

中国研发投资回报率新估计与 省际最优规模:理论与经验证据

卓玛草¹

【摘要】: 在 Jones 和 Williams (1997, 2000) 理论框架下, 分别求解研发投资规模的分散经济稳态解、实际解与最优解的参数解析式, 以中国 30 个省(市、自治区, 除西藏)为样本, 结合成本函数法、R&D 净投入校正及对数线性化修正模型, 采用全面 FGLS 方法估计中国整体研发投资回报率为 0.7872; 确定关键参数取值刻画中国式创新知识生产函数性质与外部环境特征基础上, 估算分省实际研发投资规模相对稳态规模、最优规模的大小及偏离程度, 研究发现: 中国省际研发投资规模存在“实际规模<稳态规模<最优规模”内在规律, 其中宁夏、甘肃、山西、青海等西部省份的实际研发投资规模偏离最优规模最大。

【关键词】: 内生增长 研发投资回报率 实际规模 最优规模

【中图分类号】: F204 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1009-2382(2021)03-0011-10

一、引言与文献评述

党的十九大报告强调, 创新是引领发展的第一动力, 高质量建设创新型现代化经济体系, 创新成为维持和驱动中国经济可持续发展的决定性因素。中国创新驱动发展战略的贯彻实施中, 从中央到地方各级政府广泛实施技术创新激励政策, 推动中国 R&D 经费投入强度自 2013 年的 2.0% 不断提升至 2018 年的 2.19%。根据《2018 年全球创新指数报告》, 中国专利申请数量占全球总量的 46.6%, 连续 7 年位居世界第一。余泳泽和张先轺 (2015) 提出中国地方政府创新之争陷入“R&D 崇拜”, 但伴随创新投入强度和产出(专利)爆发式增长, 影响全要素生产率的技术水平却没有明显提升, 中国式创新陷入了“低质低效”的双低困境(诸竹君等, 2020)。对于中国式创新而言, 研发与创新是生存的跳跃支点, 是高飞的有力双翼。国内鲜有文献对中国创新驱动战略提出以来的研发投资回报率和最优研发投资规模进行研究, 真实地把握研发投资回报率有助于客观认识研发投资规模, 利用宏观省级层面数据对中国式创新基本特征进行经验归纳和总结, 是本文的研究意义所在。

习近平总书记提出: “要发挥创新引领发展第一动力作用, 实施一批重大科技项目, 加快突破核心关键技术, 全面提升经济发展科技含量, 提高劳动生产率和资本回报率。”¹ R&D 投资作为资本投入的构成部分, 强调运用现有知识存量推动新知识生产及技术创新而具有非竞争性、部分排他性特征, 区别于一般有形物质资本决定了研发投资回报率与资本投资回报率不一致, 以往研究少有文献细分估计 R&D 资本回报率, 估计中国研发投资回报率是本文的研究目标之一。创新驱动发展战略下中国 R&D 投入和创新发展速度持续加快, 但是全要素生产率提升水平相对缓慢, 考察中国现实经济中实际研发投资规模过度抑或不足, 是本文的研究目标之二。回顾关于研发投资回报率的前期研究, Griliches 等 (1979) 最早创建 R&D 与生产率之间关系研究的理论框架, 将 R&D 存量作为一种独立的生产要素纳入传统 C-D 生产函数估算 R&D 产出弹性。按“索洛余值”将全要素生产率(TFP)视为独立于劳动、资本和中间投入等解释变量的残差, R&D 投资产生的回报是技术进步和生产率提升的源泉, 从而搭起了 TFP 与 R&D 投资内在关系研究的“桥梁”。Jones 和 Williams (1997) 在内生增长框架下提出估算研发投资回报率和最优研发投资规模的一般性分析框架而具有方法论贡献, 参数模拟 R&D 投资回报率在 0.28~0.3 之间、资本收益率位于 0.07 下限水平时, 估算最优 R&D 投资规模是实际

¹作者简介: 卓玛草, 西北师范大学经济学院副教授、博士(兰州 730070)。

基金项目: 国家社会科学基金西部项目“户籍制度城市规模体系与城市化健康发展的关联性研究”(编号: 2018XSH004)

R&D 投资规模的 4 倍。Jones 和 Williams (2000) 进一步在消费者剩余、知识溢出、毁灭式创新与重复效应四种扭曲效应下系统分析实际研发投资规模与最优规模存在的差别,但考虑估计研发投资回报率实证分析的计量困难,通过数值模拟比较发现只要利率与重复效应参数取值在合理区间,实际研发投资规模比最优研发投资规模要小。程惠芳和陈超 (2017) 运用宏观知识生产函数研究了 130 个经济体不同类型知识资本对全要素生产率的影响,但仍属于 R&D 资本弹性研究,而未估计研发投资回报率。王玲和 Adam Szirmai (2008) 利用人均生产函数模型,依据 R&D 边际收益率推算研发投资回报率为 1.45,但这种利用 R&D 产出弹性推算回报率的方法由于缺乏系统核算框架而不可避免存在偏差。严成樑等 (2010) 是国内唯一基于 Jones 和 Williams (1997) 方法考察中国知识生产函数的性质并估算中国研发投资回报率的文献,得出中国分省研发投资回报率普遍在 20%-60% 之间,陕西除外的 30 省(市、自治区)实际研发投资规模均小于最优研发投资规模。王玲和 Adam Szirmai (2008)、严成樑等 (2010) 在结语中均提出自身研究存在测度误差、变量缺失、联立内生性等细节技术处理及模型设定偏误的缺陷,如何在一个系统的核算框架下精准地估计中国研发投资回报率及最优规模是本文的重点、难点与边际贡献之处。以下从四个方面提出可能的基础性边际贡献:

(1) 判断比较研发投资规模的视角不同。本文从资源配置效率和经济扭曲视角,基于 Jones 和 Williams (1997, 2000) 一般性理论分析框架和最优化问题研究方法,分别求解并估算了研发投资规模的分散经济稳态解、实际解与最优解的参数解析式和显示解,实际研发投资规模小于最优规模归因于经济处于非均衡、资源配置存在扭曲的双重效率损失。

(2) 估算研发投资回报率的框架不同。不同于严成樑等 (2010) 利用经济处于稳态时资本收益率等于研发投资回报率的均衡等式,结合相应的参数设定、现实数据估算研发投资回报率,本文选择增长核算框架下设定全要素生产率增长率对研发投资强度的计量回归模型,实证估计研发投资回报率的系数值。

(3) 确定参数取值的方法和意义不同。不同于严成樑等 (2010) 直接利用知识生产或总量生产函数计量方法估计参数取值,本文部分参数利用中国现实数据直接获得,其余参数依据模型推导外生参数之间的内在关系式计算而得,其中研发投资回报率参数值准确估计至关重要,根据其值可进一步推得 R&D 部门知识生产函数重复效应、溢出效应的参数值。

(4) 处理变量测度误差、变量缺失、联立内生性等技术细节的方法不同。一是借鉴 Hall 等 (2009) 处理 R&D 投资存量考虑存在 15% 的折旧率;二是在资本存量估算中采用分省分年度差异化的折旧率,尽可能真实地核算省际 TFP 以保证正确估算 R&D 投资规模。

