

# 产业技术变迁与全球技术创新体系空间演化

段德忠 杜德斌 杨凡 谌颖

**【摘要】**以1990-2014年全球96个国家和地区为研究对象,在对全球产业技术变迁研究基础上,对全球技术创新体系的等级层次性及其演化机制进行研究。结果发现:①IPC(International Patent Classification, 国际专利分类)-USPC(United States Patent Classification, 美国专利分类)-NAICS(North American Industry Classification System, 北美产业分类体系)的专利分类至产业分类识别系统为研究不同空间尺度下的产业技术创新变迁提供了全新的视角和方法,全球最具创新力的产业有着由机械产业向信息通信产业变迁的趋势;②以信息通信产业、机械产业、电气设备产业和医疗设备产业为代表的全球产业技术创新能力在这25a间都呈现出显著的两极分化和空间集聚趋势;③全球技术创新体系正由大西洋格局向太平洋格局演进,东亚地区成为全球技术创新的增长极;④国家研发支出规模、国家经济规模和国家文化包容性对国家技术创新能力有着明显的正向影响,但研发人员数量和国家人口总数对国家技术创新能力的作用不明显。

**【关键词】**专利类别;产业技术变迁;全球技术创新体系

**【作者简介】**段德忠(1989-),男,江苏溧阳人,博士,助理研究员,华东师范大学全球创新与发展研究院(上海 200062),华东师范大学城市与区域科学学院(上海 200241),华东师范大学一带一路与全球发展研究院(上海 200062),主要从事世界经济地理与科技创新政策研究,dzduan@geo.ecnu.edu.cn;杜德斌(通讯作者),教授,dbdu@re.ecnu.edu.cn,华东师范大学全球创新与发展研究院(上海 200062),华东师范大学城市与区域科学学院(上海 200241);杨凡,上海社会科学院信息研究所(上海 200235);谌颖,华东师范大学城市与区域科学学院(上海 200241)。

**【原文出处】**《地理科学》(长春),2019.9.1378~1387

**【基金项目】**国家自然科学基金项目(41901139)、中国博士后科学基金面上项目(2018M641962)、华东师范大学一带一路与全球发展研究院专项课题(ECNU-BRGD-201807)资助。

20世纪80年代以来,创新地理学在人文社会科学空间转向和新经济地理学关系-文化转向的碰撞下,逐渐成为当前人文-经济地理学的主要研究方向,大量基于地理学空间思维和应用空间计量方法的城市与区域创新问题被广泛揭示<sup>[1,2]</sup>。创新活动的空间分布不均现象已经被广泛解释,其解释途径主要有3条:一是从规模的视角,探讨不同空间尺度下的创新投入规模、创新产出规模的分布格局及其影响因素<sup>[3-7]</sup>;二是从效率的视角,基于知识生产函数、投入-产出效率等模型探讨不同空间尺度下或不同

创新主体的创新效率差异<sup>[8-12]</sup>;三是从组织的视角,基于创新联系构建不同层次、不同主体、不同类别的创新网络,探讨不同空间尺度下的创新等级体系、协同创新效率、网络生长机制等<sup>[13-17]</sup>。然而在这大量优秀成果涌现的同时,也凸显了当前创新空间研究的一些不足:虽然研究尺度从微观的邮区<sup>[1,18]</sup>尺度至宏观的国家和区域尺度<sup>[19,20]</sup>,但全球尺度的创新体系研究较少<sup>[21]</sup>;虽然现有的创新能力评价较为关注专利申请/授权、专利合作这一指标,但忽视了专利背后的因素,如通过专利分类识别技术领域和产业特征;

虽然现有的创新空间研究方法较为成熟,但相对较为集中,且视角较为固定,不免有“泛滥”之嫌,亟待在方法论上和视角上有所创新。

在经历欧债危机和金融危机之后,西方发达国家陆续从财富驱动的经济增长模式中“醒悟”过来,纷纷将经济走出低谷的希望寄托于以实体经济为支撑的科技创新与产业化,一时间产业结构的“再工业化”、经济“再实体化”的呼声高涨,相应的,国际竞争的焦点也从财富、金融转移到产业技术创新上。因而明确中国在全球技术创新体系中的地位,以及全球产业技术创新的发展趋势,明晰中国在哪些产业上已经占据技术优势,在哪些产业上依然弱势具有重要的实际意义。

当前,关于产业技术创新的研究多为“自上而下”的研究范式,即先明晰产业,然后寻求该产业的创新投入产出数据,从而探讨该产业的技术创新能力及网络机制。这种自上而下的研究方式多是建立在相关平台(如中国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)对具体产业的技术创新活动情况的统计分析基础上<sup>[16, 22-25]</sup>。然而,在脱离这些平台后,无论是依据中国国民经济行业分类标准(GB/T4754-2017),还是北美产业分类(North American Industry Classification System, NAICS),都无法对其分类下的任意一制造业的技术创新活动进行不同空间尺度下的特征揭示,尤其在全球尺度,无法通过详细、客观、准确的数据说明全球各个产业的技术创新格局及发展趋势,只能通过企业(尤其是跨国企业)公司属性及产业分类、产值、创新产出等方面解析全球不同产业的技术创新发展趋势<sup>[26, 27]</sup>,或是从全球国际分工、全球价值链的视角对全球产业转移和地方产业转型升级进行研究<sup>[28, 29]</sup>。对此,学术界、政策咨询界都在积极探索需求可替代方案,从而实现全球、国家或区域产业技术的发展格局及趋势进行准确描画。

