

复杂网络视角下中国装备制造业创新网络研究

何地¹ 白晰²

¹ (辽宁大学商学院, 沈阳 110000) ² (辽阳银行沈阳皇姑支行, 沈阳 110000)

〔摘要〕 本文基于复杂网络视角,以2016年中国装备制造业前100强企业为主要研究对象,以联合申请发明专利数据作为构建创新网络依据,采用社会网络分析法,从网络结构和网络特征两个角度全面分析了网络发展状况,并进行回归分析,探讨了网络中心度、结构洞对网络创新产出的影响。结果表明:中国装备制造业创新网络结构较为松散、凝聚力较差,国有企业依然是产业主体,但产学研合作不足;网络中心度与创新产出之间成正相关,而以自益型结构洞为主的结构洞限制度在一定程度上对创新产出产生抑制作用。

〔关键词〕 装备制造业 创新网络 复杂网络 网络结构 网络特征 技术创新

DOI:10.3969/j.issn.1004-910X.2018.03.002

〔中图分类号〕 F276.42; F424.3 〔文献标识码〕 A

引言

装备制造业作为现代工业结构的核心,其规模和发展水平决定了一个国家的产业竞争力与工业化水平^[1]。装备制造业可以通过技术创新来降低生产成本,将生产要素在经济效益好、科技含量高的部门合理分配,从而推动其他产业的技术进步和跨越式发展,因此具有极强的带动效应^[2]。目前,我国装备制造业发展迅速,从体量上看,已经成为世界装备制造业大国,形成了门类齐全、具有相当规模和一定水平的产业体系。但是,我国装备制造业依然存在诸如产业结构不合理、关键技术缺失、自主创新能力不足等问题。显然,在加速工业转型升级和实施创新驱动发展战略的背景下,如何实现装备制造业综合竞争力的提升,成为社会各界关注的重大课题。

随着科技创新呈现出复杂性、动态化和多领域交叉融合等特性,创新趋向于网络化发展,创新网络的形成有利于创新资源的集聚、创新效率的提高以及科技成果的转化,被认为是能够适应目前激烈竞争需求的一种高效创新模式^[3]。显然,装

备制造业的创新发展离不开其所处的创新网络,反之,创新网络的结构、创新主体间的关联等决定了产业发展的质量。从现阶段装备制造业技术创新研究情况来看,焦点主要集中在装备制造业的创新效率^[1]、创新能力评价^[4]、创新模式^[5]、协同创新体系^[6]等方面,而关于装备制造业创新网络的研究尚显不足。本文以2016年装备制造业100强企业为主要研究对象,选取1996~2015年联合专利数据,基于复杂网络视角,从宏观、微观层面进行全面分析,为丰富相关理论和实践发展提供一定参考。

1 研究文献回顾

1.1 创新网络相关研究

创新的发展经历了由“封闭式”的技术推动型和市场拉动型向“开放式”的网络合作型^[7]的范式转变。创新网络作为网络合作型创新范式的载体,是由于企业应对创新呈现出越来越明显的不确定性和单个创新主体实现创新的局限性而产生。Freeman(1991)首次系统地阐述了创新网络的内涵:创新网络是应付系统性创新的一种基

收稿日期:2017-09-18

基金项目:国家社会科学基金青年项目“生态位视角下新型城镇化适宜度评价指标体系构建及实证研究”(项目编号:15CGL050)。

作者简介:何地,辽宁大学商学院博士研究生。研究方向:技术创新管理。白晰,通讯作者,辽阳银行沈阳皇姑支行职员。研究方向:产业经济。

本安排,具有非正式性和隐含性的关系特征,企业间的创新合作关系构成了其主要联结机制^[8]。在Freeman研究的基础上,诸多学者又从不同角度对创新网络的内涵进行了阐述:从经济学角度,Harris、Coles和Dickson认为创新网络是共同参与创新开发和扩散的多个协同群体形成联系集合,并且各个群体之间的关系包括正式合约或非正式安排^[9];从管理学角度,吴贵生认为创新网络由在技术创新过程中涉及到的企业或个人构成,企业可以通过创新网络获得发展,交换信息、知识和其他资源^[10];从系统科学角度,Koschatzky认为创新网络是一个复杂的巨系统,具有非正式性、嵌入性、交叉融合性等特征^[11]。随着研究的不断深入,学者们相继从区域创新网络^[12]、企业创新网络^[13]、正式创新网络和非正式创新网络^[14]、协同创新网络^[15]等方面丰富了创新网络相关研究内容。

