



基于专利计量的集成电路制造领域 国际技术合作特征研究

刘云^{1,2} 闫哲² 程旖婕² 叶选挺²

(1. 中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100049;

2. 北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要:在建立集成电路制造领域国际合作专利数据库的基础上,采用专利关联度分析、社会网络分析等方法对世界各国进行国际技术合作的发展潜力、发展现状和合作效果进行分析,以把握该领域国际合作特征,揭示我国的优势和差距。结果发现:(1) 美国在该领域拥有最强的技术创新及国际合作技术创新能力,德国与中国台湾则拥有较大的发展潜力;(2) 亚、欧两洲因集群创新成为国际技术合作较成功区域,但集群内合作研究领域的趋同性阻碍了其进一步发展。最后,提出进一步提升我国国际合作水平的政策建议。

关键词:集成电路制造;专利计量;国际技术合作;社会网络分析

中图分类号:G306;F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0241(2018)08-0013-13

0 引言

2006年2月,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》将“极大规模集成电路制造技术及成套工艺”确立为科技重大专项。2014年6月,国务院发布《国家集成电路产业发展推进纲要》,明确要加速发展集成电路制造业,推动产业重点突破和整体提升,实现跨越式发展。随后《中国制造2025》规划提出要大力推动集成电路制造等重点领域突破发展,形成关键制造装备的供货能力。但随着国际化进程的加快,我国要实现集成电路制造领域的快速发展,仅仅依靠国家的政策支持和自身的技术力量是远远不够的^[1],还需要通过国际合作以有效利用全球范围内更多、更先进的外部技术资源。因此,把握集成电路制造业的国际合作特征,分析世界各国进行国际技术

合作的发展潜力、发展现状和合作效果,从而认清自身所处位置,为我国在该领域有效提升国际合作水平提供政策建议,具有重要的现实意义。

本文基于欧专局世界专利数据库下载2004—2013年集成电路制造领域专利数据,并通过数据整理和抽取建立国际合作专利库,随后采用专利关联度分析、社会网络分析等方法对该领域世界各国/地区进行国际技术合作的发展潜力、发展现状和合作效果进行分析,以揭示我国进行国际合作的优势和差距,为我国进一步提升国际合作水平提供参考。

1 国内外相关研究综述

1.1 国际技术合作相关研究

技术合作研究有助于提高知识创造水平、企业创新能力、区域乃至国家层面的竞争优势,较早就

收稿日期:2017-11-07

基金项目:国家重点研发计划专项课题(2017YFB1401100);国家自然科学基金项目(71810107004,71573017,71273030)

第一作者简介:刘云(1963—),男,安徽合肥人,中国科学院大学公共政策与管理学院,教授,博士生导师,研究方向:科技评价、创新管理、科技政策。

通信作者:刘云,liuyun@ucas.ac.cn

受到国内外学者的关注^[2]。随着专利信息的日益丰富以及社会网络分析方法的不断拓展,通过专利计量进行技术合作研究也逐渐成为该领域的一个热门研究方向^[3-4]。总体来看,目前国内外学者基于专利计量所进行的国际技术合作研究主要从以下3个视角展开:一是通过构建专利合作的相关指标对国际技术合作进行测度分析。比如, Ma 和 Lee 提出专利合作发明指数和合作专利权指数,评价并预测了十个不同经济体国际合作发明专利的发展趋势^[5];王文平等采用专利国际合作发明和跨国拥有专利所有权指标,比较探讨了金砖五国的国际技术合作现状^[6]。二是从技术主题关联的角度出发剖析国家或地区间合作专利的技术特征。如 Wang 等通过对专利数据进行数据挖掘、主题词识别及关联分析,考察了 1976—2010 年间中国与不同国家/地区的技术关联及合作发展趋势^[7];向希尧等研究了技术接近性对跨国专利合作的影响,发现技术接近性有助于形成较为重要的国际技术合作关系^[8];温亮等则认为通过对各创新主体所申请专利的重点技术子领域进行相似度分析可以识别出潜在的技术合作伙伴^[9]。三是从构建和分析专利合作网络的角度进行国际技术合作研究。比如, Prato 和 Nepelski 基于专利合作数据构建了全球技术合作网络,并采用引力模型研究发现各国在网络中的位置对该国与其他国家的合作强度有显著影响^[10]; Igami 和 Liu 等则均通过对所构建纳米国际专利合作网络中的网络密度及节点中心性等进行分析,描绘了纳米领域国际技术合作的演化情况^[11-12]。

1.2 集成电路制造领域相关研究

关于集成电路制造领域,目前国内外学者基于专利计量针对该领域的技术创新开展了一定的研究,其中 Levitas 等、Chen 等、Tsai、Hu、Fuller 分别从技术价值、技术多样性、创新溢出、知识创造与扩散、国家比较等角度^[13-18],杨晓丽、陈冠源、张新柱

等、刘云等分别从企业创新、分领域创新、区域创新、创新能力分布等角度进行了分析^[19-22]。而具体到集成电路制造领域的技术合作,国内外学者所做工作较少。其中 Chang 基于问卷调查方法对英国生物医药企业进行研究发现企业层面的技术合作对企业创新绩效有促进作用^[23];刘云等基于论文合作数据对我国集成电路制造业的国际技术合作进行了研究^[24]。刘晓燕等和林利剑虽基于专利合作数据对集成电路产业技术合作进行了分析,但前者主要研究对象为企业合作网络知识扩散的影响因素^[25],后者为上海市企业层面的创新网络结构^[26],并没有针对集成电路制造领域国际技术合作特征的研究。

1.3 文献述评

综上所述,专利计量是技术合作研究的常用方法,目前国内外学者多从构建专利指标、分析技术关联、研究专利合作网络3个角度对国际技术合作进行研究。具体到集成电路制造领域,虽然关于该领域技术创新乃至技术合作的研究正不断推进,但尚没有针对集成电路制造业国际技术合作的分析,更不用说基于专利计量的国际技术合作分析。为此,本文综合现有基于专利计量的国际技术合作研究角度,从合作模式、合作网络和合作影响力3方面探究集成电路制造领域的国际技术合作特征,具有一定的创新性。