本文以全球96个国家和地区为研究对象,基于IPC(International Patent Classification, 国际专利分类)-USPC(United States Patent Classification, 美国专

利分类)-NAICS的从专利类别到产业分类的识别体系,以信息通信产业、机械产业、电气设备产业和医疗设备产业为例,探讨了1990-2014年全球产业技术创新能力的变迁格局,并从技术创新强度和技术创新深度两个方面构建技术创新能力评价体系,对全球技术创新体系的等级层次性及其演化机制进行了分析,一方面丰富当前创新地理学的研究方向,另一方面试图为当前中国实施创新驱动发展战略以及中国产业“走出去”战略提供实证支撑。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 基础数据获取

采用大数据挖掘技术,以世界知识产权组织Patentscope数据库为数据源,并以世界经合组织统计数据库(OECD.Stat)为辅助,获取1990-2014年全球96个国家和地区的专利合作条约(Patent Cooperation Treaty, PCT)专利申请详情数据,并根据IPC专利分类体系获取每条专利的IPC分类号。由于每一件专利的IPC分类并不唯一,即一件专利的IPC类别可能存在多个,因此本文在统计每一个技术类别下的专利数量时采取国际通行的分数计数法(fractional counting)统计,并据此统计每个国家在分数计数下的专利申请总量。

### 1.2 基于专利类别的产业识别:IPC-USPC-NAICS

基于美国专利商标局(<https://www.uspto.gov/>)制订的《USPC-IPC的反向一致性对应表》,以及《USPC-NAICS一致性对应表》,建构《IPC-NAICS的一致性对应表》(表1),从而能够从技术领域的变迁透析全球创新产业的变迁,建构方法如下。

第一步,由于美国专利商标局制定的《USPC-NAICS一致性对应表》并非一一对应(美国专利商标局在《USPC-NAICS一致性对应表》的数据说明中就提到,从USPC映射NAICS是不完美的,不能认为该表包括所有相关专利,也不排除所有无关紧要的专利),存在一个专利类别对应多个产业分类。《USPC-NAICS一致性对应表》是根据二级分类来对应产业体系,但每一个一级专利分类下有众多二级分类,《USPC-NAICS一致性对应表》也正是根据二级分类

表1 基于专利分类的创新产业识别

IPC 分类号	USPC 分类号	NAICS	产业
C13C;C13D;A21D;A23D等19个专利分类	127;426;131	311-312	食品、饮料与烟草
A41F;A41H;A42B;C14C;D06L;D06M;B68B等14个专利分类	2;8;36;54;190;231;442;450	313-316	纺织、服装和皮革
B24D;B42F;B41F	229;281;402;462	322-323	纸张印刷
A62D;C05B;C05C;C05D;C04B;C09F;C06B等51个专利分类	23;71;106;149;252;504;507;508;510;512;516等25个专利分类	325	化学品
A45B;A61J;B60C;B29D;B65C;D01D等20个专利分类	135;138;150;152;156;215;224;264;383;428;503	326	塑料橡胶制品
C03C;B64B	51;65;277;501	327	非金属矿产品
C22B;C21D;C22F;C22C	75;148;238;420	331	初级金属
A47K;E03C;E03D;B26B;B41G;B43L等84个专利分类	4;7;14;16;30;33;42;49;52;70;81;86;89;102等46个专利分类	332	金属制品
A43D;D06G;D02H;B21G;B31C;B31F等206个专利分类	12;15;19;26;28;29;34;37;38;48;53;55;56;57;59等134个专利分类	333	机械
F15C;G06C;G06D;B41J;G10L;H01L;H02J等81个专利分类	329;330;334;348;360;369;381;455;235;345等75个专利分类	334	信息通信
H01B;H02G;B23H;G05B;F25B;H01C;H01G等35个专利分类	174;200;218;219;310;318;320;322;323;333;335等24个专利分类	335	电气设备
B61B;B61J;B61K;B61C;B63B;F02F;H01T等49个专利分类	104;105;114;188;191;213;291;305;440等20个专利分类	336	运输设备
A47C;A47D;A61G;A47B	5;297;312	337	家具及相关产品
A43C;A44B;F16G;G09D;G09F;A01M等46个专利分类	24;27;40;43;44;47;63;84;116;124;1323等27个专利分类	339(除3391)	杂项制造
A62B;G02C;A61C;A61M等8个专利分类	128;351;433;602;604;606;623	3391	医疗设备

