

高校协同创新网络构建与耦合机制研究

——结构洞与网络结构视角

沈江^{1,2}, 柳洲³

(1. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072; 2. 天津职业大学, 天津 300410;
3. 天津大学 科技与社会研究中心, 天津 300072)

摘要:高校协同创新是一种制度安排,其目的是从系统层面提高创新效能。根据网络分析结构洞理论,协同创新是一个发现并填补创新结构洞的活动过程。协同创新表现为创新网络结构的变迁调整,从社会—认知视角看,其实质是异质性知识、资源和文化相互耦合的过程。基于复杂网络非线性耦合思想,重点分析了协同创新知识耦合与协同机制,并从知识、资源和文化整合等角度,提出了我国高校协同创新存在的问题及若干改进建议。

关键词:协同创新;结构洞;非线性耦合机制

DOI: 10.6049/kjbydc.2016020172

中图分类号: G644

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2016)19-0132-07

"Knowledge-Resource-Culture" Network Coupling Mechanism of University's Collaboration Innovation

Shen Jiang^{1,2}, Liu Zhou³

(1. Department of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Tianjin Vocational University, Tianjin 300410, China; 3. Research Center of Sci-Tech and society, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: University's Collaboration innovation is an institutional arrangement, which aims to improve the innovation efficacy at the system level. According to the theory of Structural Holes, collaboration innovation is an active process to identify and fill innovation structure holes. Collaboration innovation performs a function to change and adjust structure of innovation network. From the social-cognitive perspective, the essence of collaboration innovation is a coupling process of heterogeneous knowledge, resources and culture. Based on complex networks nonlinear coupling, this article focuses on the collaboration innovation in knowledge coupling mechanism. From the perspective of knowledge, interest & resource and culture integration, some recommendations are made for solving problems of university's collaboration innovation in China.

Key Words: Collaboration Innovation; Structural Holes; Nonlinear Coupling Mechanism

1 问题的提出

随着经济全球化、科技与经济一体化程度的不断加深,人们已经深刻认识到创新的开放性和复杂性^[1-2],跨组织合作创新已成为提升组织创新能力和竞争力的重要战略手段^[3]。20世纪80年代以来,美国、英国、日本等发达国家设立专门计划和项目,建立促进产学研结合的服务机构和研究机构,鼓励产学研之间开展多种形式的合作,从制度层面提高创新主体协同创新能力。产学研合作政策是我国科学技术政策的重要组成部分。经初步统计,中央政府自1990年以来出台政策达

169项,为协同创新提供了坚实的制度保证,使我国产学研合作呈现出内容不断丰富、组织形式不断创新、结合层次不断提高等一系列新特点^[4]。特别是“十一五”以来,在政府系列政策的引导和激励下,全国范围内开展了促进产学研深度融合新机制、新模式的诸多探索,为协同创新制度设计进一步积累了经验。科技部、财政部、教育部等六部门在2006年开始酝酿一种新型产业技术创新合作组织和制度安排——产学研战略联盟(也称为产业技术创新战略联盟)。2008年12月,六部门联合发布了《关于推动产业技术创新战略联盟构建的指导意见》。2009年12月,科技部印发了《关于推动

收稿日期:2016-04-15

基金项目:教育部人文社会科学研究项目(13YJAZH058);天津市教委社会科学重大项目(2012JWZD7)

作者简介:沈江(1965—),女,天津人,天津大学管理与经济学部博士研究生,天津职业大学副教授,研究方向为管理科学与工程;柳洲(1971—),男,安徽明光人,博士,天津大学科技与社会研究中心副教授,研究方向为创新政策与管理。

湖北省科学技术协会 协办

产业技术创新战略联盟构建与发展的实施办法(试行)》。2010年2月,科技部又颁布了《关于选择一批产业技术创新战略联盟开展试点工作的通知》,36家联盟成为首批试点联盟。

作为一种新型制度性安排,产学研战略联盟更强调产学研合作的长期性、深入性和稳定性,强调合作的战略愿景和长远目标,强调长期的契约安排和股权安排,强调通过体制机制创新,防范有限理性、抑制机会主义行为,降低不确定性和交易成本,确保利益共享与风险共担,拓展合作创新深度和广度,实现创新要素的合理流动与组合。然而,产学研联盟在建设过程中依然存在诸多问题,集中体现在“政府主导作用不够突出,部分联盟合作形式大于内容,合作研究层次较低,合作主体多样性不高”等方面。产学研联盟工作反映了我国政府在制度层面更加重视产学研合作过程中的协同性。为了提高产学研合作协同度,优化我国创新体系,2012年我国实施了2011计划,从政策层面正式拉开了协同创新的“大幕”,为“学科交叉融合、创新要素有机整合、政产学研用紧密结合”开启了一扇新的“机会窗口”。