本文的内容安排如下:第二部分是基准模型,求解分散经济均衡下稳态研发投资规模与一般性理论分析框架下的最优研发投资规模;第三部分提出估计研发投资回报率计量模型与实际研发投资规模估计策略;第四部分利用中国经验数据估算结果;第五部分是结论。

二、基准模型、研发投资规模均衡解与最优解

本文在熊彼特内生增长理论框架下,构建内生化知识生产、研发投入和技术进步的中间产品种类扩张模型并假设:技术进步表现为中间产品种类数量的增加,但中间产品要素投入是不完全替代的;创造性毁灭是部分的,中间产品创新获得短期垄断收益,新旧两类产品可以同时存在于市场;内生化知识生产取决于 R&D 资本投入及知识存量,而未单独考虑 R&D 人员数量,知识生产存在非规模经济。

1. 经济环境

最终产品生产部门:假设最终产品生产依赖于劳动力 L 、一系列中间产品 X 等竞争性要素投入,采用常替代弹性生产技术的 CES 生产函数给出如下总产出:

$$Y_t = L_t^\alpha \left(\sum_{i=1}^{A_t} x_{it}^{\rho(1-\alpha)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (1)$$

其中, α 和 $1-\alpha$ 为劳动、资本产出弹性, x_{it} 为第 i 种中间产品数量, A_t 表示中间产品种类数, ρ 为中间产品多样性的替代参数, 最终产品部门利润最大化得到中间产品反需求函数为:

$$p_{it} = (1-\alpha) L_t^\alpha \left(\sum_{i=1}^{A_t} x_{it}^{\rho(1-\alpha)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}-1} x_{it}^{\rho(1-\alpha)-1} \quad (2)$$

其中, p_{it} 表示中间产品 i 的价格, 相对于社会“最优”而言分散决策经济体无法将所创造的全部“消费者剩余”用于生产而存在静态的效率损失, 导致创新激励扭曲使实际研发投入规模“不足”, 称为“消费者适度剩余”问题。

中间产品生产部门: 假设中间产品和资本品使用相同的线性技术进行生产, 即一单位资本品转化为一单位中间品 $k_{it}=x_{it}$, 且满足 $\int_0^1 x_i di = K_t$ 的约束条件, 一系列具有垄断权利的中间产品生产厂商选择中间产品的数量追求利润最大化 $\max \{ \pi_{it}=p_{it}x_{it}-r_t x_{it} \}$, 可得中间产品边际产品垄断加成定价为:

$$p_i = \eta_i r_t, \text{ 且 } \eta_i^U = \eta^U \equiv \frac{1}{\rho(1-\alpha)} \quad (3)$$

其中, r_t 为单位资本利息成本。首先, 本文放宽了 Romer (1990) 模型假定 $\rho=1$ 使垄断产品加成定价等于资本收入份额的倒数 ($\eta=\frac{1}{1-\alpha}$) 过度限制。其次, “创造性毁灭是部分的”表现为新产品“创新簇(Ψ)”中仅有占比 $1/(1+\Psi)$ 新产品生产是真正意义上的创新, 剩余 $\frac{1}{1+\Psi}$ 部分为现有中间产品的升级。因此, 新旧两种产品同时存在于市场的产品竞争使中间产品垄断加成定价从不变约束 (η^U) 转化为受约束的定价模式 (η^C), “创新簇”产品加成定价的上限为:

$$\eta_i \leq \eta_i^C = \eta_i \Rightarrow \min(\eta_i^U, \eta_i^C) \Rightarrow \eta \leq \eta^C \equiv \left(\frac{1+\Psi}{\Psi} \right)^{\frac{1}{\rho(1-\alpha)-1}} \quad (4)$$

其中, “创新簇(Ψ)”越大, 则受约束的加成定价越小; 资本品替代弹性越高 (即 $1/(1-\rho(1-\alpha))$ 越高或 $\rho(1-\alpha)$ 越高), 则受约束的加成定价越小。由对称性可知均衡时中间产品厂商生产相同的产量 ($x_{it}=x_t=K_t/A_t$), 且可推得垄断利润为:

$$\pi_i = \pi = \left(\frac{\eta-1}{\eta} \right) (1-\alpha) \frac{Y_t}{A_t} \quad (5)$$

R&D 部门: 假设知识生产取决于 R&D 资本投入数量与经济中知识存量, δ 为 R&D 部门从事研发活动的生产率, 给出 R&D 部门知

识生产函数为:

$$(1 + \Psi) \dot{A}_t = \delta_t E_t = \delta E_t^\lambda A_t^{1-\lambda}, \lambda \in (0, 1] \quad (6)$$

其中, $\dot{A}_t$ 表示新知识生产, A_t 为经济体中总的知识存量, E_t 为 R&D 资本投入 (将研发人员人力资本与资产设备物质资本结合起来)。知识生产函数效率参数设定为: $\Psi \neq 0$ 表示中间产品“创新簇”中部分产品被升级的概率为 Ψ , $0 < \lambda \leq 1$ 表示重复效应也称踩脚效应, $0 < \phi < 1$ 表示巨人肩膀效应也称跨期溢出效应。根据 Romer (1990), R&D 创新带来的垄断利润现值等于研发成本, 生产知识的价格为:

$$P_{At} (1 + \Psi) \dot{A}_t = E_t \Rightarrow P_{At} = \frac{s_t Y_t}{g_{At} A_t (1 + \Psi)} \quad (7)$$

其中, P_{At} 为新知识市场价值, g_{At} 表示知识生产增长率, s_t 为研发投资强度。正如 Aghion 和 Howitt (1992)、Grossman 和 Helpman (1991) 提出“毁灭式创新”对分散经济具有“胡萝卜+大棒”正负双重效应, 当“胡萝卜”正面效应大于“大棒”负面效应得到毁灭式创新正向净效应引致对研发“过度”激励。新产品决定论框架下 R&D 部门无套利自由进入条件为:

$$r_t P_{At} = \pi_t + \dot{P}_{At} - \Psi \frac{\dot{A}_t}{A_t} P_{At} \Rightarrow r_t = \frac{\pi_t}{P_{At}} + \frac{\dot{P}_{At}}{P_{At}} - \Psi \frac{\dot{A}_t}{A_t} \quad (8)$$

根据 (8) 式可以看出, 新产品研发收益率等于目前垄断利润现值 π_t/P_{At} 加上企业价值变化所带来的的收益率 $\dot{P}_{At}/P_{At}$, 再减去被下一代创新产品替代的预期损失 $\Psi \frac{\dot{A}_t}{A_t}$ 。

