



工业革命的兴替与国家创新体系的演化

——从制度基因与组织基因的角度

柳卸林 葛爽 丁雪辰

(中国科学院大学 经济与管理学院, 北京 100190)

摘要:纵观历史,每次工业革命都催生了国家创新体系的不断发展和演化。领先国家凭借其组织基因和制度基因在前三次工业革命中脱颖而出。通过对三次工业革命的对比分析,可得三次工业革命的制度基因分别为:(1) 专利制度、土地制度;(2) 科研型大学制度;(3) 拜杜法案、金融市场的风险投资制度。组织基因分别为:(1) 大工厂生产形式;(2) 发明家创办企业、企业实验室、科学管理、标准化大规模生产、股份制企业、两权分离;(3) 高新技术产业集群。后发国家在继承领先国家制度基因的基础上,通过发展创新制度体系和组织生产形式,不断完善国家创新体系,推动并领导新一轮工业革命,实现追赶和超越。

关键词:工业革命;国家创新体系;制度基因;组织基因

中图分类号:G301;G30 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0241(2019)07-0003-12

0 引言

人类社会从农业文明进入工业文明的250年间,劳动生产率快速增长,科学技术和工业革命起了决定性作用。习总书记2018年在金砖国家领导人第十次会晤上指出:“颠覆性的科技革新带来了社会生产力的大解放和生活水平的大跃升,也从根本上改变了人类历史的发展轨迹。”在继以蒸汽机、汽车和电力、计算机为爆发点的前三次工业革命之后,以互联网为核心,3D打印、大数据、纳米科技、人工智能等技术蓬勃发展的第四次工业革命正迅速到来。李总理在第十二届夏季达沃斯论坛上指出:“新一轮产业革命孕育兴起,全球创新活力竞相迸发,为世界经济发展注入了新动能(李克强,2018)。”中国经济发展驱动转换的关键时期与世界范围第四次工业革命的兴起相重叠,中国正

逐渐从追赶者的身份向先驱者的身份转变。

纵观历史,日本在第二次世界大战后经济与技术大大落后于英、法、美等国,但在20世纪50年代开始奇迹般崛起,成为世界第二经济大国。这期间,国家在推动科技创新和经济发展中起到了非常重要的作用。英国著名经济学家Freeman于1987年就日本的考察和经验提出了国家创新体系的观点,该观点着重关注整个创新体系内的公共部门和私营部门中各种机构之间组成的网络,是技术创新研究的一个新的发展阶段。国家创新体系理论对世界创新理论发展、国家创新政策的制定意义深远,对一国创新能力的增强和竞争力提升有重要的推动作用,自提出就一直是理论界和实业界关注的热点话题。国家的创新是由众多创新要素与国家创新环境相互作用的结果(Schumpeter,

收稿日期:2019-06-09

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71872170)

第一作者简介:柳卸林(1957—),男,浙江衢州人,中国科学院大学经济与管理学院,教授,博士生导师,博士,研究方向:创新管理与政策。

通信作者:柳卸林,liuxielin@ucas.ac.cn

1934),国家创新体系影响要素不是一成不变的,对创新活动的分析需要对社会历史背景和创新体系进行深入研究。但是本文发现,目前对国家创新体系影响要素的研究多停留在静态层面,很少有研究从创新体系形成的动态过程进行展开。熊彼特(1934)曾指出,每一次巨大变革都来源于创新,每一场工业革命的掀起都来源于领先国家大规模的创新活动,本文认为工业革命与国家创新体系密不可分。但现有的关于前三次工业革命的研究多将工业革命作为环境背景因素考察其对于国家经济发展和企业的影响,或者单纯讨论某一次工业革命的兴起,并未探究几次工业革命的兴替和期间国家创新体系形成和演变之间的关系。

国家创新体系是由政府和社会各部门组成的推动技术创新的组织和制度网络(柳卸林等,1999),而这个创新组织形式和创新制度的组合过程具有继承性和延伸性的特点,与生物基因工程具有较高的相似性(冯立杰等,2015)。因此,本文借鉴了生物基因工程中“基因”的概念,以动态性视角解读工业革命对国家创新体系的影响机制,具体从制度基因和组织基因两方面阐述工业革命的兴替以及国家创新体系的演变,为已有的国家创新体系相关研究做出了补充,提供了新的视角。一次次工业革命的浪潮会大规模传播创新制度体系和组织生产形式,即每一次工业革命都会催生一个有特定功能的国家创新体系,而这一体系由国家一直以来的创新制度和创新组织生产形式积淀组合而成。

本文将每一次工业革命的制度基因和组织基因确定为如下:促进科技要素不断发展及应用的关键制度体系——“制度基因”、围绕创新发展、大幅提高生产率的创新组织生产形式——“组织基因”。工业革命会促使新的组织生产形式和制度在各个国家传播,后来居上的领先国家通过学习先前领先者的科学技术成果、制度基因和组织基

因,会将某些制度基因或组织基因延续下去,并延伸产生出新的制度基因和组织基因,形成具有特色功能的国家创新体系,促进本国经济更快发展,并可能引领下一次工业革命。

在第四次工业革命中,中国互联网企业已经在很多领域取得了不错成绩,不断推动相关科技的发展(Schwab, 2016)。国家创新体系对于国家的经济和科技发展带来了新的思路。面临新一轮工业革命的到来,总结过去数百年来三次工业革命领先国家的经验,从制度基因和组织基因的角度分析前三次工业革命对领先国家创新体系形成的影响,解释三次工业革命兴替的原因,分析领先国家创新体系中创新的组织成分,有助于为后发国家组建核心制度体系和组织范式提供依据。把握第四次工业革命的重大机遇,向国家创新体系注入新的活力,完成从要素驱动向创新驱动的转变,对中国抓住第四次工业革命的机遇,推动中国经济发展,提升自身竞争力有重大的指导意义。

