

· 科学论坛 ·

我国研发投入、科技创新及经济效益初探

——基于复合系统发展水平及协调度的研究

赵敏^{1,2} 吴鸣然^{1,2*} 王艳红³

(1. 河海大学商学院, 南京 211100;

2. 江苏省科技体制改革思想库, 南京 210098;

3. 水利部海委漳卫南运河管理局, 德州 253000)

[摘要] 自主创新是一国经济发展、社会进步的重要动力。研发(R&D)投入能够通过促进科技进步、加快生产力发展产生经济效益,是增强一国科技创新能力的重要因素。本文基于系统协同论及离差原理,通过构建我国R&D投入、科技创新、经济效益三要素复合系统,测算该系统综合发展水平及协调度。研究表明:我国R&D投入、科技创新、经济效益复合系统的发展水平在波动中大幅提升,而协调度则在经历上升期后略有下滑,但基本处于良好协调水平。鉴于此,我国应以复合系统的协调发展为导向,在加大R&D投入的同时,兼顾提高科研体系管理能力,加快建设有效的科技创新激励机制,此外,还要完善市场导向的科技研发体系,促进新技术的市场化融合。

[关键词] R&D投入;科技创新;经济效益;发展水平;协调度

研发(R&D, research and development)是指在科学技术领域,为增加知识总量以及运用这些知识创造新的应用而进行的系统创新活动,包含基础研究、应用研究和试验发展三类活动。R&D投入被国际社会认定为反应一国科技实力及核心竞争力的关键指标,它的增加能够促进国家科学技术进步和生产力的发展,提高经济效益。因此,R&D投入、科技创新及经济效益三者可以共同构成一个复合系统。如果系统协调度较高,R&D投入对科技创新与经济效益的产生就存在较好的激励效应,反之,系统资源有被无效配置和浪费的可能,从而导致R&D资源投入因效率受损而无法达到预期收益。通常认为,R&D投入对科技创新和经济效益的促进作用主要取决于创新资源是否被有效利用及三者之间存在何种关系。本文在系统协同论的框架下,充分考虑数据的可得性,搜集、整理我国1995年、2000年、2005年,及2008—2014年相关数据,深入研究R&D投入、科技创新、经济效益三要素复合系统的发展水平、协调程度及演化趋势。

1 研究背景

近年来,随着国家对技术创新重视程度的提高和R&D活动的社会收益不断提升,越来越多的学者研究R&D投入、科技创新和经济效益关系。如:严成樑等^[1]、孙晓华等^[2]、谢兰云^[3]、卢方元等^[4]考察R&D活动与社会经济发展之间的关系,认为R&D投入对经济增长有明显的促进作用,并且R&D投入的短期波动亦会对经济增速造成震荡;(2)张杰等^[5]、卢馨等^[6]、任海云^[7-8]、孙早等^[9]探讨了R&D活动与企业主体之间的关系,指出现阶段我国市场化改革的滞后造成了企业主体对R&D活动监督难度增大,建议使用激励机制解决R&D活动中的代理问题;张杰等^[10]、廖信林等^[11]、孙早等^[12]、李勃昕等^[13]、顾元媛等^[14]、张西征等^[15]、唐保庆等^[16]分析了由市场和政府政策共同组成的周边环境与R&D活动的关系,指出周边环境的扭曲会对创新主体R&D投入产生抑制效应。

收稿日期:2016-11-17;修回日期:2016-12-25

* 通信作者,Email: wumr1992@163.com

然而,已有的研究仍存在不足之处,其中最主要在于多数研究直接分析 R&D 活动所产生的经济效益,缺乏对技术创新这一中间环节的探讨。本文认为,R&D 资本投入必须首先实现技术创新,只有新技术迎合了市场,丰厚的经济效益才能产生。这是一套完整的传导机制,忽略其中任何一环都会有损于研究的整体性。从理论上来说,技术创新受到机会成本、逆向溢出,以及消化吸收能力等^[17]因素的影响,对经济增长方式转变的作用复杂,具有较大的不确定性。同样,R&D 投入对于技术创新的激励作用不是简单的线性驱动过程,两者之间存在结构和动态的关系,需要形成合理的、系统性的新结构。因此,对 R&D 投入、科技创新与经济效益的发展现状及协调关系进行探讨具有一定的理论和应用价值。

