

基于复合系统协同度模型的京津冀区域产学研协同发展研究

杨 柳, 王元明

(天津商业大学 公共管理学院, 天津 300134)

摘要:协同发展对于京津冀区域创新能力和经济发展具有重要的推动作用。从协同学视角构建跨区域产学研协同创新框架,结合京津冀2002—2016年相关数据,基于复合系统协同度模型,对京津冀产学研创新系统的协同度进行实证分析。结果表明:①北京产学研创新子系统有序化程度最高,内部协同效应最强,其次为天津,河北有序化程度最低。②京津冀各子区域产学研创新复合系统协同度较高均达到良好协同水平。③京津冀各子区域产学研两两子系统协同中科研机构—高校子系统协同合作水平平均高于企业—科研机构和企业—高校,企业与高校和科研机构的协同合作需进一步加强。④京津冀区域整体产学研创新复合系统协同度水平较低且波动较大。最后,依据结论提出促进京津冀区域产学研协同发展的建议,为构建京津冀产学研协同发展新格局提供思路。

关键词:京津冀区域;跨区域创新系统;产学研;协同度模型

中图分类号:F061.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2019)10-0017-09

截止到2018年,京津冀地区有高校262所,占全国10.36%;参与研究开发活动的企业数(仅包括工业企业)京津冀总计达到4799家,2015年京津冀科研机构达到434家。为京津冀产学研协同创新提供一定的基础。但在实践过程中,由于京津冀三地之间受到历史、经济发展水平、行政壁垒以及各地经济利益等因素的影响,各地产学研内部往往呈现“联而不和”、“互而不补”、“各自为政”的状态,产学研之间合作较为“离散”,各类创新资源流动性较差,利用效率低下,除此之外,由于北京与天津、河北的知识能力相差悬殊,呈梯度下降态势,理论上是有利于知识扩散和溢出,但由于缺乏较为完善的政府顶层设计以及中介机构发展受限,使得其跨区域产学研协同创新水平较低。数据显示,2015年,北京技术合同共计72272项,成交额达到3452.6亿元,但是仅有3%的技术成果流向京津两地,多数科技成果流向珠三角和长三角地区。如何较为直观反映京津冀各自内部产学研协同创新以及京津冀跨区域产学研协同创新的程度,如何破解跨区域产学研协同创新的困境,以求产生更大的协同效应和整体效益是目前研究的重点和难点。

因此,本文基于前人研究成果,通过构建区域产学研协同创新体系,利用复合系统协同度模型对京津冀各自产学研协同度以及跨区域整体产学研协同度进行测算与评价,并且基于评价结果,从增强北京产学研辐射带动作用,加强单一区域内部产学研协同以及充分发挥政府和中介机构的作用三个方面提出相关建议,对激活京津冀区域产学研各类创新要素,不断完善区域创新体系,提高京津冀跨区域产学研创新力与核心竞争力具有重要意义。

1 文献综述

Loet Leydesdorff^[1]提出的三重螺旋系统构成了产学研协同创新的理论基础,该理论在强调知识是经济增长的重要要素的同时注重大学、产业和政府三个创新的主体,认为三个主体之间形成相互作用的动态三螺旋,促进区域经济增长。此后,国外学者对产学研合作创新开始深入研究;Mowery DC、Sampat BN^[2]对产学研的合作渠道进行研究,指出随着产学研合作模式的不断探索与完善,产学研合作渠道逐步拓宽,合作形式越来越多样化;Welsh Rick等^[3]用专利数等指标来衡量企业通过产学研合作所带来的绩

收稿日期:2019-05-24

基金项目:天津市科技计划项目(17ZLZXZF00130)。

作者简介:杨柳(1995—),男,安徽淮南人,天津商业大学公共管理学院,硕士研究生,研究方向:城市建设发展与土地资源管理;通讯作者:王元明(1980—),女,山西长治人,天津商业大学公共管理学院,副教授,研究方向:公共项目管理。

效,认为企业通过加强与产学研的合作来弥补自身内部的短板,达到提高企业创新绩效的目的。

基于国外学者的研究成果,国内学者对协同效应、协同度以及产学研协同创新进行深入研究,主要研究包括三个方面:一方面是对相关概念的研究。潘开灵等^[4]学者对协同概念达成共识,认为协同是指系统为实现某一目标,其内多个子系统之间相互合作或同步联合的过程与状态,是系统整体性与相关性的内在表现。王延荣等^[5]认为协同度即系统的协同程度,其能直观反映系统在构成该系统的多个子系统有序度和协调有序的匹配度影响下,自组织演化形成的走向趋势与程度。产学研创新系统的协同度则是反映了系统中企业、高校和科研机构创新主体之间共同协作的广度和深度,并且在一定程度上反映产学研创新系统的效率和水平;另一方面是对产学研协同创新理论框架的构建。何郁冰^[6]基于系统的自组织性以及构成系统各要素的协同性,构建了战略—知识—组织三重互动的产学研协同创新框架,来探究产学研协同创新的内在规律;王进富等^[7]分析前人对产学研协同创新框架的研究成果,认为研究缺乏从整体上去解决产学研协同创新实践过程中动力、知识管理以及合作路径的系统性问题,因此从动力协同、知识管理协同和路径协同三方面构建产学研协同创新理论分析框架,为进一步推进产学研协同创新理论框架研究做出新的探索;蒋伏心等^[8]、刘有金等^[9]基于前人对产学研理论基础的研究之上,对产学研研究产学研合作对区域创新绩效的影响进行定量分析,得出不同区域产学研协同创新对区域创新绩效的影响程度存在差异的结论。