1 工业革命研究回顾及国家创新体系

1.1 工业革命研究

在对工业革命的第一阶段研究中, Schumpeter(1939)的技术革命长周期(long wave)理论认为基于技术革命的创新会以簇群的现象出现,一个突破性创新从出现、扩散到衰落,逐渐形成一个经济发展的周期,这个过程也是制度创新的使能及阻碍同时作用的结果。这种长周期的时间是50~60年,其中企业家在创新中起重要作用,而在之后的渐进创新中作用逐渐降低。但由于熊彼特过于强调企业家在这一技术变革过程中的关键作用(Schumpeter, 1928; Schumpeter, 1942),使新制度的作用仅在后期中得到承认,如公司内很多科学家和发明活动的内部化等。

后熊彼特学派以Freeman等人为代表,进入到工业革命周期研究的第二阶段。Freeman在发展Schumpeter理论的同时提出了渐进性创新的重要

作用,并提出了新技术体系的概念,以强调在创新集群中技术的互相联系与依赖性(Freeman, 1994)。后来,Nelson 和 Winter把这称之为集体的逻辑——一个自然的轨道(Nelson et al, 1982)。这种轨道是一种创新的惯例(routine),技术之间的关联会引发新的科技进步和产业变革,引发新一轮工业革命。

在工业革命研究的第三阶段中,Perez起着非常重要的作用。她在Schumpeter理论的基础上,对技术革命、组织变革与民主的关系进行分析,认为每一次技术革命都会产生新的经济、新的生产方式、新的消费模式和规制社会经济生活的制度(Perez, 2010),一个新的技术革命是一个新范式(techno-economic paradigms)(Perez, 2002),意味着相互关联的新技术、新产业和基础设施的出现。

虽然Perez的理论对技术革命的制度与组织因素做了很完整的分析,但并未考虑制度、组织因素对国家创新的具体作用。本文认为,分析一场工业革命,应该考虑领先国家成功的根本原因,即组织基因和制度基因,并进一步分析工业革命对国家创新体系的形成的影响,以及与下一次工业革命的关联。

1.2 国家创新体系相关研究

学者们普遍认为,国家创新体系是由Freeman在1987年在对日本与英国的比较研究中首次明确提出的。国家创新体系理论框架强调创新过程的系统特性,主要关注一个国家正式制度与非正式制度、公共与私立组织的互补作用在科技创新扩散过程中的作用(Freeman, 1987)。随后,Lundvall等(2002)将国家创新体系的概念扩大,把客户、市场等元素纳入其中,认为创新体系是指在创新且有用的知识的生产、传播和使用过程中相互作用的元素和关系。不同的国家会在不同的产业、不同的创新类型上各有比较优势(Nelson, 1993),但其对创新系统内容应该包含哪些东西,哪些应该

被排除在外并没有提供明确的指导。OECD(1997)的研究报告指出创新是不同主体和机构间复杂的互相作用的结果。Liu等(2001)指出国家创新体系研究的一个根本性弱点(fundamental weakness),即缺少系统层面的解释性因素(explanatory factor),总结了国家创新系统中的主要活动有5类:研究开发、实施、使用、联系和教育,企业、科研机构 and 高校以及致力于技术和知识转移的中介机构是创新体系的主要构成,企业是创新体系的核心。

国家创新体系是一个包括了企业、政府、大学、研究机构、要素禀赋、金融系统、政府政策、文化传统等的国家制度框架(Resende et al, 2016),企业之间建立起来的研发合作通常因为组织兼容性的阻碍而使创新绩效降低引发系统失灵,研发成果外部性则会导致市场失灵(廖中举等, 2019),政府部门通过知识产权等政策维护创新体系的良好运行,创造创新体系中缺失的组成部分、纠正合作和发展中的错误(Metcalf, 2005; Reiljan et al, 2015),所以新技术从产生到商业化,既是微观企业之间竞合的结果,也是宏观创新制度与组织之间作用的结果(温兴琦等, 2016)。国家创新体系强调社会和制度环境的重要性(黄江等, 2018),并在组织要素、制度的动态作用中不断演变发展(Liu et al, 2001)。研究表明,一些国家创新绩效显著提高的原因在于该国运行有效的国家创新体系(王春法等, 2007),所以国家创新体系及其演化对区域经济增长和后发国家的追赶起到关键作用(Freeman, 2002)。

历史上的三次工业革命都伴随着生产组织形态和创新制度的巨大变革,创新制度在经历了习惯化(habitualization)、物化(objectification)、沉淀(sedimentation)3个阶段之后趋于丰富完善(Bekar et al, 2004),会与原有创新制度体系融合而形成新的创新制度体系,促进组织生产形式不断创新和发展。由于这种创新的制度和组织生产

形式在本国大规模推广,形成有效的国家创新体系,促进经济快速增长,而后被后发国家学习和改进,甚至衍生出新的制度和组织生产形式,本文将这种可以学习和衍生的制度和组织生产形式称为“基因”。制度和组织基因在工业革命扩散过程中逐渐演变、形成各个国家创新体系的组成部分,不断产生和完善各国国家创新体系的功能。因此本文用组织基因与制度基因来理解三次工业革命的兴替对国家创新体系形成的影响(见表1)。

