创新生态系统共生水平评价与区域创新格局研究

王跃婷

（山西财经大学 国际贸易学院，太原 030006；山西省投资咨询和发展规划院，太原 030009）

摘要：随着各地纷纷实施创新驱动发展战略，一批区域创新高地竞相涌现。然而，创新发展的地区协调性仍显不足，地区间差距较大。为探究地区间差距存在的具体原因，运用有关数据对全国各地区产业创新生态系统共生水平进行评价研究，并进一步运用线性回归和岭回归方法对共生单元、共生基质、共生平台、共生网络、共生环境影响区域产业创新能力的机制进行分析。结果显示，相对于共生基质和共生平台，共生单元、共生环境和共生网络对区域产业创新能力的影响作用更加突出。从而得出政策建议：相较于重视创新投入和创新平台建设，培育创新主体、改善创新环境和促进创新合作同样值得加大重视程度，这有助于促进地区创新能力不断提高和区域创新格局协调发展。

关键词：区域创新；创新生态；共生水平

中图分类号：F062.9　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1671－1807(2022)05－0346－09

党的十八大以来，一系列关键技术实现颠覆性创新，不断创造出新产业、新业态和新产品。在这一新形势下，各省区市牢固树立创新驱动发展理念，纷纷利用本地区特色资源优势、产业优势、区位优势，推出一系列适合当地创新发展的政策和措施，一批区域创新高地竞相涌现，创新梯次接续、布局逐步优化的区域创新发展格局逐步形成。然而，创新发展的地区间差距仍然存在，具体表现为：广东、江苏、浙江、北京、上海、山东等东部地区创新发展能力处于全国领先地位，辐射带动粤港澳大湾区、长江三角洲、珠江三角洲和京津冀协同发展区创新能力进一步提升；中、西部地区的安徽、江西、云南、贵州、河南等省份创新能力快速提升，区域间创新协同发展的成效初步显现；然而，内蒙古、甘肃等西部地区创新能力还很薄弱，与东、中部地区相比，西部地区创新协同发展仍显不足。

1 文献综述

Cooke[1]认为区域产业创新能力的形成依赖于企业与科研机构之间、大中小型企业之间的合作和互动，说明创新生态在创新能力形成和发展中起着非常显著的作用。因此，创新生态系统的研究角度将有助于进一步探究造成区域创新格局仍不协调问题存在的原因，并且从共生角度研究造成区域产业创新能力不均衡的原因可以为各级政府进行区域创新发展决策提供依据，有助于地方政府在促进地区创新发展中发挥能动作用。

法国生物学家 De Bary 最早提出有关“共生”(Symbiosis)的概念，即不同种群围绕获取收益的不同关系为纽带生活在一起[2]。生物学家 Ehrlich 和 Raven 认为在生物界，“共生演化”状态更居主流地位，而非传统观念认为的“竞争生存”法则[3]。美国著名生物学家 Lynn Margulis 等进一步提出共生理论不再过分强调生物消极适应自然环境，更加突出强调生物体之间的有机联系和生物体对环境的主动改造，提出了生物有机体之间以及生物有机体与无机体之间的融合共生现象，是地球上发生进化过程的主要来源和创造性过程，共生理论因此成为揭示生态系统内生物有机体之间以及与无机体之间互相联系、相互适应、动态协调的重要理论[4]，逐渐被引入社会科学研究领域用于研究组织间和组织与社会环境间的动态关系。

将共生理论最早引入中国经济学研究领域的是学者袁纯清[5]，他系统阐释了共生理论的经济学研究架构，并用于分析小型经济的治理问题，为生物学与经济学学科交叉研究开辟了研究空间[6]。在生态系统中，共生单元之间通过彼此存在的共生关系，依托共生网络，互动产生新的能量，也被称为共

收稿日期：2021-12-30

基金项目：山西省科技厅软科学研究一般项目(2018041064-1)。

作者简介：王跃婷(1984—)，女，山西平遥人，山西财经大学国际贸易学院，产业经济学博士，高级经济师，研究方向为产业结构和经济发展。

生能量。而对共生能量的追求恰恰也是共生单元间愿意且能够产生共生关系,进而形成共生网络的根本动力,共生单元间形成共生网络进而产生共生能量这一链条也被认为是共生系统的本质属性和运行特征。基于共生能量理论,袁纯清认为共生关系至少和竞争关系一样是促进创新的重要动力,这是因为共生关系会促进产生共生能量,这种“能量”是依靠共生关系中共生主体间的物质能量交换或协同关系产生的“净增加能量”[7]。因此,在创新研究领域,共生理论的运用促使对创新活动的研究向有机联系和共生演化转变,从而有助于进一步阐释创新主体间的相互依存关系以及创新主体与创新环境的相互依赖关系[8],这是由于创新系统的构成本身就具有共生性特征[9]。

2 区域创新生态系统共生水平评价

采用李晓娣、张小燕[10-11]提出的区域创新生态系统构成研究观点,研究认为区域产业创新生态系统亦由共生单元、共生基质、共生平台、共生网络和共生环境构成,其中,共生单元以共生基质为发展基础和发展介质,依托共生平台和共生网络,实现共生单元之间的交互作用和协同演进,并依存于共生环境,促进共生能量不断产生,这是区域产业创新生态系统共生的核心内涵,其共生机理如图1所示。