综上所述,伴随着不同区域各创新主体和资源流动的内生性需求以及知识溢出效应使得产学研主体在内部协同创新的基础上进行主体间点对点 and 跨区域协同创新,以求提高创新效率和水平。缺少产学研创新系统协同度定量测度,研究大多集中于单一省市内部产学研协同创新研究,很少涉及到毗邻省市之间跨区域产学研协同创新研究,将不利于整合各类创新资源,不利于打破创新资源和科技成果共享存在的壁垒,严重削弱跨区域间创新合作和联合攻关的能力,造成科技成果重复研究,创新资源浪费,整体创新效率低下。因此,本文基于协同学理论、区域系统理论,首先确定京津冀产学研协同创新的内涵,其次构建区域产学研协同创新系统三种协同模式;最后运用京津冀产学研复合系统协同度模型,结合 2002—2016 年京津冀产学研相关数据对京津冀子区域内部产学研

创新子系统的有序度和协同度以及整个区域产学研复合系统的协同度发展趋势进行分析。

2 跨区域产学研协同创新系统框架

协同论的核心思想就是通过协同运作使系统从无序走向有序,增加系统的价值。自组织原理和协同效应是协同理论中最为重要的两个内容,自组织原理是指系统的运行完全依赖于系统内部各子系统之间相互作用,系统之外的各因素不能进行干预,但可以明确地是自组织并不意味着系统不与外部产生联系^[10];协同效应认为各种系统通过系统内部不同要素的相互作用都会产生系统效应,只要整体系统的功能大于系统中各子系统之和,就可以判定系统存在协同效应^[11]。协同效应会使系统从无序向有序结构转变,如果系统本身是有序的,协同效应就会使系统向更高层次的有序结构发展。

本文基于系统论把产学研协同创新系统视为一个复合系统,由企业、高校和科研机构三个主体各不相同的创新子系统复合而成;同时根据自组织原理,各主体之间以资源的流动作为载体,创新活动参与者通过资源的交互实现内部协同,并且作为开放式系统,政府和中介机构作为推进产学研创新系统产生协同效应的重要外部动力,在内外部合力作用下实现区域内部产学研的协同。随着交通和通讯等基础设施的逐渐完善以及区域间各创新主体对资源存在内生性需求,不同空间邻近区域相互作用使创新资源和要素在区域间溢出和扩散,同时在政府和中介机构充分发挥牵头和纽带作用下形成各创新主体跨区域点对点、面对面式协同合作,实现跨区域创新资源的整合,提高空间邻近区域的整体协同效应。本文基于开放式理论和白俊红等^[12]协同创新与空间关联相结合的思想,构建跨区域产学研系统创新系统框架如图 1 所示。

依据协同理论中自组织原理,在产学研复合系统中,企业作为生产活动的核心场所,对技术、人才和市场有着极大的需求;其次,高校和科研机构作为产学研中新知识和新技术的来源,其需要大量的资金支持,同时也需要将自己的科研成果进行推广并转化为实际的经济效益。因此,为了实现和满足企业、高校和科研机构的各自需求,为了适应当今时代经济发展的需要,三者必须联合起来,企业为高校和科研机构提供资金的支持,而高校和科研机构为企业提供新技术和高质量科技人才,三者协同合作知识共享,形成嵌入式区域内部产学研协同模式,实现“1+1+1>3”的目标,从而提高创新能力和促进经济的发展。协同

