

# 网络基础设施建设与企业技术知识扩散

## ——来自“宽带中国”战略的准自然实验

薛成<sup>1</sup>, 孟庆玺<sup>1</sup>, 何贤杰<sup>1,2</sup>

(1. 上海财经大学会计学院, 上海 200433; 2. 上海财经大学会计与财务研究院, 上海 200433)

**摘要:**党的十九大报告明确指出“要发展数字经济, 建设网络强国, 抢抓全球新一轮产业竞争制高点, 促进实体经济加快转型升级”。在此背景下, 解答网络基础设施能否以及如何影响微观企业的信息传递和技术知识扩散, 具有重要的理论价值和现实意义。文章利用“宽带中国”战略的准自然实验和2008—2017年上市公司数据进行了实证分析。研究发现, 良好的网络基础设施不仅可以促进上市公司向内部子公司的技术知识扩散, 还可以促进与外部其他公司的技术合作。前者表现为注册地被选为“宽带中国”示范城市后, 当地上市公司下属子公司的创新水平显著上升, 后者则体现为当地上市公司与其他公司的联合创新显著增加。进一步研究表明, 当上市公司的技术水平较高, 或者子公司的地理位置较分散、网络基础设施较完备时, 网络基础设施对公司内部技术知识扩散的积极作用更大; 而当上市公司技术水平较高或者所在地区互联网用户较多时, 网络基础设施对公司之间技术创新合作的影响更大。可见, 加大网络基础设施的建设力度, 有利于发挥技术知识的正外部性。

**关键词:** 网络基础设施; 技术知识扩散; 宽带中国

**中图分类号:** F273.1   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001-9952(2020)04-0048-15

**DOI:** 10.16538/j.cnki.jfe.2020.04.004

### 一、引言

在经历了高速发展之后, 中国经济开始进入新旧动能转换的关键时期。一个普遍的观点是, 作为经济发展的新动力, 网络技术势必会推动新一轮的科技和产业变革, 为经济结构转型提供新的机遇。事实上, 从全球范围看, 越来越多的经济体开始从国家层面制定网络发展计划, 试图抢占新时期科技制高点, 推动国民经济发展。我国的铁路、公路、机场等交通基础设施建设取得了举世瞩目的成就, 而网络基础设施则存在较大的发展空间, 网速慢、覆盖范围小、区域城乡发展不平衡等问题仍十分突出, 网络性能和服务质量与发达国家仍有较大差距。为此, 党的十八届五中全会提出网络强国战略和“互联网+”行动计划。党的十九大报告更是明确指出“要发展数字经济, 建设网络强国, 抢抓全球新一轮产业竞争制高点, 促进实体经济加快转型升级”。

从理论上讲, 无论是新技术的产生还是现有技术的传播, 在很大程度上都取决于社会中各类信息的传递和扩散效率, 即知识的有效使用(Hayek, 1945)。速度更快且成本更低的网络大幅

收稿日期: 2019-03-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(91746117, 71472113); 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(18JJD790010); 上海财经大学研究生创新基金项目(CXJJ-2018-301)

作者简介: 薛成(1993-), 女, 重庆人, 上海财经大学会计学院博士研究生;

孟庆玺(1992-)(通讯作者), 男, 安徽太和人, 上海财经大学会计学院博士研究生;

何贤杰(1981-), 男, 浙江宁波人, 上海财经大学会计学院教授、会计与财务研究院研究员。

降低了信息传递成本,提高了信息扩散效率,从而带动了近年来经济发展方式的革命性转变(Benhabib和Spiegel,1994)。经验研究表明,网络技术的广泛应用是国家经济增长的重要因素之一(Stiroh,2002)。例如,Koutroumpis(2009)基于2002—2007年OECD国家的分析表明,经济增长速度受到宽带基础设施的影响,宽带渗透率达到30%时影响较大,Czernich等(2011)也得到了类似的结论。当然,宽带网络的积极作用依赖于其他外部因素,如训练有素的劳动力、适当的组织架构等(Autor等,2003;Cappelli,2010;Bloom等,2011)。为数不多的国内文献同样发现网络基础设施对经济增长有促进作用(何仲等,2013),且这种作用存在网络效应(韩宝国和朱平芳,2014)。此外,技术进步也依赖于互联网的发展(郭家堂和骆品亮,2016),马淑琴和谢杰(2013)发现网络基础设施与制造业出口产品技术升级存在正向关系。

现有文献探讨了宽带等网络设施对经济发展的影响,做了十分有益的探索尝试,但仍存在以下问题:第一,大多集中在宏观层面,对微观机制的探究较少;第二,虽然已经关注到反向因果、遗漏变量等所导致的内生性问题,但是未能找到较好的实证策略;第三,经济后果研究大多停留在宏观层面,数据量较小。本文利用2012年政府推出的“宽带中国”战略这一准自然实验,基于2008—2017年A股上市公司的技术创新数据,研究了网络基础设施建设能否以及如何促进企业内及企业间的技术知识扩散。在“宽带中国”战略的实施过程中,中央政府相关部门分别于2014年、2015年和2016年分三批共遴选了120个城市(群)作为宽带建设示范城市。这些城市的选择并不是当地企业发展状况决定的,所以对企业而言是相对外生的。

根据上市公司注册地是否被选为“宽带中国”示范城市,本文将样本分为实验组与控制组,利用双重差分方法(DID)检验了网络基础设施建设对企业技术知识扩散的影响。研究发现,注册地被选为“宽带中国”示范城市后,当地上市公司下属子公司的技术创新水平显著上升,而且与外部其他公司的联合技术创新也显著增加。将这一作用分解至各个年度,与基本结果是一致的。本文还使用倾向得分匹配法和安慰剂检验以缓解内生性问题,并通过更换回归方法、重新构建计量模型以及更换样本区间等多种方法进行了稳健性检验,结论不变。异质性分析发现,当上市公司的技术水平较高,或者子公司的地理位置较分散、网络基础设施较完善时,网络基础设施对内部技术知识扩散的积极作用更大;而当上市公司技术水平较高或者所在地区互联网用户较多时,网络基础设施对公司之间技术创新合作的影响更大。