2 数据和研究方法

2.1 数据搜集与预处理

集成电路制造包括各类细分的制造工艺与技术,很难通过单个国际专利分类(international patent classification, IPC)或者 IPC 组合对其进行界定。本文依据之前研究所构建的集成电路制造技术领域分类体系和基于关键技术主题构建的专利检索策略^[22],在欧专局世界专利数据库中检索下载 2004—2013 年的集成电路制造各技术领域的专利数据共计 11 621 项,如表 1 所示。随后使用相关软

件对下载的专利数据进行数据清洗和建立本地数据库等工作,并界定发明人国别大于等于2的专利共533项作为国际合作专利,抽取建立国际合作专利数据库,数据整理过程如图1所示。

2.2 专利关联度分析

基于专利进行关联度分析可以测度相关对象之间(如国家之间、机构之间、年份之间)的关联程度,生成关联度矩阵,并通过多维定标算法将关联度矩阵可视化二维图形^[7],以更加形象地进行分析各相关对象之间的关联程度。本文主要采用基于相似性的关联度分析法生成关联度矩阵^[27]。以国家之间主题词关联度分析为例,假设在专利中共存在 m 个主题词,则向量 $A=(a_1,a_2\cdots a_m)$ 和 $B=(b_1,b_2\cdots b_m)$ 可以作为国家 A 和 B 的特征向量,其中

a_i 为包含主题词 i 的 A 国专利的项数, b_i 为包含主题词 i 的 B 国专利的项数。通过计算向量 A 和 B 的余弦相似度,如公式(1)所示,可以得出国家 A 和 B 的主题词关联度。基于专利的关联度分析可为国际合作模式的分析提供基础。

$$\text{Cos}(A,B)=\frac{\sum_{i=1}^ma_ib_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^ma_i^2\times\sum_{i=1}^mb_i^2}},$$

$(i=1,2,\dots,m)$

(1)

2.3 社会网络分析

对于网络中的节点来说,如果它在网络中占据较好的位置,那么它在信息的搜集、处理和传播方面将占据很大优势^[28]。也就是说,节点在网络中的位置从一定程度上可以反映其在网络中的合作影响力。因此,节点的中心度作为对网络中节点所处

表1 集成电路制造领域技术分类体系及专利下载量

序号	子领域	关键技术主题	专利量
1	清洗技术(CT)	等离子清洗技术、兆声清洗技术、激光清洗技术等	566
2	光刻工艺(LT)	X射线光刻、离子束光刻、极短紫外光刻、纳米压印光刻、电子束投影光刻等	539
3	刻蚀工艺(ET)	湿法化学刻蚀、等离子刻蚀、反应离子刻蚀、感应耦合等离子体刻蚀等	2 495
4	薄膜工艺(TFT)	物理汽相沉积法、热氧化法、化学汽相沉积法、电镀法、气相外延技术、分子束外延技术、互补金属氧化物半导体外延技术等	1 021
5	掺杂工艺(DT)	扩散法、离子注入法	855
6	退火技术(AT)	快速热退火技术、激光退火技术等	409
7	平坦化工艺(PLT)	化学机械抛光技术、无应力抛光技术等	736
8	封装技术(PAT)	铜互连技术、低K介质互连技术、光互连技术、碳纳米管互连技术、硅通孔互连技术、球栅阵列封装技术、芯片尺寸封装技术、多芯片封装技术、圆片级封装技术、倒装芯片封装技术、封装内封装技术、系统级封装、三维封装、格栅阵列封装等	5 000

注:子领域列括号中内容为该技术子领域的英文代号

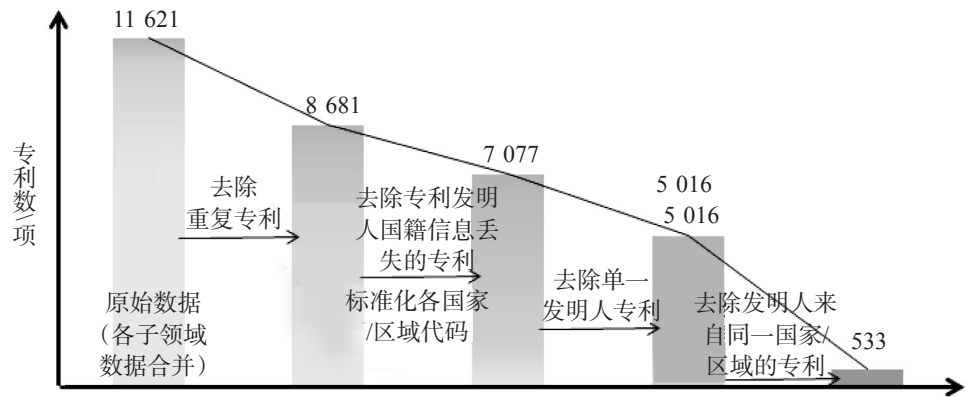


图1 专利数据预处理过程

位置的常用评价标准,可用于分析节点在网络中的合作影响力。在不同中心度指标中,本文选择度数中心度、接近中心度和中间中心度3种常用指标,通过计算各节点的3种相对中心度数值进行合作影响力分析,3种指标的具体计算公式不再赘述^[29]。

(1) 度数中心度。度数中心度测量的是在网络中与该节点直接相连的其他点的个数。在本文中,度数中心度用来表征与该节点直接合作发明专利的国家/地区数。如果度数中心度较高,则该点直接合作的节点较多,代表着该点在集成电路制造领域合作网络中的直接影响范围较大。

(2) 接近中心度。接近中心度是对网络中一个节点不受其他节点控制程度的测度。如果一个点与网络中的所有其他点的距离都很短,则称该点具有较强的接近中心度。在集成电路制造领域技术合作网络中,接近中心度高,代表该国家/地区节点与其他节点的距离较近,较容易接收网络中各节点传送来的技术信息,也较容易将技术信息传播到网络中各个节点,即在网络中的影响力传播速度较快。

(3) 中间中心度。中间中心度衡量的是某个点处于其他点之间最短路径上的程度。具体到技术合作网络,如果一个点在合作网络中处于多对合作点的最短路之中,那么它的中间中心度一般较高,也就是该点在集成电路制造技术合作网络中起到了“中介”的作用,能够更大程度得控制网络中技术信息的传递,即在网络中合作影响力度较强。