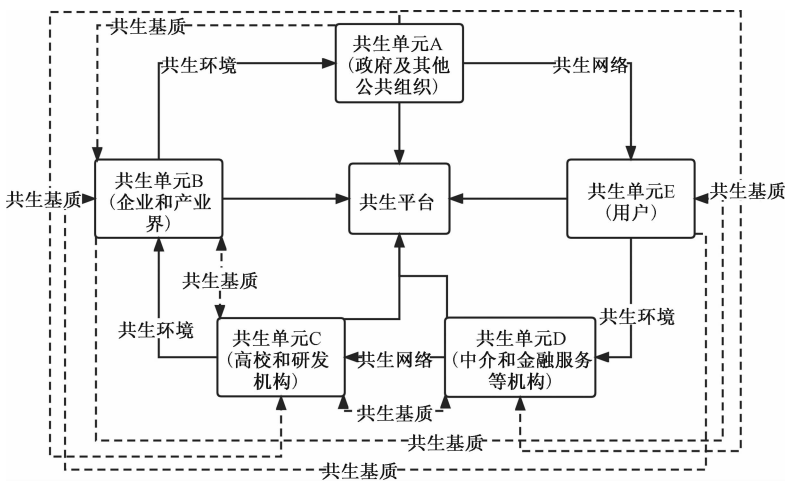

图1 区域产业创新生态系统共生机理示意图

2.1 指标体系构建

概括讲,区域产业创新生态系统由共生单元(UNIT)、共生基质(MATR)、共生平台(PLAT)、共生网络(NETW)和共生环境(ENVI)构成。科学设计区域产业创新生态系统共生水平(SYMB)评价指标体系有助于深度研究区域产业创新能力的影响因素,具体阐述如下:

2.1.1 共生单元(UNIT)

共生单元作为构成区域产业创新生态系统的基本单位,是产生共生关系的主体,对应于生物生态系统,共生单元是具有活力和创造力的生物成分。共生单元之间只有在特征、性质、功能作用等方面具有互补性和协作性时,共生单元之间才有可能形成良性的共生关系。共生单元间通过彼此互动,实现协作群居和竞争分离穿插发生的现象。从生物学角度看,如果生态系统越和谐越健康有序发展,则生态系统中的物种就越丰富,所形成的生物种群也就越丰富,对应来看,如果区域产业创新生态系统越健康可持续,则创新生态系统中的共生单元种类也越丰富。并且,种群越丰富,则形成的生态系统群落结构就越复杂,每一种种群所具有的生态位也更大,种群之间的竞争也就越弱,生态系统也就越稳定。在区域产业创新生态系统中,共生单元一般包括“政产学研金服用”7大类别,分别为政府、企业、高等院校、研究机构、金融服务机构、中介服务机构和用户,这7大类型共生单元按照发挥的能动作用不同、所处的行业领域和学科范围不同、相互联结和使能作用不同又分为不同的种群和群落,使得共生单元具有了丰富的层次性和多样性,从而也决定了共生关系和共生行为的层次多样性。层次多样性决定了共生系统的网络复杂性,越是复杂网络,系统也越是稳定。新结构经济学倡导将提高劳动生产率作为促进地区经济发展的关键前置条件,而产业升级无疑是提高劳动生产率的关键路径之一,如果能够将目前用于低产业附加值的劳动力、资本等生产

要素转移到具有高附加值的产业中去，无疑会促进劳动生产率提高，进而促进经济发展[12]。培育共生单元，也就是培育创新主体，加大新兴产业、高技术服务业等的培育力度，将有助于资源型地区产业高质量发展。因此在共生单元方面，选择制造业法人数、高技术产业企业数、软件信息技术租赁商务服务法人数、科学研究和技术服务业法人单位数、金融业法人单位数、规上企业有研发活动的企业数、高技术产业企业研发机构数、高校数量、研发机构数作为二级指标。

2.1.2　共生基质(MATR)

共生基质是共生单元所掌握和拥有的赖以生存的物质基础、知识信息、能力能量，也是共生单元间互动关联的介质。在区域产业创新生态系统中，共生基质是指创新主体所掌握的用于开展创新活动的创新资源条件，主要包括共生单元所拥有的人力资本、金融资本、专利技术、设备设施等有形资源，以及管理能力、企业文化、默会知识、经营经验等无形资源。这些有形资源和无形资源的集合，共同形成共生单元之间得以产生共生关系的基本条件，正是共生单元凭借这些有形资源和无形资源开展的交流与互动促进了系统共生。因此在共生基质方面，选择研发经费投入强度、R&D人员全时当量、科技教育支出占地方一般公共预算支出比重、政府研发经费支出金额、科技服务业从业人员占第三产业从业人员比重、高等学校和研发机构发表科技论文数、高等学校和研发机构有效发明专利数、商标注册申请数为二级指标。

2.1.3　共生平台(PLAT)