虽然以往观点认为企业是创新体系的主体,但是国家创新系统是了解一个国家创新发展的重要视角,反映了知识在不同主体间的流动,需要考虑大学、产学研合作以及公有制度等一系列因素。任何一个国家的创新体系的形成和发育,都与其历史条件和经济发展阶段密切相关,各国在已有的制度模式和优势基础之上,建立起国家创新体系的框架。只有凭借制度基因和组织基因才能够让其获得并利用工业革命所带来的机会,并进一步形成特殊的制度和组织基因因为自身在后期的发展中所用或为他人学习利用以加入工业革命的浪潮。

2 三次工业革命与国家创新体系的演变

2.1 第一次工业革命

1768年,蒸汽机的成功制造标志着由手工业向大工厂生产体系迅速过渡的第一次工业革命正式开始。英国率先进入第一次工业革命,之后工业革命的浪潮逐渐席卷法国、德国、美国。蒸汽时代的开启促使包括珍妮纺纱机、水力纺纱机、动力织机(马瑞映等, 2018)等的一系列发明应运而生,之后的几十年里,生产力和生产效率得到空前的发展。从1771年英国建立第一个工厂——克罗姆福德纱

厂开始,到1835年全国已有棉纺织厂1 262家,棉纺织工人220 134人(马克思, 1975)。工厂和工人数量迅速增长的同时,劳动效率因机器的使用而大大提高。1770至1840年间,工人的日生产率平均提高20倍,1796年至1830年,棉布产量增长15.5倍(马克思, 1975)。

2.1.1 第一次工业革命的制度基因

创新会促进原有事物和环境的变革,英国的土地制度极大满足了大工业的土地需求,圈地运动把分散的土地集中起来进行最大限度开发和利用,有利于在生产中采用新的生产技术和经营方式。以贵族为核心的大地主通过向地农出租土地的形式释放了大批自耕农,弥补了工业革命发展的劳动力缺口,为工业革命提供大量劳动力。

专利制度成为激励发明人的重要手段(Mokyr, 2009),当时的发明多为个体发明者,主要资金来源为个人资本,如果没有制度的保障则无法激发个体发明者的积极性。1623年,英国政府《垄断法》的颁布催生了英国以纺织业为代表的技术创新高潮,新的发明大量出现(杨利华, 2010)。其中最典型的案例就是Boulton以英国政府专利保护为条件进行的投资支撑着Watt最终完成蒸汽机的改良(郭慧志等, 2007)。于是一批来自各个社会阶层的发明家在有了发明专利保护和资助的情况下纷纷建立工厂企业,使不同职业背景的人都进入到制造业中(Freeman et al, 1997),又进一步推动工业规模经济的初步显现。专利制度的出现使英国国家创新体系逐渐具备对知识生产保护的功能。

土地制度促进英国国家创新体系在土地、人力资源调配方面更加集中、高效,知识产权制度使英

表1 前三次工业革命的制度基因与组织基因

| 工业革命 | 领先国家 | 组织基因 | 制度基因 |
|------|------|--------------------------|---------------|
| 第一次 | 英国 | 大工厂生产形式 | 知识产权保护制度、土地制度 |
| 第二次 | 德国 | 发明家创办企业、企业实验室 | 科研型大学 |
| | 美国 | 科学管理、标准化大规模生产、股份制企业、两权分离 | |
| 第三次 | 美国 | 高新技术产业集群 | 拜杜法案、金融市场风险投资 |

国国家创新体系具备促进知识生产、传播的功能。土地制度和专利制度成为第一次工业革命中英国的制度基因(Hobsbawm, 1969)。在工业革命的浪潮席卷到法国、德国、美国之后,这些国家也纷纷学习英国的制度基因,并在此基础上发展本国创新体系,为引领下一次工业革命打下基础。

2.1.2 第一次工业革命的组织基因

从纺织物的家庭手工业生产形式到大工厂生产形式,工业机器的大规模使用使大工厂生产形式开始萌芽并迅速扩散。工厂生产形式给工业生产方式和生产关系带来了巨大变革,机械化大生产彻底排挤了传统的手工生产。英国纺织机械的普及和工厂生产体系的大规模高效生产也带动了钢铁业的发展。1750年,坩埚炼钢法极大提高了钢的生产效率和质量。1806年,英国的生铁产量已经达到26万吨(Supple, 2009)。第一次工业革命完成时,英国已经建成纺织业、冶金业、煤炭业、机器制造业、交通运输业5大工业部门,工业产量占世界总产额的50%(庄解忧, 1985),大工厂生产形式为英国成为“世界工厂”奠定了坚实的基础。

大工厂生产形式作为英国创新的机械制造技术转化体系和机器大规模普及的高效组织生产方式,促进了机器改进、生产技术的应用扩散,将企业这一重要组织形式引入国家创新体系。大工厂组织生产形式是第一次工业革命中英国成为领先国家的关键组织基因。

2.2 第二次工业革命

19世纪末到20世纪初,以美国和德国为领先国家掀起了第二次工业革命的浪潮。电磁学和热力学的发展引发了电力和内燃机等一系列技术变革,极大地推动了生产力的发展,为“石油时代”和“汽车时代”的到来奠定科技基础(Mokyr, 1990)。1870至1913年,德国在世界工业的比重从13.2%上升到15.7%,居欧洲第一位,成为第二次工业革命的领先国家(邢来顺, 2002)。美国经过2次资产

