

文章编号:1000-2995(2012)02-007-0048

生物医药创新网络演化机理研究 ——以上海张江为例

王 飞

(南京市社会科学院经济所,江苏 南京 210018)

摘要:在资源和知识流动性日益增强的背景下,全球生物医药产业实现了从企业内部独立研发向合作创新的阶段性跨越,创新网络成为新药研发的主要组织形式。但生物医药创新网络的形成与演化机理尚待研究。本文以上海张江生物医药为典型案例,从合作创新和集体学习两个维度,解析我国生物医药创新网络的生成机制。研究表明,合作创新是生物医药创新网络形成的内在驱动力;集体学习则通过知识、资源的流动与扩散,加速了创新网络结构的拓展。随着地理空间开放度和合作扁平度的变动,生物医药创新网络呈现出从企业内部创新网络、本地化创新网络向全球化创新网络过渡的阶段性变化特征。

关键词:生物医药创新网络;演化规律;张江

中图分类号:F276.42

文献标识码:A

1 引言

生物医药产业属于新兴的朝阳产业,具有较强的经济拉动力而受到学者们的广泛关注。发展初期,学者们根据生物医药产业偏好在空间上集聚分布的特点,将其视为生物医药产业集群进行研究^[1-3]。Cooke认为生物医药产业主要依靠政府支持、风险投资以及大型医药企业的资金资助,空间上倾向于靠近“知识源”^[4]。Vittorio Chiesa对剑桥、海德堡、马赛和米兰等生物医药产业集群的发展历程、人力资源、金融条件、企业状况等进行分析后,提出生物医药产业集群形成和发展的驱动因素主要是金融、技术、产业基础和支撑条件等^[5]。Steven Casper和Robert W从制度经济学角度分析了国家制度体系改革对生物医药产业创新能力的影响,发现研发活动、领先公司的竞争力

受国家制度框架制约,同时企业治理结构和企业的创新策略息息相关^[6-7]。然而,随着全球知识和信息流动性加快,生物医药产业已不再局限于在集群内寻找合作伙伴,而是借助全球——地方管道在全球知识网络中寻找合适的研发合作者,表现出跨区域合作创新的特征。

Rothwell指出网络创新是继技术推动模式、需求拉动模式、交互模式、综合模式后的第五代创新模式,是未来创新研究的主导方向^[8]。学者们由此开始从网络范式角度探讨创新问题,研究视野从产学研垂直一体化逐步转向创新网络。目前学者们主要关注网络对生物医药创新发展的影响和驱动,如Kean Birch证实了英国生物医药产业存在着本地、区域、全国、全球等不同空间尺度的合作与结网,呈现出典型的联盟驱动型治理模式^[9]。但关于生物医药创新网络的特征及其演化尚未有系统的研究成果。本文以上海张江为

收稿日期:2011-11-22;修回日期:2012-01-15。

基金项目:国家自然科学基金项目“基于知识网络视角的高科技园产业空间集聚研究”(40971069,2009/03-2012/12)。

作者简介:王飞(1973-),女(汉),浙江诸暨人,南京市社会科学院经济所助理研究员、博士,研究方向:企业网络与创新经济。

例,从合作创新和集体学习两个维度,来解析生物医药创新网络的形成机制、网络演化过程及特征,探讨中国生物医药产业升级、创新驱动的适宜路径和模式。

2 生物医药创新网络演化的驱动机制

生物医药创新网络是指由制药公司、生物技术企业、高校及科研院所、各类中介机构、政府相关部门等创新行为主体之间协同作用而形成的以知识创新和技术扩散为核心的网络组织形式,它能充分利用网络内外的创新资源,具有空间开放性、进入门槛高、区域集聚性和相对稳定性等特征。