本文的贡献在于:(1)基础设施具有公共物品属性,存在一定的外部性,对企业的经济产出会产生重要影响。现有研究大多集中于交通基础设施,发现高铁的开通可以提高区域可达性,降低交流成本(龙玉等,2017;卞元超等,2018),提升企业管理效率、采购与供应效率以及技术创新水平(Xu,2017;Charnoz等,2018;Wang等,2018;Bernard等,2019)。作为另一重要基础设施,网络无疑对企业的发展具有重要影响,本文补充了基础设施研究相关文献。(2)关于网络基础设施,现有研究大多关注其宏观影响,如经济增长、技术升级等(Stiroh,2002;Czernich等,2011;何仲等,2013;郭家堂和骆品亮,2016)。鲜有学者从微观层面检验网络基础设施如何影响企业技术知识扩散。本文基于上市公司的研究可以厘清网络基础设施对经济发展的作用机制。(3)作为一种重要的经济活动,创新近年来受到学者的广泛关注。现有研究发现投资者保护制度、产权制度、劳动保护以及金融市场发展程度(Hsu等,2014;Kyle和Qian,2014;Bradley等,2016;Fang等,2017)等宏观因素会影响企业创新。也有学者发现,互联网发展促进了企业创新投入,提高了企业创新效率(Kafourous,2006;Paunov和Rollo,2016;王春燕和张玉明,2018;杨德明和刘泳文,2018)。本文从知识溢出的角度研究了网络基础设施对企业技术知识扩散的作用,拓展了创新方面的文献。(4)本文利用“宽带中国”战略这一外生事件,较好地解决了网络基础设施与经济增长的因果推断问题,既提供了严谨可靠的经验证据,又为后续研究提供了借鉴。

## 二、制度背景、理论分析与假说发展

### (一)制度背景: 改革开放以来中国的网络建设

1994年9月,中国公用计算机互联网建设启动。经过20余年的发展,中国的网络基础设施建设已取得巨大的突破,但是网速慢、区域发展不平衡等短板仍然比较明显,这对工业化和信息化深度融合带来了很大的挑战。为了解决这一问题,2013年8月,国务院根据《2006—2020年国家信息化发展战略》等要求,印发《国务院关于印发“宽带中国”战略及实施方案的通知》。据此,中国政府将分批逐步推进宽带等网络基础设施的建设。截至目前,工业和信息化部、国家发展和改革委员会于2014年、2015年和2016年分三批共遴选出120个城市(群)作为“宽带中国”示范点。入选示范城市(群)后,当地将着力提升宽带用户规模,推进宽带网络提速,增加网络覆盖范围,服务经济社会发展。经过一定的建设期(三年左右),入选城市需在宽带接入能力、宽带用户渗透率等方面达到全国领先水平。可以预期,受“宽带中国”战略影响的地区,网络基础设施将有显著改进,这对当地的信息传递和知识扩散会产生积极影响,进而促进企业成长与经济发展。

### (二)研究假说: 网络基础设施与企业技术知识扩散

Arrow(1962)和Romer(1986)提出,新知识不仅能够促进企业自身产生排他性产品,还能促进其他企业的创新。后来,学者将这一现象总结为知识溢出效应(*Knowledge spillover effect*),将其定义为某一组织与其他组织进行信息互换,引起知识在不同组织间无意识和非主动的扩散和渗透。根据现有理论,知识可以分为显性知识(*Explicit knowledge*)和隐性知识(*Tacit knowledge*)两大类。对于显性知识,人们可以通过语言、书籍等载体传播和学习;而对于隐性知识,人们往往只能通过口头等交流方式传播和学习,因为隐性知识的产生和积累与个体的经验密切相关,难以以文字等方式记录。技术知识同时具有两者的属性,在传播过程中会受到空间距离的影响。较远的地理距离会使技术知识无法自由流动,或者流动的成本极高(Almeida和Kogut,1999)。由于中国是一个地域辽阔的大国,且存在市场分割,现实中不同区域的企业间知识溢出并不顺畅(吴玉鸣,2007)。

近年来,中国公路、铁路、机场以及通信等公共基础设施的高速发展在一定程度上打破了空间距离的障碍(张勋等,2018),扩大了知识外溢范围,促进了经济增长(严成樾,2012;郑世林等,2014)。Wang等(2018)基于中国市级数据的研究表明,一个城市的道路密度越大,当地公司的技术创新水平越高,因为交通基础设施促进了技术知识的扩散,即存在知识溢出效应。Dong等(2018)以学者的科研成果为研究对象,发现高铁开通降低了学者间的交流成本,促进了学术合作,提高了论文数量和质量。高铁等交通基础设施的发展有助于知识要素的流动,但运输成本和时间成本仍较高,无法保证流动完全自由。与之不同,宽带等网络基础设施可以在要素不生物理位移的条件下,依靠信息元的流动传递知识,降低时间成本,提高知识传播效率(张永林,2016)。网络用户可以在任何时间、任何地点以声音、数据等方式相互传递信息。因此,网络基础设施对经济参与者的行为及发展具有长远影响(Choi和Yi,2009;Choi,2010)。具体而言,网络基础设施的完善使各类人才可以突破时间与空间的限制,通过即时通讯、视频会议等方式互相交流,这极大地加快了知识传播的速度,降低了知识获取的成本;同时,经济参与者可以接触到更加多元化的信息,为其技术创新带来启发。可以说,网络基础设施建设可以显著提高知识要素的流动性,降低交流成本,从而提高知识溢出效率。

当然,由于经济参与者之间既有合作关系,也有竞争关系,技术知识的扩散并不是完全自由的,而是更可能在利益一致的群体中发生。稳定、可靠的互惠社会网络有利于科研人员相互交

流,促进知识的溢出和扩散。基于上述论述,本文主要从公司内部和外部两个方面来分析网络基础设施对企业技术知识扩散的影响。

由于公司内部各公司间(母公司和子公司)的交流比较普遍,利益也更趋一致,本文首先考察网络基础设施对公司内部技术知识扩散的影响。黄俊和陈信元(2011)的研究表明,公司的研发投入会随集团内其他公司的增加而增加。在公司内部,作为子公司的控制人,母公司往往掌握着更多的信息(包括自身及下属子公司的技术知识),因此知识溢出方向一般为母公司到子公司。然而,由于中国地域辽阔,子公司的地理位置分散,母公司并不总能顺利地将其技术知识扩散至子公司,而是面临交流成本高昂、信息传递失真等问题。在这种情况下,良好的网络基础设施可以提高信息传播速度,降低信息交流成本和不对称程度(林毅夫和董先安,2003;罗珉和李亮宇,2015)。这有助于母公司以较快的速度和较低的成本向子公司传递其拥有的技术知识及从其他子公司汇集的知识,助力子公司的创新活动。同时,网络的普及还有助于公司突破时空限制,加速海量信息的处理和整合,促进知识的爆炸式增长和新知识的出现(Czernich等,2011;韩宝国和朱平芳,2014),处于信息劣势的子公司有更多的机会吸收和获取这些信息服务于研发活动。基于上述分析,本文提出以下假说:

假说1:给定其他条件不变,网络基础设施改善后,当地公司下属子公司的技术创新水平显著上升。

公司的技术创新依赖于其对新知识的理解、吸收和整合,而新知识不仅来源于内部,还常常来自外部(Caniëls,2001;卢福财和胡平波,2007)。事实上,外部知识的冲击甚至更有可能促使企业改变知识结构,取得突破性创新。现有研究表明,与研发能力较强的公司或高技术人才进行交流互动,可以促进自身创新能力的提升(Jaffe,1989;Acs等,1992,1994;Feldman,1994;Feldman和Florida,1994;Almeida和Kogut,1997)。Cassiman和Veugelers(2002)还发现,当有能力获取较多的外部知识时,公司与外部组织合作创新的概率会增加。同时,知识外溢往往伴随研发要素的流动(沈坤荣和李剑,2009;白俊红等,2017),但地理距离阻碍了这种流动。因此,随着知识创造主体与接收主体间距离的增加,公司间的知识传递成本也会增加(Krugman,1991;Audretsch和Feldman,1996)。Storper和Venables(2004)也发现,地理位置临近方便了面对面的交流,促进了劳动力的知识溢出。良好的网络基础设施可以降低不同地区公司间的交流成本,增强它们之间的知识溢出效应,从而促进合作创新。然而,由于与外部其他公司存在竞争与合作的复杂关系,公司有动机对核心技术保密,因此外部的技术知识扩散可能更多地体现在非核心技术上。网络基础设施建设可以通过公司间知识传递和扩散,提高彼此的创新能力。基于上述分析,本文提出以下假说:

假说2:给定其他条件不变,网络基础设施改善后,当地公司与外部其他公司的联合技术创新显著增加。

### 三、研究设计

#### (一)模型设定与变量定义

本文参考龙玉等(2017)以及赵静等(2018)的方法,设定了基于面板固定效应的双重差分模型,以识别网络基础设施对企业技术知识扩散的影响。模型的具体形式如下:

$$Innovation_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 TreatPost_{it} + \sum Controls_{it} + v_i + e_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标*i*表示公司,*t*表示年度。因变量*Innovation*表示公司技术创新,等于专利授权数加1后取自然对数。由于技术扩散往往表现为处于技术劣势一方的研发创新活动受益于技术优势一方的知识存量,为了检验网络基础设施对技术知识扩散的影响,本文使用上市公司下属子公司的

专利授权 (*Patgrantz*) 和上市公司与外部其他公司的联合专利授权 (*Patgrantj*) 两个指标来度量 *Innovation*。由于不同类型专利的技术含量有所差异, 本文进一步区分为发明专利授权数 (*Inngrantz* 和 *Inngrantj*) 和非发明专利授权数 (*Othgrantz* 和 *Othgrantj*) 两种。

对于自变量, 为了更好地做出因果推断, 本文没有使用城市层面的统计指标来直接度量网络基础设施, 而是根据公司注册地在不同时间入选“宽带中国”示范城市这一相对外生事件, 设置了虚拟变量 *TreatPost*。若母公司注册地在样本期间被评选为“宽带中国”示范城市 (即处理组), 且观测时间在入选年份之后, *TreatPost* 取值为 1, 否则为 0。*TreatPost* 的系数  $\alpha_i$  衡量了网络基础设施对企业技术知识扩散的净效应, 若  $\alpha_i$  显著大于 0, 则表明网络基础设施促进了企业内及企业间的技术知识溢出。

参考 Cornaggia 等 (2015) 以及黎文靖和郑曼妮 (2016) 的研究, 本文选取了以下控制变量: 研发投入、固定资产比例、盈利能力、经营活动现金流量、公司规模、资本结构、成立时长、产权性质和行业集中程度。同时, 本文还控制了城市层面的相关变量, 包括 *GDP* 增长率、产业结构和人口增长率, 以及年度和公司固定效应。主要变量定义见表 1。

表 1 主要变量定义

变量名称	变量符号	变量定义
子公司专利授权	<i>Patgrantz</i>	上市公司子公司独立专利授权数加 1 后取自然对数
子公司发明专利授权	<i>Inngrantz</i>	上市公司子公司独立发明专利授权数加 1 后取自然对数
子公司非发明专利授权	<i>Othgrantz</i>	上市公司子公司独立实用新型和外观设计授权数之和加 1 后取自然对数
上市公司联合专利授权	<i>Patgrantj</i>	上市公司与其他公司联合专利授权数加 1 后取自然对数
上市公司联合发明专利授权	<i>Inngrantj</i>	上市公司与其他公司联合发明专利授权数加 1 后取自然对数
上市公司联合非发明专利授权	<i>Othgrantj</i>	上市公司与其他公司联合实用新型和外观设计授权数之和加 1 后取自然对数
网络基础设施建设外生冲击	<i>TreatPost</i>	若上市公司注册地在样本期内被评为“宽带中国”示范城市, 且观测时间在此之后, 取值为 1, 否则为 0
研发投入	<i>R&amp;D</i>	研发支出与主营业务收入之比
产权性质	<i>SOE</i>	最终控制人为国有时取值为 1, 否则为 0
成立时长	<i>Age</i>	成立年限的自然对数
公司规模	<i>Size</i>	总资产的自然对数
资本结构	<i>Lev</i>	总负债与总资产之比
有形资产比重	<i>Tang</i>	有形资产净额与总资产之比
盈利能力	<i>Roa</i>	净利润与总资产之比
经营现金流	<i>Cfo</i>	经营活动产生的现金流量净额与总资产之比
成长性	<i>Growth</i>	主营业务收入的年度增长率
股权集中度	<i>Shareone</i>	第一大股东持股比例
管理层薪酬	<i>Compen</i>	董事、监事和高管薪酬总额与主营业务收入的比值
管理层持股比例	<i>Mshare</i>	管理层持股数量占总股数的比例
行业集中程度	<i>HHI</i>	$HHI = \sum (X_i / \sum X_i)^2$ , 其中 $X_i$ 为公司 $i$ 的主营业务收入
名义 <i>GDP</i> 增长率	<i>GDP_g</i>	公司注册地当年 <i>GDP</i> 减去上年 <i>GDP</i> 后除以上年 <i>GDP</i>
产业结构	<i>Ind_s</i>	公司注册地第三产业增加值占 <i>GDP</i> 比重
人口增长率	<i>Pop_g</i>	公司注册地当年人口数减去上年人口数后除以上年人口数

(二) 样本选取

本文使用的“宽带中国”示范城市名单来自中华人民共和国工业和信息化部官网, 城市层面数据来自《中国城市统计年鉴》和中经网统计数据库, 公司的技术创新数据从国家知识产权局检

索得到,财务数据来自CSMAR数据库。考虑到“宽带中国”战略从2013年开始实施,本文选取了2008—2017年A股上市公司作为初始样本。考虑到入选“宽带中国”示范城市的大多为市级城市,而直辖市属于省级单位,本文删除了四个直辖市,以使实验组和对照组样本更加可比。本文还剔除了金融保险、居民服务、教育等几乎不从事技术创新的行业,以及资产负债率大于1、ST、\*ST和数据缺失的观测值,并对公司层面连续变量进行了上下1%的缩尾处理,最终得到14996个公司—年度观测值。