阶级革命和2次工业革命,彻底实现了经济腾飞。1894年,美国的工业总产值超过德国,跃居世界之首,成为第一经济强国。

2.2.1 第二次工业革命的制度基因

科研型大学成为促进德国基础研究突破式创新的制度基因。18世纪的德国大学只是贵族提升文化艺术修养的场所,在科学研究领域并未起太大作用。19世纪初,Humboldt提出了“教学同科学研究相统一”的原则,德国大学由单纯教学型逐渐向学术研究型改革,大学纷纷开设自然科学课程,逐渐形成了自由的学术研究氛围。此后,德国科学家的科研成果诸如能量守恒和转化定律、电磁科学等在19世纪出现了重大突破,科学理论成为推动生产力发展的重要因素和技术突破的理论基础,科学发现在生产实践中被不断转化为实用技术,催生了工业化时代的到来。从对大学科学研究的重视,到研究成果的迅速转化,内燃机、电力、化学工业和新科技的紧密结合使德国始终处于世界工业领先地位。研究型大学成为了德国国家创新体系的重要组成部分,高质量的基础科学知识生产和人才培养是德国国家创新体系的优势所在。

到19世纪70年代,美国的许多大学开始学习德国的科研型大学制度。各州鼓励教师从事学术研究以及培养人才,研究和教育的价值得到了充分的展现,美国研究型大学开始兴起。同时,科学基础研究开始进入大学的主体课程中,促进美国科学在19世纪下半叶快速发展。到1920年,美国的科研型大学现代形态已经成型,并在美国高等教育中占据主导地位。

2.2.2 第二次工业革命的组织基因

发明家创办企业是促进德国企业发展壮大的组织基因。19世纪初期,德国发明家用自己的资金多年致力于研究,虽然实验规模不大,但他们拥有很多重要专利,从英国传播来的知识产权制度保护了大批发明家的权利。Linde等许多德国发明

家兼企业家在专利制度的保护下创办了自己的公司,这样不但能巩固自己的专利地位,而且因为其他国家生产他们的产品必须凭专利许可证或通过联营公司,这些企业更容易发展壮大和成为跨国公司。发明家创办企业作为促进知识应用扩散的高效生产形式,使德国国家创新体系具有科学技术成果高效转化的特点。

企业实验室是提高德国企业研发能力的重要组织基因。尽管19世纪化学领域的加工创新是由各个发明家兼企业家独立完成的,但到了19世纪末,流程法实验规模之大已经远超过单个化学家的能力,必须依靠大的化学公司的支持赞助。1868年,在茜素事件的启发下德国化工业中的染料业巨头BASF、Hoechst和Bayer等率先在企业内部建立实验室。19世纪70年代,企业内部研究开发实验室在德国广泛推广。德国企业实验室为科学家提供了与业绩相关的薪酬方案,解决了知识产权在发明者与企业之间的分配问题,促进了企业激励政策思想萌芽(Burhop et al, 2008)。至此,德国以企业为中心、大学和研究机构协同创新的国家创新体系逐渐建立起来。之后企业实验室制度传入美国和日本,为后来美国和日本科技迅速发展做出巨大贡献。日本工程师中村修二、田中耕一均是从企业研究所走出来的诺贝尔奖获得者,企业实验室为日本20世纪以来基础自然学科的进步起了重要的推动作用。20世纪初美国企业模仿德国企业建立起企业实验室,其建立与发展是20世纪美国社会的主要特征之一,对美国国家创新体系的发展影响巨大。贝尔实验室从20世纪至今共有15名诺贝尔奖得主,为美国基础科学研究的进步起到了巨大的推动作用。到1914年,美国共有企业实验室和研究所365个,近万名科技人员。这些实验室专门为企业解决生产中的实际问题,大大降低了成果转化成本,企业至今是美国国家创新体系中的创新主体。

科学管理体系、标准化大规模生产成为奠定美国制造业企业管理基础和经济腾飞的组织基因。第二次工业革命中,生产组织方式有了新的发展和转变,资本和技术的聚集催生了一批资本、技术密集的新兴产业,企业规模的扩张使企业管理难度增加。19世纪末20世纪初,泰勒创建了“科学管理理论体系”,以提高劳动生产率为目的,将科学引入到了工业管理中,更加复杂的产品制作程序和不断延长的生产流程使专业知识和分工的必要性进一步加强。美国福特公司最先在汽车的生产过程中采用泰勒的科学管理方法进行流水线生产,以流水线作业和高度分工为基础的劳动组织方式和大批量标准化生产方式使生产率大幅提高,93分钟一部汽车的高效生产使福特公司占据全球市场份额的90%。同时,美国制造业的标准化生产保证了零部件的可更换和灵活化,进一步增加了汽车等其他制造行业的生产效率和服务质量。科学管理制度体系催生了标准化流水线和标准化大规模的组织生产形式的出现,使美国国家创新体系具有促进创新产品科学、高效生产的功能。

股份制公司、两权分离是促进美国企业管理专业化的组织基因。在第二次工业革命中,科学技术的进步促使工业迅速发展,重工业开始兴起并占据主导地位。企业规模的扩大使其对资本的要求增多,更有利于聚集资金满足生产经营需要的股份制公司开始出现。随着股份制公司的发展,市场竞争日趋激烈,规模大、技术先进的企业逐渐吞噬规模小、技术落后的企业。生产和资本的不断集中促使垄断组织产生。1909年,只占全国企业总数1%的托拉斯,却掌握了全国工业产值的一半。随着股份制大企业和垄断组织形式的兴起,职业经理人管控模式在19世纪末20世纪初逐渐形成。Adolf和Means(1933)对美国200家大公司进行了分析发现,大部分企业是由并未握有公司股权

的高级管理人员控制。股权分散的加剧和管理的专业化,使得拥有专门管理知识并垄断了专门经营信息的经理实际上掌握了对企业的控制权,导致“所有权与控制权分离”(Chandler, 1977)。两权分离使企业管理趋于专业化,有利于企业规模的逐步扩大。从此,专业化管理、实验室基础研究为美国企业成为国家创新体系的创新主体奠定基础。