注:《USPC-IPC的反向一致性对应表》和《USPC-NAICS一致性对应表》皆来自于美国专利商标局(<https://www.uspto.gov/>)。

来识别。因而,本文首先统计每一个产业覆盖的二级专利类别数量,其次根据覆盖的二级专利类别比例(最大值)来确定该一级专利对应哪一个产业类别。

第二步,同样,美国专利商标局制定的《USPC-IPC的反向一致性对应表》也不是一一对应,每一个IPC小类都对应多个USPC二级分类。同样是采用第一步的方法,统计每一个IPC小类覆盖的USPC类别数量,并计算每一个IPC小类覆盖的USPC类别比例,从而根据比例最大值来确定每一个IPC类别对应哪一个USPC类别。

根据第一步和第二步,本文共识别出15个产业(制造业)以及每个产业下的PCT专利申请量,并将每个产业下的PCT专利申请量作为该产业技术创新能

力的评价指标,从而探讨全球产业技术创新能力的变迁趋势。

### 1.3 国家技术创新能力评价

当前,关于技术创新能力的研究多采用专利申请/授权量、技术合同交易额、技术许可费用等作为评价指标,虽有少数研究从技术合作的角度研究不同国家、城市在不同层级创新网络中的地位,但不难发现这些评价指标皆是从技术创新的规模出发研究不同尺度不同区域的技术创新强度。如论文(学科分类)一样,专利有明确的技术类别分类标准。对一国家(地区)的专利技术类别覆盖度进行统计,不仅能够发掘该国的技术创新特色,还能识别该国的技术创新体系的完善程度,即技术创新深度。基于此,本

文从技术创新强度和g技术创新深度2个方面建构全球技术创新能力评价体系,其中技术创新强度为各国(地区)PCT专利申请量;技术创新深度为各国(地区)发明和实用新型PCT专利覆盖的技术类别数量。在具体评价方法上,首先,采取直线型无量纲方法对数据进行标准化处理;其次,基于全球技术创新能力评价体系,采用尖点突变系统模型进行国家(地区)技术创新能力综合求解<sup>[1,30]</sup>。由于本文所选取指标存在明显的互补特性,因此采用平均值法来确定各指标的评价值和综合评估值。

## 2 全球产业技术变迁

### 2.1 总体特征

1990-2014年,在测度的96个国家和地区中,融入全球技术创新体系的国家和地区数量迅猛上升,从1990年的56个增长至2014年的94个。同时,在IPC专利分类体系631个技术类别中,全球技术创新涉及的类别数量从1990年的591个上升至2014年的620个。

1990年,56个国家和地区围绕591个专利类别申请了20789.880件PCT专利。从技术类别上看,A61K(医用、牙科用或梳妆用的配制品)无论是从专

利申请量上(1153.030个),还是参与研究的国家和地区数量上(31个)皆位于第一,而围绕F28C(其他小类中不包括的热交换设备)这一技术类别研究的国家仅有一个瑞典,且仅产出0.100件PCT专利。从产业上看,机械产业是当时全球最具创新力的产业,该产业下的PCT专利申请量为5748.003件,化学品制造产业和信息通信产业分别以3705.588件和3621.654件PCT专利申请量分别第二和第三位。而纸张印刷产业和纺织服装产业的技术创新能力最弱,这2个产业的PCT专利申请量分别仅有28.458件和102.873件(表2)。

2000年,90个国家和地区围绕611个专利类别申请了98128.21件PCT专利。从技术类别上看,A61K仍是当时参与国家和地区数量最多(59个)、申请量最大(5641.43件)的专利技术类别,而围绕专利类别D06J(织物或服装的打褶,打裥或褶裥处理)研发的国家仅有一个(美国),且仅产出0.04件PCT专利。从产业上看,机械产业仍是当时全球最具创新力的产业,以11862.111件PCT专利申请量位居15个产业之首。从产业上看,这一年,信息通信产业超越机械产业,以25957.164件PCT专利申请量成为全球最具创

表2 1990-2014年全球15个产业PCT专利申请量 (单位:件)

产业	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2014年
信息通信	3621.654	8367.368	25957.164	37405.150	39190.543	50455.488
机械	5748.003	11862.111	21891.769	30794.065	34935.562	40156.869
化学品制造	3705.588	7622.999	16122.679	18679.807	19368.233	21384.058
电气设备	1088.229	2446.456	6757.193	11628.851	18619.297	20902.741
医疗设备	1351.053	3038.158	8078.756	10584.412	12151.708	14879.789
金属制品	1901.086	3570.774	6483.234	9819.198	12698.222	14240.100
运输设备	932.422	1879.192	3885.166	6106.165	8385.420	9805.126
杂项制造	749.345	1493.529	2751.549	4540.844	5370.528	6362.673
塑料橡胶制品	564.610	1086.571	1924.350	2612.311	2989.396	3909.458
家具及相关产品	361.624	868.529	1523.684	2644.198	2605.582	2765.242
食品、饮料与烟草	312.675	754.965	1023.356	1105.157	1086.543	1347.218
初级金属	133.823	240.429	428.678	584.114	991.160	1237.087
纺织、服装和皮革	102.873	255.648	454.649	739.632	660.057	1223.776
非金属矿产品	174.267	257.851	560.051	707.139	1062.795	1085.697
纸张印刷	28.458	62.477	121.583	156.081	136.878	149.331