2. 分散经济均衡与稳态研发投资规模

分散经济均衡所描述状态是经济增长收敛于平衡增长路径 (BGP) 上, 但与 Pareto 最优相比资源配置可能存在扭曲, 假设劳动力供给外生增长率为 n , 选择价格组合 $\{P_{At}, w_t, r_t, p_t\}$, 资源配置组合 $\{c_t, K_t, L_t, x_{it}\}$ 满足: 消费者效用最大化、各生产部门追求企业价值最大化且中间产品部门具有垄断加成定价制定力, 劳动力市场出清、资本市场供需均衡。上述约束条件表达式为:

$$\begin{aligned} L_t &= L_0 e^{nt}; w_t = \alpha \frac{Y_t}{L_t}; \int_0^A x_{it} = K_t; K_t = (1 - s_t) Y_t \\ &- C_t \quad (9.1 \sim 9.4) \\ \frac{\dot{c}_t}{c_t} &= \frac{1}{\gamma} (1 - n - \theta), c_t \equiv C_t \mathcal{L}_t \quad (10) \end{aligned}$$

按照(1)-(8)式以及(9.1~9.4)-(10)式约束条件,可以得到分散经济在稳态时的竞争性均衡解 $\{Y_t, L_t, x_{it}, p_{it}, r_t, \eta_{it}, \eta_{Cit}, \eta_{Uit}, \pi_{it}, A_t, R_t, P_{At}, K_t, w_t, c_t\}$ 。

首先,在BGP增长路径上, g_x 表示变量 x 的稳态增长率,经济增长、资本积累与R&D投资以相同的增长率增长 ($g_Y = g_A = g_E$, 稳态下为常数),知识存量的增长率为 $\frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{\delta}{1+\Psi} \cdot \frac{E_t}{A_t^{1-\sigma}}$, 两边取对数并关于时间求导数,可得:

$$g_A = \frac{\lambda}{1-\varphi} \cdot g_E = \frac{\lambda}{1-\varphi} \cdot g_Y \quad (1)$$

其次,将约束条件(9.3)式 $A_t x_{it} = K_t$ 恒等式代入(1)式,可得加总最终产品生产函数为:

$$Y_t = A_t)^{\frac{1}{1-\alpha}} L_t^\alpha (x_t)^{1-\alpha} = A_t)^{\frac{1}{1-\alpha}} L_t^\alpha (K_t/A_t)^{1-\alpha} = A_t)^{\frac{1}{1-\alpha} - (1-\alpha)} L_t^\alpha K_t^{1-\alpha} = A_t^\sigma L_t^\alpha K_t^{1-\alpha} \quad (2)$$

其中, $\sigma = 1/\rho - (1-\alpha)$, 对(12)式取对数并关于时间求导数得 $g_Y = \sigma/\alpha g_A + n$, 将 g_Y 代入(11)式可得:

$$g_A = \frac{\lambda_n}{1-\varphi - \lambda \frac{\sigma}{\alpha}}, g_Y = \frac{\sigma}{\alpha} g_A + n \quad (3.1 \sim 3.2)$$

上述两个等式意味着人均产出增长率取决于人口增长率 n 及知识生产函数的外生参数,依据(7)式可得 $\frac{\dot{P}_{At}}{P_{At}} = g_A - \frac{E_t}{A_t}$, 结合无套利自由进入条件(8)式得 $\frac{P_{At}}{r_t - (g_Y - g_A) + \Psi g_A} = \frac{\pi_t}{r_t - (g_Y - g_A) + \Psi g_A}$ 。最后,将 P_{At} 代入 R&D 零利润均衡条件(7)式,得到 $\frac{g_A A_t (1+\Psi) E_t}{r_t - (g_Y - g_A) + \Psi g_A} = \delta Y_t$, 进一步将利润方程(5)式代入化简可求得分散经济均衡时的稳态研发投入规模 s^{DC} :

$$s^{DC} = \frac{\frac{\eta-1}{\eta} (1-\alpha) (1+\Psi) g_A}{r - g_Y + (1+\Psi) g_A} \quad (4)$$

3. 研发投入社会回报率和最优研发投入规模

本文采用 Jones 和 Williams (1997) 提出的估算研发投入社会回报率和最优研发投入规模的一般性理论分析框架³。首先,构建一般化情形下知识生产函数 $G(E_t, A_t) = A_t + 1 - A_t = \nabla A_t + 1$, 记 $\nabla A_t + 1 = (\partial G / \partial E)_t$ 表示 1 单位 R&D 投资对 $t+1$ 期知识生产的贡献,符号 ∇ 表示相对稳态的路径偏离,以最终产品为计价物表示知识生产的单位价格为 $P_{A,t}$ 。其次,定义研发投入回报率是指在 BGP 平衡增长路径上以第 t 期 1 单位消费用作研发投入,则第 $t+1$ 期的消费可以增加的量即为“回报”,包括两个部分:① $\frac{\partial Y}{\partial A} \cdot \frac{\partial G}{\partial E} = \frac{\partial Y}{\partial A} \cdot \nabla$

At+1, 表示 R&D 投资使 t+1 期知识存量增加有利于生产率提升使得 t+1 期总产出增加;② $-\Delta R_{t+1} = -\frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} \cdot \left[1 + \left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1}\right] = -\frac{P_{A,t+1}}{P_{A,t}} \cdot [1 + \varphi g_A]$, 表示第 t+1 期减少的研发投资量用于消费的增加, 为了使 t+2 期知识存量与稳态均衡

增长路径一致, 令 $\nabla A_{t+2}=0$ 推得 $-\frac{\Delta R_{t+1}}{R_{t+1}} = -\frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} \cdot \left[1 + \left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1}\right]$, 从而研发投资回报率满足:

$$1 + \tilde{r} = \left(\frac{\partial G}{\partial R}\right)_t \cdot \left(\frac{\partial Y}{\partial A}\right)_{t+1} + \frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} \cdot \left[1 + \left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1}\right] \quad (5)$$

利用 $P_{A,t} = (\partial G/\partial E)_{t+1}$ 关系式, g_{p_A} 表示 $p_{A,t}$ 的增长率, 将(15)式进一步变形为 4:

$$\begin{aligned} \tilde{r} &= \left(\frac{\partial G}{\partial E}\right)_t \cdot \left(\frac{\partial Y}{\partial A}\right)_{t+1} + \frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} \cdot \left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1} + \\ &\left[\frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} - 1\right] = \left(\frac{\partial G}{\partial E}\right)_t \cdot \left(\frac{\partial Y}{\partial A}\right)_{t+1} + \frac{\partial G/\partial E}{\partial G/\partial E}_{t+1} \cdot \\ &\left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1} + g_{p_A} = \frac{\left(\frac{\partial Y}{\partial A}\right)_{t+1} + \left(\frac{\partial G}{\partial A}\right)_{t+1} \cdot P_{A,t+1}}{P_{A,t}} + g_{p_A} \quad (6) \end{aligned}$$

进一步, 考虑 R&D 部门知识生产函数具体形式为 $(1+\Psi) \cdot A_t = \delta E \lambda t A \phi t$, 在最终产品生产函数中引入 R&D 投资存量 R 与跨地区溢出研发资本 R', 扩展的 C-D 生产函数 $Y_t = K^{1-\alpha} L^\alpha R \xi t (Rwt)^{\omega e^{u_t}}$, 结合(16)式整理可推得 R&D 投资社会回报率的表达式为:

$$\tilde{r} - 0 = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + \varphi g_A + g_Y - g_A \quad (7)$$