共生平台是促进共生单元之间交流和动态联系的载体，在区域产业创新生态系统中，共生平台是指专门为支持产业创新设立的创新公共服务平台、创新孵化基地、技术创新平台、创新集聚区等，这些平台面向“产品概念创新-技术研发创新-生产技术创新-产品形态及功能创新-产业化流程创新-标准设计及应用”创新链条，集中开展公共设施优化、服务机构创立等围绕产业创新发展的功能布局，形成能够满足平台内企业开展创新所需要的信息、网络、交通等基础设施和投融资、审计、技术咨询、造价咨询等中介服务布局，从而达到能够集聚创新资源和创新要素的水平，为共生单元提供实施创新所需要的平台支持和创新服务功能。共生平台作为共生单元之间相互传递信息与物质、充分交流与协作的载体，其形成的数量和质量尽管不能完全决定共生单元的数量和质量，但也对其发育和发展起着十分重要和关键的作用，在一定程度上决定着共生能量生成的数量和质量，也影响着共生能量生成的具体方式。具体来看，共生平台是指支持开展创新活动的生产力促进中心、科技创新园以及科技孵化器等，具有培育和集聚创新要素的载体功能。此外，在信息化时代，企业网站建设有助于企业发挥创新载体作用，而科技孵化器获得的风险投资额能够衡量科技孵化器的发展质量，将这两项指标一并纳入指标体系有助于客观评价共生平台的发展水平。因此，在共生平台方面选择国家大学科技园数量、技术转移示范机构数量、国家级示范生产力促进中心数量、科技孵化器数量、科技孵化器获得风险投资额和每百家企业拥有网站数作为二级指标。

2.1.4　共生网络(NETW)

共生网络是指在区域产业创新生态系统中，共生单元之间，也就是创新种群之间互相交流、沟通、协调、配合过程中形成的各种共生单元之间的联结关系的总和，这些关系总和，交错形成关系网络，依据“关系就是生产力”，共生网络也表征着借由区域产业创新生态系统而产生的关系资本，共生单元之间发展出的共生网络因其具有的关系资本产生效用，进而促进共生单元创造价值，在促进区域产业创新方面发挥着不可小觑的作用。依据共生单元的类型不同，共生网络中包含不同的共生网络关系，主要包括企业间共生、科研机构间共生、高校间共生、产学研一体化共生、学研共生、产学共生等类型，并且这些共生关系在区域产业创新生态系统中关系形式越多样、关系联结越多，则共生网络越稳定，共生水平越高，创新活力越容易得到激发。创新活动中形成的共生网络是开展系统创新、集成创新和融合创新的必要基础。表现在共生单元在创新活动中的技术购买、技术出售、合作研发等方面，因此，在共生网络方面，选择研究与试验发展经费外部支出、规上工业企业购买境内技术经费支出、技术市场成交额、外商投资企业年底注册资金中外资部分、作者同省异单位合作科技论文数、国际论文数作为二级指标。

2.1.5　共生环境(ENVI)

共生环境是共生单元和共生平台存在与发展的基础条件，也是共生基质和共生网络产生和发展的外在条件，在区域创新生态系统中具体是指支持

区域产业创新生态系统中的共生单元开展各项创新活动的环境,包括但不限于经济发展环境、社会文化环境、政策制度环境等。共生环境在区域产业创新发展方面的重要作用主要表现在:一方面共生环境为共生单元提供支持合作创新的外部环境,另一方面共生环境本身也与共生单元存在能量信息传递,共生环境也为共生平台搭建和共生网络形成提供外部条件。只有当共生环境适应共生单元发展时,共生环境才能促进共生单元开展产业创新活动,支持共生平台和共生网络形成,促进区域产业创新生态系统协调共生演进,反之,当共生环境不适应共生单元发展时,共生环境将会抑制系统共生发展。因此,共生环境在共生单元之间起调节作用,共生单元以共生环境为调节变量促使生态系统动态演化和动态平衡发展,进而达到系统共生状态。因此,在共生环境方面,选择规模以上企业采取了知识产权保护或相关措施的企业占全部企业的比重、规模以上企业企业家认为创新起作用的比重、科技馆当年参观人数、人均地区生产总值、人均消费支出和6岁以上人口大专以上学历人数比重作为二级指标。这是由于知识产权保护和对创新的重视程度是影响共生单元开展创新活动的主要因素,而科技馆参观人数和6岁以上人口大专以上学历人数比重能够反映地区对科技创新的接受程度,人均地区生产总值和人均消费支出可以反映地区开展产业创新的经济实力支撑和创新产品的消费能力。

具体指标体系见表1。

表1 区域产业创新生态系统共生水平评价指标体系

一级指标	二级指标	数据编号
共生单元(UNIT)	制造业法人数/个	UNIT1
	高技术产业企业数/个	UNIT2
	软件信息技术租赁商务服务法人数/个	UNIT3
	科学研究和技术服务业法人单位数/个	UNIT4
	金融业法人单位数/个	UNIT5
	规上企业有研发活动的企业数/个	UNIT6
	高技术产业企业研发机构数/个	UNIT7
	高校数量/所	UNIT8
	研发机构数/个	UNIT9
共生基质(MATR)	研发经费投入强度/%	MATR1
	R&D人员全时当量/人年	MATR2
	科技教育支出占地方一般公共预算支出比重/%	MATR3
	政府研发经费支出金额/万元	MATR4
	科技服务业从业人员占第三产业从业人员比重/%	MATR5
	高等学校和研发机构发表科技论文数/篇	MATR6
	高等学校和研发机构有效发明专利数/件	MATR7
	商标注册申请数/件	MATR8
共生平台(PLAT)	国家大学科技园数量/个	PLAT1
	技术转移示范机构/个	PLAT2
	国家级示范生产力促进中心/个	PLAT3
	科技孵化器数量/个	PLAT4
	科技孵化器获得风险投资额/万元	PLAT5
	每百家企业拥有网站数/个	PLAT6
共生网络(NETW)	研究与试验发展(R&D)经费外部支出/万元	NETW1
	规上工业企业购买境内技术经费支出/万元	NETW2
	技术市场成交额/万元	NETW3
	外商投资企业年底注册资金中外资部分/亿美元	NETW4
	作者同省异单位合作科技论文数/篇	NETW5
	国际论文数/篇	NETW6
共生环境(ENVI)	规模以上企业采取了知识产权保护或相关措施的企业占全部企业的比重/%	ENVI1
	规模以上企业企业家认为创新起作用的比重/%	ENVI2
	科技馆当年参观人数/万人次	ENVI3
	人均地区生产总值/元	ENVI4
	人均消费支出/元	ENVI5
	6岁以上人口大专以上学历人数比重/%	ENVI6