新力的产业,而机械产业和化学品制造产业分别以21891.769件和16122.679件PCT专利申请量位居第二和第三位。纸张印刷产业仍然是技术创新能力最弱的产业,其PCT专利申请量仅为121.583件(表2)。

2010年,93个国家和地区围绕619个专利类别申请了160430.28件PCT专利。从技术类别上看,G06F(半导体器件)、H01L(其他类目中不包括的电固体器件)超越A61K,并成为当时最为热门的技术领域,参与这两类技术研发的国家和地区数量分别达到58个和42个,且分别产出8452.15件和6731.53件PCT专利。而围绕D06G(地毯、小地毯、麻袋、兽皮或其他皮,或纺织品或纤维制品的机械或高压清洁)和D06J这2个技术类别研发的国家只有1个,分别为美国和日本,分别产出0.2件和0.3件PCT专利。从产业上看,这一年,信息通信产业继续以39190.543件的PCT专利申请量成为全球最具创新力的产业,机械产业和化学品制造产业依然分别以34935.562件和19368.233件PCT专利申请量位居第二和第三位。纸张印刷产业仍然是技术创新能力最弱的产业,其PCT专利申请量仅为136.878件(表2)。

2014年,91个国家和地区围绕620个专利类别申请了190096.7件PCT专利。从技术类别上看,G06F仍是全球参与国家或地区数量最多(65个)、产出量(12565.48个)最大的技术类别,而参与D06J技术类别研发的国家仍只有一个,为德国,仅产出0.2件PCT专利。这一年,信息通信产业以50455.488件专利申请量高居15个产业之首,并逐渐拉大与其他产业的差距,而纸张印刷产业依然是技术创新能力最弱的产业,其PCT专利申请量仅为149.331件(表2)。

## 2.2 全球产业技术创新能力的空间格局演化

选取以信息通信产业为代表的高新技术产业和以机械产业、电气设备产业、医疗设备产业为代表的装备制造业,从而探讨全球产业技术创新能力的空间格局演化过程。

### 2.2.1 信息通信产业

作为当前全球最为热门的产业,参与信息通信产业技术研发的国家数量快幅上升(从1990年的38

个增长至2014年的82个),尤其是以中国、韩国为代表的国家在计算机产业上的技术研发能力增长较快,以及德国、日本、英国、法国等老牌发达国家在这个产业上的技术研发能力也上升较快,使得全球信息通信产业的技术创新格局呈现出分散化趋势。

具体来看,1990—2014年,全球信息通信产业技术创新格局明显呈现出由美国一极独大到以美国为首的一超多强格局。20世纪90年代,全球信息通信产业技术创新活动技术创新活动高度集聚在美国这一个国家,其中1990年,美国信息通信产业的专利产出量为1813.380件,占到全球该产业专利产出总量的50.07%;1995年,美国信息通信产业的专利申请量为4155.667件,也占到全球该产业专利产出总量的49.67%。而排在第二的德国在这两个时间节点上的信息通信产业专利申请量仅为416.068件和859.735件。21世纪后,中国、日本、韩国等东亚国家的信息通信产业的技术创新能力得到了飞跃的发展,以中国、日本和韩国为代表的东亚地区已经超越西欧地区,成为全球信息通信产业技术创新的增长极。其中,中国信息通信产业的专利申请量从1990年的仅有2.667件上升至2014年的8817.771件,位居全球第二;日本信息通信产业的专利申请量从1990年的仅有311.071件上升至2014年的9753.417件,位居全球第三;韩国信息通信产业的专利申请量从1990年的仅有3.950件上升至2014年的3671.573件,位居全球第四。但相对于美国而言,这些国家在信息通信产业上的技术创新能力仍然不足,2014年,美国信息通信产业技术的专利申请量为12262.370件,几乎是位居第二的中国与第三的日本之和,由此可见,美国作为在信息通信产业技术创新能力的超级强国地位仍未改变。

### 2.2.2 机械产业

1990—2014年,全球机械产业技术创新格局明显呈现出由美国一极独大的大西洋格局发展为由北美和东亚主导的太平洋格局。20世纪90年代,全球机械产业技术创新格局高度集聚在大西洋沿岸的美国和西欧等国家,1990—2000年的3个时间节点1990