#### 四、实证结果分析

##### (一)描述性统计

表2报告了本文主要变量的描述性统计结果。从中可以看到,子公司专利授权变量*Patgrantz*的均值为1.113,联合专利授权变量*Patgrantj*的均值为0.235,说明公司外部合作创新较少。从标准差、最大值和最小值来看,公司间的技术创新水平差异较大。此外,发明专利授权数小于非发明专利授予数,说明企业缺乏高质量的技术创新。*TreatPost*的均值为0.362,说明36.2%的观测值受到“宽带中国”战略的影响。

表2 描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>Patgrantz</i>	14 996	1.113	1.409	0.000	0.000	8.384
<i>Inngrantz</i>	14 996	0.450	0.846	0.000	0.000	7.169
<i>Othgrantz</i>	14 996	0.969	1.340	0.000	0.000	8.165
<i>Patgrantj</i>	14 996	0.235	0.706	0.000	0.000	8.454
<i>Inngrantj</i>	14 996	0.123	0.442	0.000	0.000	7.048
<i>Othgrantj</i>	14 996	0.156	0.614	0.000	0.000	8.269
<i>TreatPost</i>	14 996	0.362	0.481	0.000	0.000	1.000
<i>R&amp;D</i>	14 996	0.023	0.033	0.000	0.010	0.210
<i>SOE</i>	14 996	0.507	0.500	0.000	1.000	1.000
<i>Age</i>	14 996	2.143	0.701	0.693	2.303	3.178
<i>Size</i>	14 996	21.864	1.208	19.067	21.744	25.874
<i>Lev</i>	14 996	0.456	0.216	0.052	0.452	1.136
<i>Tang</i>	14 996	0.254	0.173	0.002	0.222	0.743
<i>Roa</i>	14 996	0.036	0.058	-0.239	0.033	0.209
<i>Cfo</i>	14 996	0.045	0.076	-0.203	0.044	0.259
<i>Growth</i>	14 996	0.066	0.325	-1.811	0.101	0.848
<i>Shareone</i>	14 996	0.347	0.149	0.085	0.328	0.750
<i>Compen</i>	14 996	0.004	0.006	0.000	0.002	0.051
<i>Mshare</i>	14 996	0.098	0.181	0.000	0.000	0.672
<i>HHI</i>	14 996	0.058	0.095	0.008	0.017	0.512
<i>GDP_g</i>	14 996	0.127	0.087	-0.121	0.113	0.519
<i>Ind_s</i>	14 996	50.333	9.964	26.220	51.700	73.560
<i>Pop_g</i>	14 996	0.037	0.097	-0.115	0.011	0.650

##### (二)多元回归分析

表3中列(1)至列(3)报告了网络基础设施对上市公司下属子公司技术创新的影响。从中可以看到,当因变量为子公司专利授权时,*TreatPost*的系数为0.098,在1%的水平上显著为正。这

说明被评选为“宽带中国”示范城市后,当地公司下属子公司的技术创新显著增加。将专利授权区分为发明专利和非发明专利后, *TreatPost* 的系数也都显著为正。

表3中列(4)至列(6)报告了网络基础设施对上市公司外部联合技术创新的影响。从中可以看到,当因变量为专利授权时, *TreatPost* 的系数为0.049,在5%的水平上显著为正。当因变量为发明专利时, *TreatPost* 的系数不再显著;而当因变量为非发明专利时, *TreatPost* 的系数依然在5%的水平上显著为正。这说明网络基础设施会促进公司与外部其他公司进行联合技术创新,但这种创新只局限于非发明专利。这是因为与非发明专利相比,发明专利往往涉及核心技术,所以公司并不愿意分享。

表3 网络基础设施与技术知识扩散:基准回归结果

	下属子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1) <i>Patgrant<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrant<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrant<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrant<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrant<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrant<sub>i,t</sub></i>
<i>TreatPost</i>	0.098*** (2.61)	0.056** (2.07)	0.096*** (2.67)	0.049** (2.55)	0.009 (0.77)	0.043** (2.52)
<i>R&amp;D<sub>i,t-1</sub></i>	4.892*** (7.42)	3.779*** (6.82)	3.964*** (6.52)	1.276*** (3.37)	0.530** (2.15)	0.969*** (2.97)
<i>SOE<sub>i,t-1</sub></i>	-0.140 (-1.42)	-0.083 (-1.11)	-0.105 (-1.21)	-0.023 (-0.58)	-0.009 (-0.36)	-0.031 (-0.92)
<i>Age<sub>i,t-1</sub></i>	0.344*** (5.45)	0.098** (2.19)	0.290*** (4.80)	0.060° (1.94)	0.054*** (2.77)	0.008 (0.28)
<i>Size<sub>i,t-1</sub></i>	0.310*** (9.37)	0.195*** (8.63)	0.290*** (9.24)	0.058*** (4.27)	0.027*** (3.39)	0.049*** (4.04)
<i>Lev<sub>i,t-1</sub></i>	0.079 (0.79)	-0.016 (-0.24)	0.115 (1.19)	-0.011 (-0.28)	-0.024 (-1.01)	0.012 (0.33)
<i>Tang<sub>i,t-1</sub></i>	0.201 (1.54)	0.146° (1.65)	0.161 (1.31)	0.000 (0.00)	-0.008 (-0.23)	0.015 (0.30)
<i>Roa<sub>i,t-1</sub></i>	0.407** (2.02)	0.046 (0.35)	0.453** (2.34)	-0.022 (-0.24)	-0.062 (-1.01)	0.018 (0.24)
<i>Cfo<sub>i,t-1</sub></i>	0.158 (1.36)	0.117 (1.52)	0.149 (1.33)	0.008 (0.12)	0.034 (0.88)	-0.000 (-0.00)
<i>Growth<sub>i,t-1</sub></i>	0.022 (0.86)	-0.005 (-0.31)	0.020 (0.81)	-0.007 (-0.61)	-0.011 (-1.51)	0.004 (0.35)
<i>Shareone<sub>i,t-1</sub></i>	-0.646*** (-2.97)	-0.249* (-1.65)	-0.683*** (-3.37)	-0.242*** (-2.81)	-0.144*** (-2.75)	-0.173** (-2.28)
<i>Compen<sub>i,t-1</sub></i>	-3.314 (-1.47)	-2.300 (-1.51)	-2.040 (-0.97)	0.103 (0.13)	-0.703 (-1.58)	0.669 (0.88)
<i>Mshare<sub>i,t-1</sub></i>	-0.291 (-1.51)	-0.032 (-0.25)	-0.342° (-1.85)	0.076 (1.16)	0.054 (1.15)	0.014 (0.27)
<i>HHI<sub>i,t-1</sub></i>	1.410*** (3.37)	0.818*** (2.69)	1.522*** (4.02)	-0.097 (-0.59)	-0.086 (-0.68)	-0.007 (-0.05)
<i>GDP<sub>g</sub></i>	0.133 (1.07)	0.081 (0.95)	0.126 (1.01)	-0.030 (-0.44)	0.041 (0.93)	-0.051 (-0.84)
<i>Ind<sub>s</sub></i>	-0.007** (-2.00)	-0.005** (-1.96)	-0.006° (-1.86)	-0.000 (-0.01)	0.001 (0.77)	0.000 (0.03)