(4) 分析模型。基于上述关于3种中心度测

量方法的分析,本文认为根据网络中各节点在3种中心度的数值排序可以对其在合作网络中的具体位置特征进行分析,分析模型如表2所示^[30]。另一方面,基于上述关于3种中心度数值所代表含义的分析,本文提出节点在网络中合作影响力的三维特征分析模型,如图2所示。

2.4 研究框架

本文主要从合作模式、合作网络、合作影响力3个方面分析集成电路制造领域的国际合作特征,研究框架如图3所示。通过与合作模式方面的研究可以弄清现阶段集成电路制造领域的主要技术合作方向,以及各国之间在技术方向上的异同,从而掌握各国家/地区未来进行技术合作的主要方向和潜力;在合作网络方面的研究则可以了解合作的发展现状;而在合作影响力部分的研究可以从一定程度上了解目前各国家/地区进行国际技术合作的效果。

3 分析结果

3.1 总体分析

本文将发明人国别大于等于2的专利界定为国际合作专利,以下分析中专利的国家信息也都基于专利的发明人所属国籍信息得出,国际合作专利视为合作双方或多方均拥有这项专利。按照上述专利国别鉴定方式,目前在集成电路制造领域全球共有45个国家/地区拥有国际合作专利,其中拥有量最多的前20名国家/地区如表3所示,本文将其界定为集成电路制造领域的典型国家/地区。可以看出,美国在集成电路领域拥有全球最多的国际合

表2 节点位置特征分析模型

项目	度数中心度低	接近中心度低	中间中心度低
度数中心度高	该节点的所连接节点均处于一合作集群中,该节点的合作关系可被其合作者视为冗余关系,即节点的合作者之间通常也有直接的合作		
接近中心度高	该节点是与核心节点进行直接合作的关键节点	该合作集群与网络中其他节点距离较远	在网络中可能存在多条信息流动途径,该节点与很多点都接近,但是其他点之间也都很近
中间中心度高	该节点的少数合作对于网络中的技术信息流动来说至关重要	此类点较为少见。意味着该节点垄断了网络中一部分点与其他点之间的信息流动	

注:表格中节点中心度的高低只是相对概念,是通过对单个节点在3个中心度的排序进行对比得出的,下文具体分析时会作具体阐述

作专利,比第2名中国台湾的合作专利量多将近4倍,新加坡与中国分列第3、4位。从地域分布来看,前20名中有10个位于亚洲,7个位于欧洲,2个位于北美洲,此外还有位于大洋洲的澳大利亚。

通常用一个国家的国际合作专利与全部专利数量之比来衡量其进行国际技术合作的活跃程度^[31]。从活跃程度来看,美国虽然拥有全球最多的国际合作专利,但其活跃程度在TOP20国家/地区中仅排名第17,这可能与其拥有的全部专利数量同样较多有一定关系。日本、中国、中国台湾和韩国的情况与美国类似,集成电路领域的全部专利和国际合作专利量均在全球排名前列,但活跃程度却较低,国际技术合作创新还有待加强。在表格下半区的大部分国家/地区则因为本身拥有集成电路制造专利总量较少,即使通过国际合作所取得的创新成果不够丰富,国际合作专利占比依然能够在TOP20中位居前列,其中比较典型的是比利时、菲律宾和中国香港。

3.2 合作模式分析

本节依据本地专利数据库中的专利名称和摘要信息建立了主题词库,并采用专利关联度分析方法计算各国家/地区国际合作专利之间的技术关联度,制作国家技术主题关联图,如图4所示。其

中每一个圆点都代表一个国家/地区,圆点之间的连线代表两国国际合作专利在研究主题上的相似程度,连线越牢固,说明两国的国际合作研究主题越相似。为了使表达效果更清晰,图中仅显示了典型国家/地区,且仅显示依据关联度排序的前40个两点间连线。此外,图中还显示了各国拥有国际合作专利量最多的前3个技术子领域(以英文代号形式显示)及其具体专利数量。

可以看出,美国作为拥有国际合作专利最多的国家,几乎TOP20中每个国家/地区都与其有较强关联,其中德国、中国台湾与美国在合作研究主题上最为相似,更易于进行技术合作。总的来看,整个技术主题关联图还可以分为上下2个集群,且集聚性较强:集群内部节点之间的技术关联度较强,集群内部节点与外部节点技术关联较弱。从地理分布来看,上面集群中多为欧洲国家,下面集群中则全部为亚洲国家/地区,因此可分别称为欧洲集群和亚洲集群。德国是2个集群之外的一个值得注意的国家,虽然地处欧洲,但它和亚洲集群在合作研究领域上的相似性也很高,几乎和2个集群的每个节点都有连线,和美国一样,他也是合作研究主题较为多元化的一个国家。

