

合作网络结构洞对企业技术创新能力的影响研究

——以我国集成电路产业为例

罗鄂湘 韩丹丹

(上海理工大学管理学院, 上海 200093)

【摘要】 为研究企业在合作网络中占据结构洞的位置对企业技术创新能力的影响, 并探究技术多元化在其中是否发挥调节作用, 本文利用我国集成电路产业企业在2006~2015年的合作专利数据, 构建我国集成电路产业企业间的合作网络, 在此基础上采用负二项回归模型研究结构洞、技术多元化和企业技术创新能力之间的关系。研究表明结构洞与企业技术创新能力之间存在着倒U形关系, 技术多元化负向调节结构洞对企业技术创新能力的影响。本文在一定程度上为我国集成电路产业企业利用合作网络提高其技术创新能力提出了实践性的建议。

【关键词】 集成电路产业 合作网络 结构洞 技术多元化 技术创新能力 负二项回归模型

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2018.03.006

【中图分类号】F273.1; F224 【文献标识码】A

引言

1992年, 美国社会学家Burt以弱关系理论、网络中心度概念和独特交换伙伴权利等理论为基础, 在《结构洞: 竞争的社会结构》一书中提出了结构洞理论。Burt(1992)将“社会网络中某个或某些个体和有些个体发生直接联系, 但与有些个体不发生直接联系或关系间断, 从网络整体看好像网络结构中出现了洞穴”这一现象称为结构洞^[1]。学者们将结构洞应用到合作网络中以研究结构洞与企业技术创新能力的关系, 丰富了社会网络理论的内容。

由于结构洞理论与Coleman的网络闭合理论在研究网络结构对创新的作用机制等方面有诸多不同, 因此结构洞是如何影响企业技术创新能力的问题引起了学者们的关注。为了探究这一问题, 本文以我国集成电路产业2006~2015年的529家企业的合作专利数据为样本, 采用负二项回归模型研究结构洞与企业技术创新能力之间的关系以及技术多元化的调节作用。

1 相关文献回顾

由于研究对象选取的不同, 结构洞对创新的研究可以分为3个层面: (1) 个体层面, Fleming等(2007)分析了1975~2002年35400个合作发明家的职业生涯, 发现了占据中介位置的发明家更具创造力^[2]。张华和张向前(2014)结合1976~1986年美国生物科技行业的专利数据, 发现个体以往的结构洞位置正向影响当前的结构洞位置^[3]; (2) 企业层面, 迟嘉昱等(2015)建立了189家企业的创新网络, 发现占据结构洞位置会对企业合作创新产生积极作用^[4]。严若森和华小丽(2017)利用2008~2014年的257家高新技术上市公司数据, 证实结构洞指数越高, 企业的创新投入水平越高^[5]; (3) 网络层面, 盛亚和范栋梁(2009)发现网络中的自益性结构洞有利于个体的发展, 共益性结构洞则促进整个网络的运行效率^[6]。

而在企业层面上, 对相关文献进行整理后发现结构洞对企业技术创新能力的作用效果并没有形成统一的观点。在当今构建跨组织网络的趋势

收稿日期: 2017-09-17

作者简介: 罗鄂湘, 上海理工大学管理学院副教授, 博士, 校企合作创新能力研究中心主任助理。研究方向: 企业创新、行为科学。韩丹丹, 上海理工大学管理学院硕士研究生。研究方向: 技术创新。

下,结构洞作为合作网络的重要属性,如何有效利用成为企业需要面对的重要问题。

Akbar等(2005)认为在网络中结构洞越丰富的企业,可以接触到更新颖的知识和信息,从而促进企业技术创新能力的提高^[7]。陈运森(2015)利用2001~2011年的A股上市公司数据构建了企业间的董事网络,发现企业的结构洞越丰富,其经营效率和投资效率越高^[8]。而封闭网络理论认为闭合网络能够促进信任的产生和知识的共享,结构洞多的网络则不利于信任机制的发展。Batjargal(2013)认为在开放式网络下,企业能够信任的组织数量很少,占据结构洞位置会带来不利的影响^[9]。李晨蕾等(2017)构建了2000~2012年的国际研发联盟网络,实证研究发现由于国际研发网络内企业的行业背景差异大,异质性强,导致结构洞对企业创新起负向作用^[10]。