续表 3 网络基础设施与技术知识扩散：基准回归结果

	下属子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrantj<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrantj<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrantj<sub>i,t</sub></i>
<i>Pop<sub>g,t</sub></i>	-0.037 (-0.39)	-0.015 (-0.21)	-0.011 (-0.12)	0.015 (0.28)	-0.012 (-0.35)	0.025 (0.55)
<i>Constant</i>	-6.455*** (-9.01)	-4.041*** (-8.27)	-6.020*** (-8.88)	-1.146*** (-4.08)	-0.615*** (-3.49)	-0.938*** (-3.74)
<i>Year FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996
<i>Adj. R<sup>2</sup></i>	0.256	0.218	0.203	0.052	0.033	0.034

注：\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平，括号内为 *t* 值，使用修正异方差后的稳健标准误计算得到，并在公司层面进行聚类。下表同。列(1)至列(3)还控制了下属子公司个数，结果留存备索。

技术创新活动一般投入大且周期长，网络基础设施对公司技术创新的影响很可能是一个长期过程。基于此，本文将网络基础设施的作用分解到各个年度，观察其动态变化情况。本文参照陈钊和熊瑞祥(2015)的研究，使用“宽带中国”战略实施前第五年及更早的年份作为参照组。表 4 中的 *Treat\_B4*、*Treat\_B3*、*Treat\_B2*、*Treat\_B1*、*Treat\_D0*、*Treat\_D1*、*Treat\_D2*、*Treat\_D3* 和 *Treat\_D4* 分别表示  $T=-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$  与 *Treat* 的交乘项)。从表 4 中可以看到，整体而言，在“宽带中国”战略实施前，注册地为“宽带中国”示范城市与非示范城市的两类公司的创新不存在显著差异；而在“宽带中国”战略实施后的各个年度，子公司技术创新以及与其他公司的联合技术创新水平出现显著上升的趋势。就子公司技术创新而言，网络基础设施对其发明专利的促进效应从第三年开始显现，对非发明专利则在当年便发挥积极作用，这与发明专利耗时较长的特征是一致的。就联合技术创新而言，网络基础设施对发明专利没有产生影响，对非发明专利的作用在公司注册地入选“宽带中国”示范城市后第四年开始显现。

表 4 网络基础设施与技术知识扩散：动态变化

	下属子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrantj<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrantj<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrantj<sub>i,t</sub></i>
<i>Treat_B4</i>	-0.037 (-0.86)	-0.006 (-0.24)	-0.028 (-0.69)	-0.017 (-0.78)	-0.010 (-0.79)	-0.011 (-0.57)
<i>Treat_B3</i>	0.026 (0.48)	-0.007 (-0.21)	0.047 (0.92)	-0.022 (-0.79)	-0.021 (-1.19)	-0.010 (-0.39)
<i>Treat_B2</i>	0.081 (1.28)	0.032 (0.79)	0.095 (1.58)	-0.009 (-0.26)	0.006 (0.30)	-0.011 (-0.34)
<i>Treat_B1</i>	0.048 (0.71)	0.003 (0.07)	0.078 (1.20)	-0.008 (-0.22)	-0.008 (-0.32)	-0.000 (-0.01)
<i>Treat_D0</i>	0.112 (1.54)	0.027 (0.54)	0.128* (1.87)	0.029 (0.83)	0.003 (0.13)	0.031 (1.00)
<i>Treat_D1</i>	0.122 (1.57)	0.040 (0.74)	0.151** (2.08)	0.037 (1.08)	0.011 (0.49)	0.031 (1.07)
<i>Treat_D2</i>	0.116 (1.42)	0.077 (1.33)	0.129* (1.68)	0.046 (1.31)	-0.001 (-0.04)	0.045 (1.47)



续表4 网络基础设施与技术知识扩散：动态变化

	下子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrantj<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrantj<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrantj<sub>i,t</sub></i>
<i>Treat_D3</i>	0.190** (2.12)	0.133** (2.02)	0.198** (2.34)	0.022 (0.60)	-0.007 (-0.29)	0.016 (0.52)
<i>Treat_D4</i>	0.123 (1.25)	0.140* (1.94)	0.145 (1.55)	0.140*** (2.92)	0.026 (0.74)	0.130*** (3.16)
<i>Constant</i>	0.297*** (9.49)	0.035* (1.73)	0.259*** (8.97)	0.088*** (5.95)	0.036*** (3.37)	0.055*** (4.41)
<i>Year FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996
<i>Adj. R<sup>2</sup></i>	0.217	0.189	0.168	0.047	0.029	0.031

(三)稳健性检验

为了保证上文结果的可靠性,本文从缓解内生性问题、更换变量度量指标以及改变回归方法和样本区间等多方面进行了稳健性检验。

1. 倾向得分匹配法

本文采用倾向得分匹配法重新进行了分析。匹配指标选择“宽带中国”战略实施前一年即2012年的城市GDP、第一产业占比*P\_ind*、第二产业占比*S\_ind*和互联网渗透率*Net*,匹配方法为1:1半径匹配(半径为0.01)。基于匹配样本的回归结果(见表5)与上文一致。

表5 网络基础设施与技术知识扩散：倾向得分匹配

	下子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrantj<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrantj<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrantj<sub>i,t</sub></i>
<i>TreatPost</i>	0.102** (2.15)	0.066* (1.90)	0.100** (2.18)	0.068*** (2.71)	0.009 (0.63)	0.059** (2.52)
<i>Constant</i>	-6.670*** (-7.50)	-4.323*** (-6.81)	-6.171*** (-7.42)	-0.979*** (-2.73)	-0.582*** (-2.70)	-0.771** (-2.38)
<i>Controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Year FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	9 727	9 727	9 727	9 727	9 727	9 727
<i>Adj. R<sup>2</sup></i>	0.256	0.216	0.205	0.054	0.034	0.036

2. 安慰剂检验

本文使用安慰剂检验来缓解遗漏变量的影响,具体思路是:在保证数据分布不变的前提下,随机改变每个城市对应的变量*TreatPost*取值,其他变量及不可观测的遗漏变量(假设存在)不变,然后使用这套虚拟数据重新进行了分析。本文做了500次模拟,得到*TreatPost*的回归系数及对应的*t*值。图1显示*t*值较小,表明技术知识扩散确实是网络基础设施带来的。