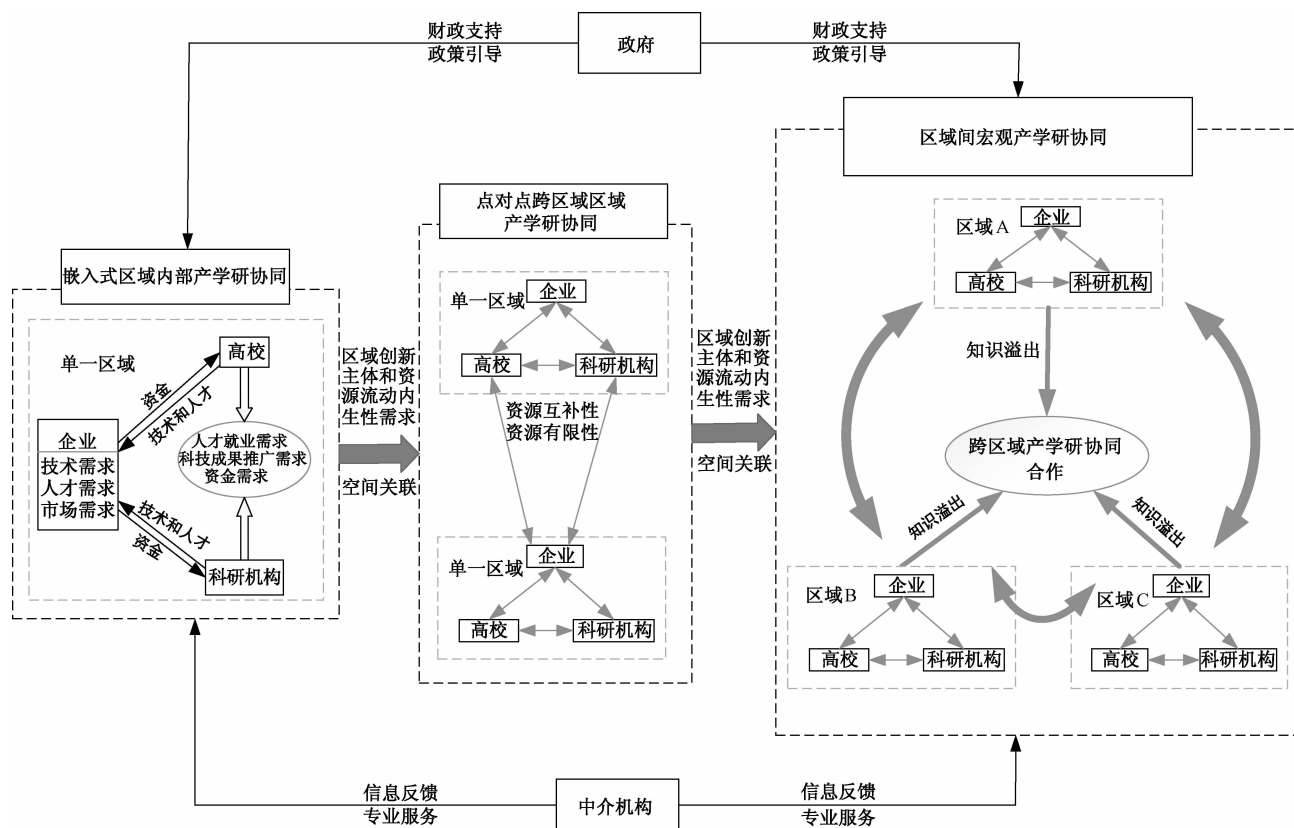


图1 跨区域产学研协同创新系统框架

理论中的协同效应指出当单个区域系统内部呈现有序转态之后,系统就会追求更高层次的协同。陈治国^[13]等学者在关于跨区域协同创新的形成上一致认为是由微观上创新主体的需求,创新要素在区际之间的流动以及宏观上邻近区域发展共同推动形成。基于此,当单个区域产学研系统协同后,就存在向更高层次和更大范围发展的需求,随着通讯和交通等基础设施不断完善,区域资源的有限性和互补性,迫使单一区域的创新主体向区域外部寻求协同合作,从而形成跨区域产学研初始模式即点对点跨区域产学研协同创新;当不同区域内每个行为主体将独特的资源和能力进一步整合协同,创新内生性需求进一步增加,知识共享和创新主体交互的频率加快以及政府和中介机构充分发挥其政策引导、财政支持和信息反馈、提供专业服务作用,最终形成区域间宏观产学研协同模式,使得所有涉及到的创新主体从协同中获得双赢甚至多赢。在三种模式中,由于跨区域点对点产学研协同创新模式作为跨区域协同创新的初始模式,其存在于跨区域产学研协同创新的各个阶段,因此本文拟将跨区域点对点产学研协同创新模式合并于跨区域宏观产学研协同创新模式中,衡量跨区域产学研创新系统协同度。

3 京津冀区域产学研创新系统的构建和指标体系设计

3.1 复合系统协同度模型及其评价标准

3.1.1 产学研创新子系统有序度模型构建

系统往往被认为是由各个子系统构成,各个子系统中又包含各种序参量。哈肯使用序参量的概念来表示系统的有序度,认为序参量的变化能够描述系统内无序和有序的转化,表征和度量子系统的合作程度以及整个系统的运动状态^[14]。目前国内外学者对序参量概念的界定基本一致,认为序参量是系统从无序状态向有序状态转化过程中其支配作用的宏观参量,体现了其所在系统的子系统间非线性协同^[15]。本文把产学研协同创新视作一个系统,该系统由企业、科研机构 and 高校三个子系统构成,通过借鉴和筛选出能够使系统从无序到有序状态转变的序参量。

建立产学研协同创新复合系统 $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3\}$, 在产学研创新复合系统中, Q_1 、 Q_2 、 Q_3 分别代表企业、高校和科研机构三个子系统。设产学研协同创新复合系统中企业、高校和科研机构子系统的序参量为 $e_k = \{e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kb}\}$, $b \geq 1$, $\alpha_{ki} \leq e_{ki} \leq \beta_{ki}$, 其中 $i \in [1, b]$, 其中 α_{ki} 代表 k 子系统中 i 个序参量中指

标的值, β_{ki} 代表 k 子系统中 i 个序参量中指标的最大值, 本文借鉴许强等^[15]取标准化后序参量最大值和最小值的 1.1 倍。序参量分为正向指标和负向指标, 当 $\alpha_{k1}, \alpha_{k2} \cdots \alpha_{kb}$ 为正向指标时, 其值越大则子系统的有序度越高; 当 $\alpha_{k1}, \alpha_{k2} \cdots \alpha_{kb}$ 为负向指标, 其值越小则子系统有序度越高。本文采用孟庆松等^[16]的方法定义了子系统序参量分量的有序度:

$$\mu_k(e_{ki}) = \begin{cases} \frac{e_{ki} - \alpha_{ki}}{\beta_{ki} - \alpha_{ki}} (e_{ki} \text{ 为正向变量}) \\ \frac{\beta_{ki} - e_{ki}}{\beta_{ki} - \alpha_{ki}} (e_{ki} \text{ 为负向变量}) \end{cases} \quad (1)$$

$\mu_k(e_{ki}) \in [0, 1]$, $\mu_k(e_{ki})$ 值越大, 表明 e_{ki} 即序参量对子系统的有序度作用越大; 反之, 则作用越小。

通常子系统的有序度是衡量序参量对子系统有序程度的“总贡献”。实际中, 确定各子系统有序度的方法有两种: 几何平均法和线性加权求和法。考虑到线性加权求和对各序参量有序度进行集成能更准确的反映子系统的有序度, 所以本文采用线性加权求和计算序参量 e_k 对子系统 S_j 的有序度, 公式为:

$$\mu_k(e_k) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu_k(e_{ki}), \lambda_i \geq 0, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2)$$

其中, λ_i 表示序参量分量 e_{ki} 在产学研子系统所占的权重, $\mu_k(e_k)$ 表示子系统的有序度, $\mu_k(e_k) \in [0, 1]$, 系统有序度的数值越接近 1, 说明子系统有序度越高; 反之越低。

3.1.2 复合系统协同度模型构建

1) 京津冀区域产学研复合系统协同度: 假设给定初始时间为 t_0 , 此时复合系统中子系统的有序度为 $\mu_k^0(e_k)$, $k=1, 2, 3, \cdots, n$; 当各子系统之间相互作用使得子系统演变到 t_1 时刻时, 把复合系统中子系统有序度记为 $\mu_k^1(e_k)$, $k=1, 2, 3, \cdots, n$ 。则根据杨珍丽^[17]产学研复合系统内两两子系统间协同度公式:

$$c(Q_g, Q_h) = \frac{1}{e-1} \left[e - \exp \left(1 - \prod_{k=g,h} |\mu_k^1(e_k) - \mu_k^0(e_k)| \right) \right]$$

