

禀赋结构、研发创新和产业升级

王 勇, 樊仲琛, 李欣泽

[摘要] 本文研究经济体要素禀赋结构对研发创新和产业升级的内在影响机制。使用中国及跨国的制造业内部分行业数据分析发现:现象一,产业的要素密集度越接近要素禀赋结构,则发明专利申请数在整个制造业中所占份额越高;现象二,产业的劳动生产率距离技术前沿越远,则发明专利申请数份额越小。为解释上述两个现象,本文构建了一个多产业的内生增长模型,其中,各产业在资本密集度、与技术前沿的距离这两个维度上具有异质性。研究发现:产业的资本密集度与整个经济体的禀赋结构越一致,就越能降低新产品的生产要素成本,进而新产品的利润越高,内生的研发创新的投入和产出就越高,从而解释了现象一。产业在技术模仿和自主创新之间进行内生选择,产业的技术与前沿距离越远,发挥后来者优势的空间越大,通过模仿获得技术进步的成本越低,因此自主研发创新越少,从而解释了现象二。本文首次将内生的创新过程纳入禀赋结构驱动的产业结构转型升级分析框架,并根据产业要素密集度、与世界技术前沿的距离特征,刻画了“领先型”“追赶型”和“转进型”这三类产业的最优创新与发展路径。

[关键词] 产业结构转型; 禀赋结构; 研发创新; 产业升级

[中图分类号]F124 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2022)09-0005-19

一、引言

当前中国经济正处于由高速增长阶段向高质量发展阶段转变的关键时期。通过创新驱动产业升级是实现从“中国制造”向“中国创造”转变的必然选择(黄群慧和贺俊,2013)。中国正在经历雁阵式的产业升级(张其仔,2014)。事实上,包括中国在内的许多国家普遍出现如下现象:从横向静态看,给定时间点共存着处于迅速增长、趋于稳定和逐渐退出等不同发展趋势且资本密集度不同的产业;从长期历史动态看,产业自身经历快速增长,到达鼎盛,又逐渐衰退的生命周期(Kojima,2000)。伴随着要素禀赋结构的变化,劳动密集型产业率先兴起,然后被资本更密集的产业逐步取代(曲玥等,2013),即本文讨论的“产业升级”。

[收稿日期] 2022-04-28

[基金项目] 国家社会科学基金重点项目“新形势下中国制造业转型升级路径与对策研究”(批准号20AJL017)。

[作者简介] 王勇,北京大学新结构经济学研究院副教授,博士生导师,经济学博士;樊仲琛,西安交通大学经济与金融学院助理教授,经济学博士;李欣泽,山东大学经济研究院助理教授,经济学博士。通讯作者:樊仲琛,电子邮箱:zcfan2017@nsd.pku.edu.cn。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

在发展中国家,既有处于世界技术前沿的“领先型”产业,又有大量技术相对落后的“追赶型”产业,还有一些因失去要素禀赋比较优势而逐渐退出的“转进型”产业。这些产业的资本密集度、与世界技术前沿的距离都不同。同一个产业的类型也会随着时间发生内生的动态转换,例如,期初是“追赶型”产业,之后通过技术进步变成“领先型”产业,或者逐渐失去比较优势变为“转进型”产业^①。要素禀赋结构如何影响不同类型产业的生命周期,进而影响雁阵式产业升级?要素驱动与创新驱动的产业升级之间存在怎样的逻辑关联?本文将在统一的理论框架下分析上述问题。

创新与增长理论通常认为,发展中国家可以通过技术模仿,以较低的成本和较快的速度实现技术进步。然而,许多发展中国家采用重工业优先发展战略,产业的确存在较大技术模仿空间,却未实现快速发展(陈斌开和伏霖,2018)。原因在于,如果产业的要素密集度偏离经济体禀赋结构,就要过多使用稀缺要素,导致生产成本过高,使得企业缺乏自生能力(林毅夫,2010;申广军,2016),即使存在后来者优势,也无法让经济快速增长。经济体要素禀赋结构对于产业和技术的选择至关重要,但现有文献并未充分考虑。尽管当前人力资本、数据等要素在创新中起到了重要作用,但使用信息化、智能化等技术的生产环节往往资本密集度较高,所以只有资本相对丰裕的经济体才能产生足够的市场需求。考虑要素密集度差异,构建一个包含要素禀赋结构和技术扩散的内生增长理论,对研究发展中国家的技术进步十分重要,对当下中国经济发展具有启示意义。

