

# 科学创新能力的演进路径与评价维度

程志波,王彦雨,李正风

(清华大学 科学技术与社会研究中心,北京 100084)

**摘要:**科学创新不仅包括科学中的创新,还包括与科学相关的创新。以个体显示度和整体显示度为基本参量,可以判断某一国家(或地区)科学创新能力的整体状况,分析特定国家科学创新能力的演进路径,从而为制定科技政策提供参考。对科学创新能力的评价不仅要从微观视角来考察,还要从科学发展的阶段特征、制度环境、时代背景等宏观视角来考察;在借助统计数据进行定量分析的同时,从历史分析、系统评价和合理比较等维度进行定性分析。

**关键词:**科学创新能力;个体显示度;整体显示度

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2011)01-0044-05

知识经济社会,“知识正在成为创新的核心,知识创新成为知识经济发展的最主要的动力源泉”。<sup>[1]</sup>科学知识是知识的重要组成部分和基础,科学创新是知识创新的核心内容和基石,科学创新能力的高低在很大程度上反映了一个国家(或地区)知识创新能力和水平。但是,究竟如何评价一个国家(或地区)的科学创新能力,却众说纷纭,莫衷一是。这一方面源于人们对科学创新能力概念的不同理解;另一方面源于人们对定量分析的评价维度缺乏必要的反思。

作为一个严格的学术用语,创新概念<sup>①</sup>在熊彼特之后,逐渐从一个狭义的经济学概念扩展为一个涵义十分广泛的概念,以至于经济合作与发展组织(OECD)在《技术创新统计手册》的报告中指出,创新是一个广泛的概念,其准确定义依赖于度量和分析的特定目的。<sup>[2]</sup>在中国,科学创新和技术创新被统称为“科技创新”。这种称谓有助于表达科学与技术的紧密关系,但容易使人们混淆科学创新与技术创新的本质差异,造成管理制度与政策设计的失当。科学创新(Science Innovation)的内涵取决于对“科学”意义的理解。在大科学背景下,人们常从四个层面来理解科学的含义:关于自然事物及其规律的系统化的知识体系;探索自然事物及其规律的理性认知活动;以生产科学知识为行为特征的社会事业和社会建制;推动生产力发展和社会进步的革命性力量。因此,“科学创新”不仅包括新规律、新现象的发现等科学中的创新,还包括新科学活动方式的形

收稿日期:2010-12-20

基金项目:国家自然科学基金专项基金项目“影响我国科学创新能力提升的宏观管理问题与政策”(70941010)

作者简介:程志波(1980-),男,河北宁晋人,清华大学科学技术与社会研究中心博士后研究人员。

①“创新”(Innovation)概念最早是由美国经济学家熊彼特(Joseph Schumpeter)提出,主要指经济学意义上的技术创新和制度创新。熊彼特说:“我们所说的发展,包括以下五种情况:引进新产品或一种产品的新特性;采用新技术,即新的生产方法;开辟新市场;征服或控制原材料或半成品的新的供给来源;实现企业的新组织。”熊彼特所谓的“发展”后来即被定义为“创新”。参见北京出版社2008年版熊彼特《经济发展理论》一书第38页。

②原始性科学创新强调研究成果的原创性和独特性。诺贝尔奖获奖成果是原始性科学创新的典型代表;在中国,国家自然科学奖特别是自然科学一等奖主要体现原始性科学创新。

③集成性科学创新是指通过创造性选择、集成、优化和融合科学创新要素,形成优势互补的科学创新有机整体的过程,例如环境科学、生态科学等的提出和建立就是集成性科学创新的结果。

成、新科学社会体制的建立等与科学相关的创新。

从结果新颖性和提升自主创新能力看,科学创新与技术创新一样也有原始创新<sup>②</sup>、集成创新<sup>③</sup>和引进消化吸收再创新<sup>①</sup>三种途径。集成性科学创新和引进消化吸收性科学创新属于模仿性创新或跟踪性创新,是创新主体在充分借鉴他人创新成果的基础上,对原始创新的某一方面进行的补充和发展。集成创新和消化吸收创新是原始创新的必要准备,而原始创新是消化吸收再创新和集成创新的追求目标。现实中,原始性科学创新数量相对较少,只有少数人能够实现,大量存在的是集成性科学创新和引进消化吸收性科学创新。