(3)

其中, $\mu_k^1(e_k) - \mu_k^0(e_k) \neq 0$, $c \in [0, 1]$, Q_g, Q_h 表示产—研、产—学和研—学两两子系统间得合作且 $c(Q_g, Q_h)$ 与整个产学研复合系统成正相关。因此, 产学研复合系统协同度则是各子系统协同度的集成, 公式为:

$$TC(Q) = \sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 c(Q_g, Q_h)} \quad (4)$$

其中, $TC(Q) \in [0, 1]$, TC 数值越接近 1, 表明子区域系统的协同度越高, 反之则越低。此处产学研协同度考察的是在给定基期(2002 年), 京津冀各省产学研子系统以及产学研复合系统的变化趋势。

2) 京津冀区域整体产学研复合系统协同度: 假设有 m 个研究区域, 各子区域子系统在初始时间为 t_0 时, 把有序度记为 $\mu_k^0(e_k)$, $k=1, 2, 3, \cdots, n$; 当演变到 t_1 时刻时, 把子系统有序度记为 $\mu_k^1(e_k)$, $k=1, 2, 3, \cdots, n$, 则 m 个区域产学研复合系统协同度(DWS)模型为:

$$DWS = \theta \sum_{k=1}^m \delta_k [\mu_k^1(e_k) - \mu_k^0(e_k)] \quad (5)$$

式(5)中:

$$\theta = \begin{cases} 1 & \mu_k^1(e_k) - \mu_k^0(e_k) \geq 0 \\ -1 & \mu_k^1(e_k) - \mu_k^0(e_k) \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\delta_k \geq 0, \sum_{k=1}^j \delta_k = 1, 2, 3, \cdots, j, \delta_k = \frac{GDP_k}{\sum_{k=1}^3 GDP_k}$$

其中, δ_k 是 k 地区的权重系数, $k=$ 北京, 天津, 河北, CH 数值越大, 表明区域总体复合系统的协同度越高, 反之, 则越低。

3.1.3 协同度等级评价标准

本文采用国际组织普遍认可的协同度等级划分法^[18], 将协同度等级从失调到优质协同分为 7 个等级, 具体如表 1 所示。

表 1 系统协同等级评价标准

协同度	$0 \leq X < 0.4$	$0.4 \leq X < 0.5$	$0.5 \leq X < 0.6$	$0.6 \leq X < 0.7$	$0.7 \leq X < 0.8$	$0.8 \leq X < 0.9$	$0.9 \leq X < 1$
协同等级	1	2	3	4	5	6	7
协同	失调	调和	勉强	基本	中度	良好	优质
状态			协同	协同	协同	协同	协同

3.2 指标体系的确定

本文通过归纳和总结已有的研究成果, 在遵循建立指标体系要考虑指标数据的可获得性和科学性的前提下, 综合考虑国内学者已经建立的指标体系, 通过整合和筛选, 基于创新投入和创新产出两个视角,

从企业创新子系统中选取 12 个序参量, 从科研机构创新子系统中选取 8 个序参量, 从高校创新子系统中选取 6 个序参量, 以此建立产学研协同创新复合系统指标体系(如表 2 所示)。

表 2 产学研协同创新复合系统指标体系

复合系统	子系统	序参量分量	单位
产学研协同创新复合系统(Q)	企业创新子系统(Q ₁)	有研发机构企业数(e ₁₁)	个
		有 R&D 活动企业数(e ₁₂)	个
		主营业务收入(e ₁₃)	万元
		新产品收入(e ₁₄)	万元
		规模以上工业企业 R&D 人员(e ₁₅)	人
		R&D 人员折合全时当量(e ₁₆)	年
		R&D 经费内部支出(e ₁₇)	万元
		规模以上企业 R&D 项目数(e ₁₈)	个
		购买国内技术经费支出(e ₁₉)	万元
		新产品产值(e ₁₁₀)	万元
		技术合同成交额(e ₁₁₁)	亿元
		有效发明专利数(e ₁₁₂)	个
	科研机构创新子系统(Q ₂)	研究与开发机构数(e ₂₁)	个
		R&D 人员全时当量(e ₂₂)	人年
		R&D 经费内部支出(e ₂₃)	万元
		R&D 经费内部支出中政府资金(e ₂₄)	万元
		R&D 课题项数(e ₂₅)	项
		发表科技论文数(e ₂₆)	篇
		出版科技著作数(e ₂₇)	本
		有效发明专利数(e ₂₈)	个
	高校创新子系统(Q ₃)	R&D 人员数(e ₃₁)	个
		R&D 人员全时当量(e ₃₂)	人年
		高等学校 R&D 经费内部支出(e ₃₃)	万元
		R&D 课题数(e ₃₄)	项
		发表科技论文数(e ₃₅)	篇
		有效发明专利数(e ₃₆)	个

3.3 数据来源与处理

3.3.1 产学研创新子系统有序度测算

本文相关数据来源于《北京统计年鉴》、《天津统计年鉴》、《天津年鉴》、《天津科技统计年鉴》、《河北科技年鉴》和《中国科技年鉴》，通过整理得到指标所涉及到的 2002—2016 年京津冀三区的原始数据，并利用 SPSS20 对原始指标数据进行标准化处理，为了提高属性权重的客观性，本文运用熵值法^[19]确定指标权重，得出京津冀三省产学研各子系统序参量的权重，把无量纲化数据带入公式(1)，得出各序参量分量的有序度，因数据量较大且篇幅有限，在此将不予以呈现。将以求出的各序参量分量的有序度带入公式(2)，得出京津冀各子区域企业、高校和科研机构创新子系统的有序度，结果见表 3。