3. 更换计量模型

“宽带中国”示范城市是分批评选的,即在2013—2015年均有城市入选,本文将这三年视为一个整体事件期(剔除2013—2015年的样本),由此得到一般意义上的双重差分模型。分析结果(见表6)与上文一致。

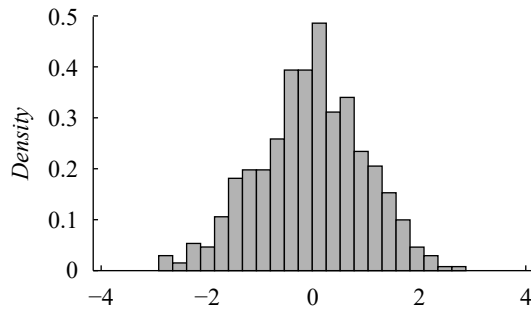


图1 安慰剂检验中 TreatPost 系数对应 t 值分布

表6 网络基础设施与技术知识扩散：更换计量模型

	下属子公司技术创新			与外部其他公司联合技术创新		
	(1)Patgrant <sub>it</sub>	(2)Inngrant <sub>it</sub>	(3)Othgrant <sub>it</sub>	(4)Patgrant <sub>it</sub>	(5)Inngrant <sub>it</sub>	(6)Othgrant <sub>it</sub>
<i>TreatPost</i>	0.118* (1.89)	0.088** (2.11)	0.128** (2.11)	0.087*** (2.78)	0.030 (1.59)	0.059** (2.07)
<i>Treat</i>	0.141* (1.66)	-0.436*** (-7.90)	0.929*** (11.32)	-0.557*** (-12.83)	-0.444*** (-16.93)	-0.135*** (-3.55)
<i>Post</i>	0.696*** (9.17)	0.269*** (5.89)	0.604*** (8.25)	-0.077** (-1.99)	-0.043 (-1.62)	-0.033 (-1.01)
<i>Constant</i>	-6.143*** (-11.11)	-3.692*** (-10.03)	-6.160*** (-11.62)	-2.016*** (-5.33)	-1.210*** (-4.38)	-1.631*** (-5.19)
<i>Controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Year FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Industry FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>City FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	9 636	9 636	9 636	9 636	9 636	9 636
<i>Adj. R<sup>2</sup></i>	0.390	0.323	0.355	0.167	0.140	0.137

#### 4. 其他稳健性检验

本文还做了以下稳健性检验：(1)不再采用面板固定效应方法，而是直接采用基于混合截面数据的普通最小二乘法，并控制年份、行业与城市固定效应；(2)考虑到专利授权数有大量零值，使用 *Tobit* 回归方法，并控制年份、行业与城市固定效应；(3)保留直辖市样本重新检验；(4)基于公司办公所在地重新检验；(5)控制交通基础设施的影响，包括城市公路、铁路与航空运输的发达程度；(6)考虑到专利授予具有一定的时滞性，采用  $t$  期与  $t+1$  期的专利授予之和作为被解释变量。稳健性检验结果依然与上文一致。

### 五、异质性分析

上文检验了网络基础设施对企业技术知识扩散的影响，那么在不同的情景下，其作用有何不同？本文试图基于知识存量与知识扩散的外部条件（如地理位置、网络利用程度等），对网络基础设施促进企业技术扩散的异质性特征做进一步检验。

如果存在内部技术扩散，当上市公司的技术创新水平较高（专利授权数高于行业中位数）时，有较多的知识会通过网络溢出到下属子公司；此外，当子公司的地理位置较分散且与上市公司相距较远（子公司跨省个数较多）时，网络基础设施的技术知识溢出效应会比较显著，因为此时

网络可以弥补较多空间上的劣势。本文引入上市公司技术水平和子公司跨省个数这两个调节变量,回归结果见表7,交乘项  $TreatPost \times X$  ( $X$ 分别取上市公司技术水平  $Techp$  和子公司跨省个数  $Geodiv$ )的系数均在1%水平上显著为正,这与预期相符。

表7 网络基础设施与内部技术知识扩散:上市公司技术水平与子公司跨省个数的调节作用

	下属子公司技术创新					
	上市公司技术水平 $Techp$			子公司跨省个数 $Geodiv$		
	(1) $Patgrant_{i,t}$	(2) $Inngrant_{i,t}$	(3) $Othgrant_{i,t}$	(4) $Patgrant_{i,t}$	(5) $Inngrant_{i,t}$	(6) $Othgrant_{i,t}$
$TreatPost \times X$	0.222*** (4.81)	0.242*** (7.01)	0.182*** (4.00)	0.176*** (3.80)	0.160*** (4.84)	0.188*** (4.23)
$TreatPost$	0.015 (0.38)	-0.034 (-1.21)	0.029 (0.76)	0.008 (0.19)	-0.027 (-0.96)	0.000 (0.01)
$X$	-0.041 (-1.39)	-0.071*** (-3.41)	-0.033 (-1.13)	0.109*** (3.08)	0.017 (0.73)	0.093*** (2.69)
$Constant$	-6.380*** (-8.96)	-3.963*** (-8.18)	-5.959*** (-8.84)	-5.763*** (-8.13)	-3.711*** (-7.74)	-5.366*** (-8.02)
$Controls$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Year FE$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Firm FE$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Obs$	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996
$Adj. R^2$	0.258	0.225	0.205	0.260	0.222	0.207

如果存在外部技术扩散,当公司的创新水平较高时,技术知识能够比较容易地传递给外部其他公司;此外,网络基础设施对技术知识扩散的促进作用需要依赖于公司员工与外界的互动,因此互联网渗透率(互联网使用人数占城市总人口的比例)越高,技术知识的传播就越容易。回归结果见表8,除了列(5)外,交乘项  $TreatPost \times X$  ( $X$ 分别取上市公司技术水平  $Techp$  和互联网渗透率  $Netrat$ )的系数均显著为正,这与预期基本一致。

表8 网络基础设施与外部技术知识扩散:上市公司技术水平与互联网渗透率的调节作用

	与外部其他公司联合技术创新					
	上市公司技术水平 $Techp$			互联网渗透率 $Netrat$		
	(1) $Patgrant_{i,t}$	(2) $Inngrant_{i,t}$	(3) $Othgrant_{i,t}$	(4) $Patgrant_{i,t}$	(5) $Inngrant_{i,t}$	(6) $Othgrant_{i,t}$
$TreatPost \times X$	0.066** (2.25)	0.053*** (2.86)	0.048* (1.77)	0.064** (2.32)	0.021 (1.25)	0.063** (2.50)
$TreatPost$	0.025 (1.47)	-0.010 (-0.87)	0.026* (1.73)	0.022 (1.04)	0.001 (0.04)	0.016 (0.86)
$X$	0.010 (0.52)	0.001 (0.07)	0.004 (0.21)	-0.024 (-1.47)	-0.003 (-0.23)	-0.031** (-2.09)
$Constant$	-1.121*** (-4.05)	-0.596*** (-3.44)	-0.921*** (-3.71)	-1.145*** (-4.08)	-0.616*** (-3.50)	-0.936*** (-3.73)
$Controls$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Year FE$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Firm FE$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Obs$	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996	14 996
$Adj. R^2$	0.053	0.035	0.035	0.053	0.033	0.035