## 一、科学创新能力及其演进路径

作为科学研究活动中创新主体有效利用科学资源生产新颖性科学知识的能力,科学创新能力既表现为生产新科学知识的数量,更表现为所生产的新科学知识的新颖性程度。科学创新能力既涉及科学资源禀赋,更涉及利用科学资源的组织、制度和管理能力。科学创新能力是一个强调主体性的概念,根据科学创新主体不同,可将科学创新能力划分为个体科学创新能力<sup>②</sup>、机构科学创新能力<sup>③</sup>和国家科学创新能力三个层次。其中,国家科学创新能力含纳个体科学创新能力和机构科学创新能力。赵红州深刻指出:“在现代,决定一个国家科学技术发展速度的,已经不是个人的力量,而是社会的力量……这种社会的多边形的合力,我们定义为:社会的科学能力。”<sup>[3]7</sup>社会的科学能力包括科学家队伍的社会集团研究能力、实验技术装备的质量、“图书一情报”系统的效率、科学劳动结构的最佳程度、科学教育系统等五个方面。<sup>[3]7-14</sup>美国战略与国际研究中心则把国家创新能力看作是对科学和技术的投资、知识与技能以及掌握知识和技能的人、支持和鼓励投资创新的政策环境、对新技术和新产品的工业投资、科学家和工程师队伍规模、研发机构与合作用户的合作网络以及开放的贸易体制等要素构成的有机整体。<sup>[4]</sup>总而言之,科学家个体的创新意识与能力、科学资源供给能力、科研管理体制与机制、社会文化环境等因素决定了国家科学创新能力的高低。

个体科学创新能力、机构科学创新能力和国家科学创新能力既相互独立,又相互依赖。个别科学家或科研机构的科学创新能力很高,不代表国家的整体科学创新能力就高;反之,有些国家科学创新能力的总体水平不低,但个体或机构的科学创新能力却不突出。国家科学创新能力代表了一个国家科学创新的整体水平,它制约或促进个体科学创新能力和机构科学创新能力的提升与发挥;个体科学创新能力和机构科学创新能力是国家科学创新能力的重要标志。

当然,除了根据创新主体类型进行分类外,科学创新能力还可以根据其他标准进行分类。根据创新结果的新颖性程度可分为原始创新能力、集成创新能力和引进消化吸收再创新能力;根据创新结果的类型可分为理论创新能力、工具创新能力、方法创新能力等;从能力的存在状态来看,可分为显在的科学创新能力、潜在的科学创新能力。总之,能力是主体完成特定活动所需要和表现出的主观条件,需要从不同角度综合考虑,

① 引进消化吸收性科学创新是指从国外引进先进的科学理论和方法,通过学习和吸收,提高自身的科学研究能力。对于科学发展落后国家,消化吸收性科学创新对于学习国外先进科学成果、提高科学创新能力、培育高素质科学人才、塑造良好科学精神等,具有重要意义。

② 个体科学创新能力是指单个科学家有效利用资源生产新颖性科学知识的能力。它由科学家的创新思维能力、获取和利用资源能力、组织协调与合作能力、环境适应能力等“能力元”构成,相应地,个体科学创新能力的高低决定于科学家的智力、抱负、个性、思维方式、知识储备和外在环境等因素。

③ 机构科学创新能力是指科研单位或团队有效利用资源生产新颖性科学知识的能力。在这里,机构不是一个简单的人数或身份概念,也不是个体的简单累加,而是一个基于个体相互作用和有机整合基础上的创新团体,这个团队可以放大或缩小个体科学创新能力。机构科学创新能力不仅与构成机构的个体科学创新能力有关,而且与个体之间相互作用和组合方式以及组织管理模式、组织文化密切相关。相应地,影响机构科学创新能力的因素大致可分为四类:科研队伍的年龄结构、团队带头人素质;科研资源的获取;机构的组织管理和决策(管理体制和决策机制);机构与外界环境相互作用的方式和质量。

具体分析。

无论是个体科学创新能力,还是机构或国家科学创新能力,都要以某种形式化的东西表现出来,比如发表科学论文的质量和数量、培养杰出人才的质量和数量、获得重大科学奖的质量和数量等,这些表征方式在比较的意义上综合起来可称之为“显示度”(displaying degree)。个体科学创新能力、机构科学创新能力和国家科学创新能力之间的联系与差异,使科学创新能力表现为个体显示度、整体显示度两个层面。个体显示度指某一创新个体所取得科学研究成果的创新水平或新颖性,具体表现为发表论文的质量和数量、获得重大科学奖的级别和频次、担任重要学会或学术会议的职位高低等。整体显示度指某一国家或地区所取得科学研究成果的整体创新水平,具体表现为以该国家或地区所属科研机构为作者单位发表论文的整体数量与质量、本土科学家获得重大科学奖的级别和频次、

在重要学会或学术会议担任学术职位的高低等。需要指出的是,这里的“个体”和“整体”是一个相对概念,当考虑机构科学创新能力状况和演进路径时,“个体”即指单个科学家,“整体”即指科学家所在的机构;而当考虑国家科学创新能力和演进路径时,“个体”即指单个科学家,而“整体”即指科学家所在的国家。本文主要是从如何评价国家科学创新能力的角度来考虑,可得到某一国家(地区)科学创新能力的四种状态空间(如图 1 所示)。