从技术子领域分布来看,典型国家/地区几乎

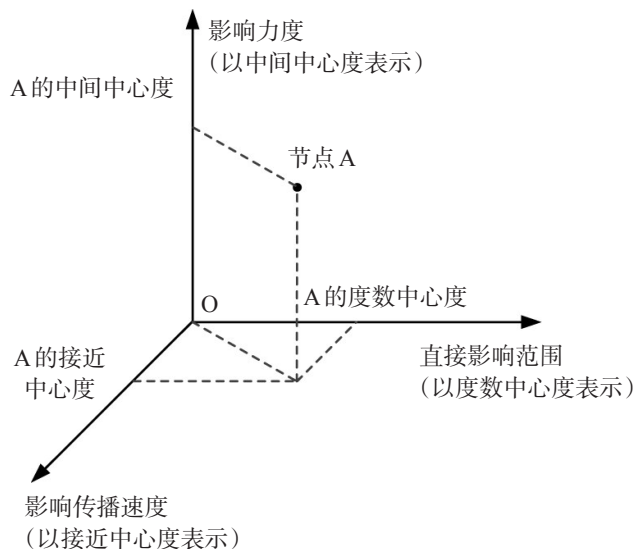


图2 节点合作影响力特征分析模型

都在封装技术(PAT)和刻蚀工艺(ET)2个领域有较多的国际合作专利。相对其他领域来说,这2个领域的国际化合作水平较高,当然这也与2个领域

本身技术发展较快、产生的专利成果较多有一定关系^[22]。除这2个领域外,相对来说,欧洲集群更倾向于在光刻工艺(LT)和薄膜工艺(TFT)2个领

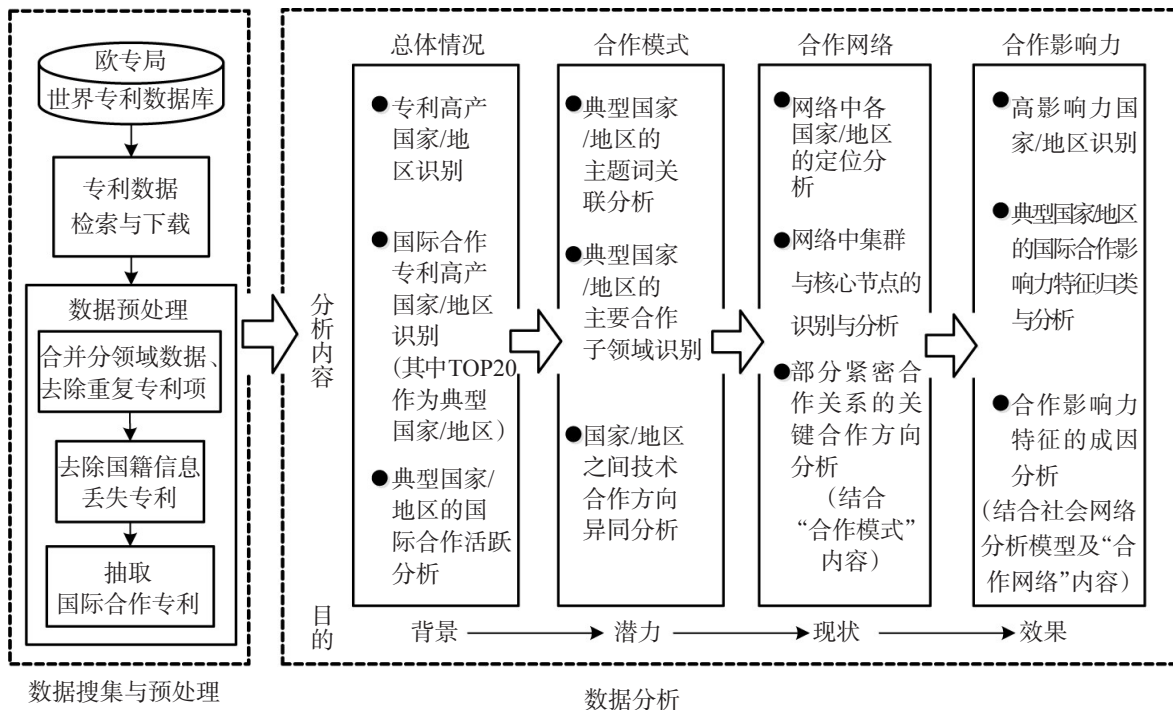


图3 研究框架

表3 集成电路制造领域国际合作专利 TOP20 国家/地区

国家/地区	集成电路制造领域国际合作专利(A)	集成电路领域专利(B)	A专利量/B专利量
	排序(专利量)	排序(专利量)	排序(比例/%)
美国	1(322)	1(2 951)	17(10.91)
中国台湾	2(73)	4(651)	16(11.21)
新加坡	3(69)	8(232)	10(29.74)
中国	4(61)	3(801)	19(7.62)
德国	5(58)	6(325)	14(17.85)
日本	6(47)	2(1 207)	20(3.89)
韩国	6(47)	5(513)	18(9.16)
英国	8(38)	9(98)	7(38.78)
印度	9(34)	13(45)	1(75.56)
法国	10(30)	7(249)	15(12.05)
荷兰	11(26)	10(89)	11(29.21)
马来西亚	12(22)	15(43)	6(51.16)
比利时	13(19)	16(30)	3(63.33)
加拿大	13(19)	11(52)	8(36.54)
菲律宾	15(13)	19(19)	2(68.42)
奥地利	16(12)	18(23)	5(52.17)
中国香港	17(11)	19(19)	4(57.89)
澳大利亚	18(10)	12(46)	12(21.74)
以色列	19(9)	16(30)	9(30.00)
俄罗斯	20(8)	14(44)	13(18.18)

