为上海交大、东南大学、浙江大学；G 部为上海交大和上海大学。H 部产学研创新网络的变化较为复杂，呈现“百花齐放”的状态，基本形成以浙江大学、上海交大为一级节点，华东理工大学、上海大学、清华大学等一批高校及科研机构为二级节点的产学研创新网络；且上海电气等一批企业的中心度在网络中同样有所体现，处于较为重要的位置。总体上，按部类对长三角装备制造业产学研创新网络进行的分析和关键节点的分析吻合。

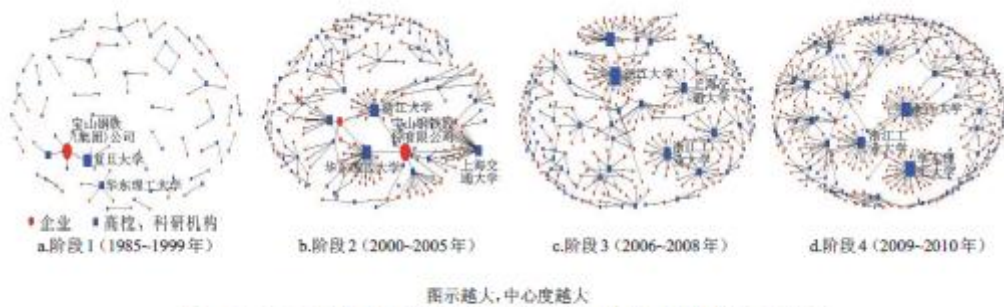


图3 1985-2010年长三角装备制造业产学研创新网络中心度图谱(以C部为例)
Fig.3 The centrality analysis of cooperative innovation networks (section C, for example)

2.3 产学研创新网络空间结构的演化分析

把样本数据按所属城市进行归类, 专利联合申请的高校或科研机构与企业均在同一个城市的, 认定为城市内部合作, 反之则为城市外部合作(包括与长三角外省市、省外但属长三角内部的城市以及省内等3个层次)。为超越单一节点的分析, 需重点讨论长三角装备制造业产学研创新网络体系在空间层面的分布状况及其变化。

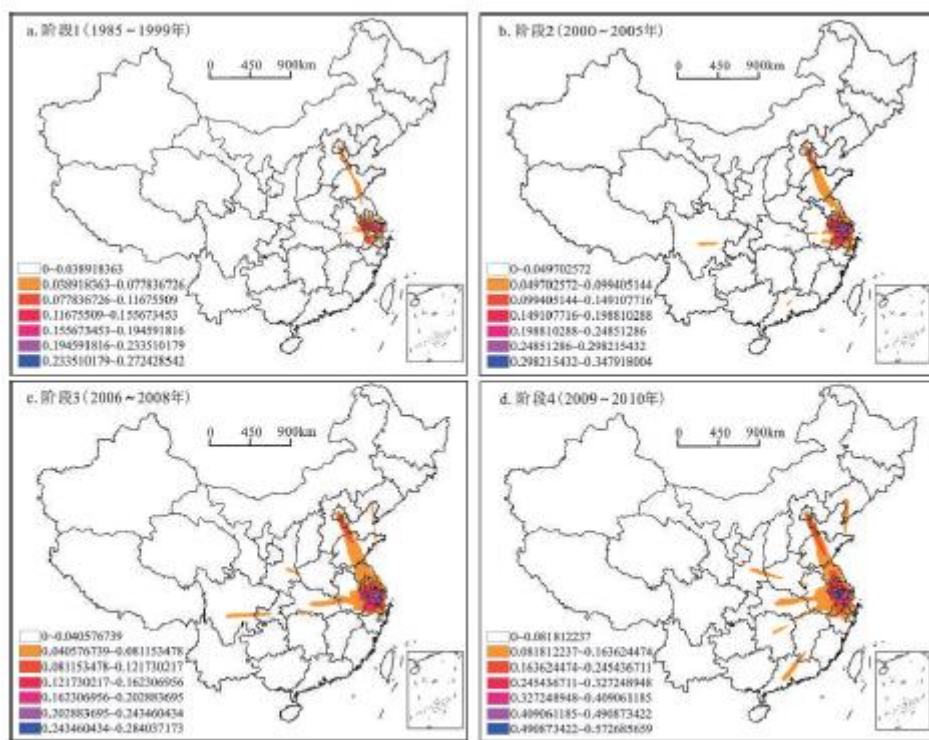


图4 1985-2010年长三角产学研创新网络外部合作核密度
Fig.4 The kernel density analysis in external cooperation in 1985-2010