随着研究的深入,学者们发现结构洞与企业技术创新能力之间的关系并非一定是线性的。Swaminathan等(2009)通过对103家计算机软件企业的数据进行分析,实证检验了结构洞的倒U作用^[11]。应洪斌(2016)以制造业企业为研究对象,发现知识搜索和知识转移都有助于企业产品创新,但结构洞有利于知识搜索而不利于知识转移,从而导致了结构洞与企业创新能力之间呈倒U形关系^[12]。

2 研究设计

2.1 研究假设

2.1.1 结构洞与企业技术创新能力

结构洞是网络中异质性信息流动的纽带,占据结构洞位置的网络节点更容易获取异质性信息,这有助于新产品和创新性想法的提出,即企业占据的结构洞越多,越能促进创新行为的产生。Uzzi(1997)认为结构洞能使得企业更快地获知本行业内的机会和威胁,发现潜在伙伴以及了解合作者的资质,使企业的技术创新能力获得提高^[13]。此外,Soda(2004)发现企业占据结构洞位置能够控制和支配各种关键信息和资源,得到控制收益^[14]。

然而对结构洞的正面效应进行深入研究后发现,结构洞对企业技术创新能力的积极影响限制了许多情境。处于异质性网络如产学研网络中的企业,占据结构洞可以获得更多的异质性信息。但处于同质性网络中的企业,占据结构洞所获得的信息与资源可能是同质的,这会加大企业筛选信息的成本,进而对企业的技术创新能力产生负向影响。企业所拥有的结构洞数量越多,其在网络中的控制和操纵越容易被发现,网络内的信任机制也会受到阻碍,不利于知识的流动与分享。章丹和胡祖光(2013)发现企业拥有的结构洞越多,网络中的合作伙伴实施专利剽窃、违约等机会主义行为的可能性越大,这会降低企业的技术创新能力^[15]。Ahuja(2000)也认为过多的结构洞虽然能为企业带来异质性的信息,但也阻碍了组织间的信任与合作,所以结构洞与创新之间并非一定是线性关系^[16]。

综上所述,本文提出以下假设:

假设1:结构洞与企业技术创新能力呈倒U型关系。

2.1.2 技术多元化的调节作用

技术多元化意味着企业在多个领域开展创新活动,而不是将技术锁定在一个领域。技术多元化的程度越高,企业面临的风险和不确定性也越高,因此技术多元化在结构洞对企业技术创新能力的作用过程中发挥负向调节作用。

张庆垒等(2014)通过研究发现随着创新型企业技术范围的增大,企业会忽视对技术的深度挖掘^[17]。王文华等(2015)也认为技术多元化会阻碍企业在一个特定的领域拥有其他企业难以超越的能力,低程度的技术多元化则会使企业利用所有可利用的有效资源,提高其在核心领域的竞争力^[18]。可以认为,企业的技术多元化程度越高,通过结构洞带来的资源和信息越不会被企业完全利用,从而影响企业技术创新能力的发展。此外,技术多元化并非没有成本。张卓等(2015)认为技术多元化通常会导致较高的整合成本和协调成本^[19],而企业维持其占据的结构洞位置也需要一定的成本,这些都会增加企业的研发成本,从

而降低企业的技术创新能力。

综上所述,本文提出以下假设:

假设2:技术多元化在结构洞对企业技术创新能力的作用过程中发挥负向调节作用。

2.2 变量的选择

2.2.1 被解释变量

本文的研究对象是我国集成电路产业内的企业,在测量企业的技术创新能力时,考虑到数据的可收集性,本文采用企业每年的专利申请数这一指标来衡量企业的技术创新能力。

2.2.2 解释变量

衡量结构洞的方法有4种:有效规模、效率、限制度以及等级度,其中应用广泛的是有效规模和限制度。冯科和曾德明(2014)在研究创新网络结构洞非均衡演进对技术创新的影响时,使用的是二值网络的有效规模来对结构洞进行测量^[20]。由于限制度与结构洞是负相关的关系,本文采用有效规模这一指标。计算方式如式(1)所示:

$$Effect\ Size = \sum_j (1 - \sum_q p_{iq} m_{jq}), q \neq i, j \quad (1)$$

其中, *Effect Size* 表示衡量结构洞的指标——有效规模, *j* 代表与企业 *i* 相连的所有点, *q* 是除了 *i* 或 *j* 之外的每个第三者。 $p_{iq} m_{jq}$ 即为企业 *i* 与组织 *q* 之间的信息冗余度。

2.2.3 调节变量

有关技术多元化的测量方法,其中使用最普遍的是赫芬达尔系数。本文沿用这一指标对技术多元化进行测量。计算方式如式(2)所示:

$$TD = 1 - \sum_i \left(\frac{N_i}{N} \right)^2 \quad (2)$$

其中, *TD* 表示技术多元化, N_i 表示企业在 *i* 技术领域下的专利数量, *N* 为企业的专利总量。*TD* 的值越大,说明企业的专利分布越广泛,技术多元化程度越高;反之,企业的技术多元化程度越低。

2.2.4 控制变量

为了更加准确地研究结构洞、技术多元化和企业技术创新能力之间的关系,本文选择网络密度和企业年龄作为控制变量。

(1) 网络密度

网络密度表示的是网络中各个节点之间联系的紧密程度。计算方式如式(3)所示:

$$Destiny = \frac{2m}{n(n-1)} \quad (3)$$

其中, *Destiny* 表示网络密度, *n* 表示节点的数目, *m* 表示网络中的实际关系总数。

(2) 企业年龄

企业的经营年限会影响企业对知识的获取以及自身的学习能力,进而会影响企业的技术创新能力。本文用企业经营年限的对数来衡量企业年龄。

2.3 模型的构建

由于本文的因变量是专利数,即离散的非负整数,所以本文采用计数模型。计数模型常用的是泊松分布和负二项分布模型,若采用泊松分布模型,必须满足均值与方差相等的约束条件。由于本研究中各个企业的专利数较为离散,因而采用负二项分布模型更加合理。

本研究的负二项回归模型建立如式(4)所示:

$$Patent_{it} = \exp(\beta_0 + \beta_1 Destiny_{it} + \beta_2 \ln Age_{it} + \beta_3 Structure\ Hole_{it} + \beta_4 Structure\ Hole_{it}^2 + \beta_5 TD_{it} + \beta_6 Structure\ Hole_{it} * TD_{it} + \beta_7 Structure\ Hole_{it}^2 * TD_{it} + \mu_{it}) \quad (4)$$

其中, $Patent_{it}$ 表示企业 *i* 在 *t* 年的专利申请数量; $Destiny_{it}$ 表示网络密度; $\ln Age_{it}$ 表示企业年龄; $Structure\ Hole_{it}$ 表示结构洞指标; TD_{it} 表示技术多元化指标; *i* 表示企业; *t* 表示年份。

3 实证研究

3.1 样本选择及数据来源

本文以我国集成电路产业为例来验证所提假设。数据来源于国家重点产业专利信息平台,检索出我国集成电路产业2006~2015年的所有专利。对专利进行分类和整理后得到两类数据:(1)我国集成电路产业内的所有企业在2006~2015年的合作申请专利,用来构建我国集成电路产业的合作网络;(2)合作网络内所有企业的专利数据,得到529家企业在2006~2015年的专利申请数量以及专利的分布范围。