2.1 合作创新是生物医药创新行为主体结网的核心驱动力

20世纪70年代以前,生物医药产业普遍施行独立创新模式,大型制药公司严格控制着创新学习过程。随着药物研发难度的提高和研发成本的增加,该模式逐渐暴露出诸多弊端,如制药公司一味地过度依赖公司内部的研究技术库,人为阻碍外部创意的进入^[10-11],最终导致制药公司内部官僚主义盛行、战略转变缓慢、墨守成规的筒仓心态和“非我发明”症等。生物技术革命与生物技术企业的快速发展加快了独立创新模式瓦解。为了降低药物创新的不确定性、获得新的研究思路和整合创新资源,新药的研发往往吸引制药公司、生物技术企业、高校、科研院所和中介机构等多个行为主体参加。这些行为主体之间以合作伙伴的共同利益为基础,以资源共享或优势互补为前提,有明确的合作目标和合作规则,建立起基于信任的商业合作、研发合作、金融合作和许可合作等关系,在技术创新过程中共同投入、共同参与、共担风险,实现知识资源、关系资源与信息资源等的交流和反馈,提高新药研发创新效率。合作创新由此成为生物医药创新行为主体结网的根本驱动力。

合作创新对生物医药创新网络的形成与演化,具有网络自我强化、网络创新能力提升等多重效应。

首先,制药公司、生物技术企业、高校、科研院所、投融资机构等基于共同的产业发展愿景,集聚在特定区域内,随着相互合作和交流次数的增加,

通过知识交流和溢出提高区域创新能力,吸引更多企业进入网络,进而形成新的合作,循而往复,构成一个垂直关系和水平关系纵横交错的生物医药创新网络。

其次,合作导致网络创新能力的提升。Hagedoorn&Duysters指出技术创新网络可以使企业获取新知识,并且逐步增强企业技术创新的能力。在高度信任和实现专用资产投资情况下,不同行为主体在理论研究领域、临床试验阶段或药品生产营销阶段开展合作,相互学习、交流与沟通,促进彼此之间隐性知识的流动与溢出,既提高了参与方的知识水平,也有助于新分子实体或生物技术药品的发现^[12]。

2.2 集体学习促进生物医药创新网络的演化和拓展

Steinle & Schiel指出网络创新与个人发明、实验室创新不同,主要是凭借组织间的互动,实现知识的产生、积累和传递^[13]。蔡宁认为知识基础与集体学习机制是理解网络式创新能力的关键^[14]。生物医药产品的生命周期日益缩短(专利保护期)和快速获取新知识的能力要求制药公司加快开展协作研究。面临新药研发的时间压力和创新不确定性的挑战,制药公司和生物技术企业必须像学习编码化知识一样快速、有效地学习默会知识,而实现知识互补性需求目的的本地化学习和全球化学习相结合的集体学习模式,促进了生物医药创新网络演化和稳定发展(见图1)。

本地化学习依托学习管道实现知识的创造和流动。第一类是“干中学”,即根据生物医药研发或其他环节中出现的問題,采取利用网络学术平台、书籍、网络信息、面对面交流、短期培训等方式补充和完善知识。第二类是组织交互学习机制,创新网络内不同行为主体之间通过互相学习、交流,获得新知识,并且学习对象可以跨越组织边界,与网络外界互通有无,获取外界知识。第三类是地缘学习,基于空间临近性、网络内非正式的信息交流平台,交流学术心得、经验体会,获取其他成员的知识。第四类是劳动力流动,劳动力携带知识和技术在网络内流动,促进知识溢出。

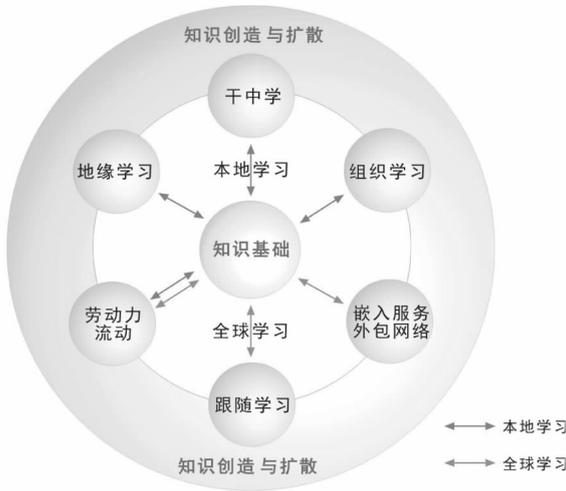


图1 生物医药产业的集体学习模式

Figure 1 Collective learning model in biopharmaceutical industry

实现全球化学习的主要途径包括:第一,通过技术许可、专利技术贸易平台,进行模仿、创新学习。药物开发时间漫长,新分子实体研发很难在短期内取得突破性进展,因此发展中国家可以通过向发达国家购买专利技术,再进行模仿学习,加速自主创新。第二,通过承接海外研发外包业务和引进海外高层次人才,推动新药研发与国际标准接轨,间接提升技术水平。全球化学习模式的知识生产具有以下特征:跨学科、多种不同组成、组织的多样性、社会责任和自反性以及质量控制等。