创新网络还具有不断演进的特征,其中包含的创新主体、链接关系、需求、问题、能力以及资源都会随时间发生变化^[16]。Dyer分析了汽车业企业间网络和个人关系随时间变化的动态演化情况^[17]。许庆瑞将“企业技术能力演化”视为网络演化问题的核心^[18]。Walter通过研究发现协作安排、关系技能、内部沟通和伙伴知识构成了创新网络动态演化的基础^[19]。张宝建、张道宏等从网络租金和结构洞两方面解释了创新网络的生成和进化原理,指出创新网络在网络租金的作用下,通过结构洞的开发实现不断的进化和动态平衡^[3]。Guan、Shi利用“小世界性”理论分析了全球纳米专利创新网络^[20]。付韬、张永安通过对有核型

产业集群创新网络进行仿真,构建了创新网络的“三次进化”路径,即重点企业通过分包推动网络生产多点结构,非重点企业通过升级构成子系统推动网络产生层级结构^[21]。党兴华从知识权力角度分析了4种创新网络演化的动力来源,分别为内生推动力、内生调控力、结构制约力和外生拉动力^[22]。Hermans基于空间演化视角,认为创新网络的相对空间演化具有节点连续增长的特性^[23]。刘国巍通过研究产学研合作创新网络在时间和空间维度上的演化规律,发现网络演化主要经历混沌形成、无序扩张和有序发展3个阶段^[24]。

1.2 装备制造业创新网络研究

关于装备制造业创新网络的研究文献主要集中在以下几个方面:(1)基于地理视角的创新网络研究。吕国庆、曾刚等通过对长三角地区装备制造业产学研创新网络结构和空间特征的研究,发现地理邻近、行政邻近及知识规模邻近是影响创新网络形成的主要因素^[25]。同时,通过研究我国装备制造业创新网络,发现地理邻近是驱动创新网络演化的关键因素^[26];(2)基于区域视角的创新网络研究。陈伟、张永超等以东北三省装备制造业创新网络为研究对象,指出其具有明显的“核心—边缘”结构特征,并且网络中心性和结构洞指标均对创新产出起到正向促进作用^[27];(3)基于集群视角的创新网络研究。邵云飞、周敏等通过研究德阳装备制造业网络集群发现其网络密度低,知识传播能力较差,网络结构影响创新产出^[28];李慧构建了以知识为关键要素,具有核心层、支撑层和外围层3个层次的立体化装备制造业创新网络系统^[29]。

表1 装备制造业创新网络研究文献梳理

研究视角	代表性文献	研究成果
地理视角	吕国庆、曾刚等(2014)	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的主要因素; 地理邻近是装备制造业创新网络形成的基础及演化的首要驱动因子。
区域视角	陈伟、张永超等(2012)	东北三省装备制造业创新网络中“核心—边缘”结构范式明显,且中心性和结构洞对网络成员创新产出起到正向作用。
集群视角	邵云飞、周敏(2013) 李慧(2012)	网络结构影响创新产出; 装备制造业创新网络可分为核心层、支撑层和外围层3个层次。

2 研究数据和方法

2.1 数据来源

合作发明专利是指多个实体单位联合申请,并获得政府部门批准的发明专利,主要反映组织间基于合作带来的知识扩散,是探讨知识共享和创新合作最直接、最有效的方式^[30]。因此,本文以发明专利联合申请为实证数据来研究中国装备制造业创新网络,选取2016年装备制造业100强企业为主要研究对象^①。选取的原因是:100强企业是装备制造业中的重要主体,起到引领作用;以往的研究从联合专利筛选入手,再确定网络成员,存在一定偏差现象。在构建节点关系矩阵时,本文以装备制造业的创新主体为节点单位,选择创新主体间联合申请专利为关系依据。联合申请专利数据来自国家知识产权局专利数据库,采取关键词检索与IPC分类相结合的检索方式进行筛选。“专利申请人”为100强企业,同时添加IPC分类号检索,主要包括H01L21、H01L29、H01L23、H01L27、H01L25、H01L33、H01L31、G02F1、G03F7、H05K3、H01S5、H05K3、C23C16、G03F1、B23K26、H05K1、G02B6、H01L51、H05H1、G06K19、H01J9、C08K3、C01B31、G11B5、H01M2、H01M10、B65G49、G02B26、C23C14、H04N5、B24B37、J01M4、G03G15;数据检索的时间为1996~2015年,由于专利从提出申请到公开大约有18个月的滞后期,为了避免时间滞后的影响,故选取年份截至2015年,以20年为时间跨度。