其中, 在推导中利用 $\frac{\partial Y}{\partial A} = \frac{\partial Y}{\partial A} \cdot \left(\frac{\partial A}{\partial E}\right)^{-1} = p_A = \frac{E}{\partial G} = \frac{1}{\partial G/\partial E} \cdot \frac{\partial G}{\partial A} = \frac{\partial G}{\partial A} = \frac{\partial A}{\partial A} = \varphi g_A$ 及研发投资规模 $s = EY$ 表达式; 根据 $g_{p_A} = (1-\lambda) g_E - \phi g_A$, $g_Y = g_E$ 与 $\lambda g_E = (1-\phi) g_A$ 易知 $(1-\lambda) g_Y = \phi g_A + g_Y - g_A$, 根据(17)式反解最优研发投资规模 $s^{optimal}$:

$$\begin{aligned} s^{optimal} &= \frac{\lambda \sigma g_A}{r - (g_Y - g_A) - \varphi g_A} \text{ 或} \\ s^{optimal} &= \frac{\lambda \sigma g_A}{r - (1-\lambda) g_Y} \quad (8) \end{aligned}$$

三、研发投资回报率与实际研发投资规模的估计

1. 研发投资回报率估计的计量模型设定

估算 R&D 投资的回报, 研发资本的边际产出 $\partial Y / \partial R$ 可视为研发投资回报率, 记为 $r \sim PL$, 扩展的 C-D 生产函数产出增长率表达式为:

$$d \ln Y_{it} = \mu + (1 - \alpha) d \ln K_{it} + \alpha d \ln L_{it} + \xi d \ln R_{it} + \omega d \ln R_{it}^w + \varepsilon_{it} \quad (19)$$

依据“索洛剩余法”标准增长核算框架定义全要素生产率为 $TFP = Y / K^{1-\alpha} L^\alpha$, 结合 (19) 式可得:

$$d \ln TFP_{it} = \mu + \xi d \ln R_{it} + \omega d \ln R_{it}^w + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

其中, 研发投资回报率为 $\frac{\partial Y}{\partial R} = \xi \cdot \frac{Y}{R}$, 可得 $\xi = \frac{\partial Y}{\partial R} \cdot \frac{R}{Y}$, 在未考虑折旧时 R&D 资本存量增加量等于实际 R&D 经费投入 (E), $E = dR$ 意味着 $\xi d \ln R = \xi \frac{dR}{R} = \xi \left(\frac{dR}{Y} \right) \cdot \frac{Y}{R} = \tilde{r}^{PL} \cdot \frac{R}{Y} \cdot \left(\frac{E}{Y} \right) \cdot \frac{Y}{R} = \tilde{r}^{PL} \frac{E}{Y}$, i 和 t 表示地区和时间, 暂时忽略外部研发资本空间溢出效应, (19) 和 (20) 式可进一步写成:

$$d \ln Y_{it} = \mu + (1 - \alpha) d \ln K_{it} + \alpha d \ln L_{it} + \tilde{r}^{PL} \frac{E_{it}}{Y_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

$$d \ln TFP_{it} = \mu + \tilde{r}^{PL} \frac{E_{it}}{Y_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

分析 (22) 式基本模型的经济意义, 全要素生产率增长率回归方程将 R&D 投入强度 $\frac{E}{Y}$ 作为解释变量, 其偏回归系数即为研发投资回报率。但 (22) 式存在两处需要进一步修正的地方。第一, 分析净 R&D 投资增长率 $\frac{dR_{it}}{R_{it-1}} = \frac{E_{it} - \delta R_{it-1}}{R_{it-1}} = \frac{E_{it} - \delta E_{it-1} / (1 + g_1 + g_2)}{R_{it-1}} = \frac{E_{it}}{R_{it-1}} \left[1 - \frac{\delta}{(1 + g_1)(1 + g_2)} \right]$ 可推得 $\tilde{r}^{PL} = \frac{\partial}{\partial (E/Y)} \left[1 - \frac{\delta}{(1 + g_1)(1 + g_2)} \right] = \tilde{r}^{PL}$, 记 $\tilde{r}^{PL}$ 为 R&D 投资存量的增量经折旧后的研发投资回报率, 存在 $\tilde{r}^{PL} = \tilde{r}^{PL} \frac{E_{it}}{Y_{it}}$ 内在关系。因此, R&D 存量增加实际是 R&D 投资减去折旧, 假设 R&D 投资未折旧使得增量测算存在高估偏误, 导致回归系数有可能被低估。第二, 研发投资回报率与 R&D 资本的产出弹性存在 $\tilde{r}^{PL} = \xi \cdot \frac{Y}{R}$ 内在关系。但是, 在实际样本数据中 R&D 资本的产出弹性是一个随机变量, 与研发投资回报在稳态中预期收益为常数性质不相符, 借鉴 Hall 等 (2009) 提出成本函数修正法, 将增长核算框架中的资本与劳动产出弹性系数 $(1 - \alpha)$ 和 α 替换为根据地区生产总值收入法核算的资本收入份额 (s_k) 和劳动收入份额 (s_l), 因此, (22) 式修正后的 TFP 增长率回归计量模型表述如下:

$$d\ln TFP_{it} = \mu + \tilde{r}^{PL, \delta} \frac{E_{it} - \delta R_{it-1}}{Y_{it}} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

进一步考虑(23)式可能存在模型设定偏误：一是未控制影响生产率的其他因素，二是没有考虑知识生产函数存在拥挤效应、跨期知识溢出效应等性质。本文采用对(6)式知识生产函数进行对数线性化方法修正模型设定偏误，具体过程是将知识生产函数表示为原变量(E, A)的自然对数的函数，然后将函数在稳态状态点(均衡点)附近一阶泰勒展开，即转化为为知识生产函数的对数线性形式，表达式如下：

$$\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} \cong c + \lambda g_A \frac{S_{it}}{S} + \lambda g_A \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_t}\right) + (\phi - 1) g_A \ln\left(\frac{A_{it}}{A_t}\right) \quad (4)$$

将(24)式方程左右两边同乘以 σ 且考虑研发投入存在折旧，可进一步写成计量模型：

$$d\ln TFP_{it} \cong c + \frac{\lambda \sigma g_A}{s} \frac{E_{it} - \delta R_{it-1}}{Y_{it}} + \lambda g_{TFP} \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_t}\right) + (\phi - 1) g_A \ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_t}\right) + \epsilon_{it} \quad (5)$$