注:该表中所有排序均是在集成电路专利制造领域国际合作专利拥有量TOP20国家/地区范围内进行

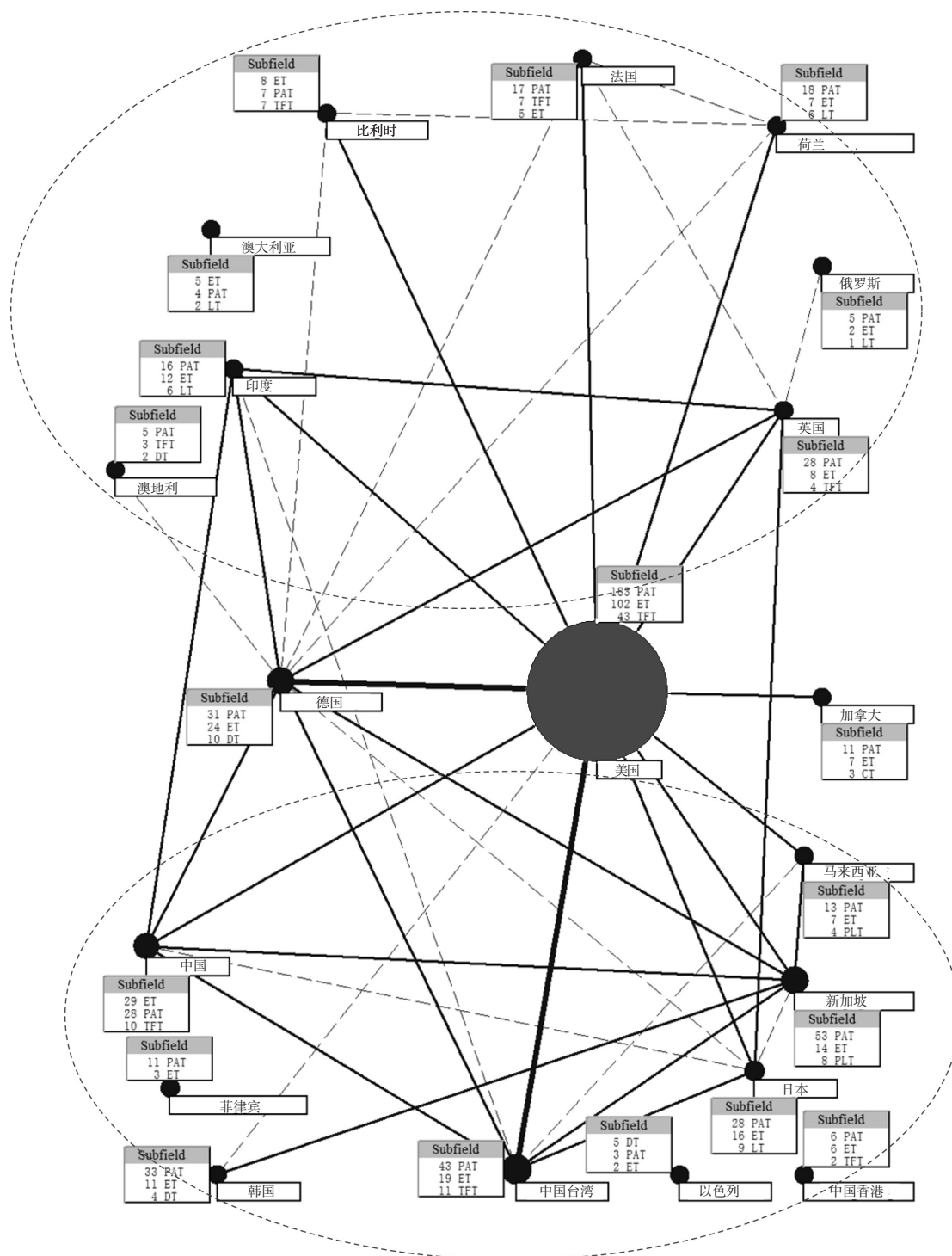


图4 集成电路制造领域典型国家/地区国际合作技术主题关联图

域进行合作,亚洲集群则更倾向于平坦化工艺(PLT)和薄膜工艺(TFT)。

3.3 合作网络分析

本节依据国际合作矩阵制作2004—2013年集成电路制造领域国际合作网络图,如图5所示。其

中每一个圆点都代表一个国家/地区,圆点及其名称的尺寸越大,该国家/地区拥有的国际合作专利量越多;两圆点之间有线连接说明两圆点所代表国家/地区的发明人合作发明过专利,连线越粗,两国发明人共同合作发明专利越多。

为了更加清楚地看出世界各国在合作网络中的位置,本图对图中各节点位置进行调整以使得有连线的节点尽量靠近,各节点间连线的总长度尽量缩短。经过调整,可以看出网络图以中轴线为界,左半边大部分为亚洲国家/地区,右半边大部分为欧洲国家,内部连线较多而之间连线较少,亚欧两洲在国际技术合作方面也呈现出了较为明显的集聚趋势。在2个集群内部,德国是欧洲集群的核心;新加坡和中国是亚洲集群的核心,由于所处地理位置的原因,新加坡主要和东南亚国家进行技术合作,中国则主要与东亚国家/地区进行技术合作。

值得注意的是,美国、印度和英国是与集群趋势相反的3个国家,它们同处于网络图中轴线上,与亚、欧两洲的多个节点都进行了技术合作,是连接2个合作集群的重要节点。此外,美国居于整个国际合作网络的最核心地位,他与网络中其他44个国家/地区中的43个进行过专利合作发明。其中美国与中国、中国台湾、德国、日本的合作最为紧密,结合上文分析可知,美国、中国和德国的合作主要集中于刻蚀工艺(ET)和封装技术(PAT)2个子领域,美国、日本和中国台湾的合作则主要集中于封装技术(PAT)子领域。

3.4 合作影响力分析

本节计算出典型国家/地区在国际合作网络中的3种相对中心度及总和,并对其排序,如表4所示。一个节点3种中心度数值的总和从一定程度上可以反映其在合作网络中的综合合作影响力。可以看出,美国的中心度总和值在所有国家/地区中排名第1位,印度和英国的合作影响力仅次于美国,结合上文可知是因为它们对亚欧2个合作集群之间的信息流动起到了一定程度的桥梁作用。从地域分布来看,前20名中有10个位于亚洲,8个位于欧洲,另外2个位于北美洲。总体来说,亚、欧两洲不仅有着较为活跃的国际技术合作活动,而且在国际合作网络中具有较大的影响力,亚、欧两洲

是目前进行国际技术合作比较成功的区域。

为了进一步分析典型国家/地区在国际合作网络中的影响力特征,本节将各节点在3个中心度上排名分别与其中心度总和的排名进行比较,若中心度数值的排名较高,则为H,反之则为L,如表5所示。可以看出,网络中节点可分为8种类型,其中HHH、HHL、HLL和LLH 4种类型包含的节点数为最多,占典型国家/地区数的80%。考虑到上述4种类型节点具有较好的代表性以及文章篇幅的要求,本文结合上文所构建的节点位置特征分析模型(见表2)、节点合作影响力特征分析模型(见图2)及集成电路制造领域国际合作网络图(见图5),仅对这4种类型进行具体分析。

(1) 主导型(HHH)。该类型节点不仅具有较多的直接合作对象,而且与网络中其他节点也多建立了紧密的间接合作关系,此外还由于与部分“保守型”节点(指合作关系较少的节点)拥有稀缺的合作关系而从一定程度上控制了整个网络技术信息的传送,因此该类型国家可视为“主导型”节点。如表5所示,美国、印度、德国即属于此类型节点。以美国为例,从网络图中可以看出,美国处于整个国际合作网络的最核心位置,其与埃及、挪威等“保守型”节点的联系垄断了这些节点与外界的技术信息传输。总体来说,“主导型”节点的共性特征是直接影响的范围较大,影响的传播速度较快,且影响力度较强。

(2) 跨集群合作型(HHL)。该类型节点可分为2小类。第一类节点处于一个合作集群中,与集群内许多节点有直接合作关系,由于集群合作的特点,其所连通节点之间也有直接或间接连接,导致合作关系被视为冗余,此外该类型节点还与其他合作集群的核心节点有直接合作,因此它们与网络中大多数节点的距离都很近但是并不能有效的控制网络中传送的信息。这一类节点有中国、中国台湾、新加坡、马来西亚、中国香港。以中国