3.3.2 京津冀区域产学研创新复合系统协同度测算

将表 3 中京津冀各省企业、科研机构 and 高校子系统有序度带入公式(3)得到京津冀各省企业、科研机构和高校两两子系统之间 2003—2016 年的协同度 $C_m(Q_1, Q_2)$ 、 $C_m(Q_1, Q_3)$ 、 $C_m(Q_2, Q_3)$ (表 4)，将计算

结果带入公式(4)得到京津冀各自产学研创新复合系统两两协同度(表 5)，利用京津冀各省企业、科研机构 and 高校子系统有序度和公式(5)，计算出京津冀区域产学研创新复合系统协同度(表 5)。

3.4 结果分析

3.4.1 产学研协同创新复合系统

1)企业创新子系统。2002—2016 年北京企业创新子系统有序度最高，其次为天津，河北最低。2002—2006 年北京、天津和河北企业创新子系统有序度增长缓慢，原因在于企业创新子系统所选取的 12 个序参量有序度较低且差距较小，说明各序参量对企业创新子系统的贡献度均不高；2006 年之后，三地区企业创新子系统有序度大幅度增长，主要原因在于 2006 年国家颁布《国家中长期科学与技术发展规划纲要》，首次确立了企业技术创新的主体地位，企业得以快速发展，从原始数据中也可以看出以企业 R&D 经费支出为代表的投入量和以主营业务收入为代表的产出量都大幅度增长，但由于北京在资金、人才和地理位置等方面具有绝对优势，所以北京企业

创新子系统的有序度增长幅度要明显大于天津和河北两地;2008—2010年,由于经融危机造成大量企业倒闭和破产,企业的投入和产出受到较大冲击,使得企业创新子系统有序度增长幅度迅速回落;2010年以后,京津冀三地企业创新子系统有序度均呈现上升态势,且天津和河北增长幅度较大,京津冀三个子区

域企业创新子系统有序度差距逐渐变小,说明天津和河北两地在京津冀协同发展过程中作用越来越大,主要原因在于2010年后天津进行滨海新区的开发和建设以及河北与京、浙、鲁、湘共建产学研联动机制,签署了自然科学基金事业发展战略合作框架协议,加快了北京向津冀两地产业转移的速度。

表 3 京津冀各子区域产学研创新子系统有序度

年份 (地区)	企业创新子系统			高校创新子系统			科研机构创新子系统		
	北京	天津	河北	北京	天津	河北	北京	天津	河北
2002	0.062 0	0.071 2	0.045 4	0.040 5	0.038 4	0.037 7	0.033 4	0.032 8	0.046 3
2003	0.048 0	0.058 8	0.052 6	0.080 8	0.065 5	0.077 3	0.069 4	0.088 2	0.055 8
2004	0.097 9	0.089 0	0.073 2	0.126 5	0.103 4	0.098 2	0.098 7	0.103 0	0.074 8
2005	0.119 6	0.121 8	0.072 5	0.182 9	0.171 9	0.118 3	0.127 0	0.108 3	0.127 9
2006	0.140 0	0.106 3	0.091 2	0.238 8	0.223 9	0.211 3	0.145 9	0.120 9	0.183 9
2007	0.211 7	0.203 9	0.147 7	0.275 7	0.268 9	0.267 1	0.201 0	0.182 6	0.215 3
2008	0.464 1	0.284 1	0.222 1	0.283 6	0.320 9	0.299 3	0.251 4	0.200 3	0.239 5
2009	0.433 3	0.295 1	0.255 5	0.351 8	0.346 6	0.328 3	0.260 2	0.282 1	0.276 1
2010	0.494 8	0.364 4	0.264 1	0.495 9	0.415 6	0.464 2	0.331 3	0.315 8	0.261 0
2011	0.573 5	0.515 9	0.413 2	0.603 9	0.514 6	0.601 9	0.387 9	0.379 0	0.322 4
2012	0.658 8	0.628 3	0.504 1	0.638 8	0.555 0	0.439 9	0.506 1	0.444 8	0.417 9
2013	0.695 4	0.696 1	0.539 7	0.708 5	0.703 6	0.418 1	0.636 2	0.530 1	0.426 6
2014	0.764 1	0.778 9	0.654 3	0.784 4	0.791 8	0.461 0	0.690 8	0.638 0	0.581 6
2015	0.801 8	0.830 1	0.731 3	0.938 3	0.896 7	0.652 5	0.832 2	0.751 4	0.793 7
2016	0.880 5	0.836 4	0.834 5	0.935 6	0.924 7	0.941 9	0.942 3	0.907 4	0.889 2
平均值	0.429 7	0.392 0	0.326 8	0.367 6	0.339 0	0.327 4	0.445 7	0.422 8	0.361 1