作为一种新型制度安排,协同创新产生于中国特殊语境之中,其目的在于鼓励知识创新主体和技术创新主体构建合作共赢的新型战略联盟,通过组织间的非线性耦合效应降低创新成本,实现“跨组织合作创新”系统最优^[5-6]。协同创新实质上是外部资源内部化的开放式创新,其核心任务在于构建有利于外部资源内部化的新型跨组织合作新模式。通过组织间合作模式创新,一方面将部分交易成本内部化,规避市场低效或失效问题;另一方面,充分发挥科技中介、金融机构(或政府)等组织的作用,促使协同创新各参与方(产、学、研、用)与外界环境建立起更加灵活、密切和有效的信息与资源流动网络,并通过缩短信息和资源流动“距离”,降低信息、资源流动和交易成本,为参与协同创新各合作方创造更大的发展空间。

关于跨组织合作创新的研究主要集中在战略联盟和产学研合作领域。在海量战略联盟和产学研合作研究文献中,大多聚焦于利益分配、互动渠道、权力、组织结构、知识特性、组织学习、信任、制度和文化、地理空间等角度,主要用于分析如何提高战略联盟与产学研合作能效等问题。近年来,我国协同创新研究也基本上延续了上述研究视角和框架,多数研究成果重点关注如何提高企业或高校竞争优势^[7],而忽视了协同创新的政策目标是提高跨组织创新系统整体运行效率。本文认为,协同创新研究视角不应局限于参与协同创新的某一方,而应站在跨组织层面,分析如何降低整个合作创新系统的交易成本和创新成本,以提高创新效能。

随着学术界关于“中间组织”研究的不断深入,创新网络自20世纪后半叶,特别是20世纪90年代以来,受到越来越多学者的广泛关注。许多学者开始使用网络方法分析跨组织合作网络特征、模式以及知识流动与创新等问题^[8-11]。Martin Kilduff^[12]指出,对组织采取网络方法进行研究,其潜在应用价值巨大,从研究层次来说,可从微观层面延伸到宏观层面,从论题来说,可覆盖诸如组织认知、组织行为、组织战略惯例领域探讨的各种问题。借助网络方法,可对许多不同层次上的关系过程和结构进行考察。

网络方法关注的是关系和结构,而非属性和孤立的个体^[13]。当前,网络结构如何影响创新绩效是学者们研究的重点议题^[14]。例如,Gautam Ahuja^[15]从微观层面分析了网络结构对企业创新绩效的影响;JianCheng Guan和Qingjun Zhao^[16]从中观层面分析了网络结构对产学研合作网络创新的影响;JianCheng Guan等^[17]以及KaiRui Zuo等^[18]从宏观层面分析了网络结构对国家创新系统创新绩效的影响。上述研究虽然层次不同,但都十分关注结构洞对创新的影响。不同于集聚程度、度中心性、接近中心性、中介中心性/中间中心性等研究,作为网络分析学派的一个分支,结构洞理论提供了一个分析网络结构的新视角。虽然结构洞分析本身并不直接研究成本效益问题,但伯特^[19]于1992年提出的结构洞理论始终关注结构洞对市场价格—成本边际的影响,并指出这种影响是非线性的。在创新网络中,结构洞的发现和填补(占据)会增加网络整体连通性,提高整个网络协同性,并通过对网络结构的优化来增强创新资源耦合效应,进而降低整个网络创新成本。在填补(占据)结构洞过程中,不仅整个网络获取更多收益,占据结构洞的组织也因降低创新活动交易成本而获取更多收益。

协同创新政策有效实施过程可看作是对原有创新网络(创新系统)结构的优化过程,其是一个通过结构优化降低宏观和微观两个层面创新成本的过程。在这一过程中,结构洞凸显了单个节点在网络结构优化和促进创新资源低成本耦合过程中的重要性。虽然交易成本理论是构建和评价产学研协同创新网络的重要理论基础,但本文主要从抽象的网络拓扑结构入手,应用复杂网络思想和结构洞理论,基于“认知—社会”视角,分析高校跨组织协同创新网络构建与耦合机制。

2 结构洞与高校协同创新网络构建机制

在知识产业化、创新开放化、科技全球化背景下,全球高校之间的新一轮竞争更趋激烈。无论是新兴的斯坦福大学,还是老牌的牛津大学,世界一流研究型大学大多通过“学术资本”化从社会汲取亟需的发展资