2. 中国情景下实际研发投入规模的估算策略

在 Jones 和 Williams (1997) 一般性理论分析框架下求解不受先验假设、市场特征影响的实际研发投入规模参数表达式，并结合中国实际数据选择参数取值可估算中国各省际实际研发投入规模显示解。与分散经济竞争性均衡解相对比，可以证明中国情景下的实际 R&D 投资规模与经济收敛于 BGP 路径上稳态 R&D 投资规模是非一致的。进一步，将(25)式和(23)式对比发现，TFP 增长率回归模型中研发投入规模的回归系数存在“ $\frac{\lambda \sigma g_A}{s}$ ”的等价关系并用 $\tilde{r}^{PL, \delta}$ 替换(17)式中 $\tilde{r}^{PL, \delta}$ ，观察一般性分析框架下研发投入“社会回报率($\tilde{r}^{PL, \delta}$)”与利用 TFP 增长率回归方程估计 R&D 投资“私人回报率($\tilde{r}^{PL, \delta}$)”之间的差异，发现私人回报率忽略了跨期知识溢出效应 ϕg_A 与资产价值变化率 $g_Y - g_A$ 。结合上述分析得到的核心结论：第一，从 Jones 和 Williams (1997) 一般性分析框架可知研发投入规模与社会投资回报率之间存在一一对应的函数关系，只要确定研发投入规模则有唯一的研发投入社会回报率与之相对应，而不依赖于任何先验假设、市场特征及研发补贴、知识产权保护等政府政策影响。第二，R&D 投资社会回报率对应最优研发规模，在平衡增长路径上满足 $\tilde{r}^{PL, \delta} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + (1 - \lambda) g_Y$ ，反解可得 $\tilde{r}^{PL, \delta} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + (1 - \lambda) g_Y$ ；研发投入私人回报率对应实际研发投入规模满足 $\tilde{r}^{PL, \delta} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + (1 - \lambda) g_Y$ ，反解可得 $\tilde{r}^{PL, \delta} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + (1 - \lambda) g_Y$ 。第三，在中国情景下，结合政府主导与市场功能相融合的渐进式市场化改革特殊性，政府创新激励政策共同决定研发投入规模样本经济数据，依据(25)式回归模型估计 $\tilde{r}^{PL, \delta}$ 。在给定 $\tilde{r}^{PL, \delta}$ 参数取值，根据不同省份 TFP 增长率实际值，求得分省实际研发投入规模 $\tilde{r}^{PL, \delta} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s} + (1 - \lambda) g_Y$ 。因此，整理实际研发投入规模、最优研发投入规模与最优/实际规模的比值的参数表达式如下：

$$s^{actual} = \frac{\lambda \delta g_A}{\tilde{r}^{PL, \delta}}; s^{optimal} = \frac{\lambda \sigma g_A}{\tilde{r} (1 - (1 - \lambda) g_Y)}; \\ \frac{s^{optimal}}{s^{actual}} = \frac{\tilde{r}^{PL, \delta}}{\tilde{r} (1 - (1 - \lambda) g_Y)} \quad (6)$$

3. 参数取值的确定

考虑本文的模型特点,部分参数根据样本数据直接获得,包括 R&D 投入强度平均值 $\bar{s} = 0.01438$,全要素生产率平均增长率 $\bar{g}_{TFP} = 0.01396$,资本收入平均份额 $\bar{s}_K = 0.45089$,劳动收入平均份额 $\bar{s}_L = 0.54920$ 。劳动力供给全社会从业人员平均增长率 $n = 0.01403$,创新产品专利保护时间期限设定为 $\tau = 10$ 。剩余部分参数取值难以直接获得,将根据模型性质合理选择参数取值。本文最为关键的技术参数包括三类:一类是中间产品替代参数 ρ 与最终产品规模报酬递增参数 σ 存在“ $\frac{1}{\sigma} = \frac{\rho}{1-\rho}$ ”的内在关系。给定资本收入平均份额 $\bar{s}_K$ 推出 ρ 的取值范围一般介于 $[0.0435, 2.2134]$,利用回归结果 $\sigma = 0.17025$ 反推 $\rho = 1.60565$,刻画了市场结构的垄断竞争特点。进一步,确定 ρ 取值后估算不受约束的中间品垄断价格加成定价为 $\eta^U = 1.38154$,受约束的价格加成 $\eta^C = 1.81187$ 。第二类是与知识生产函数相关的外生参数 $\{\lambda, \phi\}$ 以及“毁灭式创新”诱致的产品升级率 Ψ ,其中核心参数是重复效应 λ 的取值。对比 (27) 式和 (30) 式可以发现研发投资回报率与研发投资规模存在 $\tilde{r}^{PL} = \frac{\lambda \sigma g_A}{\alpha}$ 或 $\tilde{r}^{PL} = \frac{\lambda \sigma g_A}{s}$ 的内在关系,意味着给定 $\{\bar{s}, \bar{g}_{TFP}\}$ 且估计出 $\tilde{r}^{PL, \delta}$ 情况下,可计算 $\lambda = \frac{\tilde{r}^{PL, \delta} \alpha}{\sigma g_A}$;关于跨期知识溢出效应参数 ϕ ,将知识生产函数 (6) 式转化为知识生产增长率形式,可得 $\phi = 1 - \lambda \cdot \frac{g_Y}{g_{TFP}} = 1 - \lambda \sigma \cdot \frac{s_Y}{s_A}$,给定 $\{\lambda, \sigma, g_Y, g_A\}$ 的参数取值,可计算 ϕ 参数值;关于产品升级率参数 Ψ ,存在 $\frac{1}{\tau \Psi}$ 表示专利保护长度是新产品出现概率的倒数,给定 $\{\tau, g_A\}$ 可推得产品升级率为 $\Psi = \frac{1}{\tau \Psi} \cdot \tau \Psi$ 。第三类参数 BGP 长期均衡路径上技术进步与经济增长率的稳态值,给定 $\bar{g}_{TFP}$ 数值,通过 $g_{TFP} = \sigma g_A$ 推得 $\sigma = \frac{\bar{g}_{TFP}}{g_A} = 0.03115$,确定 $\{\alpha, \sigma\}$ 取值依据 $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\sigma}{\alpha}$ 计算稳态经济增长率 $g_Y^* = 0.03946$ 。

综上,在利用样本数据直接获得或估算出 $\{r, \alpha, n, g_{TFP}\}$ 情况下,确定 $\{\theta, \gamma, \sigma, \eta^U, \eta^C, \lambda, \phi, \Psi\}$ 关键参数取值后,可获得 BGP 增长路径上的稳态值 $\{g_A^*, g_Y^*, g_E^*\}$,将这些参数值代入 (14) 式和 (26) 式,可以计算出研发投资的稳态规模、实际规模与最优规模大小及比值高低。

四、实证分析与中国现实解析

1. 主要变量的估算与数据说明

第一,资本回报率的估计。

资本回报率 (r) 的估测主要参考 CCER (2007) “宏观资本回报率”测算方法,资本总回报包括资本所有者获得的权益再加上社会回报⁶,具体方法是采用地区 GDP 收入法核算 “GDP=固定资产折旧+营业盈余+生产税净额+劳动者报酬” 中的营业盈余和劳动者报酬相对比例作为间接税中资方承担的比重,再乘以税金总额即为企业负担的间接税。数据如无特殊说明均来自于历年《中国工业经济统计年鉴》。