年、1995年、2000年,在全球机械产业技术创新能力前10强的国家中,除日本和澳大利亚不属于这两个地区外,其余8个都位于北大西洋沿岸,其中美国在机械产业上拥有绝对的技术创新优势,其2000年机械产业的PCT专利申请量为7869.427件。21世纪以来,日本、中国和韩国在机械产业上的技术创新能力得到迅速增强,其中日本是持续的位居全球前五强,2005年后,仅次于美国,位居全球第二;中国机械产业的PCT专利申请量从1990年的0.3件上升至2014年的3349.822件,位居全球第四;韩国机械产业的PCT专利申请量从1990年的15.681件上升至2014年的1971.388件,位居全球第五,在全球机械产业技术创新能力前5强的国家中,有3个为东亚地区国家。事实上,在世界领先的工程机械信息提供商英国KHL集团旗下《国际建设》(International Construction)杂志发布的2017年度全球工程机械制造商50强排行榜(The Yellow Table 2017)中,有11家企业来自日本,9家企业来自中国,2家企业来自韩国(<https://www.khl.com/international-construction-yellow-table-2017/128444.articl>)。但从全球整体上看,美国仍然是全球机械产业技术创新能力最强的国家,其机械产业在2014年的专利申请量为10815.917件。

### 2.2.3 电气设备产业

1990—2014年,全球电气设备产业技术创新格局明显呈现出由北美—西欧主导发展为以日本为中心的东亚地区主导。20世纪90年代,全球电气设备产业技术创新活动高度聚集在以美国为代表的北美地区和以德国、英国和法国为代表的西欧地区,其中美国电气设备产业的专利申请量在1990年和1995年分别为476.220件和1069.097件,德国电气设备产业的专利申请量在1990年和1995年分别为165.845件和400.271件。另外,日本作为东亚地区代表,其电气设备产业的PCT专利申请量一直位居全球第三,1990年和1995年分别为120.290件和269.844件。21世纪后,日本、韩国、中国的电气设备产业技术创新能力得到了飞跃的发展,特别是日本(其电气设备专利申请量从1990年的120.290件上升至2014年的

7261.385件),超越美国,成为全球电气设备技术创新能力最强的国家。事实上,在全球电气设备企业前10强(2014年)中,有3个为日本企业,分别为日立、东芝和三菱电机。全球电气设备产业技术创新由北美—西欧控制的格局开始瓦解,亚太地区作为全球电气设备技术创新活动的增长极,开始主导全球电气设备产业的演化与发展。

### 2.2.4 医疗设备产业

1990—2014年,全球医疗设备产业技术创新格局明显呈现出由美国一极独大格局发展为由美国—日、中、韩东亚三国共同主导。20世纪90年代,全球医疗设备产业技术创新活动高度集聚在美国这一个国家。其中,1990年,美国医疗设备产业的专利产出量为739.081件,占到全球该产业专利产出总量的54.70%;1995年,美国医疗设备产业的专利申请量为1695.163件,也占到全球该产业专利产出总量的55.80%。21世纪后,日本、中国、韩国的医疗设备产业的技术创新能力得到了飞跃的发展,以中国、日本和韩国为代表的东亚地区已经超越西欧地区,成为全球医疗设备产业技术创新的增长极。其中,中国医疗设备产业的专利申请量从1990年的仅有0.200件上升至2014年的1116.316件,位居全球第三;日本医疗设备产业的专利申请量从1990年的53.344件上升至2014年的2995.425件,位居全球第二;韩国医疗设备产业的专利申请量从1990年的仅有2.096件上升至2014年的881.756件,位居全球第五,东亚三国的医疗设备产业技术创新能力全部位居前五。但相对于美国而言,这些国家在医疗设备产业上的技术创新能力仍然不足,2014年,美国医疗设备产业的专利申请量为5028.715件,几乎是位居第二的日本、位居第三的中国和位居第五的韩国之和,由此可见,美国作为在医疗设备产业技术创新能力的超级强国地位仍未改变。事实上,2016年MTI100强全球医疗器械公司前10名中,有7家来自美国。

## 3 全球技术创新体系演化

### 3.1 时序统计特征

1990—2014年,全球技术创新能力的位序—规模

分布曲线皆呈明显的“S”型特征,指数拟合较优( $R^2$ 普遍高于0.97),表现出强劲的随机特性,说明全球国家和地区的技术创新能力基本固定在一个区间之内,绝大值区间和绝小值区间内的国家和地区数量皆较少,体现了全球技术创新能力的“趋中分布”特征。25a间,全球技术创新能力的极差虽然维持不变,但皆等于1,属于统计样本极差的最大值。另外,全球技术创新能力的标准差呈现出不断上升的趋势,由1990年的0.151上升至2014年的0.198,一定程度上反映随着融入全球创新体系的国家和地区数量的不断增加,各国技术创新能力不断上升的情境下,全球技术创新能力呈现出剧烈的震荡趋势,优者愈优、劣者恒劣下的两级分化显著。

1990–2014年,全球技术创新能力的基尼系数虽呈现出不断下降的趋势,由1990年的0.850下降至2014年的0.657,但扔持续性的“久居高位”远远超过警戒线0.4<sup>[1]</sup>,表明全球技术创新能力虽有朝均衡化的趋势发展,但马太效应下的发展极其不均衡特征持续保持。另外,在这25a间,全球技术创新能力的Moran's I指数皆大于0,且呈现出总体上升的趋势,由1990年的0.197上升至2014年的0.244,呈现出一定的空间正相关,表明全球技术创新的空间集聚趋势不断加强,地理邻近性特征愈发明显。