网络基础设施带来的技术扩散优势不仅取决于知识溢出方的网络条件,还取决于接收方的网络条件。为了辨别接收方的网络基础设施状况对技术知识扩散的影响,本文使用子公司的创新明细数据,并根据其注册地是否入选“宽带中国”示范城市,分两种情况(即上市公司和子公司注册地均入选“宽带中国”示范城市以及仅上市公司注册地入选“宽带中国”示范城市)进行了分析。表9结果表明,当同在“宽带中国”示范城市时,子公司的创新显著增加;而仅上市公司注册地是“宽带中国”示范城市时,这种效应不再显著。这说明知识接收方的网络基础条件具有重要作用。

表9 网络基础设施与技术知识扩散:子公司网络基础条件的作用

	下属子公司技术创新					
	子公司注册地是“宽带中国”示范城市			子公司注册地不是“宽带中国”示范城市		
	(1) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(2) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(3) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>	(4) <i>Patgrantz<sub>i,t</sub></i>	(5) <i>Inngrantz<sub>i,t</sub></i>	(6) <i>Othgrantz<sub>i,t</sub></i>
<i>TreatPost</i>	0.107** (2.18)	0.080** (2.22)	0.097** (2.02)	0.011 (0.18)	-0.030 (-0.72)	-0.013 (-0.21)
<i>Constant</i>	-6.804*** (-6.60)	-5.425*** (-7.60)	-6.167*** (-6.37)	-5.549*** (-4.84)	-2.962*** (-4.26)	-4.883*** (-4.38)
<i>Controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Year FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	11 303	11 303	11 303	6 736	6 736	6 736
<i>Adj. R<sup>2</sup></i>	0.244	0.242	0.181	0.172	0.153	0.126

## 六、结论与启示

与交通基础设施相比,网络基础设施的重要作用尚未引起足够重视。本文从企业技术知识扩散这一微观视角,考察了网络基础设施对经济发展的影响。具体而言,本文根据上市公司注册地是否入选“宽带中国”示范城市,将样本分为实验组与控制组,采用双重差分方法检验了网络基础设施建设对企业技术知识扩散的影响。研究发现,网络基础设施建设不仅可以促进公司内的技术知识扩散,还可以促进公司间的技术知识扩散。进一步发现,当上市公司的技术水平较高,或者子公司的地理位置较分散、网络基础设施较完备时,网络基础设施对公司内部技术知识扩散的积极作用较大;而当上市公司技术水平较高或当地互联网用户较多时,网络基础设施对公司之间技术知识扩散的影响较大。

本文的研究对于政策制定具有一定的借鉴意义:(1)本文发现网络基础设施对微观企业的知识传递具有重要作用。因此,应坚定不移地加大网络基础设施建设。(2)本文发现网络基础设施会产生显著的正向溢出效应。这意味着通过与技术先进地区公司的交流,技术落后的地区能够提高自身创新能力。因此,相关部门应注重技术或经济相对落后地区的网络基础设施建设,通过提高其网络渗透率和网速等,实现“企业协助”“区域协助”等良性循环。(3)由于企业倾向于保护自身的核心技术,网络基础设施仅能促进部分知识含量较低的技术溢出。这在某种程度上说明,对于技术落后的地区,仅通过与高技术水平地区的交流,还无法实现技术创新“质”的飞跃。因此,相对落后的地区还应通过引进人才等途径来提高自身创新能力。

主要参考文献:

- [1]白俊红,王钺,蒋伏心,等. 研发要素流动、空间知识溢出与经济增长[J]. 经济研究,2017,(7): 109-123.
- [2]卞元超,吴利华,白俊红. 高铁开通、要素流动与区域经济差距[J]. 财贸经济,2018,(6): 147-161.
- [3]陈钊,熊瑞祥. 比较优势与产业政策效果——来自出口加工区准实验的证据[J]. 管理世界,2015,(8): 67-80.
- [4]郭家堂,骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗?[J]. 管理世界,2016,(10): 34-49.
- [5]黄俊,陈信元. 集团化经营与企业研发投入——基于知识溢出与内部资本市场视角的分析[J]. 经济研究,2011,(6): 80-92.
- [6]黎文靖,郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究,2016,(4): 60-73.
- [7]龙玉,赵海龙,张新德,等. 时空压缩下的风险投资——高铁通车与风险投资区域变化[J]. 经济研究,2017,(4): 195-208.
- [8]卢福财,胡平波. 基于竞争与合作关系的网络组织成员间知识溢出效应分析[J]. 中国工业经济,2007,(9): 79-86.
- [9]罗珉,李亮宇. 互联网时代的商业模式创新: 价值创造视角[J]. 中国工业经济,2015,(1): 95-107.
- [10]马淑琴,谢杰. 网络基础设施与制造业出口产品技术含量——跨国数据的动态面板系统 GMM 检验[J]. 中国工业经济,2013,(2): 70-82.
- [11]沈坤荣,李剑. 企业间技术外溢的测度[J]. 经济研究,2009,(4): 77-89.
- [12]严成禄. 社会资本、创新与长期经济增长[J]. 经济研究,2012,(11): 48-60.
- [13]杨德明,刘泳文. “互联网+”为什么加出了业绩[J]. 中国工业经济,2018,(5): 80-98.
- [14]张勋,王旭,万广华,等. 交通基础设施促进经济增长的一个综合框架[J]. 经济研究,2018,(1): 50-64.
- [15]张永林. 互联网、信息元与屏幕化市场——现代网络经济理论模型和应用[J]. 经济研究,2016,(9): 147-161.
- [16]赵静,黄敬昌,刘峰. 高铁开通与股价崩盘风险[J]. 管理世界,2018,(1): 157-168.
- [17]郑世林,周黎安,何维达. 电信基础设施与中国经济增长[J]. 经济研究,2014,(5): 77-90.
- [18]Almeida P, Kogut B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks[J]. *Management Science*, 1999, 45(7): 905-917.
- [19]Almeida P, Kogut B. The exploration of technological diversity and geographic localization in innovation: Start-up firms in the semiconductor industry[J]. *Small Business Economics*, 1997, 9(1): 21-31.
- [20]Arrow K J. The economic implications of learning by doing[J]. *The Review of Economic Studies*, 1962, 29(3): 155-173.
- [21]Audretsch D B, Feldman M P. R&D spillovers and the geography of innovation and production[J]. *The American Economic Review*, 1996, 86(3): 630-640.
- [22]Autor D H, Levy F, Murnane R J. The skill content of recent technological change: An empirical exploration[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2003, 118(4): 1279-1333.
- [23]Benhabib J, Spiegel M M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data[J]. *Journal of Monetary Economics*, 1994, 34(2): 143-173.
- [24]Bernard A B, Moxnes A, Saito Y U. Production networks, geography, and firm performance[J]. *Journal of Political Economy*, 2019, 127(2): 639-688.
- [25]Bradley D, Kim I, Tian X. Do unions affect innovation?[J]. *Management Science*, 2016, 63(7): 2251-2271.
- [26]Caniëls M C J, Verspagen B. Barriers to knowledge spillovers and regional convergence in an evolutionary model[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2001, 11(3): 307-329.
- [27]Cappelli P. The performance effects of IT-enabled knowledge management practices[R]. NBER Working Paper