源。知识生产的应用情境更加明显,迈克尔·吉本斯等人将应用情境中的知识生产模式称为模式 2。该模式强调跨学科、跨组织间的合作与交流,强调科技与经济社会协同发展。顺应知识生产模式的新变化,协同创新即是通过调整原有社会系统的结构特征、关系网络和规范体系,促进具有不同社会功能的组织和资源的有效整合过程。与产学研合作创新不同,协同创新进一步强调不同学科、不同组织在合作中的整体协同性,强调科技、经济和社会互动中的整体协同性,强调高校在科技创新活动中的引领和支撑作用。

创新网络是以大学、企业、研究机构为核心,以政府、金融机构、科技中介组织和用户等为支撑的多元主体协同互动网络。创新网络构建和优化过程即为罗纳德·伯特(Ronald Burt)所说的结构洞的发现和填补过程。伯特认为,“社会网络中某个或某些个体与有些个体发生直接联系,但与有些个体不发生直接联系或关系间断,从网络整体看好像网络结构中出现了洞穴”的现象称之为结构洞。这就需要引入与“结构洞”两端都有联系的第三方将两者联接起来,即所谓“搭桥”,从而跨越“结构洞”,使两侧信息资源得以交流互动。他认为,结构洞占有者可以获得累积且非重复的信息利益和控制利益,在竞争环境下,结构洞信息和资源控制优势尤其明显^[19]。因此,组织及其个人均要争取占据结构洞中的第三者位置。根据结构洞理论,协同创新构建过程首先是一个发现、填补原创新网络中结构洞的过程,其次才是实现创新网络优化的过程。通过上述两个过程,才能达到创新行动在效率和利益调整上的“帕累托改进”^[20]。

在一个国家、区域或部门,创新网络中大量结构洞的存在是高校开展协同创新的前提条件。在协同创新网络知识和创新资源配置过程中,相当大比例的知识和创新资源需要流经结构洞,才能保证整个网络中知识和创新资源在各创新主体之间流动总路径最短;也即,结构洞是实现创新网络资源流动路径最短的关键节点。在创新网络中,如果存在过多的结构“空洞”,就会导致知识和资源难以合理流动与整合。反过来看,这也意味着需要协同创新机会和价值,暗示着协同创新目标——填补结构洞(实现资源的合理流动和最优配置)。不同协同创新组织所填补的结构洞具有显著差异,这种差异反映了该组织的性质特点。

构建和优化高校协同创新网络的核心工作是发现和填补结构洞。其中,发现结构洞的实质是一个最短路径的信息搜索过程,即搜索某一高校(科研院所、企业或用户)所对应的创新网络节点 V_i 和另一高校(科研院所、企业或用户)所对应的创新网络节点 V_j 之间是否存在最短路径(见图 1)。填补结构洞的实质则是使原来创新网络中节点 V_i 与 V_j 间的距离最小化。就发

现和填补结构洞而言,发现结构洞更为关键,只有发现结构洞才能了解协同创新网络构建目标和方法。

对于一个已经建成的协同创新网络而言,其结构洞一般可采用有效规模、效率、限制度、等级度 4 种方式,以测量网络中哪些创新主体占据结构洞。在某一协同创新网络中,若与网络中某节点 V_h (创新主体)直接联系的其它节点 V_j (其它创新主体)越多,且这些节点之间的联系越少,那么该节点 V_h 所占据结构洞的有效规模 ES_h 就越大^[21],相关管理部门对该节点对应的高校、企业、用户或科技中介机构也应给予越多关注和支持。见式(1)。

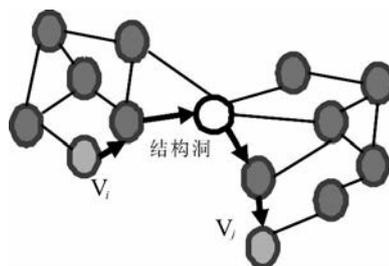


图 1 通过结构洞的最短路径

$$ES_h = \sum_j (1 - \sum_q P_{hq} M_{hq}), q \neq h, j \quad (1)$$

改革开放以来,随着我国科技政策的不断调整,高校科技体制改革正在不断深化,高校科研组织形式也随之不断变化。特别是随着经济和社会发展对创新需求的不断扩大,以及国家科研投入的不断提高,我国高校组建了一批跨学科、跨组织、跨部门研究中心和研究院。但是,长期以来,我国高校科研组织学科交叉程度不高,甚至流于表面形式,跨学科创新平台战略执行能力较弱,科技创新平台资源整合度不高。为此,构建我国高校协同创新网络一方面需借助一些高校已经建立的创新网络,对其进行优化;另一方面也要对一些流于形式、缺乏实质合作的创新网络进行重组。