2.2 研究方法

本文采用社会网络分析法,社会网络分析方法的产生和发展是知识积累的过程。它得益于心理学、人类学、概率论等学科的发展,是结合多种网络结构属性形成的数学分析方法。社会网络分析的关键在于把复杂多样的关系形态表征为一定的网络构型,深层次剖析各个个体之间、个体与整体之间的关系。社会网络分析方法可以分为两大类:(1)整体社会网络,它关注所有节点之间的关系,分析内容包括网络密度、中心性和子

群;(2)以个体为中心所形成的自我中心社会网络,主要分析的是节点在网络中的连接强度与网络位置,分析内容包括强弱关系、结构洞等。社会网络分析在创新研究中的运用是主要应用领域之一,由于其优势在于揭示社会机制的作用过程和用整体的观点考察节点之间的互动关系,很适合做创新研究。本文基于上述获取的数据,应用Ucinet6软件绘制中国装备制造业的创新网络图。

3 实证分析

根据中国装备制造业100强及相关联合专利合作伙伴组成的节点关系矩阵,应用Ucinet6软件绘制出中国装备制造业创新网络图,如图1所示。中国装备制造业创新网络图的基本信息如下:网络规模为223,连接总量为362。

3.1 网络结构分析

3.1.1 连接维度

从连接结果可知,中国装备制造业创新网络呈现出“核心—边缘”的分布结构。从连接结构上看,主要分为零散式平行结构、星形式主导结构和协同式复合结构,如表2所示。其中,零散式平行结构指的是该类型网络是独立的,与其他任何成员没有连接,该网络结构内成员间只具有1次接连关系,如“杭州金鱼电器集团—杭州亿脑智能科技有限公司”形成的网络、“哈尔滨电气动力—江苏大学”形成的网络;星形式主导结构指的是该网络的中心为主导企业,其他成员依次与中心连接,呈“星形”辐射状,如“沈阳鼓风机集团—沈阳鼓风机集团齿轮压缩机公司—沈阳透平机械公司—大连节能重工机械公司—中国广核集团”、“浙江吉利控股集团—浙江吉利汽车研究院—浙江吉利汽车杭州分公司—浙江吉利罗佑发动机—济南吉利汽车零部件—湖南罗佑发动机—浙江吉润汽车—宁波上中下变速器”形成的网络;协同式复合结构指的是该类型网络中至少有1组3个节点彼此相互连接,网络显现出协同合作、共生共荣的特点,如“上海交通大学—上海华振重工—宝钢钢铁—上海电机厂—上海电气集团—上