### 3.2 空间演化格局

尽管1990–2014年全球技术创新体系的空间集聚趋势不断加强,但在全球创新资源系统性东移的趋势下,全球技术创新体系正由大西洋格局向太平洋格局演进。东亚地区成为全球技术创新的增长极,且逐渐成长为与北美、西欧相抗衡的全球技术创新中心(表3)。

具体来看,1990–2014年,全球技术创新格局明显呈现出由北美和西欧控制的两极格局发展为由北美—西欧—东亚构成的“三足鼎立”格局。20世纪末期,全球技术创新活动高度集聚在以美国为首的北美地区和以德国、英国和法国为代表的西欧地区,其中美国的专利申请量与专利覆盖的技术类别数量在研究时段内皆位居全球第一。在排名前十的国家中,仅日本和澳大利亚两国为非北美、西欧国家。进入21世纪后,中国、韩国等东亚国家的技术创新能力得到了极大的增强,技术创新领域也不断拓宽,至2014年,中国的技术创新领域已经涉及517个专利类别,位居全球第四,韩国的技术创新领域也已涉及487个专利类别,位居全球第六。以日本、中国和韩国为代表的东亚地区已经超越西欧地区,成为全球技术创新体系新的增长极。

全球技术创新格局由大西洋沿岸向太平洋沿岸

表3 1990–2014年国家技术创新能力Top10

排名	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2014年
1	美国(1.000)	美国(1.000)	美国(1.000)	美国(1.000)	美国(1.000)	美国(1.000)
2	德国(0.564)	德国(0.606)	德国(0.644)	日本(0.733)	日本(0.885)	日本(0.881)
3	英国(0.511)	日本(0.475)	日本(0.578)	德国(0.627)	德国(0.695)	中国(0.655)
4	日本(0.407)	英同(0.475)	英国(0.482)	法国(0.479)	中国(0.558)	德国(0.654)
5	法国(0.393)	法国(0.434)	法国(0.476)	英国(0.461)	韩国(0.533)	韩国(0.539)
6	瑞典(0.370)	瑞典(0.396)	瑞典(0.408)	瑞士(0.414)	法国(0.516)	法国(0.516)
7	澳大利亚(0.320)	荷兰(0.346)	荷兰(0.396)	韩国(0.403)	英国(0.464)	英国(0.468)
8	加拿大(0.286)	瑞士(0.336)	瑞士(0.389)	荷兰(0.396)	瑞士(0.444)	意大利(0.440)
9	瑞士(0.261)	加拿大(0.329)	澳大利亚(0.381)	意大利(0.391)	意大利(0.409)	瑞士(0.429)
10	芬兰(0.227)	澳大利亚(0.322)	意大利(0.357)	澳大利亚(0.389)	荷兰(0.401)	荷兰(0.413)

转移的过程,也是中国崛起在技术创新领域的表征。中国崛起波澜壮阔,它必然并且已经在重塑国际权力结构,改变全球战略资源,尤其是创新资源的分配格局。1990-2014年,在分数计数法下,中国发明和实用新型技术专利申请量从1.0件增长至23985.7件,其覆盖的技术类别数量从3个增长至517个,两者的增长速度皆位居全球第一,中国已经由20世纪90年代初的技术薄弱国成长为如今的技术优势国。

### 3.3 演化影响因素

国家技术创新能力受到多种因素的扰动。虽在已有的研究中很少涉及至全球这一空间尺度,但在区域或城市尺度研究中,已广泛揭示出地区经济发展水平、地区研发人员数量和研发支出、地区技术创新环境、地区技术创新政策等因素是影响地区技术创新能力的重要因素。基于数据的可获取性,同时借鉴已有的研究,本文从以下3个方面来分析全球技术创新体系变迁的影响因素:

(1)国家规模。在区域及城市尺度研究中,区域经济发展水平和人口规模作为影响区域技术创新能力的重要因素已是不争的事实<sup>[7,19]</sup>。基于此,本文以各个国家的地区生产总值(GDP)和人口总数(PoP)分别衡量国家经济规模和国家人口规模,从而探讨国家规模对国家技术创新能力的影响程度。

(2)研发投入。大量的实证研究表明,地区研发投入强度与技术创新(产出)能力存在显著的正相关关系,因此在众多研究中,直接将研发投入强度这个指标纳入地区创新能力评价体系<sup>[5,6]</sup>。本文以各个国

家研发支出占GDP比重(R-R&D)和研发人员数量(P\_R&D)来衡量各个国家的研发投入强度。

(3)文化多元性。技术创新的原始动力不仅是科技,更来自文化,文化是孕育科技创新中心的母体。从国际技术创新发展经验来看,特别是诸如硅谷、纽约、特拉维夫等全球科技创新中心的发展过程来看,吸纳来自全球不同文化背景的多样化人才与精英是其成功的关键因素之一<sup>[31]</sup>。基于此,采用世界经合组织数据库下的每个国家外来人口数量(P\_MIG)来衡量各个国家的文化多元性。