2.2　计算方法与过程

1)对数据进行标准化计算。分年数据包含 31 个省区市有关指标数据,形成 X_{ij} 矩阵,其中 i 为省区市编号,j 为指标编号,$X'_{ij}=(X_{ij}-\bar{X}_j)/\sigma_j$,其中 $\bar{X}_j$ 为第 j 个指标的均值,σ_j 为第 j 项指标的标准差。

2)消除负值。将指标平移 K 个幅度以消除数据标准化后存在的负值。

3)为反映创新生态系统的共生水平,需要测算过程和结果能够反映指标间的相关关系,因此引入相关系数法,进一步计算确定指标权重,具体采用 SPSS25.0 软件计算指标间的皮尔逊相关系数,形成相关系数矩阵

$$\boldsymbol{C}=\begin{bmatrix}\lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n}\\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n}\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \cdots & \lambda_{nn}\end{bmatrix},$$

$$\lambda_{ii}=1(i=1,2,\cdots,n),C_i=\sum_{i=1}^{n}\left|\lambda_{ij}\right|-1,\quad i=1,2,\cdots,n \tag{1}$$

则 C_i 表示第 i 个指标对其他 $n-1$ 个指标的总影响,对 C_i 进行归一化处理从而求得各指标的权重

$$\delta=\frac{C_i}{\sum_{i=1}^{n}C_i},i=1,2,\cdots,n \tag{2}$$

4)依照上述方法运用各年度指标权重,计算指标二次权重,以统一各年度指标权重方便比较分析。

5)将各指标标准化数据与各指标最终确定的权重相乘,并求各和,得到评价结果。

2.3　计算结果分析

根据区域产业创新生态系统指标体系,从《中国统计年鉴》《中国区域创新能力报告》《中国科技统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》《全国企业创新调查年鉴》收集全国 31 个省区市 2015—2019 年所需数据,使用上述计算方法测算,得到各省区市产业创新生态系统共生水平的具体数值(表 2)。

将创新生态系统共生水平评价结果进行排名比较分析,广东、北京、江苏、上海、浙江、山东这 6 个东部地区省市区域创新生态系统共生水平明显领先,位居全国前 6 位;东部地区的天津、福建、河北 3 省市区域创新生态系统共生水平处于全国中上游水平;中部地区的湖北、安徽两省区域创新生态系统共生水平较强,处于全国中上游水平;中部地区的河南、湖南、江西 3 省区域创新生态系统共生水平处于全国中游水平;中部地区的山西省区域创新生态系统共生水平较弱,处于全国第 24 位、中部地区最后一位;四川、陕西两省在西部地区区域创新生态系统共生水平排名靠前,处于全国中上游水平;西部地区的重庆、云南、甘肃、贵州 4 省区市区域创新生态系统共生水平处于全国中下游水平;相较于东北地区黑龙江、吉林两省区域创新生态系统共生水平位于全国中下游水平,辽宁省却位于中上游水平;西部地区的广西、新疆、内蒙古、青海、宁夏、西藏 6 省区市和东部地区海南省区域创新生态系统共生水平最弱,集中排名在全国最后 7 位(图 2)。

表 2　2015—2019 年各省区市产业创新生态系统共生水平评价结果

省区市	2015	2016	2017	2018	2019
北京市	6.125 8	5.979 8	5.977 0	6.158 3	5.806 6
天津市	4.221 4	4.180 1	4.118 7	4.097 8	4.127 6
河北省	3.983 2	4.047 0	4.008 8	4.000 0	3.960 6
山西省	3.555 7	3.608 7	3.572 6	3.533 8	3.562 7
内蒙古自治区	3.463 5	3.536 4	3.472 7	3.441 9	3.480 5
辽宁省	4.179 9	4.127 1	4.165 0	3.921 3	4.152 9
吉林省	3.669 4	3.655 1	3.594 6	3.605 0	3.624 6
黑龙江省	3.781 7	3.828 2	3.758 1	3.750 9	3.748 2
上海市	5.024 0	4.948 2	4.968 9	4.962 7	5.047 8
江苏省	5.829 3	5.727 6	5.771 1	5.647 8	5.712 5
浙江省	4.919 5	4.915 4	4.948 7	4.879 1	4.852 8
安徽省	4.103 3	4.003 9	4.157 3	4.142 8	4.168 7
福建省	4.114 0	4.101 8	4.076 9	4.075 2	4.069 7
江西省	3.745 2	3.744 8	3.752 2	3.765 1	3.759 9
山东省	4.781 8	4.768 6	4.811 3	4.686 8	4.729 8
河南省	3.997 6	3.979 5	4.000 1	4.045 1	4.037 0
湖北省	4.301 3	4.305 1	4.330 5	4.345 0	4.341 4
湖南省	3.942 6	3.940 9	3.956 1	3.976 5	3.954 9
广东省	5.334 3	5.450 3	5.652 2	5.885 0	6.081 1
广西壮族自治区	3.587 0	3.607 9	3.572 8	3.541 2	3.533 0
海南省	3.417 8	3.477 7	3.411 2	3.431 2	3.400 1
重庆市	3.779 8	3.797 9	3.788 1	3.863 4	3.842 0
四川省	4.215 4	4.212 2	4.212 5	4.289 2	4.317 8
贵州省	3.561 2	3.599 5	3.607 1	3.576 9	3.567 9
云南省	3.719 9	3.730 1	3.745 6	3.719 1	3.707 3
西藏自治区	3.294 3	3.331 9	3.281 0	3.312 7	3.301 6
陕西省	4.260 4	4.235 6	4.238 4	4.341 5	4.243 2
甘肃省	3.696 9	3.717 9	3.684 7	3.673 0	3.611 9
青海省	3.415 3	3.440 1	3.419 2	3.452 2	3.409 0
宁夏回族自治区	3.497 4	3.430 8	3.432 6	3.406 2	3.382 2
新疆维吾尔自治区	3.497 1	3.586 2	3.530 4	3.489 6	3.480 7