利用ArcGIS 核密度工具, 输入16个城市外部合作关系链的数值及走向, 对外部产学研创新网络的空间分布特征进行测算(图4)。研究发现: ①4个阶段的产学研创新网络中, 分别含有22、31、33、36个城市及区域, 网络密度分别为0.210、0.336、0.684和0.685, 网络加权集聚系数分别为0.372、1.163、1.834和1.997, 网络平均最短路径分别为2.359、2.270、2.164和2.115。可以看出, 长三角产学研创新网络集聚程度越来越高, 平均距离越来越短, 区域间的产学研合作越来越明显。②比较4个阶段的空间图, 长三角与区域外部高校及科研机构的合作开始不断增强, 从2000年开始, 北京强大知识扩散效应开始在长三角

地区有所显现，截至2010 年，湖北、辽宁、陕西、广东等省的高校、科研机构也作为重要的创新节点出现。③ 长三角地区城市外部产学研创新网络的空间集聚变化特征明显。阶段1（1985~1999 年）分别形成上海、南京、杭州的“三核”格局，除3 个核心城市间的知识交流通道外，尚未形成其他显著性的通道，说明此阶段的知识扩散以接触扩散为主；阶段2（2000~2005年），城市之间的产学研合作开始整合，上海周边的苏州、嘉兴等地的装备制造企业逐渐加强与上海高校、科研机构的创新合作，网络空间呈现出明显的圈层结构，杭州仍作为独立核心但相对集聚程度已有所减弱，知识扩散方式逐渐由接触扩散为主向等级扩散为主转变；从2006 年开始，长三角各城市之间产学研创新网络的空间集聚进一步发生，边界对城市间产学研创新合作的影响逐步减小，湖州、台州、泰州等高校、科研资源稀缺的城市，寻求产学研合作的行为越来越多，单核集聚的空间格局逐渐形成，产学研交流以等级扩散为主。

表3 1985-2010年长三角内部合作情况
Table 3 The internal cooperation of each city in 1985-2010

城市	上海	南京	镇江	扬州	苏州	无锡	常州	泰州
1985-1999 年	合作数(次)	89	16	2	3	3	13	2
	城市内部合作比例(%)	80.90	50.00	0.00	0.00	33.33	0.00	15.38
	外部合作(次)	17	8	2	3	2	3	11
	区域内部合作(次)	5	7	2	3	2	3	11
	省内合作占比(%)	—	62.50	100.00	66.67	0.00	66.67	45.45
2000-2005 年	合作数(次)	512	48	5	17	21	27	5
	城市内部合作比例(%)	88.48	66.67	40.00	0.00	14.29	22.22	20.00
	外部合作(次)	59	16	3	17	18	21	4
	区域内部合作(次)	14	15	3	14	17	19	4
	省内合作占比(%)	—	12.50	100.00	70.59	44.44	38.10	25.00
2006-2008 年	合作数(次)	451	98	30	11	75	75	52
	城市内部合作比例(%)	86.47	73.47	20.00	0.00	14.67	36.00	26.92
	外部合作(次)	61	26	24	11	64	48	38
	区域内部合作(次)	26	15	12	10	35	45	38
	省内合作占比(%)	—	6.67	83.33	60.00	37.14	75.56	97.37
2009-2010 年	合作数(次)	702	157	49	31	133	93	93
	城市内部合作比例(%)	85.19	82.17	36.73	12.90	30.08	25.81	48.39
	外部合作(次)	104	28	31	27	93	69	48
	区域内部合作(次)	28	18	22	19	51	51	47
	省内合作占比(%)	—	61.11	50.00	63.16	39.22	80.39	82.98
城市	南通	杭州	嘉兴	湖州	宁波	绍兴	台州	舟山
1985-1999 年	合作数(次)							
	城市内部合作比例(%)	6	21	4	1	3	3	9
	外部合作(次)	16.67	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
	区域内部合作(次)	5	7	4	1	3	3	8
	省内合作占比(%)	4	6	4	1	3	2	7
2000-2005 年	合作数(次)	80.00	0.00	50.00	100.00	100.00	66.67	50.00
	城市内部合作比例(%)	13	87	18	5	40	26	18
	外部合作(次)	7.69	54.02	11.11	0.00	22.50	3.85	0.00
	区域内部合作(次)	12	30	16	5	31	25	18
	省内合作占比(%)	10	26	16	5	26	25	11
2006-2008 年	合作数(次)	58.33	0.00	37.50	80.00	45.16	64.00	38.89
	城市内部合作比例(%)	24	161	23	13	63	67	40
	外部合作(次)	12.50	81.99	43.48	7.69	28.57	7.46	0.00
	区域内部合作(次)	21	29	13	12	45	62	40
	省内合作占比(%)	19	22	13	12	41	60	29
2009-2010 年	合作数(次)	24	161	23	13	63	67	40
	城市内部合作比例(%)	64	217	32	23	61	57	55
	外部合作(次)	10.94	77.88	28.13	4.35	47.54	15.79	0.00
	区域内部合作(次)	57	48	23	22	32	48	55
	省内合作占比(%)	54	39	20	21	29	38	43