3 生物医药创新网络演化的基本规律

在生物技术革命和知识信息全球化进程中,不同行为主体之间的合作创新和集体学习,推动着生物医药创新网络经历了从孕育、结网、成长到发展的演化,不断由低级向高级发展。

3.1 从封闭式创新转向开放式创新

20 世纪 70 年代以来,生物技术开始兴起并在制药业得到广泛应用,同时知识、资本的全球化和交通信息技术的发展,促使制药业从“封闭式创新”向“开放式创新”模式转变。

在此之前,制药业实施企业规模扩张战略,药物研发工作主要由企业内部的实验室独立完成,从创新思想的提出,到技术研发,再到药品生产制造以及市场化营销推广等活动,都由企业自己承

担,创新活动拥有清晰边界,局限在企业内部,与企业外部组织鲜有交流与合作,创新网络被企业内部化,属于典型的垂直一体化创新模式,称为封闭式创新模式(见图2)。

生物医药开放式创新模式的运作特征体现为:在全球范围搜寻技术创新源、扩大技术收益、购并与转移技术、强化研发联盟、推动产学合作、运用风险基金与政府资源、鼓励内部创业等。因此,开放式创新可以使企业拥有更多的创新资源,掌握更新的技术,也有利于分散创新风险、降低创新成本、提高创新速度和提升企业知识识别、知识获取以及知识应用嫁接的能力(见图3)。

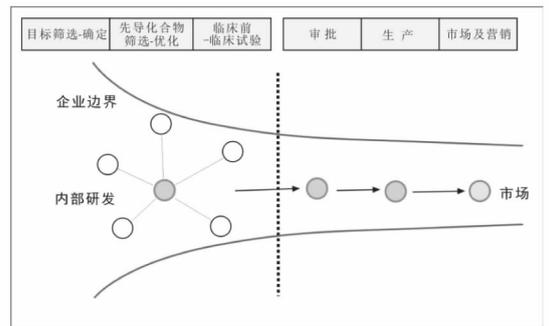


图2 生物医药产业封闭式创新模式

Figure 2 Closed innovation model in biopharmaceutical industry

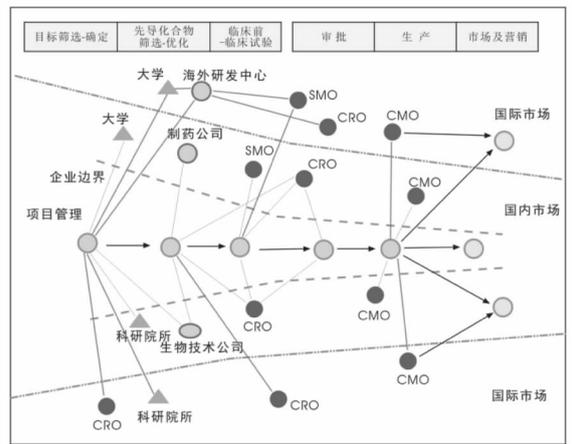


图3 生物医药产业开放式创新模式

Figure 3 Open innovation model in biopharmaceutical industry

资料来源:经赵林捷(2007)改绘^[15]

3.2 从企业独立创新、本地化创新网络到全球化创新网络

伴随生物医药创新模式的开放转向,作为其实现形式的创新网络应运而生并持续演化,这集中体现在网络的地理空间开放度和合作扁平度两个维度。合作扁平度由美国学者 Gary P. Pisano 和 Roberto Verganti 在 2008 年提出,指的是合作网络中不同行为主体之间关系的扁平度^[16]。如果网络的主要决策权集中于网络中占主导地位的行为主体,被认为是层级度高,如果合作之间处于平等地位,共享决策权力,则被认为扁平度高。因此,考虑地理开放度和合作扁平度两个维度,在集体学习和知识扩散影响下,生物医药创新网络经历了制药业独立创新、本地化创新和全球化创新三个发展阶段。