首先根据LSDV方法考察,大多数个体虚拟变量均很显著,故固定效应模型优于混合效应模型,且由于时间虚拟变量基本不显著,故同意“无时间效应”的原假设;其次,由于被解释变量得分值介于0到1之间,LM检验的Chibar<sup>2</sup>(1)统计值为322.01,对应的P值为0.000,强烈拒绝“不存在个体随机效应”原假设,故在随机效应与混合回归之间应该选择随机效应;第三,豪斯曼检验P值为0.066,则固定效应模型比随机效应模型更有效。所以本文采用固定效应模型对全球技术创新体系变迁的影响因素进行识别和分析,模型如下:

$$CTI_t^i = \alpha + \beta_1 GDP_t^i + \beta_2 PoP_t^i + \beta_3 P\_RD_t^i + \beta_4 R\_RD_t^i + \beta_5 P\_MIG_t^i + \epsilon_t^i$$

式中,CTI为国家技术创新能力,也是本文的被解释变量; $\alpha$ 为常数项; $\epsilon_t^i$ 为随机误差项; $i$ 为国家; $t$ 为时间; $\beta_1 \sim \beta_5$ 为回归系数。利用Stata12.0软件,对模型中各参数进行估计,结果如表4所示。

表4 全球技术创新体系变迁的影响因素面板固定效应模型估计结果

变量	系数	标准误差	t	P >  t
GDP	0.028**	0.012	2.270	0.027
PoP	0.020	0.064	0.320	0.751
P_R&D	-0.010	0.013	-0.810	0.423
R_R&D	0.084***	0.028	2.99	0.004
P_MIG	0.027*	0.016	1.730	0.089

注:\*,\*\*,\*\*\*表示10%,5%和1%的显著性水平。

根据回归结果可以看出:国家GDP规模以及研发支出占GDP比重对国家技术创新能力有着显著的正向作用,这符合之前的理论分析,也与当前相关研究的结论一致,经济发展水平越高或研发支出越高,技术创新能力就越强这一规律无论在宏观尺度的全球层面,中观的国家和区域层面,还是微观的城市层面皆适用。与前期理论分析一致,国家外来人口数量与国家技术创新能力也呈正相关关系。外来人口数量越多,说明这个国家的文化的多元性就越强,对外开放程度也就越高,对异质思维的包容程度就越高。

与理论预期相悖的是,研发人员数量和国家人口总数对国家技术创新能力的作用不明显,两者皆没有通过显著性检验。其中研发人员数量对国家技术创新能力的影响系数为负,而国家人口总数对国家技术创新能力的影响系数为正,这说明在全球这一尺度,人数规模并不能反应一个国家的技术创新实力,因为在全球总人口前十的国家中,有8个为发展中国家,这些国家的技术创新实力远远低于一些人口较少的欧美发达国家,这也说明增加研发人员的数量并不是国家提升技术创新能力的正确举措,而要不断提升研发群体的素质和质量。

#### 4 结论

本文建构的IPC-USPC-NAICS的专利分类至产业分类识别系统为研究不同空间尺度下的产业技术创新变迁提供了全新的视角和方法。实证研究发现,1990-2014年,全球最具创新力的产业经历着由机械产业向信息通信产业变迁的趋势,而以纸张印刷、纺织服装、初级金属为代表的传统制造业技术创新能力持续较弱。空间格局上,以信息通信产业、机械产业、电气设备产业和医疗设备产业为代表的全球产业技术创新能力在这25年间都呈现出显著的两极分化和空间集聚趋势。其中,全球信息通信产业技术创新格局呈现出由美国一极独大发展为以美国为首的一超多强格局;全球机械产业技术创新格局明显呈现出由美国一极独大的北大西洋格局发展为由北美—东亚主导的太平洋格局;全球电气设备

技术创新格局由北美、西欧地区主导的格局开始瓦解,东亚地区开始主宰全球电气设备产业的技术创新格局;全球医疗设备产业技术创新格局明显呈现出由美国一极独大格局发展为由美国和日、中、韩东亚三国共同主导。

基于专利类别识别的产业技术创新能力变迁格局发现,不同产业具有不同的时空发展特征,这也印证了本文将专利类别数量纳入技术创新能力评价体系框架内的正确性和必要性。研究发现,1990-2014年,全球技术创新体系两极分化严重,空间集聚趋势不断加强,但在全球创新资源系统性东移的趋势下,全球技术创新体系正由大西洋格局向太平洋格局演进,东亚地区成为全球技术创新的增长极,且逐渐成长为与北美、西欧相抗衡的全球技术创新中心。另外,在深入探讨全球技术创新体系演化影响因素后发现,国家研发支出规模、国家经济规模和国家文化包容性对国家技术创新能力有着明显的正向影响。但研发人员数量和国家人口总数对国家技术创新能力的作用不明显,说明在全球这一尺度,并不能唯人数而论。