2 R&D 投入、科技创新及经济效益发展能力评价方法与指标体系构建

2.1 R&D 投入、科技创新及经济效益的发展能力评价方法——熵值法

熵(Entropy)的概念起源于经典热力学理论,1948 年被 C. E. Shannon 引入信息论,并将其生成理论且命名为“信息熵(Information Entropy)”^[18],用作对不确定性的一种度量。指标熵值越大,对综合评价的影响越大,因此,可以根据各项指标观测值所提供信息的熵值大小来确定指标权重。设有 m 个待评方案, n 项评价指标,形成原始指标数据矩阵 $X=(x_{ij})_{m \times n}$,对于某项指标 x_j ,其指标值 x_{ij} 之间的差距越大,则该指标在综合评价中所起的作用越大;如果某项指标的值全部相等,则该指标在综合评价中不起作用。熵值法计算步骤如下:

(1) 由于熵值法计算采用的是各个方案某一指标占同一指标值总和的比值,因此不存在量纲的影响,不需要进行标准化处理。此外,为了避免求熵值时对数的无意义,需要进行数据平移:

对于正指标(越大越好):

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} + 1, \\ i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

对于负指标(越小越好):

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} + 1, \\ i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

(2) 计算第 j 项指标下第 i 个方案占该指标的比重

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

(3) 计算第 j 项指标的熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}),$$

其中, $k > 0, k = 1/\ln(n), e_j \geq 0$

(4) 计算第 j 项指标的差异系数。对第 j 项指标,指标值的差异越大,对方案评价的左右就越大,熵值就越小,定义差异系数:

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - E_e}$$

式中 $E_e = \sum_{j=1}^m e_j, 0 \leq g_i \leq 1, \sum_{j=1}^m g_j = 1$

(5) 求权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (1 \leq j \leq m)$$

(6) 计算 R&D 投入、科技创新及经济效益发展能力的综合得分:

$$s_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

2.2 指标体系构建

在充分考虑数据的全面、系统、可量化等方面,参考我国发展现状,结合理论分析,确定反应 R&D 投入、科技创新和经济增长的主要指标,并且建立指标体系,详见表 1。

2.3 R&D 投入、科技创新及经济效益复合系统的综合发展水平

我国 R&D 投入、科技创新及经济效益复合系统的综合发展水平呈现显著上升趋势。根据其变化趋势,本文将发展过程划分为 3 个时期。

(1) 初步发展期。1995—2005 年是我国 R&D 投入、科技创新的初步发展期。在这之前,我国经济中的计划色彩较为浓厚,研发投入与科技创新多为政府主导下的“集中力量办大事”,该模式下创新主体与创新的利益和风险没有直接的关系,因此创新效率较为低下。1995 年,中央政府正式提出“科教兴国”战略,开始国家科技创新体系全面建设。这一时期,随着科学教育方面的不断投入,我国建设了一批高水平的企业、高校以及科研机构,国家创新体系

表1 R&D投入、科技创新与经济增长综合评价指标体系

目标层	系统层	一级指标	二级指标	单位	权重
R&D投入、科技创新与经济效益评价(A)	R&D投入(B)	全国研究与试验发展(R&D)人员全时当量(B1)	B11 基础研究	万人年	0.144
			B12 应用研究	万人年	0.146
			B13 试验发展	万人年	0.143
	R&D经费内部支出(B2)		B21 企业	亿元	0.142
			B22 研究与开发机构	亿元	0.143
			B23 高等学校	亿元	0.142
			B24 其他	亿元	0.140
	科技创新成果(C)	专利成果(C1)	C11 国内、外三种专利申请受理数	件	0.249
			C12 国内、外三种专利申请授权数	件	0.249
		论文(C2)	C21 国外主要检索工具收录中国论文总数	篇	0.251
C22 国外主要检索工具收录的中国科技人员在国内外期刊上发表论文数			篇	0.251	
经济效益(D)	经济结构(D1)	D11 第二产业产值比重	%	0.167	
		D12 第三产业产值比重	%	0.167	
	经济增长(D2)	D21 GDP增长率	%	0.167	
		D22 人均居民消费增长率	%	0.167	
	经济总量(D3)	D31 国民生产总值	亿元	0.166	
		D32 全社会固定资产投资	亿元	0.166	