我国集成电路产业的合作网络是利用社会网

络分析法以合作申请专利为纽带进行构建的。首先根据企业间是否存在合作专利进行0~1编码,存在赋值为1,不存在则赋值为0,将0~1矩阵导入到UCINET中,通过Netdraw可视化功能,即可得到我国集成电路产业10年的企业间合作关

系网络图,图1表示的是2011年我国集成电路产业企业间的合作网络拓扑图。并利用UCINET计算出我国集成电路产业合作网络中各个企业的结构洞指标。

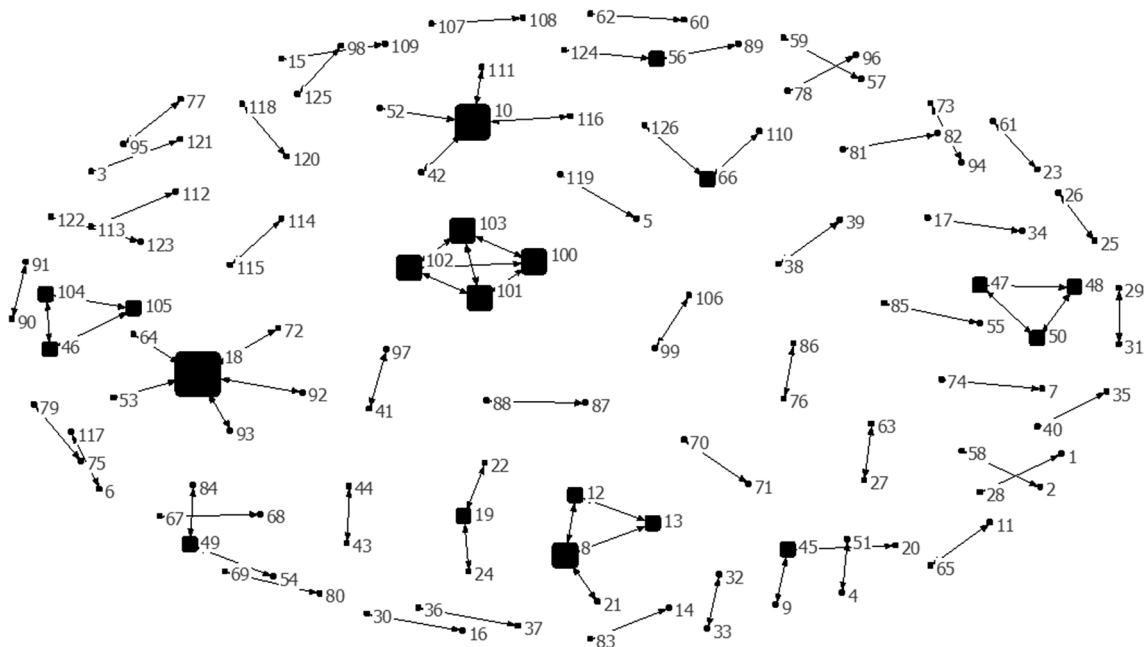


图1 2011年我国集成电路产业企业间合作网络拓扑图

3.2 描述性与相关性统计

为了观察样本数据的特征,首先运用STA-

TA14.0对样本数据进行描述性与相关性统计。分析结果如表1所示。

表1 样本描述性与相关性统计 (Obs = 942)

	Mean	Std. Dev.	Density	lnAge	TD	Structure Hole	Patent
Density	0.016	0.004	1				
lnAge	2.65	1.05	0.008	1			
TD	0.27	0.29	0.19***	0.12***	1		
Structure Hole	1.17	0.658	0.15***	0.13***	0.23***	1	
Patent	13.89	38.14	0.22***	0.18***	0.3***	0.58***	1

注:表中***、**、*分别表示在0.01、0.05和0.1水平上显著相关。

从表1可以看出,Patent的标准差是38.14,均值是13.89,标准差远大于均值。这一条件不满足泊松回归的均值与方差相等的约束条件,所以本文采用负二项回归模型是合适的。由相关性分析可以看出,自变量与因变量之间具有一定的相关性,回归分析具有可行性。