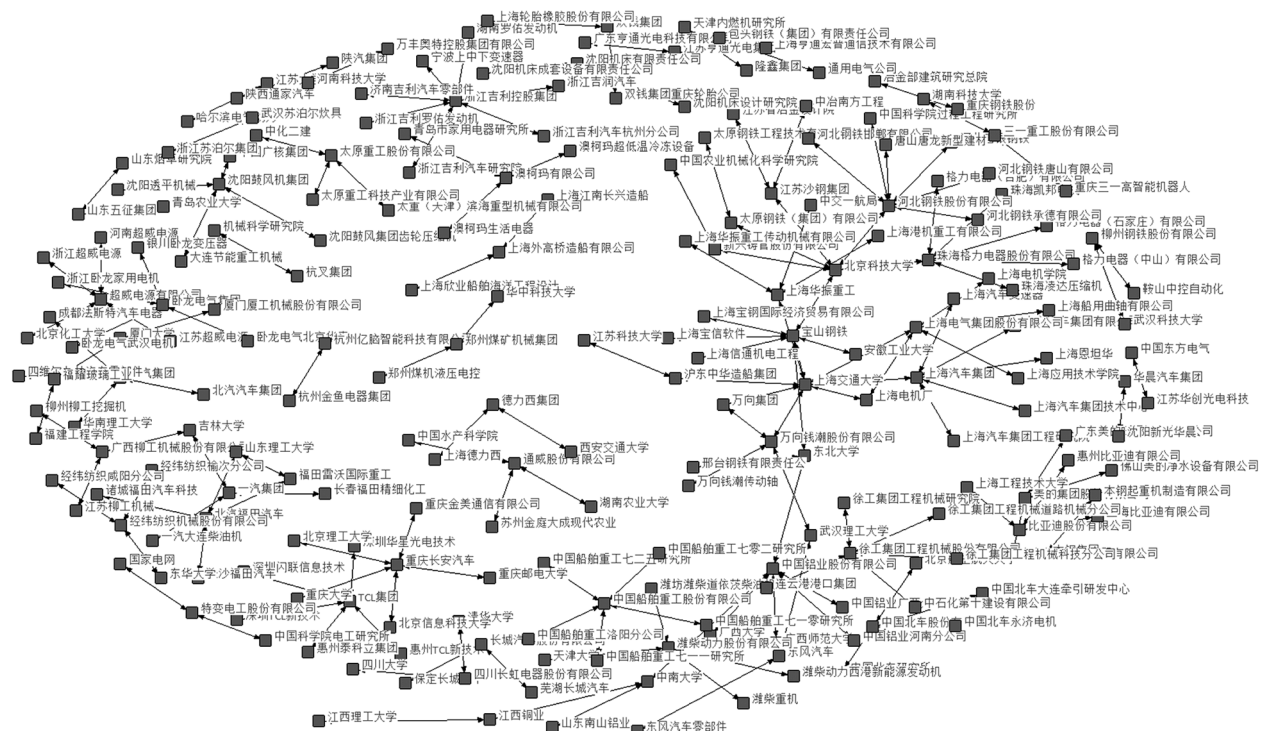


图1 中国装备制造业创新网络图

海电机学院——上海汽车集团——上海汽车变速器公司——万向钱潮公司——万向集团——沪东中华造船集团——上海交通大学”。在这3种结

构中，零散式平行结构数量最多，其次是星形式主导结构，而协同式复合结构最少。

表2 连接维度网络结构分类及特征

结构类型	特征	举例
零散式平行结构	独立而成 一次链接	
星形式主导结构	中心辐射状 “中心——边缘”依次链接	
协同式复合结构	至少存在1组3个以上节点互连接	

3.1.2 节点维度

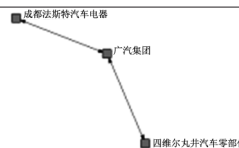
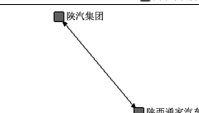
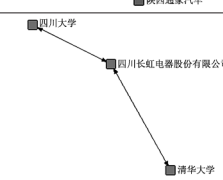
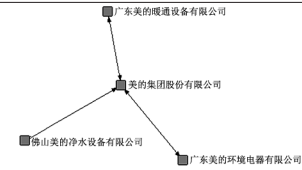
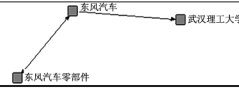
从节点属性分析，中国装备制造业创新网络中子网络可以分为产业链型、同业合作型、产学研型、子母型和混合型，如表3所示。其中，产业链型指的是网络内部各成员的关联建立在同一

条产业链上，属于上下游企业，如“广汽集团——四维尔丸井汽车零部件——成都法斯特汽车电器”；同业合作型指的是网络内部各成员属于同一行业不同个体，通过战略合作、技术引进等方式形成关联，如“陕汽集团——陕西通家汽车

集团”；产学研型指的是企业与高校或研究所进行基于技术开发的合作，如“四川大学——四川长虹电器集团——清华大学”；子母型指的是子公司和母公司之间的创新合作，如“美的集团股份有限公司——广东美的环境电器有限公司——广东美的暖通设备有限公司——佛山美的净水设备有限公司”形成的网络；混合型指的是产业链

型、同业合作型、产学研型和子母型中至少有2种类型同时存在，如“东风汽车——东风汽车零部件——武汉理工大学”形成的网络。在中国装备制造业创新网络中，从节点属性看，主要以子母型和混合型为主，其中混合型主要以“子母——产业链型”为主。

表3 节点维度网络结构分类及特征

结构类型	特征	举例
产业链型	纵向产业链间合作	
同业合作型	同一行业不同企业合作	
产学研型	企业与高校(研究所)合作	
子母型	“母公司——子公司”合作	
混合型	以上3种类型至少2种同时存在	