第二, 资本存量的估算。

本文利用永续盘存法 $K_{it} = (1 - \delta_{it})K_{it-1} + I_{it}/P_{it}$ 估算 1998–2018 年分省资本存量。 I_{it} 表示 i 省份 t 年固定资产投资, 各地区全社会固定资产投资 1998–2007 年数据来自于分省统计年鉴, 2018 年数据依据《中国统计年鉴 2019》“分地区按构成分固定资产投资(不含农户)比上年增长情况(2018)”的环比增长率推算。 P_{it} 表示 1998 年为基期的固定资产投资价格指数来自《中国价格统计年鉴 2019》。基期资本存量根据 $K_{1998i} = I_{1998i} / (\delta_{it} + \eta_i)$ 计算可得, 其中 δ_{it} 和 η_i 分别为 i 省份分年度差异化的资本折旧率以及 1998–2018 年间的平均投资增长率。本文采用差异化的资本折旧率, 具体处理方法参考余泳泽(2017)。

第三, R&D 资本存量、知识存量与跨地区 R&D 溢出资本存量的估算。

R&D 资本存量(R)估算。R&D 资本存量核算公式为 $R_t = E_{t-1} + (1 - \delta)R_{t-1}$, 与物质资本存量永续盘存法不同之处在于资本存量增量为 $t-1$ 期 R&D 资本投入流量而非 t 期。R&D 投资价格指数, 借鉴吴延兵(2006) $EPI = 0.5 \times RMPI + 0.5 \times IFAPI$ 加权平均值计算, 其中 RMPI 为原材料购进价格指数, IFAPI 为固定资产投资价格指数, 转化为以 1998 年为基期的不变价 R&D 支出实际值。折旧率 δ 的确定。本文分别使用 15%、25% 的折旧率比较验证发现不同折旧率对 R&D 产出弹性影响不大, 实证分析结果只考察 15% 折旧率对 R&D 产出弹性、研发投资回报率的影响。基期 R&D 资本存量根据 $R_0 = E_0 / (g_E + \delta)$ 计算可得, 其中 g_E 为 1998–2018 年 R&D 实际支出的算术平均增长率。

知识存量(A)的估算。同样使用永续盘存法 $A_t = (1 - \delta)A_{t-1} + P_t$ 公式估算知识存量, 其中 P_t 为第 t 年新知识生产流量, 折旧率仍为 15%, 基期知识存量 $A_0 = P_0 / (g_P + \delta)$, 其中 g_P 为 1998–2018 年专利申请数量的算术平均增长率。

跨地区 R&D 溢出资本(R^*)存量的核算。在中国各省市 R&D 资本存量基础上加权求和得到本省以外其余省区的 R&D 溢出资本, 借鉴陈刚(2010)选择以中国各省份间的空间地理距离的倒数作为权重, 核算公式为 $RD_i^* = \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{D_{ij}} / \sum_{j=1}^n \frac{1}{D_{ij}} \right) RD_j$, 其中 D_{ij} 是 i 和 j 省份之间的空间距离, 选择以省会城市之间的公路里程度量, 数据来自“全国城市里程”官网在线查询。上述指标 R&D 经费内部支出、R&D 人员以及专利申请数量均来自于历年《中国科技统计年鉴》。

第四, 其他变量与数量说明。

最终产品产值(Y)按照 GDP 缩减指数平减为以 1998 年为基期不变价地区生产总值, 劳动力投入(L)采用分省全社会从业人员度量, 1998–2010 年数据来自历年《中国统计年鉴》, 2010 年以后分省从业人员数据来源于各省统计年鉴, 对于部分省份或年份缺失数据采用增补法或插值法计算。

2. 实证检验结果的分析

第一, 一阶差分模型估计 R&D 产出弹性和研发投资回报率, 回归结果如表 1 所示。

表 1 生产函数法估计 R&D 产出弹性与 R&D 投资回报率(一阶差分模型)

被解释变量	全面 FGLS 法估计 R&D 产出弹性		全面 FGLS 法估计 R&D 投资回报率	
	(1) 基本模型	(2) 溢出效应	(3) R&D 资本未折旧	(4) R&D 资本 15% 折旧
dlnY				
dlnK	0.2751*** (30.93)	0.2745*** (17.83)	0.3233*** (25.69)	0.3229*** (24.76)

dlnL	0.2879*** (19.07)	0.2471*** (11.60)	0.2627*** (11.91)	0.2578*** (12.02)
dlnR	0.0924*** (10.49)	0.1056*** (12.18)	—	—
dlnR ^w	—	-0.1411*** (-3.19)	—	—
E/Y	—	—	0.2063*** (2.83)	—
(E- δK_{t-1})/Y	—	—	—	0.5091*** (4.29)
-Cons	0.0261*** (8.16)	0.0541*** (6.13)	0.0357*** (6.96)	0.0339*** (6.61)
N	630	630	630	630
P>chi2(3)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

为了使参数估计值更为准确,采用长面板估计策略,选择全面 FGLS 方法进行估计。依据(19)式扩展的 C-D 生产函数一阶差分模型估计 R&D 产出弹性得(1)~(2)列,可以看出在不考虑或考虑跨地区研发溢出效应的情况下,资本、劳动和 R&D 存量回归系数的符号、大小与显著性均稳健,R&D 资本产出弹性系数值在 0.10 左右,引入跨地区 R&D 溢出资本,其溢出效应显著为负,可能的原因是随着 R&D 溢出资本的增加面临技术机会递减、提升标准效应等负向“挤出效应”⁷。

考察研发投入强度(E/Y)与生产率的关系,估计值 $r \sim PL$ 为研发投资回报率,依据(21)~(23)式采用全面 FGLS 法估计研发投资回报率得(3)~(4)列,在假设资本未折旧(3)列 R&D 投资回报率为 0.2063,在设定 15%的折旧率下研发投资回报率为 0.5091,R&D 资本考虑折旧的回报率是 R&D 资本未折旧回报率的 2.46 倍,这与 Hall 等(2009)经验研究估计范围为 2.5 倍~5 倍之间的结论基本相符,但中国研发投资回报率介于 2.5 倍下限充分说明中国研发投资回报率与一般发达国家相比不是很高。

第二,成本函数法估计研发投资回报率,回归结果如表 2 所示。

依据(24)~(25)式,采用成本函数法分别假设资本未折旧与设定 15%的折旧率两种情况下,选取全要素生产率增长率为因变量,基本模型(1)、(3)列估计 R&D 投入强度(E/Y)的回归系数为 0.5722 和 1.0788,回归系数大小关系与假设 R&D 投资未折旧测算偏误导致回归系数有可能被低估的分析结论相符。考虑基本模型存在遗漏变量(未考虑重复效应、溢出效应)的内生性问题造成研发投入强度估计结果可能有偏,因此对原模型进行对数线性化变换再进行估计,资本折旧在两种不同假设下,估计结果如(2)、(4)列所示,研发投资回报率分别为 0.3968 和 0.7872,充分说明基础模型因遗漏变量内生性而存在研发投资回报率高估的偏误。

表 2 成本函数法估计 R&D 投资回报率(全要素生产率对数线性化)