为此,需要使用新方法发现“潜在”协同创新网络中的结构洞,从而构建一个有效的协同创新网络。为了描述结构洞的发现过程,本文假定存在两个关联不大的创新网络,以这两个网络为基础,创建一个协同创新网络。如果在网络 1 和网络 2 之间存在结构洞,那么网络 1 中任意一个节点 V_i 与网络 2 中任意一个节点 V_j 之间的距离要想最短,就必须经过结构洞,见图 1。也即,在给定的复杂网络中存在结构洞,那么节点 V_i 与 V_j 存在经过结构洞的最短路径 $W(i \rightarrow j)$,如何发现结构洞的问题由此可以转化为发现最短路径问题。相应地,发现该路径的概率为 $P_{W(i \rightarrow j)}$,其是从 V_i 出发搜寻和发现该潜在协同创新网络结构洞的概率。根据 Kim Sneppen, Ala Trusina 和 Martin Rosvall 等人关于复杂网络信息搜索的研究^[22], $P_{W(i \rightarrow j)}$ 可表示为:

$$P_{w(i \rightarrow j)} = \frac{1}{k_i} \prod_{\substack{v_m \in w(i \rightarrow j) \\ m \neq i, m \neq j}} \frac{1}{k_m - 1} \quad (2)$$

其中, V_m 表示从节点 V_i 到节点 V_j 路径上除最后一个节点外的任意一个节点, k 表示一个节点拥有边的数量。从节点 V_i 到节点 V_j 的“搜索信息”为 $S_{W(i \rightarrow j)}$, 其可表示为:

$$S_{w(i \rightarrow j)} = -\log_2 \left[\sum_{w(i \rightarrow j)} P_{w(i \rightarrow j)} \right] \quad (3)$$

其中, 求和是针对存在多条退化的最短路径的情况。实际上, $S_{W(i \rightarrow j)}$ 表明定位节点 V_j 所需要的 Yes/No 问题的个数。

如果在节点 V_i 与 V_j 之间只存在一条最短路径, 那么发现该路径(进而发现结构洞)的信息总量为:

$$S_{W(i \rightarrow j)}^u = \log_2 k_i + \sum_{\substack{v_m \in w(i \rightarrow j) \\ m \neq i, m \neq j}} \log_2 (k_m - 1) \quad (4)$$

在创建协同创新网络过程中, 节点之间的最短路径常常受到外部政策环境和社会文化环境的双重影响, 并在环境变迁中发生变动, 由此呈现出最短路径的多样性和动态变化性特征。如果在节点 V_i 和 V_j 之间只存在多条最短路径, 就需要考虑由退化路径导致的概率问题。如果节点 V_m 有 K_m 条边, 其中有 η_m 条边通往目标节点 t , 则在节点 V_m 处定位出正确路径需询问由 $\log_2 (k_m - 1)$ 减少为 $\log_2 (k_m - 1) / \eta_m$; 对于节点 $s = v_i$ 而言, 由 $\log_2 k_i$ 减少为 $\log_2 (k_i / \eta_m)$ 。实际上, 假定在所有最短路径中作出选择的概率均等, 由此可得在退化路径集 $\{W(i \rightarrow j)\}$ 中选出每一条路径的概率为:

$$P_{w(i \rightarrow j)} = \frac{1}{\eta_i} \prod_{\substack{v_m \in w(i \rightarrow j) \\ m \neq i, m \neq j}} \frac{1}{\eta_m} \quad (5)$$

此时, 搜索信息可定义为^[23]:

$$S_{w(i \rightarrow j)}^u = \sum_{w(i \rightarrow j)} P_{w(i \rightarrow j)} \log_2 \left[\frac{k_i}{\eta_i} \prod_{\substack{v_m \in w(i \rightarrow j) \\ m \neq i, m \neq j}} \frac{k_m - 1}{\eta_m} \right] \quad (6)$$

3 高校协同创新网络耦合机制

每个创新活动主体都掌握着特定的知识(包括信息), 并拥有一定的资金和仪器设备等资源(本文创新资源不包括知识), 且受到特定组织文化的影响。因此, 每一个创新活动主体都可以界定为特定知识、资源和文化的耦合体。相应地, 由“资源—知识—文化”耦合的创新主体组合成特定的创新网络, 也可以看作是一个“资源—知识—文化”耦合而成的多层复杂创新网络(见图 2)。在多元主体协同互动中, 围绕创新网络结构洞的填补需要, 异质性知识和资源被重组, 不同文化相互交流、碰撞和整合, 创新网络由此被解构、重构和优化。