3.2 网络特征分析

本文选取网络密度、中心度、结构洞的限制度(均值)、聚类系数、平均路径长度作为衡量中国装备制造业创新网络的特征的指标。其中，中心度指标分为图的中心势和点的中心度两类，节点的属性分为企业(国企、民营、合资)、高校和科研院所，如表4所示。

通过结果可以看出，中国装备制造业创新网络密度为0.0072，数值非常低，表明当前网络稀疏，凝聚力不足，成员之间合作联系少；聚类系数为0.078，表明网络中缺少紧密的“小团体”，即网络中缺乏起到引领带动作用的力量；平均路径长度为1.02，即每个成员平均通过1.02个企业便可和任意一个成员联系，结合前述的情况，表

表4 中国装备制造业创新网络特征

密度	聚类系数	平均路径长度	(图)中心势
0.0072	0.078	1.02	0.049
节点类型	中心度	结构洞的限制度(均值)	
国企	51.382	0.796	
民营	28.117	0.8534	
合资	7.14	0.938	
高校	18.243	0.879	
科研院所	5.923	1	

明当前网络成员间缺乏多层次的联系，仅仅是单一维度的联系；从宏观上看，网络整体的中心势为0.049，表明网络尚缺乏“控制力”，核心企业对资源、信息等的控制力不足；从微观上看，网

络中国企占据网络的中心位置,是网络中核心的力量,其次是民营企业,而合资企业位于网络边缘,高校和研究院所的中心度略低,反映出产学研合作的程度不高。

3.3 回归分析

3.3.1 因变量

本文选取创新产出作为因变量。用发明授权专利数量来表示创新产出已经得到广大学者的认可。鉴于此,选取1996~2015年联合申请的发明专利数量作为衡量创新产出的指标,用 $\ln y$ 表示。

3.3.2 自变量

(1) 中心度。在创新网络中,由于各个创新主体的规模、资本、占有资源以及与其他创新主体链接关系的差异,导致了占据的网络位置不同,存在着“核心”和“边缘”之分。网络中的核心组织具有强大的控制力,能控制新节点的进入和新链接关系的发生,而边缘组织则面临着被淘汰的可能。判别某个创新主体在网络中的位置通常采用“中心度”、“影响指数”等指标。不同的“中心度”或是“影响指数”测度的角度不同,本文选取“点的相对接近中心度”来反映某一创新主体重要程度,用 $\ln C_c$ 表示,其表达式如下:

$$C_c = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n-1}$$

$\sum_{j=1}^n d_{ij}$ 表示该节点与网络中其他节点捷径距离之和, n 表示网络规模。

(2) 结构洞。在创新网络中,结构洞表示非冗余的联系,往往反映了“中间人”的作用,桥接结构洞的成员更容易接近网络资源^[27]。通常选取结构洞的限制度作为衡量结构洞的特征的指标,用 $\ln Constr_a$ 表示。行动者 i 受到行动者 j 的限制度指标如下:

$$Constr_{ij} = \left(p_{ij} + \sum_q p_{iq} p_{qj} \right)^2$$

p_{iq} 是行动者 i 的全部关系中,投入到 q 的关系占总关系的比例。

3.3.3 模型

由于有些成员与多个不同成员同时具有联合

专利申请会导致自相关现象,造成伪回归,故经筛选确定192个非重复成员,采用多阶段OLS进行回归,变量依次添入模型中,如下:

$$\ln y = C + \alpha \ln C_c + \varepsilon \tag{1}$$

$$\ln y = C + \alpha \ln C_c + \beta \ln Constr_a + \varepsilon \tag{2}$$

3.3.4 实证结果

模型1引入自变量中心度,模型2引入自变量结构洞。结果如表5所示。

表5 回归结果

变量	模型1	模型2
c	69.2543 (1.4294)	312.1** (2.8561)
中心度	240.878*** (15.6805)	210.6156*** (10.8035)
结构洞		-252.088** (-2.471)
R^2	0.6232	0.6346
R^2_{adj}	0.6197	0.6201
观察对象数量	192	192