*注：本表评价范围为我国内地31个省域地区，且由于相关数据的缺失，未包括香港、澳门特别行政区和台湾省。

组成要素基本齐全，基本架构业已搭建。复合系统发展水平从1995年的0.05上升至2005年的0.27，可见该时期我国创新能力明显增强。然而，该时期我国科技创新体系远未完善，仍存在诸多不足。

(2) 快速成长期。2005—2011年是我国R&D投入、科技创新的快速成长期，主要得益于中央政府全面促进我国经济创新力的发展和提升。2006年1月，中央在全国科技大会首次提出建设“创新型国家”的宏伟目标^[19]，明确了我国创新的重点领域、优先主题、重大专项、前沿技术及基础研究等战略任务，并通过科技投入、税收激励、金融支撑、政府采购、引进消化吸收再创新、完善知识产权、建设高水平人才队伍、科技创新基地与平台以及加强统筹协调等方式确保我国创新能力快速增长，复合系统发展水平也相应快速上升至2011年的0.632。

(3) 稳定期。2011—2014年是我国R&D投入、科技创新的稳定期，受益于过去长期投入，我国的创新力终于进入到一个较高的稳态水平。2014年，复合系统得分已上升至0.778，相较于2011年又有明显进步。然而，该时期复合系统综合得分上

升速度较上个时期却相对平缓，我国创造力不再像上一个时期那样“高歌猛进”。本文认为，核心创造力的缺乏，导致了这个时期系统发展水平增长乏力。目前，虽然我国在R&D投入、科技创新和经济效益的规模上已跻身世界前列，且在部分技术领域达到世界先进水平，但从总体上看，仍未能摆脱“制造能力强、创造能力弱”的尴尬，关键技术仍然严重依赖进口，特别是发展战略性新兴产业所需要的核心技术仍与发达国家相差甚远，这都对我国创造力的增强造成一定程度的抑制效应。

2.4 R&D投入、科技创新及经济效益子系统的综合发展水平

分析1995—2014年我国R&D投入、科技创新和经济效益3个子系统发展水平(图1)，可以发现3个子系统均呈现波动上升趋势。其中，科技创新子系统增幅最大，经济效益子系统初始发展水平最高。R&D投入和科技创新两个子系统的变动轨迹极为相似，这证明了R&D投入对科技创新的推动作用。然而，经济效益子系统却在2011年后出现下滑，且与另外两个子系统之间的差距日益加大。

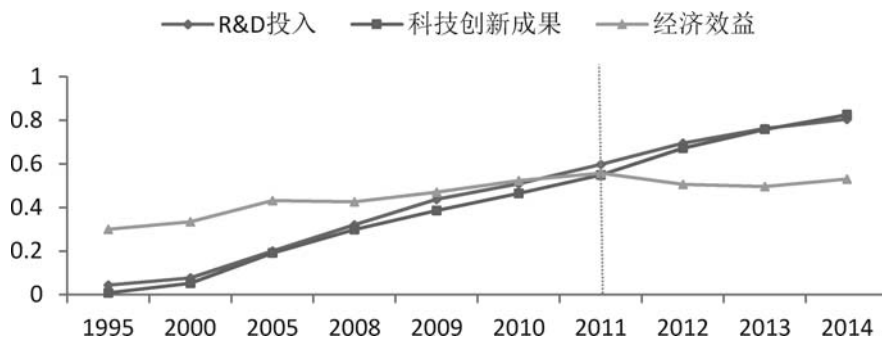


图1 我国R&D投入、科技创新和经济效益发展水平评价

由此可知,1995—2014年我国依靠研发投入和科技创新实现了经济效益提升。之所以经济效益子系统在2011年后出现下滑,是因为:①我国科技创新建设长期过于依赖资源投入,而忽视了企业技术消化和商业模式改善的跟进;②我国科技产业长期重复建设,已经面临产能过剩的困局;③近年来发达国家普遍加强技术壁垒以及知识产权保护力度,对我国的技术输出愈加“保守”,这削弱了我国企业进行科技创新和高端化建设的内在动力。基于此,本文进一步以该复合系统综合发展水平演变的3个时期为单位,研究3个子系统在不同时期的演化特征。