2.3 第三次工业革命

20世纪70年代信息的出现标志着第三次工业革命的开始。此次工业革命以原子能、电子计算机、航天工程、生物技术等为标志,并以美国为首进行科技变革引领世界从电气时代过渡到网络信息时代。第三次工业革命科学和创新的作用空前突出,科学技术转化为生产力的速度大幅提升,科学和技术紧密结合并在各个领域相互渗透,国家创新体系基因元素和功能逐渐复杂多样。

2.3.1 第三次工业革命的制度基因

信息时代版权问题成为第三次工业革命知识产权保护关注的焦点,虽然网络技术的侵权难度降低、维权难度加大,但人们的知识产权意识不断加强,各国知识产权制度逐渐完善。美国等发达国家逐渐建立起一套趋于完善的知识产权制度体系。

大学发明成果的产权转移激励制度是维持竞争优势的重要制度基因。1980年,美国国会通过《拜杜法案》。这一法案通过赋予大学和非盈利研究机构对于联邦政府资助的发明创造享有专利申请权和专利权,鼓励大学展开学术研究并积极转移专利技术,促进小企业的发展,推动产业创新(柳卸林等, 2012)。《拜杜法案》是美国“制造经济”转向“知识经济”时代的产物,为国家创新体系产学研三方合作和政府资助研发成果的商业运用提供了有效的制度激励,加快了技术创新成果转化的步伐,使得美国在全球竞争中能够继续维持其技术优势(Mowery et al, 2000)。

与此同时,金融市场风险投资制度的重要性也

日益突出。1971年纳斯达克股票市场的建立使混乱的场外交易得到规范,中小企业通过融资平台逐渐登上资本舞台,基于大学的高科技创业成为主流。为了使中小企业的创新能力得到充分发挥,风险投资这一知识资本化制度应运而生。风险投资的出现使高科技中小企业焕发生机,硅谷大量高科技中小企业逐渐进行产业聚集形成高新产业基地,甚至谷歌等大型企业也得益于风险投资制度的实行。风险投资、金融工具层出不穷,美国的金融业空前繁荣,知识资本化成为美国国家创新体系的活跃因素。

2.3.2 第三次工业革命的组织基因

高新技术产业集群是美国经济飞速发展的组织基因。第三次工业革命改变了社会经济结构,第三产业在国民经济中的比重不断上升,技术密集型和知识密集型产业逐渐取代了传统的劳动密集型产业,高科技中小企业的地位空前提升。企业之间逐渐打破原有竞争与合作对立的关系,转而与互补企业甚至竞争者形成更为复杂的竞合(coopetition)关系来获取竞争优势(Bengtsson et al, 2000)。19世纪开始美国的工业企业与欧洲的工业企业不同,它们与教育机构密切互动,并在工业行业中提供理论训练学术训练与实践问题紧紧地联系在一起(Granovetter, 2017)。因此,美国逐渐形成以企业为主体,政府引导扶持,高校产学研互动,产业集群发展的国家创新体系,并衍生出集群创新的科技创新产业基地。以美国硅谷为例,斯坦福大学、加州大学伯克利分校等多个顶级研究性大学与硅谷企业的关系密切(Saxenian, 1995),技术专家和企业实践的交叉网络,人才与企业的共同成长,集中体现了硅谷颇为独特的区域文化。产业聚集化发展可以使企业共享资源,降低生产和交易成本,从而加快产品的更新换代。以硅谷为代表的产业集群拥有着政府大力的资金支持和周围大量的高校人才产学研合作机会(Fallick et al,

2006), 高新技术产业基地逐渐成为美国创新体系中最活跃的部分。

3 国家创新体系的演化与工业革命的兴替

第一次工业革命中, 英国土地制度窗口催生了大工厂生产形式的出现(芒图, 1983), 这种高效组织生产形式的大规模普及催生了对技术保护的需要。为保护个体发明者而颁布的《垄断法》逐渐形成完备的专利制度体系, 成为英国第一次工业革命的制度基因。此时, 英国国家创新体系初步形成, 政府、企业为国家创新体系主要构成。如图1所示, 土地制度、专利制度使英国国家创新体系在国家法律层面具有知识产权保护的功能, 大工厂生产体系使英国国家创新体系在企业层面具有高效的生产水平。

德国在学习英国专利制度的基础上不断发展, 形成本国更为完善的知识产权制度, 为电磁学和热力学的研究突破提供了制度窗口(Mokyr, 1992), 继而开启第二次工业革命。科研型大学制度将大学这一重要构成加入德国国家创新体系,

大学开始发挥知识生产、培养人才的重要作用。发明家创办企业、企业实验室等企业组织形式使德国企业具备了研发能力和发明成果转化能力。科研型大学的加入、企业研发能力的增强使德国国家创新体系在英国国家创新体系的基础上进一步优化提升, 功能进一步完善。

美国在德国的影响下逐渐进行一系列制度改革, 知识产权制度的建立和科研型大学的改革使美国开始了追赶的步伐。德国的企业实验室制度在美国遍地开花(Van, 2016), 美国研发型企业逐渐成为国家创新体系中最活跃的构成。电气时代和汽车时代的来临产生了科学管理体系和标准化大规模生产, 使美国企业生产率大幅提高, 企业规模逐步扩大。股份制企业和垄断组织继而出现, 而这种新的组织生产形式的出现催生出了两权分离等科学企业管理形式。