为例,作为亚洲集群核心之一连接了集群内大部分节点,此外还与网络图核心美国、欧洲集群核心德国有连接。第二类节点则与亚、欧2个集群内的多个节点相连,能够在网络中快速传播技术信息,但所连接节点之间通常也有紧密的联系,导致合作关系被视为冗余,不能有效控制信息传递。这一类节点有英国、日本和以色列。总体来说,该类型节点可称为“跨集群合作”,它们直接影响的范围较大,且影响(信息)传播的速度较快,但影响力度较弱。

(3) 集群内合作型(HLL)。该类型节点直接连接节点数相对较多,却均处于一个合作集群中,并且该合作集群与网络中其他节点的距离较远,导致该类型节点与网络中其他节点的平均距离较远。此外,由于集群内合作密集,节点合作者之间通常也有直接合作关系,因此该类型节点的合作关系多被其合作者视为冗余,节点影响力度不

强。本文将该类型节点总结为“集群内合作型”节点,菲律宾、俄罗斯、加拿大即为该类型节点。以菲律宾为例,所连接节点除美国外全部为亚洲集群内节点,与欧洲集群节点的距离较远,此外亚洲集群内合作较为密集,造成了菲律宾控制网络中信息传播的力度较弱。总体来说,“集群内合作型”节点直接影响的范围较大,但影响(信息)传播的速度较慢,影响力度也较弱。

(4) 垄断合作型(LLH)。该类型节点直接连接的节点较少,且所连接节点多为“保守型”节点,导致其与网络中节点的平均距离较远,但与“保守型”节点的稀缺连接垄断了这些“保守型”节点与其他点之间的信息流动。本文将这样的节点称为“垄断合作型”节点,法国、荷兰即为该类型节点。但由于两国在3个中心度的排序均较为接近,故所表现出的特征不够明显。以荷兰为例,虽然它与波兰(网络图中唯一一个和美国没有直接连接的

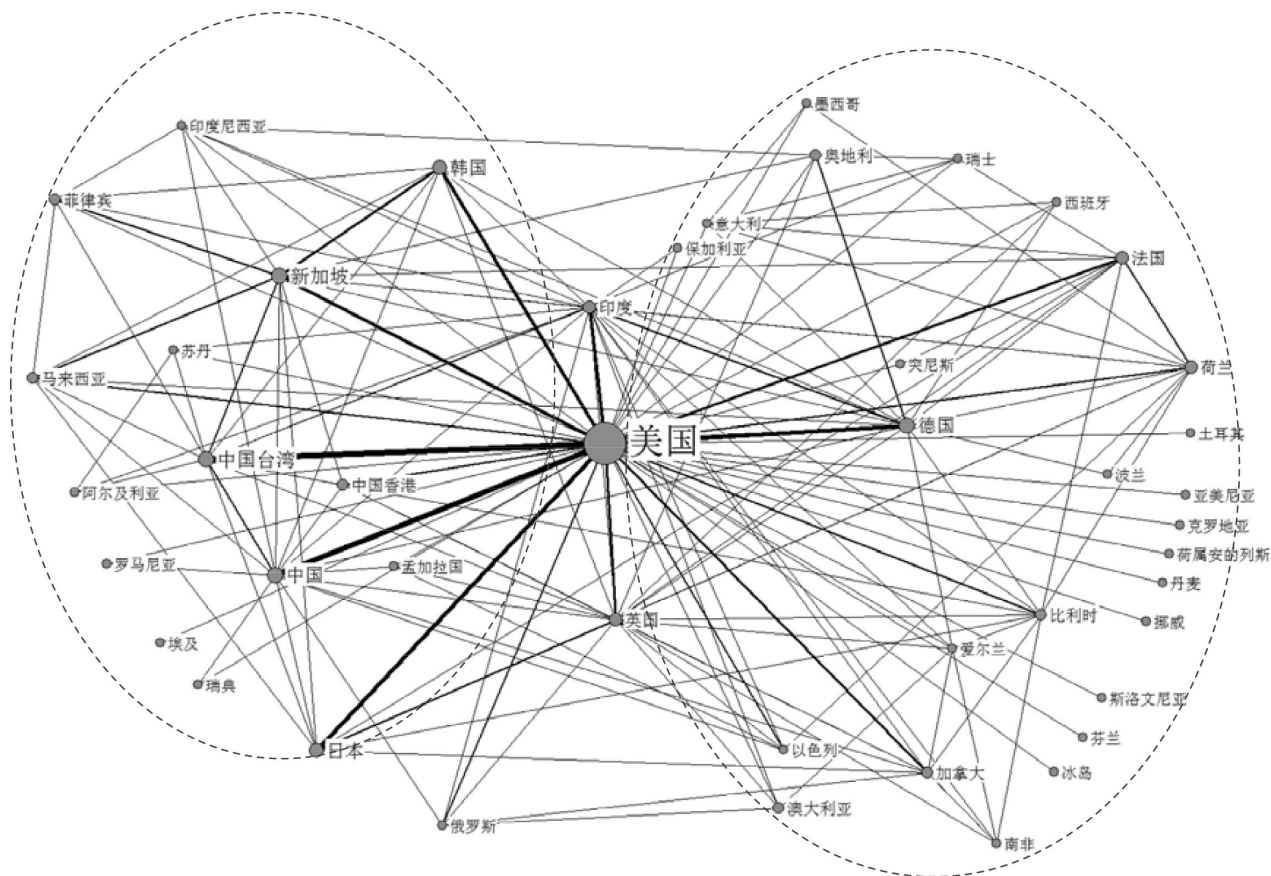


图5 2004—2013年集成电路制造领域国际合作网络图

节点)的合作关系显著增强了它的影响力度,但是它还和其余9个节点有直接连接,这也反映出荷兰与波兰之间的合作对网络中技术信息流动的重要程度。总体来说,“垄断合作型”节点的共性特征是直接影响范围较窄,影响力传播速度较慢,但由于垄断了一部分“保守型”节点与网络中其他节点的联系,影响力度较大。

4 结论和建议

本文从合作发展潜力、发展现状、合作效果3个维度对集成电路制造业的国际技术合作特征进行研究,得出如下结论。

(1) 美国在集成电路制造领域拥有全球最强的技术创新能力和国际合作技术创新能力,德国与中国台湾则拥有较大的发展潜力。首先,美国在该领域拥有最多的专利和国际合作专利,在技术主题关联图、国际合作网络图中均居于最核心地位,在国际合作网络中拥有较大的直接影响范围、较快的影响(信息)传播速度和较强的影响力