(1) 初步发展期。在此期间,经济子系统稳定提升,但R&D投入和科技创新子系统发展水平上升较为迅速。值得注意的是,R&D投入子系统发展水平一直略高于科技创新子系统,如果再考虑西方国家R&D活动对我国的溢出效应,只能说明该阶段R&D投入资源并未得到有效利用,科技成果产出率难以令人满意。此外,相较于经济效益子系统,R&D投入和科技创新子系统均徘徊在较低层次,说明科技投入创新活动与经济发展水平不相协调,这是因为该阶段创新系统正处于发育早期,不够成熟,科技成果对市场经济的服务能力也相对欠缺。

(2) 快速增长期。该时期3个子系统得分均取得一定程度上升,且逐渐趋于融合。这表明系统的协调度得到改进,科技创新对经济效益增长贡献率逐渐加大,我国经济在创造力发展方面取得明显进步。

(3) 稳定期。R&D投入子系统和科技创新子

系统的发展水平仍然保持上升势头,然而,长期保持增长的经济效益系统发展水平开始下滑。这说明体系内各子系统在该时期并没有进一步联系互动,整个系统缺乏有效集成,导致创新效果大打折扣。

3 R&D投入、科技创新及经济效益的系统协调性分析

3.1 协调度模型建构

R&D投入、科技创新、经济效益三者共同构成一个复杂、多层次系统,如果三者之间相互促进、配合得当,则系统协调性较好;如果三者之间相互摩擦、彼此制约,则系统协调性较差。本文基于系统协同论以及离差原理,用系统间特定距离来表示系统间协调程度,具体计算思路如下:

$$C = \left[\frac{f_1 \times f_2 \times f_3}{\left(\frac{f_1 + f_2 + f_3}{3} \right)} \right]$$

$$V = \alpha f_1 + \beta f_2 + \lambda f_3$$

$$H = \sqrt{C \times V}$$

上式中, C 为系统整体协调系数, V 为系统的总功能度, H 为总复合系统协调度。 α 、 β 、 λ 分别为R&D投入、科技创新、经济效益发展水平对应的权重,而且满足 $\alpha + \beta + \lambda = 1$,为 k 调节系数($k \geq 3$)。在本文中,取 $k=6$;且认为三者的发展同等重要,即 $\alpha = \beta = \lambda = \frac{1}{3}$ 。总系统协调度 H 的取值在0—1之间, H 越大说明协调程度越高。参照相关文献对协调程度等级的划分,本文对协调度划分标准如表2所示。

表2 系统协调度评价标准

协调度	[0, 0.4)	[0.4, 0.5)	[0.5, 0.6)	[0.6, 0.7)	[0.7, 0.8)	[0.8, 0.9)	[0.9, 1]
协调等级	严重失调	轻微失调	弱失调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

3.2 R&D投入、科技创新与经济效益复合系统协调度

基于前文分析,进一步结合表2中系统协调度等级结构,探究我国在R&D投入、科技创新和经济效益复合系统的协调度水平。1995—2014年复合系统协调水平总体呈上升趋势,但在2011年之后略有下降。第一个阶段是1995—2005年的初步发展期,协调度从0.002上升至0.415,仍属于轻微失调。在这个阶段,虽然国家创新体系建设取得很大进展,但受制于发展阶段的阻碍,体系内各要素主体并没有真正联系互动起来,导致系统缺乏有效集成,创新效果大打折扣。第二个阶段是2005—2011年的快速增长期,协调度从0.415上升至0.825,已经达到了良好协调。这得益于中央政府在在此期间内加大对自主创新的投入,各种科技公司和服务中介不断涌现,科技成果商品化、产业化进程不断加快,科研机构服务于经济建设的能力不断增强。第三个阶段是2011—2014年的稳定期,协调度在这一阶段下滑至2014年的0.797,这表明我国创新系统协调能力面临退步。