3.2.1 独立创新发展阶段

该阶段制药企业以独立研发为主,尚未形成网络结构。制药企业都是“大而全”和“小而全”的组织架构,从药物研发、临床试验、中试、新药审批、药物生产以及药物营销,所有环节都由制药企业独立完成。制药企业与从事基础理论研究的研究机构缺少直接联系,一般是通过文献检索寻找和发现基础研究领域的研究成果或者凭借与研究者的私人关系进行研究成果和信息的交流。该阶段制药企业的规模经济效应突出,大企业具有较高的研发产出效率。

3.2.2 本地化创新网络发展阶段

该阶段是生物医药产业创新网络演化的关键时期,主要体现出以下几个特点。

第一,网络成员逐渐增多,网络密度加大,制药公司、生物技术企业、高校、科研院所、金融机构及其他中介机构在空间上集聚分布,逐渐开始合作和互动,初步形成产业集聚区。第二,合作关系多样化,主要以产业界和研究机构之间的垂直研发合作为主,水平合作表现为制药公司注资生物技术企业。第三,发展中国家的生物医药产业呈现“被全球化”特征。为了最大限度降低成本、获取新药或是直接掌握新技术,跨国制药公司通过海外直接投资或与东道国制药公司建立合资公司、独资公司等方式进军发展中国家医药市场,将生产环节转移到发展中国家,建立全球性的生产与销售网络。

3.2.3 全球化创新网络发展阶段

该时期,创新主体和其他成员之间的互动越来越频繁和越来越密切,全球化创新网络表现出两大显著特征。

第一,网络节点迅速增加,节点之间的连接关系日益增多且复杂程度加深,随着生物医药产业规模不断扩张,节点之间的关系也由原来的商业关系,逐步转向研发关系和金融关系,同时药物许可关系进一步发展。第二,跨国制药公司开始加大开拓药物新兴市场的力度,基于上阶段市场销售、生产环节的全球扩散,遵循等级扩散原则,先是在发达国家设立研发中心,然后再向发展中国家的发达地区进行扩散,在全球范围内建立研发分中心,并将资源进行整合,逐步实现研发网络的全球化。

4 案例分析:上海张江生物医药创新网络的演化

得益于生物医药全球化进程加快和国家对生物医药产业新药创制的重视,张江生物医药产业发展迅速,短短十几年经历了从产业要素集聚到创新网络化的发展过程。

4.1 张江生物医药产业发展的基本特征

第一,经济总量持续增长。2010 年张江生物医药产业营业收入同比增长 18%,达到 197.1 亿元;工业总产值达 129.1 亿元,占上海市医药工业总产值的 22%;企业效益增长明显,利润达 17.6 亿元,同比增长 10.9%^[17]。

第二,企业规模迅速扩张。截至 2010 年底,张江共集聚了 351 家生物医药企业和研发中心,涌现出微创医疗、中信国健等一批拥有突破创新成果的自主创新企业。2010 年营业收入超亿元的企业有 32 家^[17]。2010 年福布斯全球前 10 强企业中有 7 家在张江设立研发中心,罗氏、勃林格殷格翰、葛兰素史克等跨国药企在张江建有生产基地。

第三,研发资源高度集聚。张江已形成以两校、两所为核心(两校:上海中医药高校、复旦高校药学院;两所:中科院上海药物研究所、中科院上海高等研究院),包括 10 多家国家级研究所、50 多家上海市级研究机构、40 多个公共服务平台、

40 多家企业技术中心和 40 多家医药研发外包企业的研发创新体系^[17]。强大的研发基础、丰富的中高端研发人才和完善便捷的研发平台为生物医药产业发展提供了强大的创新动力源。

4.2 张江生物医药创新网络演化的驱动机制

4.2.1 合作创新机制

一方面,张江生物医药产业由本地化合作转向区域化合作阶段,推动网络演化发展。2010 年张江主要研究机构在国内期刊上发表论文共 327 篇,其中 5 篇是张江内部合作,160 篇是张江企业或研究机构与上海市进行的合作,162 篇是张江与外地研究机构进行合作。同时跨国制药公司在张江设立研发分中心,和张江制药企业、研究机构建立国际化合作关系。