第二次工业革命使美国的企业创新能力得到了飞速发展, 直到互联网技术的出现开启了第三次工业革命。拜杜法案的颁布使国家创新体系在

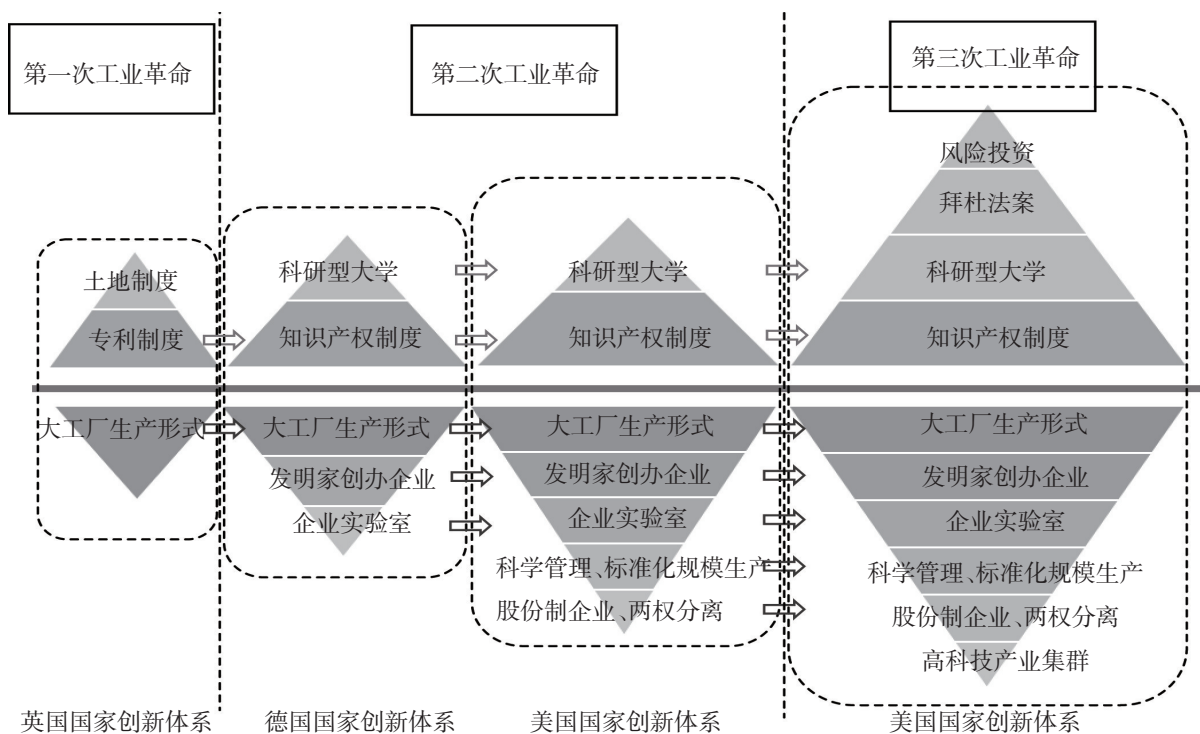


图1 三次工业革命领先国家的国家创新体系演化历程

促进知识生产的基础上增加了知识应用与扩散的功能,产学研合作的出现使创新体系各组成之间建立起动态的联系,企业逐渐成为创新的主体。风险投资等金融制度的出现大大扶持了高科技中小企业,知识资本化给予了高新技术中小企业竞争优势,高新技术产业集群更是成为美国国家创新体系最活跃的因素,开放、合作的国家创新体系逐步建立起来,国家创新体系的各要素逐渐丰富,要素之间的联系空前加强,形成互相联动、共同发展的创新生态。

纵观三次工业革命,国家创新体系制度基因的不断嵌入使国家创新体系构成逐步完善,从政府的知识产权保护到大学的知识生产,再到产学研合作和知识资本化,国家创新体系的组成成分逐步丰富完善,各个构成之间的联系逐步加强,科学技术的重要性逐步显现。组织基因的不断创新使企业生产力和研发能力不断上升、企业管理逐步向科学和专业化发展,企业在组织基因的不断进化中逐渐成为国家创新体系的创新主体,国家创新体系的结构逐渐清晰稳定。国家创新体系在组织和制度基因持续加入的作用下不断演化发展为更加开放、动态、合作的创新体系。

在三次工业革命的兴替中,国家创新体系中的各制度基因、组织基因自身也在不断进化发展,推动国家创新体系像更合理、高效的目标演化。从

知识产权制度基因的演化历程看,从第一次工业革命早期的专利制度到第三次工业革命完善的知识产权制度,期间知识产权制度这一重要制度基因在各国学习和创新过程中不断深入发展,各国知识产权保护法律体系不断成熟完善,最终形成国际化统一的知识产权保护同盟。国家创新体系的知识产权保护制度基因不断深入演化,向更科学、专业、全面的方向发展。从企业组织生产形式演化的角度看,企业在三次工业革命的历程中逐渐趋于专业性、科学性和创新性。企业从第一次工业革命在使用机器的基础上单纯地生产,到第二次工业革命开始创建自己的实验室、采取科学的管理方法和更高效的组织生产方式,再到第三次工业革命参与到知识资本化中并成为国家创新体系的创新主体,其对科技创新的重视性逐步提高,在国家创新体系中的地位逐步上升。

通过对前三次工业革命兴替的回顾研究发现(见图2),一些国家会在工业革命中产生创新的制度基因和组织基因,形成有效的国家创新体系,进而促进经济高速增长,成为领先国家引领工业革命。同时,成功的制度基因和组织基因会在其他国家复制扩散,后发国家在学习了领先国家高效创新体系之后可能会改良产生更高效的制度基因和组织基因,形成具有本国特色的创新体系,促进本国经济增长。领先国家和后发国家之间通过竞