由以上分析可知,科技创新如果一味地依赖资源投入而忽略相关体系的建设与完善,无疑具有很大风险性。因此,当下我国在保持经济中高速增长的同时,构建良好的创新发展机制是实现创新驱动的当务之急。

3.3 R&D投入、科技创新与经济效益两两子系统协调度

总体来看,随时间的变化,R&D投入、科技创新与经济效益两两子系统之间协调度在发展轨迹上呈现出异质性的特征(图2)。

在1995—2005年的初步发展期,体系内两子系统协调性普遍上升,其中,R&D投入与科技创新成

果协调度上升幅度最大,发展水平最高,从0.018上升至0.441,但仍属于轻微失调。这表明,虽然这个期间内我国R&D投入、科技创新与经济效益的协调度取得发展,但仍差强人意。在2005—2011年的快速增长期,体系内两子系统协调性均延续了上升的势头,也呈现出趋同,在2011年均达到了中级协调的水平。这表明,此期间我国R&D投入、科技创新与经济效益的协调度发展让人满意。

在2011—2014年的稳定期,R&D投入与科技创新成果协调度继续上升,达到了优质协调(0.902)的级别。然而,体系内另外两个子系统却呈现出轻微下降的现象。本文认为原因在于:第一,从2011年起,我国经济增速持续下滑,进入“低增速”的新常态。由于经济效益子系统发展水平增速降低,拉低了与其相关的子系统协调度发展水平。第二,该阶段R&D投入和科技创新的技术成果并未取得相应的经济收益,科技成果在融入市场、产生收益方面面临障碍。

4 研究结论及政策建议

4.1 研究结论

通过构建R&D投入、科技创新、经济效益指标体系,对我国1995—2014年创造力复合系统综合发展水平以及协调程度进行了测度分析,主要研究结论如下:

(1)我国R&D投入、科技创新、经济效益发展水平总体呈现波动上升的变化趋势,并在3个时期呈现出差异化特征。在1995—2005年的初步发展期,随着国家对科技创新日益重视以及投入不断增加,我国开始全面创新体系建设,取得了很好的成绩,同时为下一步发展奠定基础。在2005—2011年的快速增长期,凭借有利的要素条件,借助强有力的

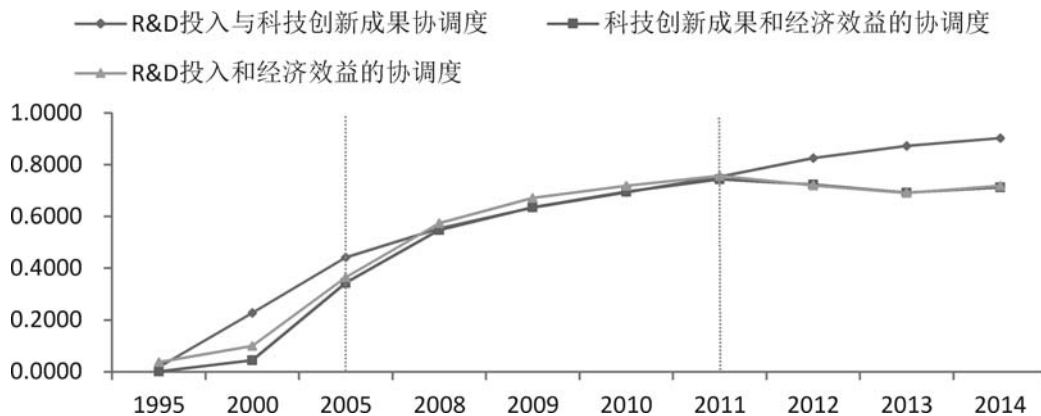


图2 我国R&D投入、科技创新及经济效益系统协调度变化趋势

宏观调控,我国经济取得了高速增长,带动了复合系统综合发展水平大幅度提升。在2011—2014年的稳定期,我国创造力达到了较高的稳态水平,虽然增速不及上一时期,但仍呈现上升趋势。我国经济发展进入新常态后,政府日趋重视科技创新的推动作用,复合系统发展水平将稳步上升。