2.4　小结

以上研究呈现出来的图景清晰地表明了中国现阶段区域创新发展格局。可以看出,中国东、中、西部地区创新发展的梯次格局发生深刻变化,

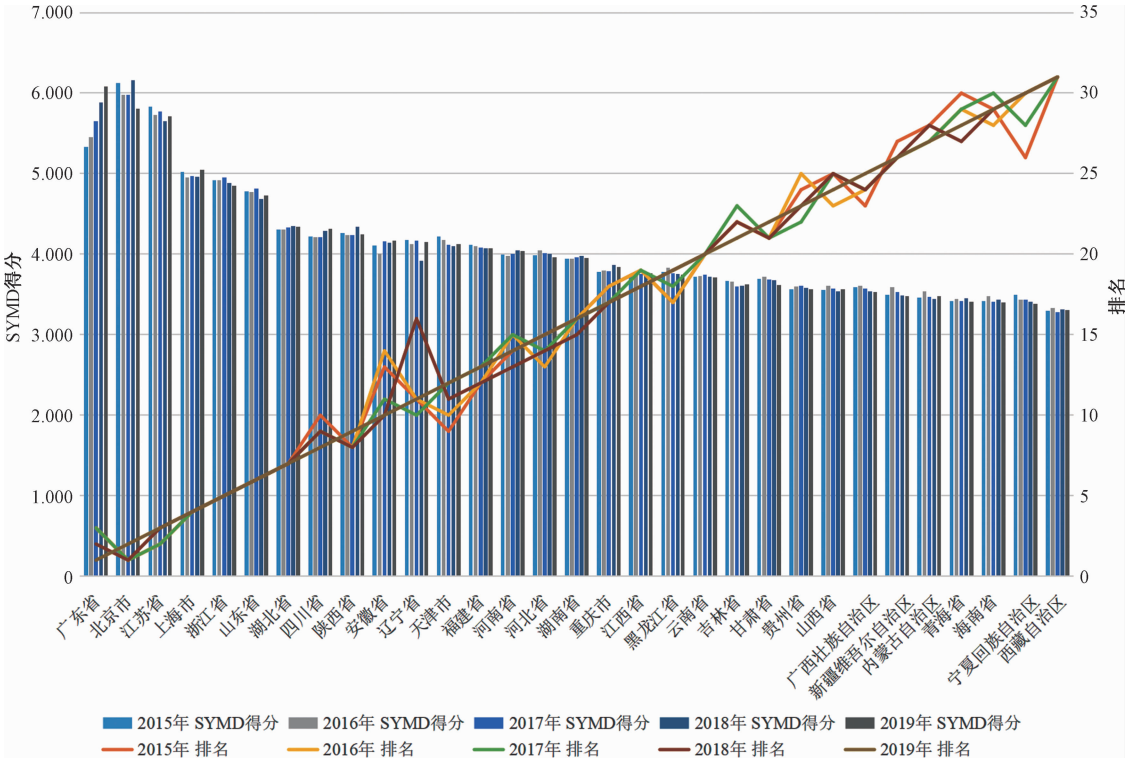

图 2　2015—2019 年区域产业创新生态系统共生水平评价结果

逐步形成多创新中心引领、优势互补、特色鲜明的区域多层次创新发展格局。但地区差距仍然显著,创新格局的不协调性矛盾仍然突出。粤港澳大湾区建设成效显著,广东省产业创新生态系统共生水平均排名全国第 1 位,在创新发展方面领跑全国。京津冀协同发展态势稳步形成,北京市产业创新生态系统共生水平排名全国第 2 名,天津产业创新生态系统共生水平排名全国第 12 名,河北省也加强与北京市、天津市共建创新平台,2018 年河北省吸纳京津地区技术合同成交额超过 200 亿元。长三角一体化进程加速推进,上海市产业创新生态系统共生水平排名全国第 4 名,江苏省产业创新生态系统共生水平排名全国第 3 名,浙江省产业创新生态系统共生水平排名全国第 5 名,安徽省产业创新生态系统共生水平排名全国第 10 名,长江三角洲地区有 R&D 活动的企业数占全国比重 40%以上,R&D 人员数、R&D 经费内部支出、发明专利拥有量、高技术产品出口额等指标均占全国比重超 30%。中西部区域创新增长极显现,安徽、湖北、河南成为中部地区创新领先省份,2019 年安徽省产业创新生态系统共生水平排名全国第 10 位(创新生态共生水平较 2015 年前进 3 名),湖北省产业创新生态系统共生水平排名全国第 7 位,河南省产业创新生态系统共生水平排名全国第 14 位,四川省和陕西省成为西部地区创新增长级,2019 年四川省产业创新生态系统共生水平排名全国第 8 位(较 2015 年前进 2 位),陕西省产业创新生态系统共生水平排名全国第 9 位。