度,可以说它是当之无愧的该领域第一技术强国和国际技术合作第一强国。其次,德国、中国台湾在技术主题分布上与美国最为相似,德国还与较多国家/地区在技术主题分布上有相似之处,研究方向较为全面,国际合作的发展空间较大,未来既可以通过与美国研究主题相似的优势加强和美国的技术合作进一步增强自己的技术实力,还可以向美国学习,寻求与更多国家进行国际技术合作以借助更多的外部技术资源,因此在技术创新和国际技术合作创新方面拥有较大的发展潜力。

(2) 亚、欧两洲因集群创新成为目前集成电路制造领域进行国际技术合作较成功区域,但集群内合作研究领域的趋同性阻碍了集群内节点的进一步发展。在国际技术合作网络图中,亚、欧两洲均呈现出了较为明显的集聚趋势,这也促使它们成为了目前国际技术合作比较成功的区域。而从合作模式的分析来看,整个技术主题关联图同样可分为亚、欧2个集群,合作集群内部研究主题

表4 集成电路制造领域典型国家/地区在合作网络中的中心度

国家/地区	度数中心度 排序(数值)	接近中心度 排序(数值)	中间中心度 排序(数值)	中心度总和 排序(数值)
美国	1(97.73)	1(97.78)	1(64.70)	1(260.21)
中国台湾	6(34.09)	6(60.27)	7(1.90)	6(96.26)
新加坡	7(31.82)	7(59.46)	8(1.11)	7(92.39)
中国	4(38.64)	4(61.97)	5(3.14)	5(103.75)
德国	4(38.64)	4(61.97)	3(4.48)	4(105.09)
日本	10(22.73)	10(56.41)	13(0.33)	12(79.47)
韩国	13(20.46)	12(55.70)	18(0.11)	13(76.27)
英国	2(45.46)	2(64.71)	4(4.00)	3(114.17)
印度	2(45.46)	2(64.71)	2(4.68)	2(114.85)
法国	10(22.73)	10(56.41)	9(0.83)	10(79.97)
荷兰	8(27.27)	8(57.90)	6(2.61)	8(87.78)
马来西亚	14(18.18)	14(55.00)	19(0.10)	15(73.28)
比利时	9(25.00)	9(57.14)	10(0.43)	9(82.57)
加拿大	10(22.73)	12(55.70)	11(0.39)	11(79.82)
菲律宾	16(15.91)	18(53.66)	21(0.07)	18(69.64)
奥地利	19(13.64)	18(53.66)	15(0.17)	19(67.47)
中国香港	19(13.64)	21(53.01)	23(0.05)	22(66.7)

注:为了能够更加准确的分析典型国家/地区在整个国际合作网络中的影响力,该表中所有排序均是在国际合作网络中全部45个国家/地区范围内进行

趋同的特征会进一步促进集群内国家/地区之间的技术合作,加速国际技术合作网络密集化、集聚化的进程。但这又决定了集群之间进行的国际合作活动较少,客观来说阻碍了集群内各国国际技术合作水平的进一步提升。比如,集群之外的美国在多个研究领域、技术主题与亚欧2个集群的多个节点开展国际技术合作,反而成为了目前该领域第一技术强国。

对于中国来说,作为“跨集群合作型”节点,应进一步提升自身的国际技术合作水平,以更加有效地吸收利用全球范围内更多、更先进的外部技术资源,通过技术的交叉、融合产生更多的技术创新成果,提升自己的技术创新实力。对此,本文提出以下2方面政策建议:(1)中国应继续坚持自己的优势,保持现有的合作关系。首先中国的企业应保持与网络中核心节点企业的紧密合作,尤其应继续加

强与第一技术强国美国的企业的合作,特别是在刻蚀工艺、封装技术2个子领域的合作,通过技术引进、消化、吸收、再创新尽快缩短与美国的差距;其次作为亚洲集群的核心节点应继续保持并加强与亚洲节点如中国台湾、日本、韩国、新加坡等的合作,特别是在封装技术和薄膜工艺子领域的合作,以发挥区域集群创新的优势。(2)中国还应克服自己的劣势,增强在合作网络中的影响力度。通过借鉴“主导型”等影响力度较高节点的合作特征,中国需要和“保守型”节点建立稀缺的合作关系来增加在网络中影响力度。也就是说,中国企业需要增加合作伙伴,和更多国家的企业建立合作关系。而这是在扩充自身的合作技术子领域、合作技术主题的基础上完成的。通过技术主题关联图的分析,中国应注重扩展在平坦化工艺、光刻工艺子领域的合作技术主题,以寻求与亚、欧两集群内

表5 典型国家/地区3种中心度排序与中心度总和排序比较结果

国家/地区	度数中心度排序 VS. 中心度总和排序	接近中心度排序 VS. 中心度总和排序	中间中心度排序 VS. 中心度总和排序
美国	H*	H*	H*
中国台湾	H*	H*	L
新加坡	H*	H*	L
中国	H	H	L*
德国	H*	H*	H
日本	H	H	L
韩国	L*	H	L
英国	H	H	L
印度	H*	H*	H*
法国	L*	L*	H
荷兰	L*	L*	H
马来西亚	H	H	L
比利时	L*	L*	L
加拿大	H	L	L*
菲律宾	H	L*	L
奥地利	L*	H	H
中国香港	H	H	L
澳大利亚	L*	L*	L*
以色列	H	H	L*
俄罗斯	H	L*	L

注:当某节点在中心度上的排名与其总和排名一致时(表中*即表示这类情况),本文进一步将该中心度具体值与典型国家/地区该中心度的平均值进行比较,若具体值高则为H,若低则为L

的更多节点建立更多合作关系,破除目前存在的区域集群创新阻碍。

本文以集成电路制造领域为对象,研究世界各国进行国际技术合作的发展潜力、发展现状和合作效果,并基于研究结论提出针对中国国际合作水平提升的政策建议,但关于如何搜集和分析反映国际技术合作的非专利类型信息、如何更加明确和突出各国的国际合作特征等还需要进一步的研究。值得说明的是,本文的研究结果同样可以为其他典型国家/地区在该领域如何提升国际技术合作水平提供对策建议。此外,本文从合作模式、合作网络及合作影响力3方面进行研究,以分析典型国家/地区的合作潜力、合作现状和合作效果,从而把握集成电路制造领域的国际合作特征,该研究框架同样可以应用于其他产业领域的国际合作特征分析。