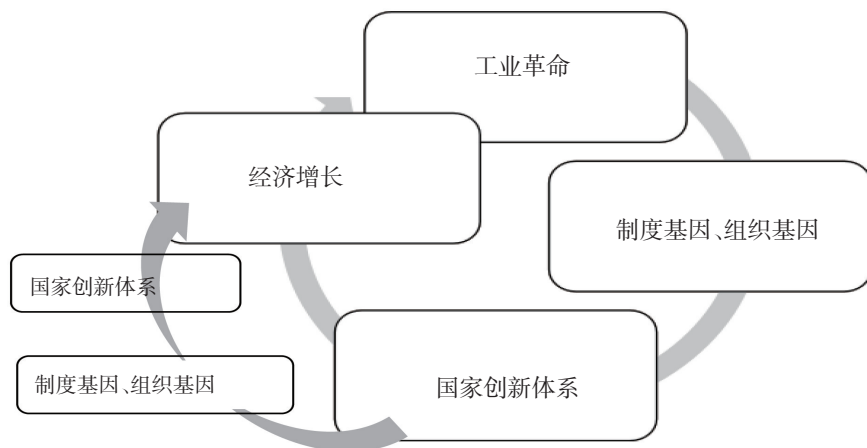


图2 工业革命的兴替和国家创新体系的演化关系

争形成新一轮的领先国家,引领新一轮的工业革命。创新的制度基因和组织基因不断增加使国家创新体系元素趋于丰富,同时制度基因或组织基因自身不断的发展和深化完善使国家创新系统结构趋于科学合理,各要素效率不断提高。

4 结 语

本文以工业革命与国家创新体系形成为研究框架,从制度基因、组织基因的角度分析了三次工业革命的兴替与国家创新体系的演化的关系。综上所述,前三次工业革命的过程中,一些国家在实践中不断产生创新制度体系和高效的组织生产形式,在这些有效的制度基因和组织基因作用下,国家创新体系逐渐演化发展,促进国家经济发展,进而成为领先国家领导工业革命。后发国家对领先国家制度基因和组织基因进行复制和学习,同时根据本国特色改良或创新出新的制度基因和组织基因,演化为本国的国家创新体系,大力发展经济实现追赶和跨越,从而领导新一轮工业革命。而国家创新体系内部制度基因和组织基因的进一步深化发展也使国家创新体系不断向高效、科学的

方向发展。国家创新体系在三次工业革命的兴替中演化,逐渐形成以企业为主体,各组成结构之间动态合作的开放创新生态体系。

习总书记2014年在两院院士大会上提出“要加快建立健全国家创新体系”。本文对前三次工业革命进行分析,有助于思考面临第四次工业革命的中国在学习领先国家成功的制度基因和组织基因的基础上,如何抓住以数字革命为代表的科学技术突破性发展的重要机遇,推出新的制度体系和组织生产形式,催生出中国的创新组织基因和制度基因,以实现追赶和超越,领导新一轮的工业革命。结合前三次工业革命的经验,中国应不断以科技创新驱动经济发展,完成经济发展新旧动能的转换,不再靠资本的粗放式投入促进经济增长(柳卸林等,2018);重视大学和科研院所的作用,促进产学研创新合作,加快科技成果转化进程;消化吸收发达国家的企业实验室、高新技术产业集群的组织形式,解决“三个制度欠债”问题,突出高新技术企业的的作用;建立以企业为主体,产学研合作发展,各要素紧密联系、相互联动的开放创新体系。

参考文献

- 冯立杰,翟雪琪,岳俊举,等. 2015. 创新基因学:概念与理论模型[J]. 科技进步与对策,32(13):1-5.
- 郭慧志,郭红燕,施凤丹. 2007. 大脑与手:从工业革命论科学与技术的关系[J]. 科学学研究,S2:178-183.
- 黄江,陈劲. 2008. 和平创新视角对国家创新体系的理论补充[J]. 科学学与科学技术管理,39(12):3-16.
- 李克强. 2008. 在第十二届夏季达沃斯论坛开幕式上的致辞[J]. 对外经贸实务,11:4-7+2.
- 廖中举,程华,陈士慧. 2019. 国家创新体系研究进展与述评[J]. 技术经济与管理研究,4:40-44.
- 柳卸林,葛爽. 2018. 探究20年来中国经济增长创新驱动的内在机制:基于新熊彼特增长理论的视角[J]. 科学学与科学技术管理,39(11):3-18.
- 柳卸林,何郁冰,胡坤. 2012. 中外技术转移模式的比较[M]. 北京:科学出版社.
- 柳卸林,马驰,汤世国. 1999. 什么是国家创新体系[J]. 数量经济技术经济研究,5:20-22.
- 马克思. 1975. 资本论第一卷[M]. 北京:人民出版社.
- 马瑞映,杨松. 2018. 工业革命时期英国棉纺织产业的体系化创新[J]. 中国社会科学,8:183-203+208.
- 芒图. 1983. 十八世纪产业革命[M]. 北京:商务印书馆.
- 王春法,游光荣. 2007. 国家创新体系理论的基本内涵[J]. 国防科技,4:47-49.
- 温兴琦,David Brown. 2016. 发展中国家创新体系建设与中介机构作用研究:基于文献的分析[J]. 软科学,30(5):1-4.