另一方面,合作类型随时间变化,在不同阶段发挥不同效应,推动网络演化发展。合作初期,主要是以药品生产和营销方面的商业合作关系为主,随着时间发展,商业合作效应逐渐弱化,被研发合作、金融合作关系所取代。随着张江新药研发能力不断增强,风险资本开始主动进驻张江,并逐渐发挥对生物技术公司的扶持和促进作用,同时药物许可关系开始崭露头角并产生经济效益。

4.2.2 集体学习机制

张江生物医药在空间上集聚分布,劳动力在网络内自由流动以及面对面交流均有利于网络成员进行知识交流和互动学习。高校和科研院所作为网络的知识库和创新源,通过联合研究或共同承担研究项目,为企业提供实验室设备、技术培训和咨询服务。科研院所培养了大量的科学家、工程师和技术人员,为企业提供具备高素质和高技能的劳动力资源。

在信息技术快速发展背景下,张江生物医药逐渐形成全球化学习路径。第一,海外留学人员回国创业,和海外制药公司及研究机构建立合作关系。第二,生物医药研发外包业务快速发展,尤其是离岸外包发展迅速,促使张江融入全球化研发分包网络,获得世界范围内行业领先者的技术许可,通过利用网络中的技术、资金等各种资源,不断学习跨国公司先进的技术经验、管理技术,推动产业创新能力的提升。

4.3 张江生物医药创新网络的发展与演化

张江生物医药产业经历了起步、成长到相对成熟的发展阶段,推动本地化创新网络向全球化创新网络持续演变,提高了张江在全球生物医药领域中的影响力和知名度。

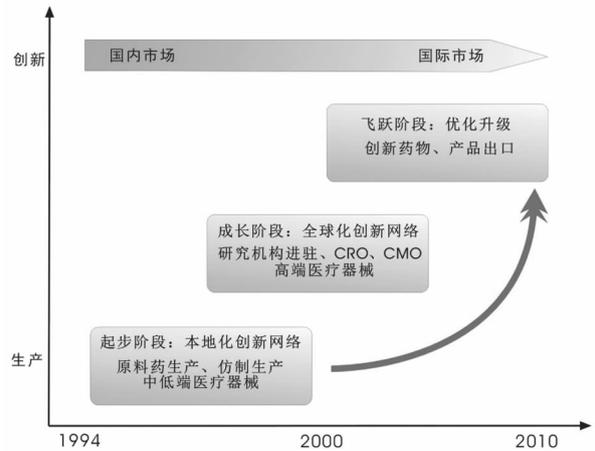


图 4 张江生物医药创新网络发展阶段划分

Figure 4 Development stage of biopharmaceutical innovation network in Zhangjiang

4.3.1 以生产功能为主的本地化创新网络

该阶段(1994 - 2000 年),张江主要以生产型制药企业为主,科研机构和中介机构较少,药物研发知识和技术主要来自跨国公司的母公司或是生物技术公司的内部学习过程。跨国制药公司在张江几乎没有任何研发活动,也不需要创新合作伙伴,与本地生物医药企业缺乏联系和互动。园区内本土制药企业以模仿创新为主,很多企业都面临着资金短缺的问题。受制药企业的生产性质影响,药谷内大部分企业之间缺乏必要的、有效的沟通,一定程度上阻碍了网络链式效应和集群效应的辐射带动作用。然而张江园区密集分布的生物医药空间布局却促进了研发机构之间、研发机构与制药企业等不同行为主体之间进行正式或非正式交流和学习(见图 5)。这一阶段,高校、科研院所与制药企业的垂直研发合作,为企业的应用研究提供了基础,推动了张江本地化创新网络的升级演化。