3.3 实证结果分析

在处理面板数据时,首先进行豪斯曼检验。

豪斯曼检验的结果在 $P > 0.05$ 的水平下接受了随机效应模型,随机效应的负二项回归分析结果如表2所示。

从表2的模型1可以看出网络密度和企业年龄均与企业技术创新能力呈正相关关系。从模型2可以看出,结构洞与企业技术创新能力有着显著的倒U形关系。结构洞的系数为0.43且 $P < 0.01$;结构洞的平方项的系数为-0.17且 $P < 0.01$ 。

表2 随机效应的负二项回归结果

	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>Constant</i>	0.3* (0.08)	-0.15 (0.38)	-0.2 (0.21)	-1.23*** (0.00)
<i>Density</i>	26.23*** (0.00)	30.4*** (0.00)	19.7*** (0.00)	17.6*** (0.00)
<i>lnAge</i>	0.1** (0.011)	0.09** (0.03)	0.05 (0.13)	0.06 (0.11)
<i>Structure Hole</i>		0.43*** (0.00)	0.36*** (0.00)	1.68*** (0.00)
<i>Structure Hole</i> ²		-0.17*** (0.00)	-0.13*** (0.00)	-0.28*** (0.00)
<i>TD</i>			1.43*** (0.00)	3.18*** (0.00)
<i>Structure Hole * TD</i>				-2.13*** (0.00)
<i>Structure Hole</i> ² * <i>TD</i>				0.43*** (0.00)
Wald 卡方检验值 (P 值)	19.88 (0.00)	128.91 (0.00)	319.5 (0.00)	331.5 (0.00)
Log likelihood	-2849.47	-2821.07	-2743.56	-2739.16

注：表中***、**、*分别表示在0.01、0.05和0.1水平上显著相关。

根据模型 2，在不考虑其他变量影响的情况下，可推算出结构洞的临界值水平是 1.26。当结构洞达到 1.26 时，企业的技术创新能力达到最大。这是由于企业占据结构洞位置能带来非冗余性的资源和信息，而且使企业在网络中处于中介地位，从而拥有控制优势。但随着企业占据结构洞的增多，结构洞会影响网络中的知识转移，增加企业暴露于机会主义中的风险，因此削弱了结构洞对企业技术创新能力的积极作用，使得结构洞与企业技术创新能力之间呈现倒 U 形关系。以模型 2 为基础拟合的结构洞与企业技术创新能力的关系如图 2 所示。假设 1 得到验证。

在模型 3 中，加入技术多元化这一调节变量。在模型 4 中，加入结构洞和技术多元化的交互项以及结构洞的平方项和技术多元化的交互项，其中，前者的系数为 -2.13 且 $P < 0.01$ ，后者的系数为 0.43 且 $P < 0.01$ 。取技术多元化处于较高和较低

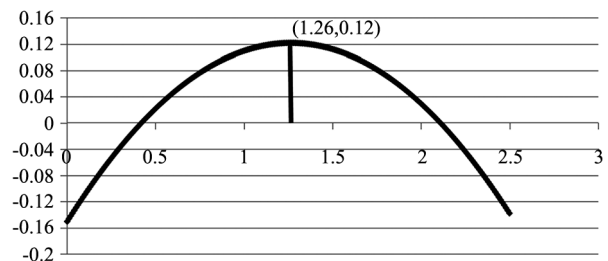


图2 结构洞与企业技术创新能力

水平时，即技术多元化的均值加、减一个标准差，为 0.27 ± 0.29 ，检验技术多元化的调节作用。如图 3 所示，当技术多元化处于低水平时，结构洞与企业技术创新能力是明显的倒 U 形关系；当技术多元化处于高水平时，结构洞与技术多元化依然是倒 U 形关系，但关系曲线较为平缓。当结构洞的取值范围为 $[0, 2\sigma]$ 时，可知结构洞与企业技术创新能力是完全的正相关关系，但是低技术多元化水平曲线的斜率明显大于高水平曲线的斜率，这说明技术多元化负向调节结构洞对企业技术创新能力的影响。当技术多元化的取值为 $[3.12, 6.34]$