- 邢来顺. 2002. 迈向强权国家[M]. 武汉:华中师范大学出版社.
- 杨利华. 2010. 英国《垄断法》与现代专利法的关系探析[J]. 知识产权,20(4):77-83.
- 庄解忱. 1985. 世界上第一次工业革命的社会经济影响[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版),4:54-60.
- Adolf B, Means G. 1933. The Modern Corporation and Private Property[M]. London:Macmillan.
- Bekar C, Lipsey R G. 2004. Science, institutions, and the industrial revolution[J]. Journal of European Economic History,33(3): 709-753.
- Bengtsson M, Kock S. 2000. Coopetition in business networks: To cooperate and compete simultaneously[J]. Industrial Marketing Management,29(5):411-426.
- Burhop C, Luebbbers T. 2008. Incentives and innovation? R&D management in Germany's high-tech industries during the second industrial revolution[J]. Social Science Electronic Publishing,106(1):71-74.
- Chandler A D. 1977. The visible hand: The managerial revolution in American business[J]. Journal of Financial Economics, 3(1):305-360.
- Fallick B, Fleischman C A, Rebitzer J B. 2006. Job-hopping in silicon valley: Some evidence concerning the microfoundations of a high-technology cluster[J]. Review of Economics & Statistics,88(3):472-481.
- Freeman C, Soete L. 1997. The Economics of Industrial Innovation[M]. Cambridge: MIT Press.
- Freeman C. 1987. Technology Policy and Economic Performance-Lessons from Japan[M]. London: Pinter.
- Freeman C. 1994. The economics of technical change[J]. Cambridge Journal of Economics,18(5):463-514.
- Freeman C. 2002. Continental, national and sub-national innovation systems: Complementarity and economic growth[J]. Research Policy,31(2):191-211.
- Granovetter M. 2017. Society and Economy: Framework and Principles[M]. Boston:Harvard University Press.
- Hobsbawm E J. 1969. Industry and Empire[M]. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Liu X, White S, Baark E, et al. 2001. Comparing innovation systems: A framework and application to China's transitional context[J]. Research Policy,30(7):1091-1114.
- Lundvall B,Johnson B,Andersen ES. 2002. National systems of production,innovation and competence building[J]. Research Policy,(31):213-231.
- Metcalf J S. 2005. Systems Failure and the Case for Innovation Policy: Innovation Policy in a Knowledge-Based Economy[M]. Berlin: Springer.
- Mokyr J. 1990. The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress[M]. London: Oxford University Press.
- Mokyr J. 1992. Is economic change optimal?[J]. Australian Economic History Review,32(1):3-23.
- Mokyr J. 2009. The Enlightened Economy: An Economic History of Britain, 1700-1850[M]. New Haven: Yale University Press.
- Mowery D C, Nelson R R, Sampat B N, et al. 2000. The growth of patenting and licensing by US universities: An assessment of the effects of the Bayh-Dole Act of 1980[J]. Research Policy,30(1):99-119.
- Nelson R R, Winter S. 1982. An Evolutionary Theory of Economic Change[M]. Cambridge: Belknap.
- Nelson RR.1993. National Innovation Systems: A Comparative Analysis[M]. London: Oxford University Press.
- OECD. 1997. National Innovation Systems[R]. Paris: OECD.
- Perez C. 2002. Technological Revolutions and FinancialCapital: The Dynamics and Bubbles and Golden Ages[M]. Cheltenham: Edward Elgar.
- Perez C. 2010. Technological revolutions and techno-economic paradigms[J]. Cambridge Journal of Economics,34(1):185-202.

- Reiljan J, Paltser I. 2015. The role of innovation policy in the national innovation system: The case of Estonia[J]. *Trames*, 19(3):249-272.
- Resende M F C, Torres D A R. 2016. National innovation system and external constraint on growth[J]. *Brazilian Journal of Political Economy*, 36(4):748-768.
- Saxenian A L. 1995. Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and route 128[J]. *Research Policy*, 25(3): 484-485.
- Schumpeter J A. 1928. The instability of capitalism[J]. *Economic Journal*, 38(151):361-386.
- Schumpeter J A. 1934. *The Theory of Economic Development*[M]. Boston: Harvard University Press.
- Schumpeter J A. 1939. *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*[M]. New York: McGraw-Hill.
- Schumpeter J A. 1942. Cost and demand functions of the individual firm[J]. *American Economic Review*, 32(1):349-350.
- Schwab K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*[M]. Geneva: World Economic Forum.
- Supple B. 2009. The British economy since 1700: A macroeconomic perspective By C H. Lee[J]. *Journal of Economic History*, 48(2):459-461.
- Van Der Kooij B. 2016. How did the general purpose technology, 'electricity' contribute to the second industrial revolution(II): The communication engines[J]. *Social Science Electronic Publishing*, DOI:10.13140/RG.2.1.3397.8007.

The Replacement of Industrial Revolutions and the Evolution of National Innovation System: From the Perspective of Institutional Genes and Organizational Genes

LIU Xielin, GE Shuang, DING Xuechen

(School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China)

Abstract: Innovation system will continue to evolve in the process of successive industrial revolutions. The leading countries in the previous three industrial revolutions have innovative organizational genes and institutional genes. Through comparative analysis of the first three industrial revolutions, we find that the institutional genes of the three industrial revolutions are: (1) Intellectual property protection system, land system; (2) Research university; (3) Bayh-Dole Act, venture investment. The organizational genes are: (1) Factory institutions; (2) Inventors establish enterprises, building the lab of enterprises, scientific management, standardized mass production, joint-stock enterprises, separation of two rights; (3) High-tech industrial cluster. Developing countries can develop new institutional system and production organization forms on the basis of inheriting the successful institutional genes of leading countries, then they may promote a new round of industrial revolution to catch up and surpass.

Key words: industrial revolution; national innovation system; institutional genes; organizational genes