在上述分析过程中, 创新主体被界定为“资源—知识—文化”耦合体, 因此, 创新活动主体不再是黑箱。由于在协同创新网络构建过程中, 结构洞被特定创新

活动主体所占据, 因此其是一个“资源—知识—文化”耦合体, 而不再是一个无内部结构的黑箱。这就意味着结构洞之间存在差异。实际上, 由于占据结构洞的组织或个体因自身拥有资源及其建立结构洞意愿(目的)的差异性, 其所占据的结构洞也表现出不同特征。这种差异性和特点在一定程度上反映了其它节点与自身的连接关系, 以及这种关系所蕴涵的信息、资源流动情况。根据占据结构洞目的不同, 可将其分为自益性结构洞和共益性结构洞两种; 根据结构洞承载主要功能不同, 可将其分为知识结构洞(知识流动路径最短)、资源结构洞(资源流动路径最短)、文化结构洞(文化交流与融合障碍最小)以及综合性结构洞 4 类。

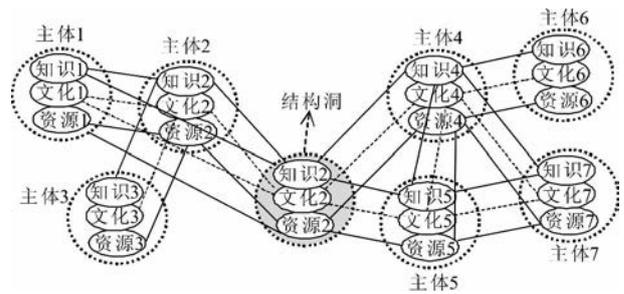


图 2 “资源—知识—文化”耦合多层复杂创新网络

结构洞分类有助于对“资源—知识—文化”耦合而成的多层复杂创新网络进行更加深入和细化的分析。当然, 在细化的基础上, 还需注意不同结构洞之间的相互关系。在协同创新网络构建过程中, 协同创新网络的核心功能是知识创新。因此, 首先需关注知识结构洞。其次, 应面向知识网络和知识结构洞, 关注资源结构洞。这是因为, 没有一定额度经费和必要仪器设备的支持, 知识创新活动则无法有效开展。是否有利于知识创新和科技成果转化, 是资源是否得到合理配置的评价标准。最后, 应面向知识网络和资源网络, 重点关注文化结构洞。这是因为, 协同创新的最终目的是要将科技成果转化为社会价值和商业价值的具体产品或服务, 因此需要在整个创新链不同环节营造与之相匹配的文化氛围。“官、产、学、研、用”等协同创新参与者应能够包容他人携带的文化, 并营造能够弥漫整个协同创新网络的新型文化氛围。

在结构洞填补过程中, 由于知识分散在具有不同利益诉求、不同组织性质、甚至不同文化背景的创新主体中, 要想使分散、异质性的知识整合在一起, 并生产出新知识, 物质和精神方面的激励措施必不可少。物质激励涉及到资源重新配置, 精神激励涉及到组织文化建设。由于不同学科、组织存在文化差异, 组织文化建设常面临不同学科和组织文化冲突、沟通与整合问题。为此, 在结构洞填补过程中, 存在以知识耦合机制为核心, 以利益与资源配置机制和文化整合机制为支撑, 以网络结构变迁机制为表象的四方协同创新网络

构建与耦合机制(见图3)。

协同创新网络构建的关键是如何建立有效的知识耦合机制。知识耦合机制包括不同学科的知识耦合(跨学科知识耦合)、科技知识与行业经验知识耦合(跨部门知识耦合)等。无论是跨学科知识耦合还是跨部门知识耦合,都经历了知识在合作伙伴间的扩散、吸收、消化、共享、整合、利用和再创新等过程,同时也经历了野中郁次郎(Ikujiro Nonaka)提出的显性知识和隐性知识相互转换的SECI过程。在知识耦合过程中,不同创新活动主体镶嵌在不同知识网络(如科研人员常隶属于不同学科、研究机构和企事业单位)之中,这就涉及协同创新网络中至少两个以上知识子网络的协同问题。本文假设协同创新网络是一个包含N个节点的非线性耦合动力学网络,该网络中每个节点均可用一个n阶微分方程描述:

$$\dot{x}_i = f(x_i) + \sigma \sum_{j=1}^n g_{ij} h(x_j), x_i \in R^n, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

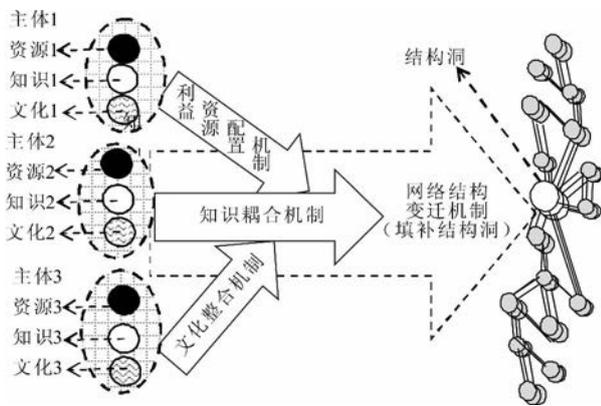


图3 协同创新网络耦合机制与结构洞填补

由于在知识传播、交流与共享过程中,不同节点之间存在时滞,根据卞秋香和姚洪兴^[24]关于非线性耦合多重边赋权复杂网络同步的研究,式(7)可进一步表示为:

$$\dot{x}_i = F(x_i(t), x_i(t-\tau)) + \sum_{l=0}^{m-1} \sigma_l \sum_{j=1}^n g(l)_{ij} H_l(x_j(t-\tau_l)) \quad (8)$$