表 4 京津冀子区域产—学—研创新复合系统两两协同度

年份 (地区)	北京产(Q_1)—学(Q_2)—研(Q_3)协同度			天津产(Q_1)—学(Q_2)—研(Q_3)协同度			河北产(Q_1)—学(Q_2)—研(Q_3)协同度		
	$C(Q_1, Q_2)$	$C(Q_1, Q_3)$	$C(Q_2, Q_3)$	$C(Q_1, Q_2)$	$C(Q_1, Q_3)$	$C(Q_2, Q_3)$	$C(Q_1, Q_2)$	$C(Q_1, Q_3)$	$C(Q_2, Q_3)$
2003	0.000 8	0.000 9	0.002 4	0.001 2	0.000 5	0.002 4	0.000 1	0.000 5	0.000 6
2004	0.003 6	0.004 9	0.008 8	0.001 9	0.001 9	0.007 3	0.001 3	0.002 7	0.002 7
2005	0.008 5	0.012 9	0.020 9	0.006 0	0.010 7	0.015 9	0.003 5	0.003 5	0.010 4
2006	0.013 9	0.024 3	0.034 9	0.004 9	0.010 2	0.025 5	0.010 0	0.012 6	0.037 4
2007	0.039 2	0.054 7	0.061 1	0.031 2	0.047 7	0.053 7	0.027 1	0.036 7	0.060 2
2008	0.132 7	0.147 2	0.081 7	0.055 5	0.092 2	0.073 1	0.053 0	0.071 4	0.077 9
2009	0.127 7	0.172 7	0.107 8	0.085 8	0.105 5	0.116 9	0.074 6	0.093 6	0.102 2
2010	0.191 3	0.283 0	0.200 6	0.126 0	0.165 6	0.160 1	0.072 6	0.140 9	0.138 5
2011	0.262 3	0.396 1	0.286 4	0.225 8	0.301 9	0.240 4	0.152 7	0.120 8	0.228 3
2012	0.388 8	0.475 1	0.389 6	0.324 4	0.395 6	0.303 2	0.248 0	0.266 6	0.219 7
2013	0.502 0	0.545 9	0.524 3	0.422 5	0.538 1	0.445 6	0.271 2	0.271 3	0.213 1
2014	0.584 9	0.643 6	0.611 9	0.551 2	0.653 8	0.579 2	0.440 0	0.359 5	0.320 8
2015	0.706 0	0.767 8	0.809 7	0.665 1	0.757 3	0.728 3	0.634 6	0.544 3	0.582 9
2016	0.830 2	0.821 7	0.880 8	0.771 8	0.779 1	0.853 3	0.768 5	0.807 1	0.843 8

表 5 京津冀各子区域产学研创新复合系统协同度和区域整体产学研创新协同度

年份	北京	天津	河北	京津冀区域
2003	0.001 2	0.001 1	0.000 3	0.060 8
2004	0.005 4	0.003 0	0.002 1	0.086 5
2005	0.013 2	0.010 1	0.005 0	0.090 2
2006	0.022 7	0.010 9	0.016 7	0.121 2
2007	0.050 8	0.043 1	0.039 1	0.161 7
2008	0.116 8	0.072 0	0.066 6	0.193 6
2009	0.133 5	0.101 9	0.089 4	0.085 6
2010	0.221 5	0.149 5	0.112 3	0.185 9
2011	0.309 9	0.254 0	0.161 4	0.308 0
2012	0.416 0	0.338 9	0.244 0	0.134 9
2013	0.523 8	0.466 2	0.250 3	0.154 3
2014	0.613 0	0.593 2	0.370 2	0.268 2
2015	0.760 0	0.715 8	0.586 1	0.381 3
2016	0.843 8	0.800 6	0.805 9	0.315 1

2) 高校创新子系统。北京高校创新子系统有序度略高于天津、河北, 均值分别为 0.367、0.339、0.327。具体来说, 2002—2009 年, 北京、天津和河北高校创新子系统有序度均缓慢上升且差距较小, 说明三地高校创新子系统各序参量对子系统的“贡献”均比较低。2009—2016 年, 北京和天津高校创新子系统有序度呈大幅度增长态势且差距逐年缩小, 说明北京和天津高校创新子系统序参量有序度较高且接近, 主要原因是天津科技未来城规模迅速扩大, 为加强高校和企业的联系, 天津政府打造校企联盟聚集区, 加大对高校科技创新的投入, 使天津高校科技论文、课题数等科技产出增加, 使天津高校创新子系统有序化进程持续加快, 从而逐渐缩小与北京的差距。河北 2009—2014 年高校创新子系统有序度波动较大且与京津两地差距越来越大, 主要原因在于河北高校创新子系统序参量中 R&D 经费高校内部支出、科技论文发表数和有效发明专利数的有序度低于京津两地, 从原始数据可以看出, 2009—2014 年期间北京高校 R&D 资金投入和科技成果产出是天津与河北的 5 倍之多, 更甚在于, 河北在此期间科技成果产出呈现下降态势, 造成三地在高校科技创新上存在明显的梯度。但 2014 年后, 河北高校创新子系统有序度涨幅较大, 涨幅约为 0.5, 主要原因在于河北省部分企业、高等院校、科研院所共同组建“河北省产学研合作促进会”。该协会积极整合区域科技资源, 促进高校创新链与产业链有效衔接, 努力与京津两地高校共享资源, 搭建知识共享平台, 促进高校科研成果及时转化。

3) 科研机构子系统。2002—2016 年京津冀三地

科研机构创新子系统有序度呈现波动上升态势, 均值依次为 0.445 7、0.422 8、0.361 1。具体来说, 2002—2009 年, 京津冀三地科研机构创新子系统都呈现缓慢上升态势, 说明京津冀三地科研机构子系统中各序参量有序度都较低, 三地科研机构创新系统有序化进程中遇到阻碍, 但 2004 年河北科研机构创新子系统有序度呈现快速增长态势且逐渐超过京津两地, 主要原因在于河北省积极找寻提高科研机构创新有序化发展的路径, 如 2006 年河北省颁布《河北省科学和技术发展“十三五”规划及 2020 年远景目标》, 明确指出要增加科研机构 R&D 研究经费的投入。从原始数据也能看出, 2006 年科研经费的投入以及政府资金投入是 2004 年的 2 倍; 2007 年河北省产学研合作进展如火如荼, 成立了十几个产业技术创新战略联盟, 大量承接国内多个领域的优势产业、科研机构, 科研机构创新成果产出大大增加, 使整个科研机构创新子系统中各序参量贡献度较大, 这均是河北科研机构子系统有序度得以快速增加且涨幅较大的原因; 2010—2016 年, 京津冀三地积极找寻促进科研机构创新子系统有序化良性发展的突破口, 北京颁布《中关村国家自主创新示范区条例》, 提出旨在把北京建设为我国创新发展的核心、天津滨海新区的建设发展以及河北石家庄高新技术区的建立, 均为科研机构的发展提供了空间基础和营造了良好的环境氛围, 使得京津冀三地科研机构创新子系统有序度呈现大幅度增长态势, 但由于北京科研机构数是津冀的 5 倍左右, 人才、资金和政策方面也具有绝对优势, 同时北京与津冀两地科研机构之间存在要素对接不畅、市场壁垒等问题, 导致北京科研机构子系统与天津、河北两地有序度存在较大差距。