(2) 我国 R&D 投入、科技创新、经济效益复合系统协调水平在研究期间内取得很大进步,虽然近年来有轻微下降,但基本处于良好协调水平。在1995—2005年的初步发展期,凭借有利的市场环境以及国家政策大力支持,两两子系统协调关系大幅提升。在2005—2011年的快速增长期,两两子系统呈现出趋同的发展状态,其中,R&D投入和经济效益的协调度始终优于另两种协调度。这是由于这个时期我国科技创新体系建设的不健全,导致科技创新成果难以创造应有的经济价值。在2011—2014年的稳定期,R&D投入和科技创新协调度继续保持上升,另外两种协调度则轻微下降。这主要是由于近年来我国经济增长持续下滑,从而拉低了与之相关联的子系统协调度。此外,我国发展水平不断上升,对科技创新成果的质量要求不断提高,现有的科技创新质量难以满足当下的要求,因此子系统水平出现了下降。

4.2 发现的主要问题

我国 R&D 投入、科技创新、经济效益复合系统的不完善严重制约了科研投入对经济创新的激励作用。究其原因,主要在于当下我国自主创新仍存在缺陷:第一,总体 R&D 投入强度不足。虽然国家近年来在 R&D 投入方面屡创新高,但强度与发达国家相比仍有差距。第二,投入结构不尽合理。长期以来,我国研发投入多以应用研究和试验发展为主,在基础研究上投入明显不足,导致国家技术储备严重不足,研发活动缺乏支撑,顶尖的核心技术更是少之又少。第三,研发效率明显偏低。不仅基础研究薄弱造成研发成果质量偏低,而且核心技术的缺乏严重制约了研发的发展潜力,此外,研发管理体系的欠缺也造成了研发活动波动性大、可持续性差。

4.3 政策建议

本研究认为,国家应当积极调整 R&D 投入结构,完善创新科研管理体制,加快新技术市场化进程,建立更为合作开放的创新体系,推动我国 R&D 投入、科技创新、经济效益复合系统长期协调发展,具体地说:(1) 完善研发投入机制,强化科研体系管理能力。首先,要保证政府财政对科技投入的支撑

力度。科技研发需要巨额投入,研发周期长且风险较大,单凭企业和民间机构自身投入远远不够,需要政府的财政支撑,以确保各类创新资源投入到位。其次,不断优化政府财政对研发资金的配置,将重点放在基础研究和共性技术研发领域,以增强国家科技研发后劲和经济社会可持续发展能力。再次,努力强化科研体系管理能力,改善研发资金使用的绩效考核和审计机制,促进研发资金使用效率的提高。(2) 建立有效的科技创新激励机制。政府要加强经济体制改革力度,强化市场对资源配置的决定性作用,使企业尤其是民营企业成为科技创新主要载体。通过物质奖励、税收减免等一系列手段,使创新主体成为真正的创新收益者,增加科技创新的动力。(3) 强化以市场需求为导向的创新支撑政策,促进新技术的市场化融合。一方面,改进引进消化吸收再创新政策,宏观部署市场促进科技创新的工作机制,完善技术采购和产品采购并重的政府采购制度,完善技术标准转化机制。另一方面,建立以需求为导向的科技创新体系。大力推进协同创新体系的建设,促进各创新主体形成持续合作的伙伴关系,加大科学技术商品化的支撑力度,总结技术商品化成功案例的经验教训,加强创新主体之间的交流与合作。