- No.16248, 2010.
- [28]Cassiman B, Veugelers R. R&D cooperation and spillovers: Some empirical evidence from Belgium[J]. *American Economic Review*, 2002, 92(4): 1169–1184.
- [29]Charnoz P, Lelarge C, Trevien C. Communication costs and the internal organisation of multi-plant businesses: Evidence from the impact of the French high-speed rail[J]. *The Economic Journal*, 2018, 128(610): 949–994.
- [30]Choi C. The effect of the internet on service trade[J]. *Economics Letters*, 2010, 109(2): 102–104.
- [31]Choi C, Yi M H. The effect of the internet on economic growth: Evidence from cross-country panel data[J]. *Economics Letters*, 2009, 105(1): 39–41.
- [32]Cornaggia J, Mao Y, Tian X, et al. Does banking competition affect innovation?[J]. *Journal of Financial Economics*, 2015, 115(1): 189–209.
- [33]Czernich N, Falck O, Kretschmer T, et al. Broadband infrastructure and economic growth[J]. *The Economic Journal*, 2011, 121(552): 505–532.
- [34]Dong X F, Zheng S Q, Kahn M E. The role of transportation speed in facilitating high skilled teamwork[R]. NBER Working Paper No.24539, 2018.
- [35]Fang L H, Lerner J, Wu C. Intellectual property rights protection, ownership, and innovation: Evidence from China[J]. *The Review of Financial Studies*, 2017, 30(7): 2446–2477.
- [36]Feldman M P, Florida R. The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1994, 84(2): 210–229.
- [37]Feldman M P. Knowledge complementarity and innovation[J]. *Small Business Economics*, 1994, 6(5): 363–372.
- [38]Hayek F A. The use of knowledge in society[J]. *The American Economic Review*, 1945, 35(4): 519–530.
- [39]Jaffe A B. Real effects of academic research[J]. *The American Economic Review*, 1989, 79(5): 957–970.
- [40]Kafourous M I. The impact of the Internet on R&D efficiency: Theory and evidence[J]. *Technovation*, 2006, 26(7): 827–835.
- [41]Koutroumpis P. The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach[J]. *Telecommunications Policy*, 2009, 33(9): 471–485.
- [42]Krugman P. Increasing returns and economic geography[J]. *Journal of Political Economy*, 1991, 99(3): 483–499.
- [43]Kyle M, Qian Y. Intellectual property rights and access to innovation: Evidence from TRIPS[R]. NBER Working Paper No.20799, 2014.
- [44]Paunov C, Rollo V. Has the Internet fostered inclusive innovation in the developing world?[J]. *World Development*, 2016, 78: 587–609.
- [45]Romer P M. Increasing returns and long-run growth[J]. *Journal of Political Economy*, 1986, 94(5): 1002–1037.
- [46]Stiroh K J. Information technology and the U. S. productivity revival: What do the industry data say?[J]. *The American Economic Review*, 2002, 92(5): 1559–1576.
- [47]Storper M, Venables A J. Buzz: Face-to-face contact and the urban economy[J]. *Journal of Economic Geography*, 2004, 4(4): 351–370.
- [48]Wang X, Xie Z, Zhang X B, et al. Roads to innovation: Firm-level evidence from People’s Republic of China (PRC)[J]. *China Economic Review*, 2018, 49: 154–170.
- [49]Xu M Z. Riding on the new silk road: Quantifying the welfare gains from high-speed railways[Z]. Virginia: University of Virginia, 2017.

## Network Infrastructure and the Diffusion of Technological Knowledge: Evidence from a Quasi-natural Experiment

Xue Cheng<sup>1</sup>, Meng Qingxi<sup>1</sup>, He Xianjie<sup>1,2</sup>

(1. School of Accountancy, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China;

2. Institute of Finance and Accounting, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

**Summary:** After nearly 40 years of rapid development, the Chinese economy has entered a crucial period of transformation from old to new growth drivers. The Internet, as a new driving force for economic development, is bound to promote a new round of technological and industrial changes. In this context, it is of great theoretical value and practical significance to answer the question of whether and how network infrastructure can affect the information transfer and technological knowledge diffusion of micro-enterprises. This study uses “Broadband China” as a quasi-natural experiment and finds that the construction of network infrastructure can not only promote the diffusion of technological knowledge within companies, but also promote the diffusion of technical knowledge between companies. This article further finds that when the technology level of a listed company is high, the geographical locations of its subsidiaries are scattered, and the network infrastructure of subsidiaries is relatively complete, the network infrastructure has a greater positive effect on the diffusion of technological knowledge within the company. Similarly, network infrastructure has a greater influence on the diffusion of technological knowledge among companies because of the high technology level of listed companies and the large number of Internet users.

The research in this article has important academic value and practical significance: (1) Preliminary studies have shown that infrastructure has an important impact on company operations. Most of their studies focus on transportation infrastructure, and our research on network infrastructure is a further supplement to the literature on infrastructure. (2) With regard to the research of network infrastructure, academics now pay more attention to the influence of the macro level. Few scholars test how network infrastructure affects the diffusion of enterprise technological knowledge from the micro enterprise level, especially from the internal and external aspects of listed companies. (3) On the research of innovation, previous scholars find that the development of macro factors such as infrastructure has an important impact on the innovation activities of enterprises themselves. This paper takes other subjects associated with listed companies as the research object, studies the role of network infrastructure on the diffusion of technological knowledge, and expands the literature on innovation. (4) This paper uses “Broadband China” as an exogenous event to solve the causal inference problem between network infrastructure and economic growth. (5) The research of this paper is of great significance to the practice of public goods supply such as Internet.

**Key words:** network infrastructure; the diffusion of technological knowledge; Broadband China

(责任编辑 康健)