#### 参考文献:

- [1]段德忠,杜德斌,刘承良.上海和北京城市创新空间结构的时空演化模式[J].地理学报,2015,70(12):1911-1925.
- [2]吕拉昌,黄茹,廖倩.创新地理学研究的几个理论问题[J].地理科学,2016,36(5):653-661.
- [3]Lim U. The spatial distribution of innovative activity in U.S. metropolitan areas: Evidence from patent data[J]. Journal of Regional Analysis and Policy, 2003. 33(2): 84-126.
- [4]Liu F, Sun Y A comparison of the spatial distribution of innovative activities in China and the U.S.[J]Technological Forecasting & Social Change, 2009, 76(6): 797-805.
- [5]方创琳,马海涛,王振波,等.中国创新型城市建设的综合评估与空间格局分异[J]地理学报,2014,69(4):459-473.
- [6]程叶青,王哲野,马靖.中国区域创新的时空动态分析[J]地理学报,2014,69(12):1779-1789.
- [7]王俊松,颜燕,胡曙虹.中国城市技术创新能力的空间特征及影响因素——基于空间面板数据模型的研究[J].地理

科学, 2017, 37(1): 11-18.

[8]Miao C, Fang D, Sun L et al. Driving effect of technology innovation on energy utilization efficiency in strategic emerging industries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 17(1): 1177-1184.

[9]Greco M, Grimaldi M, Cricelli L et al. Hitting the nail on the head: Exploring the relationship between public subsidies and open innovation efficiency[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2017, 118: 213-225.

[10]覃雄合, 杜德斌, 刘树峰, 等. 中国省际高校科研成果转化效率时空格局与影响因素——基于网络SBM模型的评价[J]. *地理研究*, 2017, 36(9): 1641-1652.

[11]杜志威, 吕拉昌, 黄茹. 中国地级以上城市工业创新效率空间格局研究[J]. *地理科学*, 2016, 36(3): 321-327.

[12]谭俊涛, 张平宇, 李静. 中国区域创新绩效时空演变特征及其影响因素研究[J]. *地理科学*, 2016, 36(1): 39-46.

[13]Li D D, Wei D Y H, Wang T. Spatial and temporal evolution of urban innovation network in China[J]. *Habitat International*, 2015, (49): 484-496.

[14]Li P, Bathelt H, Wang J. Network dynamics and cluster evolution: Changing trajectories of the aluminum extrusion industry in Dali, China[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012, 12: 127-155.

[15]Broekel T, Boschma R. Knowledge networks in the Dutch aviation industry: The proximity paradox[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012, 12(2): 409-433.

[16]王秋玉, 曾刚, 吕国庆. 中国装备制造业产学研合作创新网络初探[J]. *地理学报*, 2016, 71(2): 251-264.

[17]刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 殷美元. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理[J]. *地理学报*, 2017, 71(4): 737-752.

[18]杨凡, 杜德斌, 段德忠, 等. 上海市创新型工业的空间格局与区位模式研究[J]. *华东经济管理*, 2016, 30(8): 16-22.

[19]何舜辉, 杜德斌, 焦美琪, 等. 中国地级以上城市创新

能力的时空格局演变及影响因素分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(7): 1014-1022.

[20]王承云, 孙飞翔. 长三角城市创新空间的集聚与溢出效应[J]. *地理研究*, 2017, 36(6): 1042-1052.

[21]Binz C, Truffer B. Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts[J]. *Research Policy*, 2017, 46(7): 1284-1298.

[22]林兰, 曾刚, 吕国庆. 基于创新“二分法”的中国装备制造业创新网络研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(10): 1469-1477.

[23]马双, 曾刚, 吕国庆. 基于不同空间尺度的上海市装备制造业创新网络演化分析[J]. *地理科学*, 2016, 36(8): 1155-1164.

[24]叶琴, 曾刚, 杨舒婷, 等. 东营石油装备制造业创新网络演化研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(7): 1023-1031.

[25]周灿, 曾刚, 王丰龙, 等. 中国电子信息产业创新网络与创新绩效研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(5): 661-671.

[26]Del Giudice M, Carayannis E G, Maggioni V. Global knowledge intensive enterprises and international technology transfer: Emerging perspectives from a quadruple helix environment[J]. *The Journal of Technology Transfer*, 2017, 42(2): 229-235.

[27]Iwasaki I, Tokunaga M. Technology transfer and spillovers from FDI in transition economies: A meta-analysis[J]. *Journal of Comparative Economics*, 2016, 44(4): 1086-1114.

[28]Zhang F, Gallagher K S. Innovation and technology transfer through global value chains: Evidence from China's PV industry[J]. *Energy Policy*, 2016, 94: 191-203.

[29]Pietrobelli C, Rabellotti R. Global value chains meet innovation systems: Are there learning opportunities for developing countries?[J]. *World Development*, 2011, 39(7): 1261-1269.

[30]范斐, 杜德斌, 李恒, 等. 中国地级以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. *地理学报*, 2013, 68(10): 1331-1343.

[31]杜德斌. 全球科技创新中心: 动力与模式[M]. 上海: 上海人民出版社, 2015.