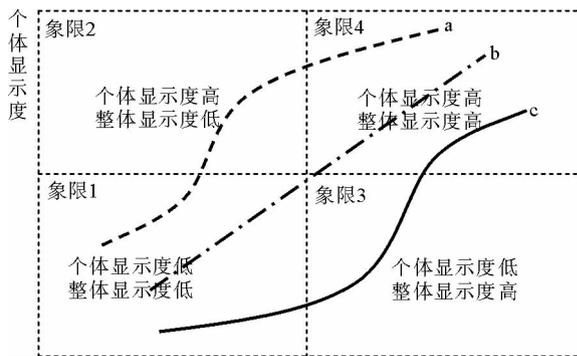


图 1 国家科学创新能力演进路径图

第一种状态是个体显示度低而整体显示度低(象限 1),这是许多发展中国家所处的状态。不但以本国单个科学家或科研机构为计量单位,科学论文质量和水平较低、数量较少,杰出科学家数量较少、影响力较小,而且以整个国家所有科学家或科研机构为计量单位亦如此。

第二种状态是个体显示度高而整体显示度低(象限 2),这是许多赶超型发展中国家、与发达国家具有密切民族或文化关系的国家所处的状态。虽然以整个国家的科学家或科研机构为计量指标,科学论文平均质量较低、数量较少,杰出科学家数量也较少、影响力较小,但个别科学家或科研机构的个体显示度很高。例如巴基斯坦物理学家萨拉姆(Abdus Salam)曾因提出弱作用力和电磁力统一理论而获得 1979 年诺贝尔物理学奖,具有很高的个体显示度,但巴基斯坦的科学创新成果在国际上的排名尚处于较低位置。

第三种状态是个体显示度低而整体显示度高(象限 3),这是具有特殊文化和制度背景的赶超型发展中国家所处的状态(例如中国)。虽然以整个国家的科学家或科研机构为计量指标,科学论文平均质量和数量都表现不俗,学术影响力较大,但缺少具有世界性影响的原创成果和科学家“巨星”,个体显示度较低。据统计,中国内地产出的 SCI 论文总量从 1995 年的 1.31 万篇增加到 2008 年的 9.23 万篇,论文总量从世界第 15 位提升到第 4 位,若加上中国香港和澳门产出的论文,2008 年 SCI 论文总数达到 11.67 万篇,仅次于美国,世界排名第二。<sup>[5]</sup>这表明中国科学创新能力的整体显示度较高;但单篇 SCI 论文被引用次数只有 5.2 次,远低于世界平均水平 10.06 次,处于世界科学水平的低端,表明我国科学家的个体显示度较低。

第四种状态是个体显示度高而整体显示度高(象限 4),这是美国、德国、日本等发达国家所处的状态。无论是以个体科学家或科研机构为测度指标,还是以整个国家的科学家或科研机构为测度指标,科学论文的数量和质量、获得重大科学奖项的数量和层次等都表现不俗。

以个体显示度和整体显示度为基本参量,除了可以帮助判断某一国家(地区)科学创新能力的整体状况

外,还可以通过理论和经验研究分析特定国家科学创新能力的演进路径,从而为制定合适的科技政策提供参考。大致来说,国家(地区)科学创新能力的演进存在三种典型路径。第一种路径是从象限1→象限2→象限4,这是传统科学发达国家的发展路径,如英、法、德、俄、美等国;第二种路径是从象限1→象限4,这是一些新兴工业化国家(如韩国)的发展路径;第三种路径是由象限1→象限3→象限4,主要是社会主义国家(如中国)或市场经济不很成熟的国家的发展路径。在每一种演进路径背后都包含着深刻的制度文化背景,对此还有待更进一步的理论和实证研究。

## 二、国家科学创新能力评价的三个维度

科学创新不仅包括科学中的创新,还包括与科学相关的创新,因此,科学创新能力不仅包括科学知识、科学方法、科学工具等的创新能力,还包括与之相关的体制机制和思想文化的创新能力,科学创新能力是一个由多种能力构成的能力系统。对科学创新能力的评价不仅要从小微观视角来考察,还要从科学发展的阶段特征、制度环境、时代背景等宏观视角来考察,不仅要借助统计数据定量分析,还要在定量分析时把握三个定性分析维度:

第一,历史分析的维度。任何事物的发展是由其内部矛盾推动的由量变到质变的过程,科学创新能力的提升也不例外。科学上的创新是一种连续性和积累性的活动,没有长期的科学知识的积累,就不会有科学上的重大创新突破。对于单项原创性成果的产生如此,对于一个国家科学创新能力的提升,同样也需要一个积累过程。从这种意义上说,那些跟随性的引进消化性科学创新和集成性的科学创新对于提升一个国家的科学创新能力十分重要和必要。作为国家科学创新系统的潜能和效能,其实现和发展演变直接受系统的组织结构和运行机制的影响和制约,而系统的结构和运行机制是否合理和高效,依赖于国家对发展科学的目标定位。

国家科学创新体系作为国家系统中的一个子系统,其形成与发展总是与国家发展的阶段性目标相联系,在不同的发展阶段所面临的问题和所要解决的矛盾不同,科学在社会系统中的地位和作用也不一样;同时,科学创新体系又具有自身演变的逻辑,即过去科研宏观管理制度的创新绩效对现在和未来创新能力产生重大影响。因此,应将科研宏观管理制度的历史演变及其特点与国家经济社会发展的历史实践结合起来,考察这一制度产生和发展的历史背景、条件和进程,分析不同发展阶段制度的优势和不足,把握哪些是发展中的问题,哪些是带有根本性的问题,以期揭示国家科学创新能力的演变规律。

第二,系统评价的维度。科学创新能力是由知识的、管理的、文化的诸多相互联系的要素构成的有机整体,是由多维能力构成的能力系统。评价一个国家科学创新能力不仅要看到创新的优势,还要看到创新劣势,有时候制度设计好了,劣势可以变成优势;不仅要看创新产出的数量和品质,还要看创新资源供给、创新投入一产出绩效;不仅要看到国家整体创新能力表现,还应该看到个体创新能力的发挥。通过对科学创新能力全面地考察和分析,从整体上把握制约国家科学创新能力的关键因素,科学技术发展状况能否为国家未来经济社会发展提供重要支撑,以及存在的差距等。因此,应从国家发展路径和国家科技体系布局出发,运用科学计量分析手段着重考察国家科学资源投入与系统产出的关系,考察科学创新产出的数量、质量与资源配置结构的关系,不同层面创新能力之间的关系以及国家整体科学创新能力的状况与地位等。

第三,合理比较的维度。任何事物的发展既具有共性或普遍性,又具有个性或特殊性,是共性和个性、普遍性和特殊性的辩证统一,科学的发展也不例外。一方面,科学发展离不开一定的制度和文化环境,不同国家科学资源禀赋不同,文化传统和制度环境不同,科学发展的路径选择可能存在较大差异,各个国家科学的

发展有其特殊规律。另一方面,科学研究创新具有相对独立性,有其自身发展的内在逻辑,科学的发展又存在普遍规律。这就为比较研究提供了可能性。随着全球经济一体化的发展,当前世界各国科学发展逐步走向全球化,研究问题、研究资源和研究手段的国际化趋势不断增强。这就使对不同国家的科学创新能力进行比较分析成为必要。因此,应将某一国家(地区)与当代主要科学强国的科学创新能力比较研究,考察其科学创新能力在国际上所处的地位和所面临的任務,着重分析时间与发展阶段、问题与路径选择、科学发展规律的普遍性与实现路径的特殊性等基本问题,探寻促进或制约科学创新能力提升的组织管理制度和文化因素。通过合理的比较分析,对国家科学创新能力状况提供全面而客观地判断。

对于创新能力的评价和测度是一项十分复杂的工作,至今未有得到普遍公认的测度标准,甚至对能否对科学创新能力进行量化和测度这个基本问题都有不同看法。本文所给出的科学创新能力评价方法是基于理论思考的假设,是否能够对科学创新能力的宏观表现做出恰当评价,尚待更详细深入的实证研究和实践检验。

参考文献:

- [1]朱丽兰.知识正在成为创新的核心[J].全球科技经济瞭望,1998(11):4.
- [2]刘忠,董海龙,等.自主创新300问[M].北京:知识产权出版社,2006:6-7.
- [3]赵红州.科学能力引论[M].北京:科学出版社,1984:7.
- [4]潘教峰,等.国际科技竞争力研究报告[M].北京:科学出版社,2010:11.
- [5]国家统计局科学技术部.中国科技统计年鉴[G].北京:科学出版社,2009:324.

## On Evolutional Path and Evaluative Dimension of Scientific Innovation Capability

CHENG Zhibo, WANG Yanyu, LI Zhengfeng

(Center for Science, Technology and Society, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** From the deep interpretation of scientific innovation and scientific innovation capability, this paper puts forward a new evaluation method based on the individual displaying degree and the whole displaying degree, and the national scientific innovation capability evaluation dimension comprised by historical analysis, system analysis and rational comparison. This paper also probes into the three kinds of typical evolutional path of the scientific innovation capability and their meaning.

**Key words:** scientific innovation capability; evaluation method; individual displaying degree; whole displaying degree

(责任编辑:江 雯)