3　创新生态共生水平对区域产业创新能力的影响机制研究

为进一步探究创新生态对创新能力的影响机制,本文进一步构建区域产业创新能力评价体系,对区域产业创新能力进行评价,并运用产业创新生态系统共生水平评价数据与区域产业创新能力(用 RIIC 表示)评价结果数据进行回归分析。

3.1　区域产业创新能力评价

区域产业创新能力主要包括创新投入能力、创新产出能力、创新转化能力,因此从这 3 方面设计 3 项一级指标,共涉及 9 项二级指标对区域产业创新能力(RIIC)进行评价,指标体系见表 3。

根据本文设计的区域产业创新能力评价指标体系,从《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》收集全国 31 个省区市 2015—2019 年所需数据,依然采用区域产业创新生态系统共生水平的评价计算方法,计算得出各省区市产业创新能力的具体数值(表 4)。

表 3　区域产业创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	指标编号
创新投入能力	R&D 经费内部支出/万元	INPU1
	R&D 经费外部支出/万元	INPU2
	R&D 人员全时当量/人年	INPU3
创新产出能力	专利申请数/件	OUTP1
	有效专利数/件	OUTP2
	高技术产业新产品开发项目数/项	OUTP3
创新转化能力	规模以上工业企业新产品销售收入/万元	TRAN1
	企业所得税/亿元	TRAN2
	万元地区生产总值能耗倒数	TRAN3

表 4　2015—2019 年各省区市产业创新能力评价结果

省区市	2015	2016	2017	2018	2019
北京市	3.297 4	3.196 7	3.230 1	3.084 0	3.151 4
天津市	2.072 0	2.050 0	1.940 1	1.915 4	1.874 0
河北省	1.688 1	1.696 9	1.717 8	1.736 7	1.757 0
山西省	1.337 9	1.342 9	1.368 6	1.394 0	1.395 7
内蒙古自治区	1.335 8	1.346 6	1.341 2	1.350 3	1.326 0
辽宁省	1.718 5	1.702 3	1.702 2	1.690 7	1.680 2
吉林省	1.530 1	1.552 8	1.555 4	1.540 4	1.553 2
黑龙江省	1.485 0	1.468 1	1.450 2	1.428 2	1.430 9
上海市	2.862 6	2.805 8	2.778 7	2.710 6	2.717 7
江苏省	4.483 4	4.323 0	4.181 7	4.050 7	4.071 7
浙江省	3.648 4	3.623 9	3.496 6	3.607 5	3.607 7
安徽省	2.095 6	2.108 1	2.112 6	2.122 4	2.107 8
福建省	2.039 2	2.069 1	2.059 2	2.090 7	2.079 2
江西省	1.684 8	1.731 0	1.765 9	1.827 9	1.861 5
山东省	3.045 8	2.927 5	2.867 0	2.702 8	2.551 5
河南省	1.929 3	1.934 1	1.958 1	1.987 3	1.977 1
湖北省	2.030 9	2.029 1	2.035 7	2.066 4	2.090 5
湖南省	1.879 4	1.897 8	1.923 7	1.934 1	1.955 4
广东省	4.707 3	4.979 2	5.157 2	5.364 9	5.383 5
广西壮族自治区	1.520 1	1.540 0	1.534 3	1.521 4	1.522 1
海南省	1.398 1	1.403 9	1.400 5	1.418 6	1.403 8
重庆市	1.726 9	1.722 3	1.730 6	1.717 3	1.706 2
四川省	1.983 4	1.978 6	2.024 3	1.983 9	1.998 8
贵州省	1.311 3	1.330 5	1.347 6	1.385 7	1.404 2
云南省	1.390 1	1.419 0	1.430 7	1.450 9	1.459 7
西藏自治区	1.206 0	1.217 8	1.214 7	1.229 1	1.222 3
陕西省	1.751 1	1.725 2	1.751 6	1.713 6	1.769 1
甘肃省	1.329 3	1.310 9	1.322 6	1.329 3	1.322 6
青海省	1.132 9	1.156 9	1.170 6	1.195 3	1.189 2
宁夏回族自治区	1.157 8	1.171 8	1.180 7	1.193 9	1.183 9
新疆维吾尔自治区	1.221 4	1.238 1	1.249 6	1.256 1	1.246 0

3.2　线性回归分析

3.2.1　基于共生单元的进一步考察

共生单元是产业创新生态系统中从事创新活动的“生命体”，是创新活动承担者的基本单元。运用 2015—2019 年数据，将 ln UNIT 作为自变量，而将 ln RIIC 作为因变量进行线性回归分析，得到线性回归模型：

$$\ln \mathrm{RIIC}=0.686+1.846\times\ln \mathrm{UNIT},$$

$$R^2=0.833, F=765.176, P=0.000<0.05。$$

意味着 ln UNIT 可以解释 ln RIIC 的 83.3% 变化原因。ln UNIT 的回归系数值为 1.846（$t=27.662$，$P=0.000<0.01$），说明 ln UNIT 对 ln RIIC存在显著的正向影响关系。