3.4.2 产学研协同创新复合系统

1) 京津冀子区域产学研两两子系统之间协同水平稳固提升。根据表 4 计算结果, 可以看出京津冀各自产学研两两子系统之间协同水平均从初期的失调向协同水平转变, 其中北京企业—高校、企业—科研机构和高校—科研机构子系统协同水平在 2016 年均达到良好协同水平, 天津和河北两地企业、科研机构和高校子系统两两之间协同水平也基本达到中度协同水平; 京津冀三地科研机构—高校子系统间协同水平高于企业—科研机构和企业—高校子系统, 说明京津冀三地均存在企业与高校和科研机构协同合作程度较低的现象。

2) 京津冀子区域产学研创新复合系统协同度均从失调向良好协同状态转变。从整体上来看, 京津冀三地各产学研复合系统协同度水平稳固提升, 到

2016 年为止,均处于良好协同水平,说明京津冀三地内部产学研协同合作力度逐年增强,取得显著成效,但京津冀三地产学研内部协同度差距较大,北京产学研协同水平最高,天津次之,最后为河北。说明天津和河北两地产学研创新子系统一个或几个序参量存在短板,主要表现在北京拥有丰富的创新资源,科技成果转化能力强于津冀两地且对津冀两地辐射较小,造成天津和河北产学研投入和产出水平较低,从而导致京津冀三地内部产学研协同水平存在差距。

3)京津冀区域产学研创新复合系统协同度整体呈现波动上升态势。自 2003 年以来,对照协同等级表可知京津冀区域产学研创新系统协同度整体处于失调状态,均值不到 0.2,而且京津冀区域产学研协同状态较为波动。主要原因在于京津冀三地之间较为离散,呈现联而不和、各自为政的状态;三省政府政策引导和财政支持不到位,造成技术转移以及知识溢出困难;中介机构规模较小,功能单一,未能形成相应的服务链条等。

4 促进京津冀产学研科技创新协同发展的建议

4.1 加强北京与津冀两地产学研合作创新联动力,充分发挥北京产学研创新的辐射作用

首先,要充分发挥北京产学研创新的中心地位,充分利用其各种创新资源的巨大优势,推动北京产学研合作中的科技成果、技术市场交易以及信息咨询与津冀两地的共享和对接。其次,建立产学研合作研发中心、科技成果转化基地,大力推广首都产学研合作平台与技术交易市场联合的一站一台模式,加大北京科技创新向津冀两地外溢,以及对津冀两地产业结构的优化升级起到支撑和示范作用。最后,北京要加快创新演变步伐,努力实现从创新城市向创新城市群的转变,增强自身产学研合作创新的辐射范围,与此同时津冀两地也要进一步完善创新主体的建设,促进创新资源的优化和整合,以最好的状态更多的融入北京城市群建设中,实现京津冀产学研创新的协同发展。

4.2 努力实现京津冀三地产学研内部的协同与稳定

4.2.1 建立企业为主体,市场为导向,科研机构 and 高校为科研主力军的科技创新体系

就目前来看,三地都存在科研机构和高校的科技成果与企业需求不匹配的问题,很多科研机构和高校创新研究只注重科研项目的等级、发表论文的级别,往往忽视了科研成果是否满足企业的需求,科技成果转化率低。正是这种定位和利益诉求不一致,造成产学研协同创新受到阻碍。因此,京津冀三地内部产

学研合作过程中,科研机构和高校要做科技推广的主力军,了解企业的需求,着重研究经济市场和企业需要的技术,科研机构和高校可以定期输送科技人才到企业进行实习了解企业的市场需求,及时做好反馈工作,科研机构和高校可以提供企业研究人员兼职岗位,加强产学研之间的交流,除此之外,企业要明确自身在产学研协同中的主体地位,主动与科研机构和高校合作,寻求技术支持,促进企业产业结构的优化升级,提高企业的创新能力。

4.2.2 营造产学研协同创新良好环境

京津冀三地要充分意识到营造良好产学研协同创新氛围的重要性,通过举办座谈会、联谊会等活动,培育内部产学研组织创新文化,提高产学研专业人员的接触频率,营造产学研合作的良好氛围,从而增强京津冀三地内部企业、科研机构和高校的合作意识和彼此之间的信任度,降低产学研合作过程中的沟通成本,提高产学研合作创新效率;三地政府也应该从自身产学研合作创新实际情况出发,制定一系列促进产学研协同创新的优惠政策、奖惩制度、组织管理意见,大力组织建设相应配套设施,为产学研协同创新提供良好的发展环境。

4.2.3 努力建设产学研合作平台

信息不对称是京津冀三地各自产学研协同水平较低的共同原因之一。正是由于信息不对称,使有意向合作的企业对高校和科研机构的实际研究水平不了解,往往会错过与合适的高校和科研机构合作的机会。所以要建立产学研信息合作平台,通过平台实现企业、科研机构和高校信息资源的共享,让企业能够精准找到与之所需要的高校和科研机构,减少因信息不对称所带来的巨大合作成本,缩短科研机构和高校与企业之间的供需距离,提高产学研协同创新的效率。

4.3 充分发挥政府和中介机构的作用,促进京津冀区域整体产学研协同创新

从政府角度出发,首先,京津冀三地政府要携手打造跨区域产学研合作平台,共同改善产学研合作的基础设施,完善相关政策法规,为京津冀跨区域产学研合作提供坚实的技术支撑和良好的政策环境;其次,京津冀三地政府要充分利用网络媒体,对京津冀三地跨区域产学研合作进行宣传,提高三地企业、高校和科研机构对区域间协同创新的认可度和信任度,从而有效推动京津冀跨区域产学研协同创新的顺利进行;最后,三地政府要注重产学研合作风险共担机制和利益分配机制的完善,合理利益分配是京津冀产学研能够协同发展的关键,建立合理的利益协同共享机制,创新成果价