被解释变量 dlnTFP	R&D 资本未折旧估计 R&D 投资回报率		R&D 资本 15%折旧估计 R&D 投资回报率	
	(1) 基本模型	(2) 对数线性化	(3) 基本模型	(4) 对数线性化

E/Y	0.5722*** (21.51)	0.3968*** (7.92)	—	—
$(E - \delta K_{t-1})/Y$	—	—	1.0788*** (17.93)	0.7872*** (9.19)
$\ln(Y/\bar{Y})$	—	0.0002 (1.46)	—	0.0021 (1.50)
$\ln(TFP/\bar{TFP})$	—	0.0061 (1.35)	—	0.0051 (1.27)
-Cons	0.0004 (0.09)	0.0034 (0.50)	0.0002 (0.05)	0.0023 (0.34)
N	630	630	630	630
P>chi2(3)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

第三, 研发投入规模估算结果与比较分析。

根据增长理论核算框架计算分省 g_{TFP} 实际值, 利用 $g_A^* = \frac{g_{TFP}}{\delta} \cdot g_Y^* = \frac{\sigma}{u} g_A^* + \eta$ 估计分省稳态知识存量增长率和经济增长率, 成本函数法估计 $\pi^* = \frac{PL}{P} \cdot \frac{Y}{K}$ 为 0.7872 基础上推得 $\{\lambda, \phi\}$ 的取值为 0.81098 和 0.60587, 给定中间产品垄断加成定价 $\eta^u = 1.38154$, 基于 (14) 和 (26) 表达式可分别求得 s^{DC} 、 s^{actual} 与 $s^{optimal}$ 规模及 s^{DC}/s^{actual} 、 $s^{optimal}/s^{actual}$ 的比值, 估算结果如表 3 所示。

观察 s^{DC} 、 s^{actual} 与 $s^{optimal}$ 的数值大小发现, 中国 30 个省(市、区)的研发投资规模存在实际规模小于稳态规模, 稳态规模小于最优规模的内在规律。分析 s^{DC}/s^{actual} 比值介于 1.46877~3.05318 之间, $s^{optimal}/s^{actual}$ 比值介于 1.85411~11.60002 之间, 由于 s^{DC} 受到市场环境存在垄断定价、不考虑研发溢出效应、重复效应外部性潜在经济扭曲的影响, 相对于 Pareto 最优值的偏离归因于资源配置的效率损失, s^{actual} 表现为分散经济处于非均衡状态且存在资源配置扭曲效应下研发投入规模的实际值。马颖等(2018)提出中国转型期内要素扭曲由体制性扭曲、结构性扭曲和政策性扭曲三类因素引起, s^{actual} 相对于稳态值 s^{DC} 的偏离刻画了经济非均衡产生的影响, s^{actual} 相对于最优值 $s^{optimal}$ 的偏离刻画了要素配置未达到最优状态下非均衡、非有效的双重效率损失影响程度。进一步分析表 3 中比值结果发现: 宁夏、甘肃、山西、青海等省(区)的研发投资实际规模偏离稳态规模、最优规模比例最大, 除了要素市场扭曲等体制性因素之外, 观察发现宁夏、甘肃、山西、青海的资本回报率均在 10% 以内, 表明这些省(区)较低的资本回报率不利于经济体实际 R&D 投资激励, 也是实际规模偏离潜在最优规模的重要原因之一。

表 3 1998-2018 年中国分省的 R&D 投资稳态、实际与最优规模估算及比较 ($\delta = 15\%$)

省份	TFP 增长率	产出 增长率	资本 回报率	稳态 研发规模	实际 研发规模	最优 研发规模	稳态/ 实际比值	最优/实际 比值
黑龙江	-0.00540	0.00804	0.25245	-0.01621	-0.01104	-0.02047	1.46877	1.85411
山东	0.01110	0.00920	0.22919	0.03803	0.02269	0.04536	1.67562	1.99873

福建	0.00142	0.02916	0.22319	0.00496	0.00290	0.00612	1.71122	2.11108
河南	0.00335	0.01598	0.22213	0.01178	0.00684	0.01444	1.72346	2.11271
广东	0.01813	0.03367	0.21414	0.06344	0.03706	0.07874	1.71155	2.12442
天津	0.01366	0.03508	0.21512	0.04845	0.02792	0.05968	1.73516	2.13723
浙江	0.01517	0.02238	0.21339	0.05378	0.03100	0.06662	1.73507	2.14910
上海	0.03519	0.04288	0.19909	0.11776	0.07193	0.15878	1.63721	2.20742
江苏	0.02871	0.00575	0.19888	0.09956	0.05869	0.13194	1.69656	2.24817
湖南	0.01711	0.00246	0.18167	0.06631	0.03497	0.09020	1.89621	2.57942
陕西	0.02541	0.01356	0.17339	0.09640	0.05193	0.13788	1.85616	2.65495
北京	0.03357	0.06127	0.16505	0.12394	0.06860	0.18780	1.80663	2.73745
江西	0.00401	0.01254	0.17163	0.01696	0.00819	0.02362	2.07046	2.88329
云南	0.00429	0.01639	0.16552	0.01857	0.00876	0.02640	2.12053	3.01428
河北	0.00169	0.01236	0.16410	0.00741	0.00346	0.01063	2.14300	3.07582
新疆	0.00631	0.03790	0.15906	0.02787	0.01289	0.04055	2.16246	3.14592
重庆	0.02445	0.00023	0.14713	0.10123	0.04998	0.16156	2.02558	3.23275
安徽	0.00330	0.01368	0.15473	0.01501	0.00675	0.02224	2.22399	3.29581
广西	0.00331	0.00724	0.15127	0.01528	0.00677	0.02297	2.25764	3.39334
湖北	0.02450	0.00578	0.13790	0.10450	0.05006	0.17497	2.08731	3.49498
海南	0.00566	0.03341	0.14374	0.02673	0.01156	0.04151	2.31177	3.59054
四川	0.02032	0.00360	0.13660	0.08981	0.04153	0.14945	2.16242	3.59839
内蒙古	0.00894	0.01493	0.13413	0.04320	0.01826	0.07073	2.36581	3.87324
贵州	0.02341	0.00886	0.12095	0.10679	0.04784	0.19759	2.23223	4.13034
吉林	-0.00556	0.01411	0.12586	-0.02920	-0.01136	-0.05159	2.57093	4.54275
辽宁	-0.00297	0.00752	0.10819	-0.01744	-0.00607	-0.03398	2.87242	5.59670
青海	0.01745	0.01377	0.08586	0.09695	0.03566	0.24323	2.71875	6.82098
山西	0.01239	0.01813	0.08606	0.07262	0.02532	0.17940	2.86847	7.08632
甘肃	0.02998	0.00296	0.06575	0.15834	0.06128	0.05302	2.58386	9.02747
宁夏	0.01740	0.02760	0.06191	0.10860	0.03557	0.41260	3.05318	11.60002