其中, x_i 为节点 i 的状态变量, $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in})$, $T \in R^n, i = 1, 2, 3, \dots, n; F: R^n \times R^n \rightarrow R^n$ 是连续可微函数;常数 $\tau > 0$ 是时滞时间, $\tau_l > 0 (l = 1, 2, 3, \dots, m-1)$ 是第 l 个子网络相对于不存在时滞的零子网络的时滞时间;常数 $\sigma_l > 0 (l = 1, 2, 3, \dots, m-1)$ 为第 l 个子网络的耦合强度; H_l 代表连续可微函数,为各节点状态变量之间的内部耦合函数;耦合矩阵 $G_{(l)} = (g(l)_{ij})_{N \times N}, (l = 1, 2, 3, \dots, m-1)$ 表示第 l 个子网络的拓扑结构; $g(l)_{ij}$ 的定义如下:原网络中每条边定义一个称为权重的常数, $g(l)_{ij} = g(l)_{ji}$ 为第 l 个子网络中的节点

i 和节点 j 之间连接边的权重之和,若两节点之间无连接,则 $g(l)_{ij} = g(l)_{ji} = 0 (i \neq j)$,矩阵的对角元定义为:

$$g(l)_{ij} = - \sum_{j=1, j \neq i}^N g(l)_{ij} \quad (9)$$

即满足耗散耦合条件:

$$\sum_{j=1}^N g(l)_{ij} = 0 \quad (10)$$

协同创新网络知识协同问题实质上是知识共享和创新过程中如何消除理解上的偏差问题,即使偏差 $e_i(t)$ 趋向于0。一般可令 $e_i(t) = x_i(t) - s(t)$,如果存在时滞 τ_l ,则 $e_i(t-\tau_l) = x_i(t-\tau_l) - s(t-\tau_l)$,其中 $s(t)$ 可作为协同创新网络实现协同的一个平衡点, $1 \leq i \leq N, 1 \leq l \leq m-1 (m$ 表示协同创新网络包含的子网络)。当 t 趋向于 ∞ 时,应有 $e_i(t) = 0, 1 \leq i \leq N$ 。

在知识协同过程中,跨学科、跨部门知识耦合常面临不同学科和不同单位文化的差异,这种差异将导致创新活动主体彼此间难以有效沟通,并引发难以逾越的合作障碍,并且这种障碍是物质和精神激励难以有效消除的,需在认知习惯和思维模式等层面进行沟通交流并相互理解、相互尊重、相互包容。跨部门知识耦合常面临组织战略愿景与制度规范、个体行为习惯和价值观念等差异,这种差异在一定程度上可通过物质和精神激励加以弱化,但在短期内难以有效消除价值观念方面的差异。上述学科范式和价值观念等差异的实质是文化差异,需通过文化整合来弱化和消除。

提高协同创新网络协同度,关键在于加强制度文化建设。制度文化相当于协同创新网络中的一个控制器(U),如果制度文化对各节点 i 实施控制的控制变量为 u_i ,文化网络 U 则可表示为 $U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_i, \dots, u_n), 1 \leq i \leq N$ 。增加控制变量 u_i ,式(8)可进一步改写为:

$$\dot{x}_i = F(x_i(t), x_i(t-\tau)) + \sum_{l=0}^{m-1} \sigma_l \sum_{j=1}^n g(l)_{ij} H_l(x_j(t-\tau_l)) + u_i \quad (11)$$

对于式(11)而言,要保证协同创新网络具有较高的协同度,需考虑如何设计控制器 U (即文化),使:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \| e_i(t) \| = 0, 1 \leq i \leq N \quad (12)$$

创新网络协同是一个动态过程,在环境影响下将会不断发生变化,为此 $e_i(t)$ 只是趋向于0,不可能是0。文献[16]给出了特定条件下 u_i 与 $e_i(t)$ 之间的关系,见式(13)。其中, d 为正常数, α 和 β_l 为非负常数。该式表明,追求何种程度的创新网络协同度,就应当建设什么样的文化网络。

$$u_i = \left[-d - 2\alpha + \sum_{l=0}^{m-1} \sigma_l (\beta_l^2 + l) g(l)_{ii} \right] e_i(t) \quad (13)$$