值分开计算机制,同时也要建立一套科学合理的创新科技成果价值评估体系,努力做到公平公正。

功能齐全和服务到位的中介机构,对于实现跨区域产学研协同创新起到重要作用。因此,首先,要加强京津冀区域中介机构的建设,利用现代信息技术构建京津冀区域中介机构网络信息平台,便于三地中介机构之间能够有效及时互动,减少中介机构沟通成本;其次,中介机构要定期开展调研,有计划有组织的开展调研分享会,及时共享各地产学研合作情况,积极开展科技报告、人才互荐等活动,从而培养京津冀企业联合创新意识,增强京津冀高校和科研机构联合服务意识,进而提高京津冀区域产学研协同创新能力和水平;最后,京津冀要注重多元化中介机构建设,增强中介机构的市场活力。

参考文献

- [1] LOET LEYDESDORFF. The mutual information of university industry government relations: an indicator of the triple helix dynamics[J]. *Scientometrics*, 2003, 58(2): 445—467.
- [2] MOWERY DC, SAMPAT BN. The bayh—dole act of 1980 and university — industry technology transfer: a model for other OECD governments? [C]//Essays in Honor of Edwin Mansfield. Springer US, 2005: 233—245.
- [3] WELSH R, GLENN L, LACY W, et al. Close enough but not too far: assessing the effects of university— industry research relation— ships and the rise of academic capitalism[J]. *Research Policy*, 2008, 37(10): 1854—1864.
- [4] 潘开灵, 白列湖. 管理协同机制研究[J]. *系统科学学报*, 2006(1): 45—48.
- [5] 王延荣, 赵文龙. 基于系统动力学的产学研协同创新机制研究[J]. *华北水利水电学院学报: 社会科学版*, 2013, 29(5): 63—68.
- [6] 何郁冰. 产学研协同创新的理论模式[J]. *科学学研究*, 2012, 30(2): 165—174.
- [7] 王进富, 张颖颖, 苏世彬, 等. 产学研协同创新机制研究——一个理论分析框架[J]. *科技进步与对策* 2013, 30(16): 1—6.
- [8] 蒋伏心, 华冬芳, 胡潇. 产学研协同创新对区域创新绩效影响研究[J]. *江苏社会科学*, 2015(5): 64—72.
- [9] 刘友金, 易秋平, 贺灵. 产学研协同创新对地区创新绩效的影响——以长江经济带 11 省市为例[J]. *经济地理*, 2017, 37(9): 1—10.
- [10] 彭有福. 区域科技协同研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2004.
- [11] 陈晨. 基于协同理论的企业技术创新主体研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [12] 白俊红, 蒋伏心. 协同创新、空间关联与区域创新绩效[J]. *经济研究*, 2015, 50(7): 174—187.
- [13] 陈智国. 新理念新思路推动跨区域协同创新[J]. *中国国情国力*, 2018(5): 20—23.
- [14] 哈肯. 协同学引论—物理学、化学和生物学中的非平衡相变和自组织[M]. 徐锡申, 陈式刚, 译. 北京: 原子能出版社, 1984: 287—288.
- [15] 许红丹. 基于序参量的区域创新系统协同度测量模型研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2018.
- [16] 许强, 丁帅, 安景文. 北京市科技创新系统演化协同度研究——基于复合系统协同度模型[J]. *企业经济*, 2017, 36(10): 134—140.
- [17] 孟庆松, 韩文秀. 复合系统协调度模型研究[J]. *天津大学学报*, 2000(4): 444—446.
- [17] 杨珍丽, 唐承丽, 周国华, 等. 城市群—开发区—产业集群协同发展研究——以长株潭城市群为例[J]. *经济地理*, 2018, 38(1): 78—84.
- [19] 许涤龙, 钟雄, 李正辉. 两型社会建设中经济与环境的协调度评价[J]. *统计与决策*, 2010(18): 39—40.

Research on the Collaborative Development of Industry, University and Research Institute in Beijing, Tianjin and Hebei Based on Composite System Synergy Model

YANG Liu, WANG Yuan-ming

(School of Public Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: Synergistic development plays an important role in promoting the regional innovation capability and economic development of Beijing-Tianjin-Hebei region. This paper constructs a cross-regional collaborative innovation framework for industry, university and research from the perspective of synergy, and combines the relevant data of Beijing-Tianjin-Hebei 2002—2016, based on the composite system synergy model, empirically analyzes the synergy degree of the Beijing-Tianjin-Hebei industry-university research innovation system. The results show that: ① Beijing production The research and innovation innovation subsystem has the highest degree of order, the internal synergy is the strongest, followed by Tianjin, Hebei has the lowest degree of ordering. ② The synergy degree of the production, research and research innovation composite system in all sub-regions of Beijing-Tianjin-Hebei has reached a good level of synergy. ③ The cooperation between the research institutes and the research institutes in the sub-regions of Beijing-Tianjin-Hebei sub-regional research and development-the cooperation of the university subsystems is higher than that of enterprises-scientific research institutions and enterprises-colleges, and the cooperation between enterprises and universities and scientific research institutions needs to be further strengthened. ④ The overall level of synergy between the industry, academia and research institutes in the Beijing-Tianjin-Hebei region is low and fluctuating. Finally, based on the conclusions, this paper proposes to promote the coordinated development of industry, university and research in Beijing-Tianjin-Hebei region, and provides ideas for constructing a new pattern of synergy development between Beijing, Tianjin and Hebei.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei region; regional innovation system; industry-university-research; synergy model