3.2.2　基于共生基质的进一步考察

共生基质是开展创新活动投入的资源，能够用来表示共生单元的创新投入能力，一般包括人力资源投入、资金投入和其他方面的投入（如物力等）。运用 2015—2019 年数据，将 ln MATR 作为自变量，而将 ln RIIC 作为因变量进行线性回归分析，得到回归模型：

$$\ln \mathrm{RIIC}=0.701+1.831\times\ln \mathrm{MATR},$$

$$R^2=0.721, F=396.241, P=0.000<0.05。$$

意味着 ln MATR 可以解释 ln RIIC 的 72.1% 变化原因。ln MATR 的回归系数值为 1.831（$t=19.906$，$P=0.000<0.01$），说明 ln MATR 对 ln RIIC存在显著的正向影响关系。

3.2.3　基于共生平台的进一步考察

共生平台是指支持开展创新活动的生产力促进中心、科技创新园以及科技孵化器等创新平台。共生平台具有培育和集聚创新要素的载体功能，在区域产业创新中发挥着重要的作用。运用 2015—2019 年数据，将 ln PLAT 作为自变量、ln RIIC 作为因变量进行线性回归分析，得到回归模型：

$$\ln \mathrm{RIIC}=1.228+1.924\times\ln \mathrm{PLAT},$$

$$R^2=0.724, F=401.119, P=0.000<0.05。$$

意味着 ln PLAT 可以解释 ln RIIC 的 72.4% 变化原因，ln PLAT 的回归系数值为 1.924（$t=20.028$，$P=0.000<0.01$），意味着 ln PLAT 对 ln RIIC存在显著的正向影响关系。

3.2.4　基于共生网络的进一步考察

共生网络是各共生单元凭借自身拥有的共生基质，借助共生平台，开展合作创新过程中形成的关系网络。创新活动中形成的共生网络是开展系统创新、集成创新和融合创新的必要基础。运用 2015—2019 年数据，将 ln NETW 作为自变量、ln RIIC 作为因变量进行线性回归分析，得到回归模型：

$$\ln \mathrm{RIIC}=1.481+1.774\times\ln \mathrm{NETW},$$

$$R^2=0.782, F=549.686, P=0.000<0.05。$$

意味着 ln NETW 可以解释 ln RIIC 的 78.2% 变化原因，ln NETW 的回归系数值为 1.774（$t=23.445$，$P=0.000<0.01$），说明 ln NETW 对 ln RIIC存在显著的正向影响关系。

3.2.5 基于共生环境的进一步考察

共生环境是区域内共生单元开展创新活动的外部条件。运用2015—2019年数据,将ln ENVI作为自变量、ln RIIC作为因变量进行线性回归分析,得到回归模型:

$$\ln RIIC=1.096+1.909\times\ln ENVI,$$

$$R^2=0.580,F=211.179,P=0.000<0.05。$$

意味着ln ENVI可以解释ln RIIC的58.0%变化原因,ln ENVI的回归系数值为1.909($t=14.532,P=0.000<0.01$),说明ln ENVI对ln RIIC存在显著的正向影响关系。

综合以上分析,依据指标解释力度大小排序为ln UNIT>ln NETW>ln PLAT>ln MATR>ln ENVI;依据回归系数大小排序为:ln PLAT>ln ENVI>ln UNIT>ln MATR>ln NETW(表5)。

表5 共生单元、基质、平台、网络、环境与产业创新能力回归分析结果

变量	ln UNIT	ln MATR	ln PLAT	ln NETW	ln ENVI
R^2	0.833	0.721	0.724	0.782	0.580
回归系数	1.846	1.831	1.924	1.774	1.909

3.3 岭回归分析

岭回归分析(ridge regression,RR)作为一种改良的最小二乘法专门用于存在多重共线性的有偏数据回归分析。以ln UNIT、ln MATR、ln PLAT、ln NETW、ln ENVI为自变量,以ln RIIC作为因变量,进行岭回归分析,岭迹图如图3所示,选择使各个自变量的标准化回归系数趋于稳定时的最小K值(K值越小偏差越小),可以看出,当K值为0.04时,自变量的标准化回归系数趋于稳定,因而K值取0.04。此时,5个自变量的回归系数依次为0.579、0.085、0.043、0.129、0.246。并且可以观察到,当K取值范围位于0.00到0.30区间内时,这5个自变量依据回归系数依大小排序为ln UNIT>ln ENVI>ln NETW>ln MATR>ln PLAT。说明相对于共生平台和共生基质而言,共生单元、共生环境和共生网络更为重要。可见,虽然各省区市都不同程度地加大创新投入、搭建创新平台,但创新主体的培育、创新环境的营造和开放式创新却承担着更多的创新促进作用。