在协同创新网络构建和优化过程中,文化网络建

设是一个动态文化整合过程。这一过程是由来自不同文化环境的创新个体(或群体)在长期合作过程中,通过对合作各方的文化进行比较、选择、体验,进而实现文化吸收、融化、调和、融合与创新的过程。文化整合有助于提高协同创新组织凝聚力、减弱利益分配和资源配置冲突、提高创新效能,其是协同创新最深层次的协同机制。不同组织之间存在一定程度的文化差异,能否实现来自不同组织和学科的文化整合,既受战略意图、组织能力匹配等的影响,也受合作心理预期、信任和角色定位、合作伙伴性格特征等方面的影响。实际上,文化差异和文化冲突并不可怕,关键是合作伙伴间应具有相当程度的认同和包容能力。Geisler^[25]认为,产学研合作双方在价值观和文化方面的认同感越强,就越容易形成互赢的心理预期,合作关系也越持久。

4 启示与建议

我国“2011 计划”的一个重要目标就是突破制约高等学校创新能力提升的内部机制障碍,打破高等学校与其它创新主体间的体制壁垒,通过系统改革,充分释放人才、资本、信息、技术等活力,营造有利于协同创新的环境氛围。教育部于 2013 年公布了首批 14 家协同创新中心。这些协同创新中心均成立了由多方参与的管理机构,力图构建有效的组织管理体系,积极探索促进协同创新的人事管理制度、以创新质量和贡献为导向的评价激励机制、以学科交叉融合为导向的资源配置方式,大力健全“寓教于研”的拔尖创新人才培养模式。然而,从创新网络构建与优化角度看,协同创新中心建设在以下几个方面仍有改进空间。

首先,需找准构建协同创新网络的知识结构洞来构建协同化的知识网络。协同创新网络的核心目标是构建有利于知识耦合的知识网络,关键是发现知识网络中的知识结构洞。从知识网络结构洞层面看,各高校在构建协同创新中心时应站在全球高度分析科技创新活动知识网络结构特征,了解学术前沿问题涉及到的跨学科知识和相关学术群体以及带头人,厘清不同学科之间的相互关系,通过靠近和占据知识网络结构洞来促进学科交叉。为此,高校跨学科协同创新不仅需要实现校内不同院系间的合作,还要实现校际合作,更要积极吸引国际创新力量,集聚世界一流专家学者参与协同创新。

其次,应从知识网络、资源网络协同高度,主动构建协同化资源网络。虽然协同创新网络构建的核心是建立协同化的知识网络,但知识创新不同环节需要不同数额资金和仪器设备的支撑。为此,需面向知识创新链,从构建协同化知识网络需求入手,分析资源网络

构建问题,以填补资源结构洞。上述关于资源网络和结构洞的理论分析,实质上就是各类创新资源配置和资金缺口问题。特别是在科技成果产业化过程中,资金缺口常会导致高校知识链和产业价值链无法整合,并最终导致创新失败。目前,我国个别高校如天津大学等已经意识到资源网络的重要性,并从科技金融入手发现和填补资源洞。一方面,其以滨海工业研究院为依托,加强和风险投资机构的合作;另一方面,加强与政府部门的合作,设立专项基金。总体来看,各高校在协同创新活动中科技金融意识不高,没有切实加强知识创新链、科技金融链和产业价值链协同与耦合。今后,高校在开展协同创新活动中,亟需综合利用政府资助、科技贷款、资本市场、创业风险投资、科技债券等融资方式,充分发挥各类金融资本在科技成果转化和产业化过程中对市场催化和其它创新资源的配置作用。

最后,应从知识网络、资源网络和文化网络协同高度,营造有利于多元文化相互包容、相互融合的协同创新文化氛围。文化对生存于其中的活动主体发挥着潜移默化的影响作用。在协同创新过程中,合作各方的知识耦合活动(特别是企业与高校的异质性知识耦合)不仅是知识创新活动、知识价值增值活动,更是不同学科、不同组织文化碰撞、文化耦合与文化创新活动。文化碰撞、耦合与创新发生在以特定文化为背景的人的大脑之中,通过碰撞、耦合和创新,不断影响人们的价值观、塑造特定的心智模式,并深刻影响知识耦合方式和程度。虽然价值和利益追求是推动协同创新的主要动力,但更需要发现和填补文化洞,营造一个相互包容与耦合的文化环境氛围。其关键在于,强化合作各方推动科技进步的责任感、促进社会经济发展的使命感以及实现自身社会价值的事业感。有了责任感、使命感和事业感,就会弱化利益分配和资源配置冲突,使合作各方以高度热忱,努力克服一切困难,积极调动一切可动用的资源,将合作推向更高阶段和更高层次^[26]。各高校在协同创新中心构建过程中过多强调利益分配与资源配置问题,常常忽视文化的差异性,且文化整合和文化创新意识不高。因此,亟需进一步提高文化建设意识,加强文化整合工作,营造一个真正自由开放、鼓励创新、宽容失败的学术氛围,培育拼搏进取、敬业奉献、求真务实、团结合作的精神风尚。