对长三角城市内各自企业与本市、本省内部高校及科研机构的装备制造业专利合作数及所占比例进行统计（表3），研究发现：① 1985~2010 年，城市内部合作比例只有上海、杭州、南京表现突出，长三角知识规模较大的城市凭借本市内部优质的高校、科研资源，更倾向于进行城市内部合作。② 受行政边界因素的影响，长三角大部分城市（除杭州外）仍倾向于与省域内的高校或科研机构进行合作，社会惯例、管理制度的相似性对创新合作对象的选择作用明显。③ 就杭州而言，由于浙江省内优质的高校、科研资源在杭州的集聚程度较高，寻求合作的城市主要集中在长三角的上海、南京、无锡等地，知识规模邻近是影响和驱动网络演化的重要因子。④ 节点之间地理邻近是形成产学研创新网络的基础，虽然其他省市、地区的高校、科研结构介入网络节点的数量日益增多，地理邻近的作用有所减弱，但在长三角产学研创新网络内部复杂知识进行传播和交流时，地理邻近仍然是创新网络能否长期存在的决定性因素。⑤ 长三角16 个城市的产学研合作行为呈现出明显的空间分异现象，结合城市的科技经济发展水平和内部高校及科研机构的研发实力，可将其划分为5 种类型。上海作为长三角装备制造业产学研创新网络核心城市，在知识扩散和集聚方面表现最为突出，属于第一类城市。第二类是侧重于城市内部合作，内部合作比例始终高于50%，且保持高比例状态，知识本地化交流程度及其产学研网络紧密程度较高，说明边界对于这类城市装备制造业网络主体的合作行为有较大影响，南京、杭州属于此类型。嘉兴、苏州等2 个城市自实现内部产学研创新合作以来，比例基本维持在30%~50%之间，说明产学研网络主体的合作行为较为稳定，属于第三种类型。第四类是城市内部合作比例较低，倾向于跨越边界，与拥有更优质资源高校、科研机构的城市结网，城市边界对于这类城市装备制造业产学研网络的影响较小，其中，镇江、扬州、泰州、南通、湖州、绍兴、台州等7 个城市内部合作比例均较低，主要依赖外部知识来源。常州、无锡、宁波、舟山等4个城市通过本地高校的发展以及外省市高校（诸如浙江大学、西安交通大学等）设立分院的形式，逐步加强与本地高校、科研机构的内部合作，比例在时间节点上一直有所增加，但截至第三阶段仍低于50%，说明上述城市内部合作逐渐增多，但尚以外部合作为主，属于第五种类型。

3 结论及建议

地理学视角下有关创新网络体系的研究，缺乏节点层面创新网络的动态变化的探讨。本文从微观数据入手，以区域、城市单元为空间尺度，选取长三角装备制造业为研究对象，运用社会网络的分析方法，对产学研创新网络结构和空间特征进行分析，得出以下结论。

第一，随着时间的推移，长三角装备制造业产

学研创新网络中参与合作的组织数迅速增多，网络集聚程度越来越高，平均距离越来越短；但网络中心度较高的成员多为高校，科研机构的网络中心性尚不明显，企业的网络中心性较差，双向互动的合作创新机制尚未建立。

第二，比较长三角地区产学研创新网络演化过程中的核心节点和空间核心的变动，可以发现长三角各城市之间的产学研交流逐渐以等级扩散为主，空间分异特征明显，绝大多数城市在建立创新联系时存在一种明显的空间选择倾向：即更倾向与同一行政区内或地理、知识规模邻近的城市进行产学研合作。

第三，结合“企业是创新网络体系的主体”的有关论断，实证结果表明长三角装备制造业产学研创新网络的构建仅停留在初级阶段，建议选取重点企业作为突破，建立知识转移平台，强化企业在创新体系中的核心地位，鼓励其与高校、科研机构进行创新合作，以使网络具有更高的鲁棒性和网络连接的可靠性。