五、主要结论与政策建议

本文基于 Jones 和 Williams (1997, 2000) 方法估计中国 1998-2018 年 30 个省(市、自治区, 除西藏)的研发投资回报率, 客观认识研发投资规模及刻画研发外部环境特征。主要结论如下: 中国 R&D 投资回报率的估计值 0.7872, 是固定资产平均回报率 0.2651 的 3 倍左右, 相比于经验研究美国、日本发达国家研发投资回报率在 0.04~0.46 之间更高; 中国分省际研发投资最优规模与实际规模比值都大于 1 且存在差异性, 但均值为 3.7438 倍与发达国家最优规模比实际规模高达 4 倍以上相比, 中国各省份实际 R&D 规模偏离最优规模差距较小; 分散经济体决策实际研发投资规模在不同扭曲效应下既有投资“过度”的激励也有投资“不足”的抑制, 这对于认识政府研发激励政策及作用机制具有重要的理论意义; 估计参数取值刻画中国式创新知识生产函数的重复效应扭曲较小、溢出效应为正且不存在规模效应, 市场结构更偏向于垄断竞争, 具有较强的竞争性。

本文的经验发现对当前中国实施创新驱动发展战略具有重要的启示: ①中国 R&D 投入的核心应从规模扩张向提质增效转变。实施开放创新、优化创新质量、培育合作创新机制、促进实质性创新, 关键核心技术依靠自主研发、自主创新, 重视国内自身 R&D 投入规模与投入结构、投入效率与投资回报率的内在影响, 提高 R&D 对技术进步和全要素生产率的促进作用, 使创新驱动的技术进步成为中国经济增长的新动能。②政府创新激励政策关键应从选择性“特惠式”向功能性“普惠式”转变。推动科技创新政府支持与市场化程度具有不可替代性, 一是深入市场化改革优化形成竞争中性的市场环境, 强化企业在科技创新中的主体地位; 二是产业政策调整 R&D 资助对象, 从“寻租寻扶持”的大规模、国有企业向科技型中小企业适度倾斜, 减少企业 R&D 资助, 相应增加公共 R&D 部门经费; 三是调整企业 R&D 资助手段, 从直接激励向间接激励转变, 从政府特惠式、自由裁量型激励向普适性激励转变, 并重视补贴强度、动态调整机制与地区知识产权保护的完善。③创新驱动产业政策应分类从“熊彼特竞争”向“逃离竞争”梯度式提升创新能力。高端制造业产业政策关键在于精准发挥政府支持作用, 坚定不移地持续强化政府对高端制造的支持力度; 中端制造业重视发挥“熊彼特竞争效应”, 产业政策扶持构筑新技术体系, 形成具有突出特点的自主创新体系, 实现跨越式创新能力提升; 低端制造业产业政策重视发挥“逃离竞争效应”, 坚持深入推进以公平为导向的市场化深化改革, 倒逼企业提升创新能力。④区域技术进步应分层从“核心层”向“外围层”梯度循环演进。中国分省际最优研发投资规模根据我国区域发展不平衡特征、发展阶段、人力资本与市场化程度不同而变化, 区域技术进步战略采取区域整体分层和内部梯度分层相结合, 形成技术进步核心层领跑先导区——中间层并跑跟进区——外围层追跑赶超区, 避免创新驱动战略成为地方政府有偏激励下的“R&D 锦标赛”。

参考文献:

- [1]. Aghion, P., and P. Howitt. A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 1992, 60 (2) : 323-351.
- [2]. Grossman, G., and E. Helpman. Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*, 1991, 58 (1) : 43-61.
- [3]. Griliches, Z. Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 1979, 10: 92-116.
- [4]. Hall, H., J. Mairesse, and P. Mohnen. Measuring the Returns to R&D. NBER Working Paper, 2009.
- [5]. Jones, C., and J. Williams. Measuring the Social Returns to R&D. *Quarterly Journal of Economics*. 1997, 112 (4) : 1119-1138.
- [6]. Jones, C., and J. Williams. Too Much of a Good Thing? The Economics of Investment in R&D. *Journal of Economic Growth*, 2000, 5 (1) : 65-85.

[7]. Romer, P. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 1990, 98 (5): S71-S102.

[8]. 程惠芳、陈超:《开放经济下知识资本与全要素生产率——国际经验与中国启示》,《经济研究》2017年第10期。

[9]. CCER“中国经济观察”研究组、卢锋:《我国资本回报率估测(1978—2006)——新一轮投资增长和经济景气微观基础》,《经济学(季刊)》2007年第3期。

[10]. 陈刚:《R&D溢出、制度和生产率增长》,《数量经济技术经济研究》2010年第10期。

[11]. 马颖、何清、李静:《行业间人力资本错配及其对产出的影响》,《中国工业经济》2018年第11期。

[12]. 吴延兵:《R&D与生产率——基于中国制造业的实证研究》,《经济研究》2006年第11期。

[13]. 王玲、Adam Szirmai:《高技术产业技术投入和生产率增长之间关系的研究》,《经济学(季刊)》2008年第3期。

[14]. 余泳泽、张先轸:《要素禀赋、适宜性创新模式选择与全要素生产率提升》,《管理世界》2015年第9期。

[15]. 余泳泽:《异质性视角下中国省际全要素生产率再估算:1978—2012》,《经济学(季刊)》2017年第3期。

[16]. 严成樑、周铭山、龚六堂:《知识生产、创新与研发投入回报》,《经济学(季刊)》2010年第3期。

[17]. 诸竹君、黄先海、王毅:《外资进入与中国式创新双低困境破解》,《经济研究》2020年第5期。

注释:

1 中共中央文献研究室编:《习近平关于科技创新论述摘编》,中央文献出版社2020年版。

2 消费者在动态预算约束下按欧拉方程在时间序列上平滑其消费,代表性家庭效用函数偏好参数的取值考虑中国发展阶段特征属性,时间主观贴现率 $\theta = 0.0262$, 风险偏好参数 $\gamma = 2.1667$ 。

3 最优 R&D 投资规模解析解是唯一的。研究发现,在利用最优化问题构建 Hamilton 方程求解动态约束条件下消费者效用最大化得到的最优 R&D 投资规模,与 Jones 和 Williams (1997) 一般性理论分析框架下的最优 R&D 投资规模 (18) 式是一致的。

4 为简化模型求解表达式,在此将交叉项忽略不计。

5 关于 (12) 式两边取对数设定计量模型,采用全面 FGLS 估计知识存量的回归系数 $\sigma = 0.1702$,限于篇幅,估计结果备索。

6 资本回报=权益回报+社会回报=净利润+(企业所得税+企业负担的间接税—净补贴收入)=利润总额+企业负担的间接税—净补贴收入。

7 在扩展 C-D 生产函数原对数模型中,无论是考虑或不考虑跨地区溢出效应的情况下,R&D 存量产出弹性系数稳健估计为 0.200 左右。进一步,对比发现一阶差分模型的回归系数值均小于原对数弹性系数,这是由于一阶差分法消除了各个省份不随时间变动的非观测个体效应,并且同一省份滞后一期 R&D 存量差异变动较小。限于篇幅估计结果备索。