参考文献:

- [1] CHESBROUGH H, VANHAVERBEKE W, WEST J. Open innovation: researching a new paradigm[M]. Oxford: Oxford

- University Press, 2006.
- [2] KLINE S, ROSENBERG N. "An overview of innovation", in r. landon and n. rosenberg: the positive sum strategy[M]. National Academy Press, 1986.
- [3] REBECCA H WOODLAND, MICHAEL S HUTTON. Evaluating organizational collaborations: suggested entry points and strategies[J]. American Journal of Evaluation, 2012, 33(3): 366-383.
- [4] 李世超, 蔺楠. 我国产学研合作政策的变迁分析与思考[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(11): 21-26.
- [5] MILES R E, MILES G, SNOW C C. Collaborative entrepreneurship: how communities of networked firms use continuous innovation to create economic wealth[M]. Stanford C A; Stanford University Press, 2005.
- [6] 陈劲. 协同创新与国家科研能力建设[J]. 科学学研究, 2011, 29(12): 1762-1763.
- [7] 辛冲, 冯英俊. 企业组织与技术的协同创新研究[J]. 研究与发展管理, 2011, 23(1): 37-43.
- [8] GULATI R. Alliances and networks[J]. Strategic Management Journal, 1998(19): 293-317.
- [9] ANTONIO CAPALDO. Network structure and innovation: the leveraging of a dual network as a distinctive relational[J]. Strategic Management Journal, 2007, 28(6): 585-608.
- [10] RANJAY GULATI, DOVEV LAVIE, RAVINDRANATH (RAVI) MADHAVAN. How do networks matter? the performance effects of interorganizational networks[J]. Research in Organizational Behavior, 2011(31): 207-224.
- [11] ANDREA MORESCALCHI, FABIO PAMMOLLI. The evolution of networks of innovators within and across borders: evidence from patent data[J]. Research Policy, 2015, 44(3): 651-668.
- [12] 马汀·奇达夫. 社会网络与组织[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.
- [13] DANIEL J BRASS, JOSEPH GALASKIEWICZ, et al. Taking stock of networks and organizations: a multilevel perspective[J]. Academy of Management Journal, 2004, 47(6): 795-817.
- [14] COREY PHELPS. A longitudinal study of the influence of alliance network structure and composition on firm exploratory innovation[J]. The Academy of Management Journal, 2010, 53(4): 890-913.
- [15] GAUTAM AHUJA. Collaboration networks, structural holes, and innovation: a longitudinal study[J]. Administrative Science Quarterly, 2000, 45(3): 425-455.
- [16] JIANCHENG GUAN, QINGJUN ZHAO. The impact of university-industry collaboration networks on innovation in nanobiopharmaceuticals[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2013(80): 1271-1286.
- [17] JIANCHENG GUAN, JINGJINGZHANG, YANYAN. The impact of multilevel networks on innovation[J]. Research Policy, 2015, 44(3): 545-559.
- [18] JIAN CHENG GUANA, KAIRUI ZUOA, KAIHUA CHENB, RICHARD C M YAMC. Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure[J]. Research Policy, 2016, 45(4): 770-784.
- [19] BURT RONALD. Structure holes: the social structure of competition[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- [20] 盛亚, 范栋梁, 冷国杰. CoPS创新网络的结构洞分析: 杭氧空分设备的创新[J]. 战略管理, 2010, 2(2): 62-68.
- [21] 冯科, 曾德明, 周昕, 万炜. 创新网络结构洞非均衡演进对技术创新的影响[J]. 系统工程, 2014, 32(8): 110-116.
- [22] K SNEPPEN A, TRUSINA M ROSVALL. Hide and seek on complex networks[J]. Euro Physics Letter, 2005, 69(5): 853-859.
- [23] M ROSVALL A, GRÖNLUND P, MINNHAGEN K SNEPPEN. Search ability of networks[J]. Physical Review E, 2005, 72(4): 46-117.
- [24] 卞秋香, 姚洪兴. 非线性耦合多重边赋权复杂网络的同步[J]. 物理学报, 2010, 59(5): 3027-3034.
- [25] GEISLER E. Industry-university technology cooperation: a theory of inter-organizational relationships[J]. Technology Analysis and Strategic Management, 1995, 7(2): 217-229.
- [26] 柳洲, 陈士俊. 产学合作的知识耦合机制[J]. 科学经济社会, 2008, 26(2): 21-25.

(责任编辑:王敬敏)