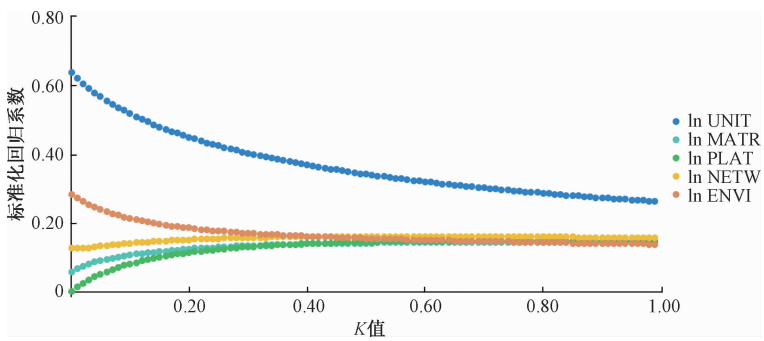

图3 岭迹图

4 结论与建议

4.1 结论

通过对区域产业创新生态系统共生水平的测度研究,更加清晰地看到,中国已形成多层次的区域创新体系,区域创新成为中国创新型国家建设的有力支撑。同时,进一步研究得出创新主体(共生单元)、创新环境(共生环境)、创新合作(共生网络)、创新资源(共生基质)、创新平台(共生平台)在提高区域产业创新能力方面起着重要作用,并且相对于创新资源和创新平台,创新主体、创新环境、创新合作的作用更加突出。因此,加强区域产业创新能力建设要不断培育创新主体,改善创新环境,促进创新合作,加大创新投入,搭建创新平台,从而提升创新效益。

4.2 政策建议

根据区域产业创新生态系统共生水平的测度结果,研究提出对完善区域创新生态系统、提升区域产业创新能力的政策启示在于:要充分发挥政府在行政调配资源、政策支持发展、法律规范行为、资金引导支持等方面的优势,运用政府强大的动员组织力量和影响力借助制度安排、政策支持、文化引导,营造创新生态体系,围绕国家区域发展战略,推动区域"创新共同体"全力开展产业创新活动,使区域产业创新成为区域经济高质量发展的有力支撑。同时,充分发挥企业、高校、研究机构等创新主体创新积极性,发挥主观能动性,提高知识运用能力、技术创新能力、市场开发能力,形成贯通知识创新、技术研发、产业化等的创新链条,促进创新主体合作

开展产业创新实践，实现价值共创。积极推进区域创新融通发展，搭建区域创新平台载体，探索形成创新要素跨省区市高效流动和集聚集约利用的新机制和新模式，实现创新要素有序合理流动和创新资源集聚集约利用，重点突破、协同推进，进一步发挥北京、上海、粤港澳大湾区 3 个创新中心的引领作用，克服创新“孤岛”现象，打造多个区域产业创新增长极和区域创新中心，辐射带动创新经济圈发展，形成梯次递进的区域协同创新发展格局。

参考文献

[1] COOKE J. Regional innovation systems: Institutional and organizational dimensions[J]. Research Policy, 1997, 12(26): 275-289.

[2] DE BARY A. Die erscheinung der symbiose[M]. Strassburg: Verlag von Karl J. Trübner, 1879.

[3] EHRLICH P R, RAVEN P H. Butterflies and plants: A study in coevolution[J]. Evolution, 1964, 18(4): 586-608.

[4] DOUGLAS A E. The symbiotic habit[J]. Bioscience, 2015, 61(4): 326-327.

[5] 袁纯清. 共生理论：兼论小型经济[M]. 北京：经济科学出版社，1998.

[6] 袁纯清. 共生理论及其对小型经济的应用研究(下)[J]. 改革，1998(3): 75-85.

[7] 袁纯清. 共生理论及其对小型经济的应用研究(上)[J]. 改革，1998(2): 100-104.

[8] MARGULIS L, FESTER R. Symbiosis as a source of evolutionary innovation: Speciation and morphogenesis[M]. Cambridge: MIT Press, 1991.

[9] 郭淑芬. 基于共生的创新系统研究[J]. 中国软科学，2011(4): 97-103, 53

[10] 李晓娣，张小燕. 区域创新生态系统共生对地区科技创新影响研究[J]. 科学学研究，2019, 37(5): 909-918, 939.

[11] 李晓娣，张小燕. 我国区域创新生态系统共生及其进化研究：基于共生水平模型、融合速度特征进化动量模型的实证分析[J]. 科学学与科学技术管理，2019, 40(4): 48-64.

[12] 付才辉. 新结构经济学的应用研究进展：工具与案例[J]. 制度经济学研究，2018(1): 166-243.

Study on Symbiosis Level Evaluation of Regional Innovation Ecosystem

WANG Yueting

(Faculty of International Trade, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China; Shanxi Investment Consulting & Development Planning Insititute, Taiyuan 030009, China)

Abstract: With the implementation of innovation-driven development strategy, a number of regional innovation highlands have emerged. However, the regional coordination of innovation and development is still insufficient, and there are large gaps between different regions. In order to explore the specific reasons for the gap between regions, relevant data is used to evaluate the symbiosis level of industrial innovation ecosystem in different regions of China, and the methods of linear regression and ridge regression is used to analyze the mechanism of symbiosis unit, symbiosis matrix, symbiosis platform, symbiosis network and symbiosis environment affecting regional industrial innovation ability. The results show that symbiosis unit, symbiosis environment and symbiosis network have more prominent influence on regional industrial innovation capability than symbiosis matrix and symbiosis platform, and draw policy suggestions: compared with attaching importance to innovation investment and innovation platform construction, cultivating innovation subjects, improving innovation environment and promoting innovation cooperation should also be paid more attention. This will help to promote the continuous improvement of regional innovation capacity and the coordinated development of regional innovation pattern.

Keywords: regional innovation; innovation ecology; symbiosis level