本研究进一步拓展的方向主要有：① 本文选用专利数据作为指标，优点在于可获得性和可控性较高，但其仅为创新成果的一个侧面，可能会因为关注面过窄影响结论的实用性，采取其他多种绩效指标有助于提升结论的实用性。② 结合企业访谈和问卷调查，构建科学、合理的多维邻近分析框架，探讨网络空间和地理空间的交互作用对创新行为的影响无疑是一个有趣的研究方向。③ 对产学研创新网络的演化机理的探讨。描绘网络图谱的优势在于指标的可视化，可以实现网络的分析由抽象描述向直观表述、定量分析的转变，但其并不涉及内在演化机制的剖析。

[参考文献]:

- [1] 刘卫东, 甄峰. 信息化对社会经济空间组织的影响研究[J]. 地理学报, 2004, 59(Z1): 67~76.
- [2] Whittington K B, Owen-Smith J, Powell W W. Networks, propinquity, and innovation in knowledge-intensive industries [J]. Administrative Science Quarterly, 2009, 54(1): 90-122.
- [3] Wu W, Lee Y. Selecting knowledge management strategies by using the analytic network process [J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(3): 841-847.
- [4] Liefner I, Hennemann S. Structural holes and new dimensions of distance: the spatial configuration of the scientific knowledge network of China's optical technology sector [J]. Environment and Planning A, 2011, 43: 810-829.
- [5] 亨利·埃茨科威兹. 国家创新模式——大学、产业、政府“三螺旋”创新战略[M]. 周春彦译. 北京: 东方出版社, 2005.
- [6] Liefner I. Funding, resource allocation, and performance in higher education systems [J]. Higher Education, 2003, (46): 469-489.
- [7] Sorenson O, Jan W. Complexity networks and knowledge flow [J]. Research Policy, 2006, 35(7): 994-1017.
- [8] Cantner U. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis [J]. Research Policy, 2006, 35(4): 463-480.
- [9] 曾刚, 李英戈, 樊杰. 京沪区域创新系统比较研究[J]. 城市规划, 2006, 30(3): 32~38.
- [10] 杨兴宪, 刘毅, 牛树海. 区域创新系统的研究进展及展望[J]. 地理科学, 2006, 26(2): 251~255.
- [11] 苗长虹. 欧美经济地理学的三个发展方向[J]. 地理科学, 2007, 27(5): 617~623.
- [12] Motohashi K. Assessment of technological capability in science industry linkage in china by patent database [J]. World Patent Information, 2008, 30(3): 225-232.
- [13] Hoekman J, Frenken K, Frank O. The geography of collaborative knowledge production in Europe [J]. The Annals of Regional Science, 2009, 43(3): 721-738.
- [14] Graf H, Henning T. Public research in regional networks of innovators: A comparative study of four East German regions [J]. Regional Studies, 2009, 43(10): 1349-1368.
- [15] 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.
- [16] 汪涛, Hennemann S, Liefner I, 等. 知识网络空间结构演化及对NIS 建设的启示——以中国生物技术知识为例[J]. 地理研究, 2011, 30(10): 1861~1872.

[17] 陈伟,张永超,田世海. 区域装备制造业产学研创新网络的实证研究——基于网络结构和网络聚类的视角[J]. 中国软科学,2012, (2):96~107.

[18] Messeni A, Albino V, Carbonara N. Leveraging learning behavior and network structure to improve knowledge gatekeeper' s performance [J]. Journal of Knowledge Management,2010,14(5): 635-658.

[19] 冯锋,王亮. 产学研创新网络培育机制分析——基于小世界网络模型[J]. 中国软科学, 2008, (11):82~86.

[20] 雷滔,陈向东. 区域校企合作申请专利的网络图谱分析[J]. 科研管理, 2011, 32(2):67~73.

[21] 马艳艳,刘凤朝,孙玉涛. 中国大学-企业专利申请合作网络研究[J]. 科学学研究, 2011, 29(3):390~395.

[22] 陈伟,张永超,马一博,等. 区域装备制造业产学研创新网络的实证研究——基于网络结构和网络聚类的视角[J]. 科学学研究,2012,30(4):600~607.

[23] 马海涛,刘志高. 地方生产网络空间结构演化过程与机制研究——以潮汕纺织服装行业为例[J]. 地理科学,2012,32(3):308~313.

[24] Levy R, Roux P, Wolff S. An analysis of science-industry collaborative patterns in a large European University [J]. The Journal of Technology Transfer, 2009, 34(1):1-23.

[25] 顾建民,王爱国. 高校科研体制改革问题与展望[J]. 中国高教研究,2008, (9):12~15.

[26] Freeman L C. Centrality in social networks: conceptualizations and clarifications [J]. Social Networks, 1979, (1):215.