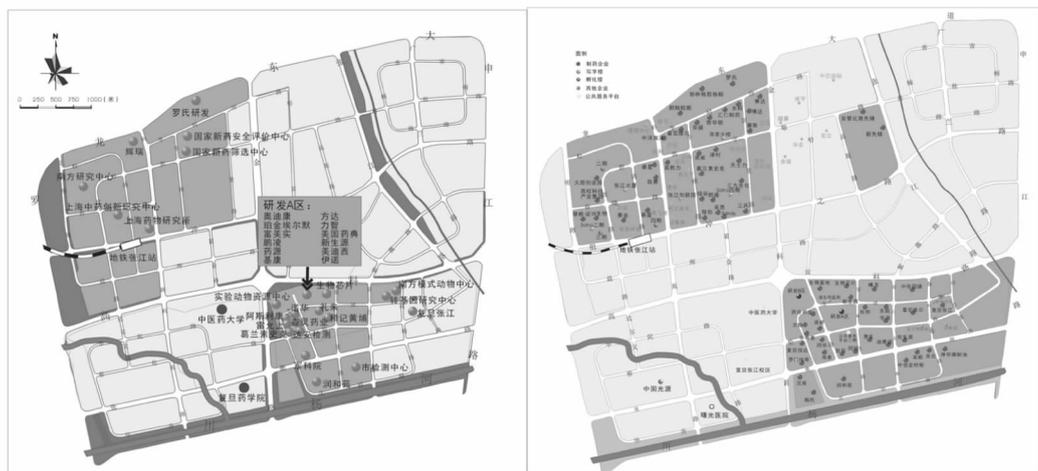


图5 张江研究机构和制药业空间分布图

Figure 5 Spatial distribution of research institute and pharmaceutical industry in Zhangjiang

4.3.2 注重研发功能的全球化创新网络

2000年以后,越来越多的高校和科研机构进驻张江。2004年起,以罗氏研发中心的成立标志着进入一个新的合作阶段。随之,诺华、辉瑞、阿斯利康等世界制药巨头在张江设立研发中心,开始和国内医药企业、研究机构开展合作,比如诺华、辉瑞、葛兰素史克、礼来等均和上海药物研究所等国内研发机构进行合作。在生物医药全球服务外包快速发展的形势下,张江成为国外制药公司研发外包的合作对象,CRO业务得到快速发展。

该阶段(2001-2009年),张江生物医药全球化创新网络开始结网并进入快速发展阶段,表现为以下几个特征:第一,网络成员迅速增多,集聚了药物创新不同环节的企业和研究机构,推动了合作关系的建立和发展;第二,网络内不同成员之间合作频繁,形成了浓厚的集体学习氛围,合作类型和层次多元化,既有国内产学研合作关系,也有国际研究机构和国内高校、研究机构的合作,并出现了药物许可关系。第三,网络密度增大,随着企业退出机制的运行,网络结构不断优化,网络创新能力不断提高。

4.3.3 全球化创新网络的优化升级

在国家“重大新药创制”重大专项、863项目、973项目等国家创新政策和措施的激励以及地方政府的大力支持下,2010年张江生物医药进入新的发展阶段——飞跃阶段,以微创科技在香港联合交易所挂牌交易和尚华医药研发集团成功登陆美国纽约证券交易所为标志,预示着张江生物医

药开始主动嵌入国际化创新网络,在全球范围内寻找合作伙伴、整合创新资源。

该阶段,网络在市场机制运作下控制成员的进入与退出,进一步优化网络结构。在产学研合作关系充分发育的基础上,进一步开拓制药业与生物技术企业之间的水平合作关系,促使网络形成垂直合作关系和水平合作关系交叉发展的形态,实现从研究机构到下游企业的知识流动与扩散,营造更积极的集体学习氛围,提高网络创新能力,开发国际级新药。

5 结论

本文以上海张江为例,从合作创新和集体学习视角对生物医药产业创新网络的演化机制和演化路径进行了研究。研究表明,合作创新和集体学习是生物医药产业创新网络形成和演变的核心动力,合作和学习的动机与模式各异导致网络发展阶段和特征各不相同。生物技术革命和生物技术企业的快速发展促使制药业从独立创新转向合作创新模式。制药公司、生物技术企业、高校、科研院所、金融机构以及其他中介机构之间存在商业合作关系、研发合作关系、金融合作关系和药物许可关系等多元化合作关系,在不同的发展阶段发挥相应作用。依托地理临近优势的本地化学学习促进了地方生物医药产业网络内知识和信息的交流,而依托离岸服务外包业务和生物医药海归人才的回国创业等通道加强了全球