致谢 本研究得到江苏省软科学研究计划项目(编号:BR2016048)、江苏省软科学研究计划项目(编号:BR2015046)资助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 严成樾, 龚六堂. R&D 规模、R&D 结构与经济增长. 南开经济研究, 2013, 2: 3-19.
- [2] 孙晓华, 王昀, 郑辉. R&D 溢出对中国制造业全要素生产率的影响——基于产业间、国际贸易和 FDI 三种溢出渠道的实证检验. 南开经济研究, 2012, 5: 18-35.
- [3] 谢兰云. 中国省域 R&D 投入对经济增长作用途径的空间计量分析. 中国软科学, 2013, 9: 37-47.
- [4] 卢方元, 靳丹丹. 我国 R&D 投入对经济增长的影响——基于面板数据的实证分析. 中国工业经济, 2011, 3: 149-157.
- [5] 张杰, 芦哲, 郑文平, 陈志远. 融资约束、融资渠道与企业 R&D 投入. 世界经济, 2012, 10: 66-90.
- [6] 卢馨, 郑阳飞, 李建明. 融资约束对企业 R&D 投资的影响研究——来自中国高新技术上市公司的经验证据. 会计研究, 2013, 5: 51-58.
- [7] 任海云. 股权结构与企业 R&D 投入关系的实证研究——基于 A 股制造业上市公司的数据分析. 中国软科学, 2010, 5: 126-135.
- [8] 任海云. 公司治理对 R&D 投入与企业绩效关系调节效应研究. 管理科学, 2011, 24(5): 37-47.
- [9] 孙早, 宋炜. 企业 R&D 投入对产业创新绩效的影响——来自中国制造业的经验证据. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(4): 49-63.

- [10] 张杰,周晓艳,李勇. 要素市场扭曲抑制了中国企业 R&D. 经济研究, 2011, 46(8): 78-91.
- [11] 廖信林,顾炜宇,王立勇. 政府 R&D 资助效果、影响因素与资助对象选择——基于促进企业 R&D 投入的视角. 中国工业经济, 2013, 11: 148-160.
- [12] 孙早,刘李华,孙亚政. 市场化程度、地方保护主义与 R&D 的溢出效应——来自中国工业的经验证据. 管理世界, 2014, 8: 78-89.
- [13] 李勃昕,韩先锋,宋文飞. 环境规制是否影响了中国工业 R&D 创新效率. 科学学研究, 2013, 31(7): 1032-1040.
- [14] 顾元媛,沈坤荣. 地方政府行为与企业研发投入——基于中国省际面板数据的实证分析. 中国工业经济, 2012, 10: 77-88.
- [15] 张西征,刘志远,王静. 企业规模与 R&D 投入关系研究——基于企业盈利能力的分析. 科学学研究, 2012, 30(2): 265-274.
- [16] 唐保庆,陈志和,杨继军. 服务贸易进口是否带来国外 R&D 溢出效应. 数量经济技术经济研究, 2011, 28(5): 94-109.
- [17] 唐未兵,傅元海,王展祥. 技术创新、技术引进与经济增长方式转变. 经济研究, 2014, 49(7): 31-43.
- [18] Shannon CE. A mathematical theory of communication. Bell System Tech, 1948, 27: 379-423.
- [19] 马光远. 中国创造力报告(2012—2013). 北京:社会科学文献出版社, 2013.
- [20] 涂成林等. 自主创新的制度安排. 北京:中央编译出版社, 2011.

Preliminary exploration on R&D investment, science and technology innovation and economic benefit of China: research on the development level and coordination degree of compound system

Zhao Min^{1 2} Wu Mingran^{1 2} Wang Yanhong³

(1. School of Business, Hohai University, Nanjing 211100;

2. The science and technology structural reform thinking tank of Jiangsu province, Nanjing 210098;

3. Zhangweinan Canal Management Bureau of Haihe River Water Conservancy Commission, Ministry of Water Resources of P. R. China, Dezhou 253000)

Abstract Independent innovation is an important driving force of a country's economic development and social progress. R&D investment can produce economic benefits by promoting scientific and technological progress and accelerating the development of productive forces, and it becomes an important factor to enhance a country's technological innovation capability. Based on the synergetic theory and dispersion principle, we estimates the comprehensive development level and coordination degree of the system by constructing a three-factor composite system which consists of R&D investment, scientific and technological innovation and economic benefit in China. The research shows that the whole country's R&D investment, scientific and technological innovation and the development level of the complex system are in a substantial increase with fluctuation, and that the coordination degree is basically in a good level of coordination, though there is a slight decline after the rise. Therefore, guided by the coordinated development of the composite system, China should not only increase the R&D investment, but also give consideration to the following aspects: improving the system management of scientific research capabilities; accelerating the construction of effective incentive mechanism for scientific and technological innovation; consummate market-oriented R&D system to promote the integration of new technology markets.

Key words R&D investment; scientific and technological innovation; economic benefits; development level; coordination degree