参考文献

- [1] Chen L, Xue L. Global production network and the upgrading of China's integrated circuit industry[J]. *Journal of Applied Statistics*, 2010,18(6):109-126.
- [2] 谭晓,张志强. 基于专利分析的技术合作和流动研究[J]. *科学学研究*,2013,31(9):1313-1320.
- [3] Gao X, Guan J, Rousseau R. Mapping collaborative knowledge production in China using patent co-inventorships[J]. *Scientometrics*, 2011,88(2):343-362.
- [4] Ozcan S, Islam N. Collaborative networks and technology clusters: The case of nanowire[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2014,82(1):115-131.
- [5] Ma Z, Lee Y. Patent application and technological collaboration in inventive activities: 1980-2005[J]. *Technovation*, 2008,28(6):379-390.
- [6] 王文平,刘云,蒋海军. 基于专利计量的金砖五国国际技术合作特征研究[J]. *技术经济*,2014,33(1):48-54.
- [7] Wang X, Ren J, Zhang Y, et al. China's patterns of international technological collaboration 1976-2010: A patent analysis study[J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2014,26(5):531-546.
- [8] 向希尧,裴云龙. 跨国专利合作网络中技术接近性的调节作用研究[J]. *管理科学*,2015,28(1):111-121.
- [9] 温亮,邱鹏君,马萍萍,等. 基于SAO语义分析的潜在技术合作伙伴识别[J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*,2017,19(4):91-96.
- [10] Prato G D, Nepelski D. Global technological collaboration network: Network analysis of international co-inventions[J]. *Journal of Technology Transfer*, 2014, 39(3):358-375.
- [11] Igami M. Exploration of the evolution of nanotechnology via mapping of patent applications[J]. *Scientometrics*, 2008,77(2):289-308.
- [12] Liu F, Zhang N, Cao C. An evolutionary process of global nanotechnology collaboration: A social network analysis of patents at USPTO[J]. *Scientometrics*, 2017, 111(3):1449-1465.
- [13] Levitas E F, Mcfadyen M A, Loree D. Survival and the introduction of new technology: A patent analysis in the integrated circuit industry[J]. *Journal of Engineering & Technology Management*, 2006,23(3): 182-201.
- [14] Chen J H, Jang S L, Wen S H. Measuring technological diversification: Identifying the effects of patent scale and patent scope[J]. *Scientometrics*, 2010,84(1): 265-275.
- [15] Tsai B H. Innovation spillover effect in semiconductor industry[C]. Phuket: Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology(PICMET), 2010.
- [16] Hu M C. Evolution of knowledge creation and diffusion: The revisit of Taiwan's Hsinchu Science Park[J]. *Scientometrics*, 2011,88(3):949-977.
- [17] Fuller D B. China's national system of innovation and uneven technological trajectory: The case of China's integrated circuit design industry[J]. *Chinese Management Studies*, 2007,3(1):58-74.
- [18] Fuller D B. Chip design in China and India: Multinationals, industry structure and development outcomes

- in the integrated circuit industry[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2014,81(1):1-10.
- [19] 杨晓丽. 集成电路领域韩国三星电子公司在华专利布局状况分析[J]. *电子知识产权*, 2007,6(11):57-60.
- [20] 陈冠源. 发明专利申请中的集成电路碳纳米管互连技术[J]. *电子制作*, 2014,21(12):53-54.
- [21] 张新柱,王锐,贺骁勇. 陕西省集成电路产业专利布局与发展路径分析[J]. *西安邮电大学学报*, 2016,21(5):110-116.
- [22] 刘云,闫哲,程漪婕,等. 基于专利计量的集成电路制造技术创新能力分布研究[J]. *研究与发展管理*, 2016,28(3):47-54.
- [23] Chang Y C. Benefits of co-operation on innovative performance: Evidence from integrated circuits and biotechnology firms in the UK and Taiwan[J]. *R & D Management*, 2003,33(4):425-437.
- [24] 刘云,马志云,白旭. 我国集成电路制造技术研究的国际合作特征分析[C]. 北京: 第十一届中国软科学学术年会论文集(下), 2015.
- [25] 刘晓燕,阮平南,童彤. 专利合作网络知识扩散影响因素分析:以集成电路产业为例[J]. *中国科技论坛*, 2013,1(5):125-130.
- [26] 林利剑. 上海集成电路企业创新网络研究[D]. 上海:华东师范大学, 2014.
- [27] Zhu D, Porter A L. Automated extraction and visualization of information for technological intelligence and forecasting[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2002,69(5):495-506.
- [28] Guan J, Zhang J, Yan Y. The impact of multilevel networks on innovation[J]. *Research Policy*, 2015,44(3):545-559.
- [29] 滕广青,毕强. 领域本体与社群分类法结构中心性的比较研究[J]. *情报学报*, 2013,32(10):1037-1045.
- [30] 刘军. 整体网分析[M]. 上海:格致出版社, 2014.
- [31] Zheng J, Zhao Z Y, Zhang X, et al. International collaboration development in nanotechnology: A perspective of patent network analysis[J]. *Scientometrics*, 2014,98(1):683-702.

Research on the International Technological Collaboration Characteristics of IC Manufacturing through the Perspective of Patent Bibliometrics

LIU Yun^{1,2}, YAN Zhe², CHENG Yijie², YE Xuanning²

(1. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 2. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: In this paper, the development potential, development status and cooperation effect of each country/region in international technological collaboration are analyzed on the basis of establishing the database of international cooperation patent of IC manufacturing industry. Through the above analysis, we want to grasp the international cooperation characteristics of IC manufacturing industry, and reveal the advantages and disadvantages of China. Findings include the following: First, with regard to technological innovation and international collaboration innovation, the United States is most successful, while Germany and Chinese Taipei have great potential for future development; Second, Asia and Europe have become successful areas of international technical cooperation because of cluster innovation, but the convergence of cooperative research orientation hinder further improvement of the nodes inside the cluster. Finally, this paper puts forward some suggestions on how to further enhance the level of international cooperation in China.

Key words: integrated circuit manufacturing; patent bibliometric; international technological collaboration; social network analysis