注: **表示 $p < 0.01$; ***表示 $p < 0.001$ 。

模型1中,中心度回归系数为 $b = 240.878$ ($p < 0.001$),表明中心度对创新网络的创新产出具有正向影响。中心度越大代表成员越是核心组织,控制资源、信息等能力越强,对其他成员的控制力也越强,能够有效推动网络发展,促进创新产出。模型2中,结构洞回归系数为 $b = -252.088$ ($p < 0.01$),表明结构洞并未给创新产出带来正向促进作用,反而具有负向影响。究其原因,中国装备制造业创新网络密度低,缺乏多层次复合式联系,紧密的子网络太少,且缺乏带动其他成分的作用,这些原因限制了处于结构洞位置成员的作用,且这些结构洞以自益型为主,缺乏共益型,使得知识传递效率严重受制。

4 结语

本文选取2016年中国装备制造业前100强企业为主体研究对象,以联合申请发明专利为构建创新网络的依据,通过搜集1996~2015年的数据,利用社会网络分析法,从网络结构和网络特征两方

面论述了中国装备制造业创新网络的发展状况,并进行了回归分析,探讨了中心度和结构洞与创新网络成员创新产出的关系。得到结论如下:

(1) 从网络结构看,中国装备制造业创新网络呈现出“核心——边缘”的结构范式,主要存在零散式平行结构、星形式主导结构和协同式复合结构,且以零散式平行结构和星形式主导结构居多,缺乏协同式复合结构。如此,说明当前中国装备制造业创新网络结构单一,缺乏稳定性。构建多层次协同创新体系和加强大企业创新网络已经成为提升装备制造业发展的必要手段。此外,这些子网络结构中还可分为产业链型、同业合作型、子母型、产学研型和混合型5种,且以子母型和产业链型为主。这表明封闭式的“局部”创新依然严重,缺乏产学研多层次的合作,影响知识传递及创新扩散,需要加强不同层级间、不同维度间的产学研合作。

(2) 从网络特征看,当前中国装备制造业创新网络密度偏低,凝聚力差,缺乏核心组织,网络整体控制力不足,知识传递效率低下。国企占据着网络中心位置,依然是装备制造业中最重要的部分,而国企自身存在的弊病也导致创新的滞后;民营企业、合资企业在发挥灵活性、高创新等方面有限;而高校、研究所位于网络边缘位置,对创新的贡献偏低。优化产业结构、发挥不同成分的活力是未来发展的途径。

(3) 通过回归分析,本文研究发现网络创新产出受到中心度的正向影响;而当前结构洞抑制了创新的产出,主要是因为网络密度低。结构洞以自溢型结构洞为主,虽然有利于“小团体”内部的创新,但无法促进整体网络创新产出。

注释:

①来自中国制造企业协会、中国装备制造业行业协会。

参 考 文 献

[1] 牛泽东,张倩肖.中国装备制造业的技术创新效率[J].数量经济技术经济研究,2012,(11):51~67.
[2] 唐晓华,李绍东.中国装备制造业与经济增长实证研究[J].中国工业经济,2010,(12):27~36.
[3] 张宝建,胡海青,张道宏.企业创新网络的生成与进化——基于社会网络理论的视角[J].中国工业经济,2011,(4):

117~126.

[4] 徐丰伟.基于协同的装备制造业技术创新能力评价指标体系研究[J].科学管理研究,2011,(5):26~30.
[5] 张丹宁,陈阳.中国装备制造业发展水平及模式研究[J].数量经济技术经济研究,2014,(7):99~114.
[6] 徐建中,赵伟峰,王莉静.基于博弈论的装备制造业协同创新系统主体间协同关系分析[J].中国软科学,2014,(7):161~171.
[7] Dodgson M, Gann D, Salter A. The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice: Strategy and Practice [M]. Oxford University Press, 2008.
[8] Freeman C. Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues [J]. Research Policy, 1991, (20): 499~514.
[9] Harris L, Coles A M, Dickson K. Building Innovation Networks: Issues of Strategy and Expertise [J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2000, (2): 229~241.
[10] 吴贵生,李纪珍,孙议政.技术创新网络和技术外包[J].科研管理,2000,21(4):33~43.
[11] Koschatzky K. Innovation Networks of Industry and Business Related Services - Relations Between Innovation Intensity of Firms and Regional Inter - Firm Cooperation [J]. European Planning Studies, 1999, 7 (6): 737~757.
[12] 傅首清.区域创新网络与科技产业生态环境互动机制研究——以中关村海淀科技园区为例[J].管理世界,2010,(6):8~13,27.
[13] 王大洲.企业创新网络的进化与治理:一个文献综述[J].科研管理,2001,22(5):96~103.
[14] Dahl M S, Pedersen C R. Knowledge Flows Through Informal Contacts in Industrial Clusters: Myth or Reality? [J]. Research Policy, 2004, (3): 1673~1686.
[15] 刘丹,闫长乐.协同创新网络结构与机理研究[J].管理世界,2013,(12):1~4.
[16] Rose-Anderssen C, Allen P M, Tsinopoulos C, et al. Innovation in Manufacturing as an Evolutionary Complex System [J]. Technovation, 2005, 25 (10): 1093~1105.
[17] Dyer J H. Specialized Supplier Networks as a Source of Competitive Advantage: Evidence From the Auto Industry [J]. Strategic Management Journal, 1996, 17 (4): 271~291.
[18] 赵晓庆,许庆瑞.企业技术能力演化的轨迹[J].科研管理,2002,23(1):70~76.
[19] Walter A, Auer M, Ritter T. The Impact of Network Capabilities and Entrepreneurial Orientation on University Spin-off Performance [J]. Journal of Business Venturing, 2006, 21 (4): 541~567.
[20] Guan J C, Shi Y. Transnational Citation, Technological Diver-