与地方的知识交流与互动,本地化学习与全球化学习相结合的集体学习模式加速了创新网络结构的演化和拓展。随着地理空间开放度和合作扁平度的变动,生物医药创新网络经历了独立创新、本地化创新和全球化创新等发展阶段。张江生物医药产业发展符合生物医药创新网络的基本规律,成立之初构建本地化创新网络,到目前已完成向全球化创新网络的飞跃发展。

参考文献:

- [1] Feldman, Maryann P. Francis, Johanna L. Fortune Favours the Prepared Region: The Case of Entrepreneurship and the Capitol Region Biotechnology Cluster[J]. *European Planning Studies*, 2003, 11(7):765-788.
- [2] Jason Owen-Smith, Walter W. Powell. Knowledge Networks as Channels and Conduits: The Effects of Spillovers in the Boston Biotechnology Community[J]. *Organization Science*, 2004, 15(1):5-21.
- [3] 肖勤. 上海浦东生物医药产业集群研究[D]. 华东师范高校 2006 年硕士学位论文.
- [4] Cooke, Philip. Biotechnology Clusters in the U. K.: Lessons from Localisation in the Commercialisation of Science[J]. *Small Business Economics*, 2001, 17:43-59.
- [5] Vittorio Chiesa, Davide Chiaroni, Industrial Cluster in Biotechnology - Driving Forces, Development Processes and Management Practices[M]. London:Imperial College Press, 2005.
- [6] Casper, Steven, Karamanos, Anastasios. Commercializing Science in Europe: The Cambridge Biotechnology Cluster[J]. *European Planning Studies*, 2003, 11(7):805-822.
- [7] Robert W. Rycroft. Does cooperation absorb complexity? Innovation networks and the speed and spread of complex technological innovation[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2007(74):565-578.
- [8] Rothwell R. Successful Industrial Innovation: Critical Factors for the 1990s[J]. *R&D Management*, 1992, 22(3):221-239.
- [9] Kean Birch. Alliance - Driven Governance: Applying a Global Commodity Chains Approach to the U. K. Biotechnology Industry[J]. *economic geography*, 2008, 84(1):83-103.
- [10] Teece. David. Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration Collaboration Licensing and Public Policy[J]. *Research Policy*, 1986, 15(6):185-219.
- [11] Chandler. Alfred D. Jr. Scale and Scope: the Dynamics of Industry Capitalism [M]. Cambridge, Mass. Belknap Press, 1990.
- [12] Hagedoorn J, Duysters G. Learning in dynamic inter-firm networks, the efficacy of quasi-redundant contacts[J]. *Organization Studies*, 2002, 23(4):525-548.
- [13] Steinle. C and Schiel. H. When do industries clusters? A proposal on how to assess an industry's propensity to concentration at a single region or nation[J]. *Research policy*, 2002(31):849-858.
- [14] 蔡宁 吴结兵. 产业集群的网络式创新能力及其集体学习机制[J]. *科研管理*, 2003(4):22-28.
- [15] 赵林捷. 企业创新网络中组织学习研究[D]. 中国科学技术高校 2007 届博士学位论文.
- [16] Gary P. Pisano and Roberto Verganti. Which Kind of Collaboration Is Right for You? *Harvard Business Review*, 2008.
- [17] 张江高科技园区. 2010 年度张江高科技园区产业发展报告[R]. 2011 年 10 月.

The evolution of biopharmaceutical innovation network

—A case study on Zhangjiang

Wang Fei

(Institute of Economic Development, Nanjing Academy of Social Sciences, Nanjing 210018, China)

Abstract: With the increasingly enhancing the fluidity of resources and knowledge, a staged breakthrough from inside enterprises independent R&D to cooperative innovation is stridden over in the global biopharmaceutical industry, and innovative network becomes the main organization form in R&D for the new medicine. However, the generation and evolution law of biopharmaceutical innovative network still need to the further researched. By taking Zhangjiang in Shanghai as an example, the evolution law of biopharmaceutical innovative network has been analyzed from two dimensions of cooperative innovation and collaborative learning. The result shows that cooperative innovation is the inner drive for the development of biopharmaceutical innovative network; collaborative learning accelerates the structural expansion of innovative network. With the change in geographical spatial openness and cooperative flatness, biopharmaceutical innovation network goes through the evolution of inner-enterprise innovation network, local innovation network, and global innovation networks.

Key words: biopharmaceutical innovation network; evolution law; Zhangjiang