时,高水平的技术多元化可以使结构洞与企业技术创新能力继续保持正向的相关关系,而低水平的技术多元化则使结构洞对企业技术创新能力产生负向的相关关系。假设2得到了部分的验证。

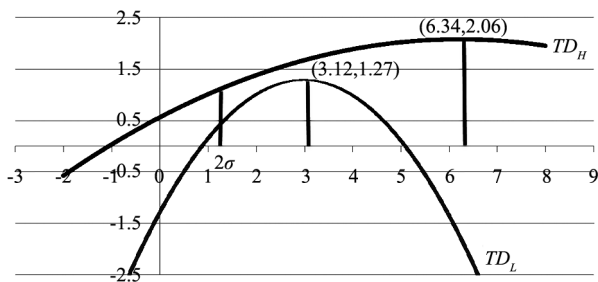


图3 技术多元化对结构洞与企业技术创新能力的调节作用

4 结论与建议

本文以我国集成电路产业2006~2015年的合作专利数据为样本,运用负二项回归模型进行实证分析,得到以下结论:

(1) 结构洞与企业技术创新能力之间呈倒U形关系。当结构洞水平小于临界值时,结构洞对企业技术创新能力具有显著的促进作用;当结构洞水平大于临界值时,结构洞对企业技术创新能力产生负向作用。

(2) 技术多元化负向调节结构洞与企业技术创新能力之间的关系。当技术多元化处于高水平时,结构洞与企业技术创新能力近似呈正向关系,结构洞对企业技术创新能力的影响较小;当技术多元化处于低水平时,结构洞与企业技术创新能力呈倒U形关系,结构洞对企业技术创新能力的影响较大。

根据实证研究结论,本文对我国的集成电路产业提出以下建议以进一步提升其企业技术创新能力:

(1) 我国的集成电路企业应选择适当的结构洞水平。我国集成电路产业目前已经形成了芯片设计、芯片制造、封装测试等相关产业共同发展的产业链格局,但是这一产业的许多核心技术仍然依赖进口,自主创新能力有待提高。由我国集成电路产业合作网络10年的演变分析可以看出,网络的规模以及合作集中度都在逐渐提升。企业应意识到加入集成电路产业合作网络的重要性。由于结构洞与企业技术创新能力呈倒U形关系,

企业应采取措施以选择适当的结构洞水平,进而获得最佳的创新收益。

(2) 我国的集成电路企业应坚持适度的技术多元化。集成电路产业是高度创新性产业,技术多元化的程度过高会分散企业资源,降低企业技术的深度,使企业失去核心技术的优势。目前我国集成电路产业主要包括以华为海思、紫光展锐等为代表的芯片设计公司;以中芯国际、华虹集团为代表的芯片制造商;以长电科技、通富微电等为代表的芯片封测企业。这些企业注重自身核心能力的培养,打造有深度的技术基础,从而在各自所处的集成电路产业链中居于领先地位。技术多元化在结构洞与企业技术创新能力之间也起到负向的调节作用,为了弱化这一影响,集成电路企业应选择适当的技术多元化水平以更好地通过占据结构洞来提高企业的技术创新能力。