- sity and Small World in Global Nanotechnology Patenting [J]. *Scientometrics*, 2012, (93): 609~633.
- [21] 付韬, 张永安. 核型集群创新网络演化过程的仿真——基于回声模型 [J]. *系统管理学报*, 2011, 20 (4): 406~415.
- [22] 石乘齐, 党兴华. 创新网络演化动力研究 [J]. *中国科技论坛*, 2013, (1): 5~10.
- [23] Hermans F, Apeldoorn D, Stuiver M, et al. Niches and Networks: Explaining Network Evolution Through Niche Formation Processes [J]. *Research Policy*, 2013, 42 (3): 613~623.
- [24] 刘国巍. 产学研合作创新网络时空演化模型及实证研究——基于广西 2000~2013 年的专利数据分析 [J]. *科学与科学技术管理*, 2015, (4): 64~74.
- [25] 吕国庆, 曾刚, 郭金龙. 长三角装备制造业产学研创新网络体系的演化分析 [J]. *地理科学*, 2014, (9): 1051~1059.
- [26] 吕国庆, 曾刚, 顾娜娜. 基于地理邻近与社会邻近的创新网络动态演化分析——以我国装备制造业为例 [J]. *中国软科学*, 2014, (5): 97~106.
- [27] 陈伟, 张永超, 田世海. 区域装备制造业产学研合作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.
- [28] 邵云飞, 周敏, 王思梦. 集群网络整体结构特征对集群创新能力的影响——基于德阳装备制造业集群的实证研究 [J]. *系统工程*, 2013, (5): 85~91.
- [29] 李慧. 复杂装备制造业集群创新网络研究及启示 [J]. *科学与科学技术管理*, 2012, (11): 52~61.
- [30] Hagedoorn J, Cloodt M. Measuring Innovative Performance: Is There an Advantage in Using Multiple Indicators? [J]. *Research Policy*, 2003, 32 (8): 1365~1379.

Research on Innovation Network of Chinese Equipment Manufacturing Industries from the Perspective of Complex Networks

He Di¹ Bai Xi²

- (1. Business School, Liaoning University, Shenyang 110000, China;
2. Liaoyang Bank Shenyang Huanggu Sub-branch, Shenyang 110000, China)

[Abstract] This paper is based on the perspective of complex networks, taking the top 100 enterprises of Chinese equipment manufacturing industries as the research objects, and taking the I-U-R cooperative patent data as the basis of the innovation networks. We use social network analysis to make a comprehensive analysis on the status of the innovation networks from two aspects which are network structure and network characteristics. Meanwhile, we discuss the effect that centrality and structure hole on innovation output through a regression analysis. The results show that the innovation network of Chinese equipment manufacturing industries is relatively loose and the cohesion is poor. State-owned enterprises are still the main body of industries, but the industrial-academic-research cooperation is poor. The innovation output is positively related to the centrality, while, limit of structure holes which mainly consisting of self-benefit structure holes makes an inhibition effect on innovation output to a certain extent.

[Key words] equipment manufacturing industries; innovation networks; complex networks; network structure; network characteristics; technological innovation

(责任编辑: 王 平)