参考文献

- [1] Burt R S. Structural Holes: The Social Structure of Competition [M]. Boston: Harvard University Press, 1992.
- [2] Fleming L, Mingo S, Chen D, et al. Collaborative Brokerage, Generative Creativity, and Creative Success [J]. Administrative Science Quarterly, 2007, 52 (3): 443~475.
- [3] 张华, 张向前. 个体是如何占据结构洞位置的: 嵌入在网络结构和内容中的约束与激励 [J]. 管理评论, 2014, 26 (5): 89~98.
- [4] 迟嘉昱, 孙翎, 刘波. 网络位置、技术距离与企业合作创新——基于2003~2013企业专利合作数据的研究 [J]. 科技管理研究, 2015, (22): 22~31.
- [5] 严若森, 华小丽. 环境不确定性、连锁董事网络位置与企业创新投入 [J]. 管理学报, 2017, 14 (3): 373~381.
- [6] 盛亚, 范栋梁. 结构洞分类理论及其在创新网络中的应用 [J]. 科学学研究, 2009, 27 (9): 1407~1411.
- [7] Akbar Z, Geoffrey G. Bell. Benefiting From Network Position: Firm Capabilities, Structural Holes, and Performance [J]. Strategic Management Journal, 2005, (26): 809~825.
- [8] 陈运森. 社会网络与企业效率: 基于结构洞位置的证据 [J]. 会计研究, 2015, (1): 48~55.
- [9] Batjargal B, Anne S, Justin W, et al. Institutional Polycentrism, Entrepreneurs' Social Networks and New Venture Growth [J]. Academy of Management Journal, 2013, 56 (4): 1024~1049.
- [10] 李晨蕾, 柳卸林, 朱丽. 国际研发联盟网络结构对企业创

- 新绩效的影响研究——基于社会资本视角 [J]. 科学学与科学技术管理, 2017, 38 (1): 52~61.
- [11] Swaminathan V, Moorman C. Marketing Alliances, Firm Networks, and Firm Value Creation [J]. Journal of Marketing, 2009, 73 (5): 52~69.
- [12] 应洪斌. 结构洞对产品创新绩效的作用机理研究——基于知识搜索与转移的视角 [J]. 科研管理, 2016, 37 (4): 9~15.
- [13] Uzzi B. Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness [J]. Administrative Science Quarterly, 1997, 42: 35~67.
- [14] Soda G, Usai A, Zaheer A. Network Memory: The Influence of Past and Current Networks on Performance [J]. Academy of Management Journal, 2004, 47 (6): 893~906.
- [15] 章丹, 胡祖光. 网络结构洞对企业技术创新活动的影响研究 [J]. 科研管理, 2013, 34 (6): 34~41.
- [16] Ahuja G. Collaboration Networks, Structural Holes and Innovation: A Longitudinal Study [J]. Administrative Science Quarterly, 2000, 45 (3): 425~455.
- [17] 张庆垒, 刘春林, 施建军. 动荡环境下技术多元化与企业绩效关系 [J]. 管理学报, 2014, 11 (12): 1818~1825.
- [18] 王文华, 张卓, 陈玉荣, 等. 基于技术整合的技术多元化与企业绩效研究 [J]. 科学学研究, 2015, 33 (2): 279~286.
- [19] 王文华, 张卓, 汪锋, 等. 技术多元化与企业绩效——环境动荡性和内部研发的调节作用 [J]. 预测, 2015, 34 (5): 1~7.
- [20] 冯科, 曾德明, 周昕, 等. 创新网络结构洞非均衡演进对技术创新的影响 [J]. 系统工程, 2014, 32 (8): 110~116.

The Impact of Cooperation Network Structure Hole on Enterprise Technological Innovation Capability ——Taking China's IC Industry as an Example

Luo Xiang Han Dandan

(School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

[Abstract] To investigate the influence of the location of the structural holes in the cooperative network on the technological innovation capability of the enterprises and explore whether technological diversification plays a moderating role, this paper makes use of cooperative patent data from 2006 to 2015 years of the enterprises in the IC industry in China to build the cooperation network among the enterprises in the IC industry of our country. On this basis, the negative two item regression model is used to study the relationship between structural holes, technological diversification and technological innovation capability of enterprises. The results show that there is an inverted U relation between structural holes and technological innovation capability of enterprises, and technological diversification negatively regulates the influence of structural holes on technological innovation capability of enterprises. To ascertain extent, some practical suggestions are put forward for enterprises in IC industry to improve their technological innovation capability by using cooperation networks.

[Key words] IC industry; cooperation network; structural hole; technological diversification; technological innovation capability; the negative two item regression model

(责任编辑: 王 平)