本文根据中国工业企业数据库和专利数据库,发现如下特征事实:①产业的资本密集度偏离地区资本劳动比越远,该产业的发明专利申请数在整个制造业中所占份额越小。具体而言,定义“相对资本密集度”为该产业的资本密集度除以地区制造业整体的资本劳动比(禀赋结构)^②,衡量二者之间的相对大小。二位码分类制造业产业占制造业整体的发明专利申请数份额与该产业的相对资本密集度呈倒U型曲线关系,即相对资本密集度的二次项显著小于0,一次项显著大于0。②产业的劳动生产率离技术前沿差距越大,该产业发明专利申请数份额越小;并且控制离技术前沿差距和其他相关变量后,产业的发明专利申请数份额与该产业的相对资本密集度之间倒U型曲线关系依旧稳健。跨国数据中的产业研发支出份额也存在类似的现象。

本文在禀赋结构驱动的结构转型理论框架下,首次构建了同时具有资本和劳动两种生产要素的多产业的内生经济增长模型,对以上特征事实进行解释。在模型中,产业在资本密集度上存在差异,且都有对应的研发部门做内生的水平创新。模型所刻画机制如下:如果产业的资本密集度越接近经济体的资本劳动比(禀赋结构),那么该产业由于更加符合要素禀赋结构决定的比较优势,其新产品可以得到更高的利润,于是创新成功后所获得专利的市场价值更高,研发部门更有激励投资创新,发明专利的申请份额也更高。由此可以解释第一个特征事实:发明专利申请数份额和相对资本密集度之间呈倒U型曲线关系。进一步,本文将产业离技术前沿差距引入模型,每个产业的技术进步率由自主研发投入和从技术前沿学习共同决定,发现产业离国际技术前沿差距越大,则技术学习的空间越大,进行自主创新的必要性就越低。

① “领先型”产业是指白色家电、通讯设备等已经取得国际领先的产业。“追赶型”产业是指高端装备、医药等同世界技术前沿尚有差距的产业。“转进型”产业是指服装、鞋帽等正在失去比较优势的产业。

② 经济体中的要素禀赋有很多维度,本文重点关注物质资本和劳动力,是因为二者相对其他要素(如人力资本、自然资源等)的变化速度更快,更容易引起产业的相对规模变化,是结构转型的重要因素(林毅夫等,2019)。本文使用“资本劳动比”代表地区的要素禀赋结构,用“资本密集度”代表产业的要素密集度,强调二者之间的匹配。

本文将“领先型”“追赶型”和“转进型”产业同时纳入统一的理论模型^①,对各自创新发展路径进行讨论。符合要素禀赋比较优势的“领先型”和“追赶型”产业的技术进步速度较快,其中,“追赶型”产业离国际前沿技术差距较大,自主研发投入会随着禀赋结构的升级和与国际前沿技术差距的缩短而不断增加,产业逐渐变成“领先型”;“领先型”产业要素密集度接近禀赋结构,且由于技术模仿空间很小,科研投入、专利产出都比较高;随着资本的进一步积累,该类产业可能因要素密集度逐渐偏离禀赋结构而变成“转进型”产业,此时产业的盈利能力降低,技术进步速度逐渐下降。

与本文相关的文献主要包括以下三类:①内生经济增长理论。其基础理论以水平创新(Romer, 1990)和垂直创新(Aghion and Howitt, 1992)为主,已有大量文献探究异质性企业的创新机制(Klette and Kortum, 2004; Akgicig and Kerr, 2018; Herrendorf and Valentinyi, 2018)。对于发展中国家,当技术水平和世界前沿差距较大时,应依靠模仿实现技术进步;反之,应进行自主创新(Acemoglu et al., 2006)。这类文献基本上都假设单要素或单产业,或资本密集度相同的多产业,忽略了要素禀赋结构对资本密集度不同的产业创新的差异化影响,不能有效解释发展中国家在不同产业上的技术变迁。②技术引进。中国在学习发达经济体时,如果引进的技术符合比较优势,模仿成本较低,就能够实现较快的经济增长(潘士远和林毅夫, 2006; 林毅夫和张鹏飞, 2006)。引进技术的效果在地区之间的差异较大,对经济发展的效果也不同(唐未兵等, 2014)。而只有符合比较优势,设立开发区才会获得更明显的积极作用(李力行和申广军, 2015)。这类文献并未细致研究不同产业的创新发展。只有从更基本的产业层面出发,才能更深入地分析创新对地区生产率的作用机制。③禀赋结构驱动产业升级与结构转型。新结构经济学认为,推动产业升级的主要驱动力是经济体禀赋结构变化。随着经济体资本劳动比不断上升,资本相对劳动力的价格下降,资本密集型产业逐渐取代劳动密集型产业,推动产业升级(Ju et al., 2015)。产业升级的速度与贸易伙伴国的技术进步、贸易自由化速度(王勇, 2018)、收入分配(王勇和沈仲凯, 2018)等有关。禀赋结构变化会影响政府实施产业政策和产业结构的变迁(徐朝阳和林毅夫, 2010)。这类文献大多假设所有技术已经存在且免费可得,并没有讨论发展中国家对新技术的研发创新过程。

相比既有文献,本文的贡献重点体现在以下三个方面:①不同于已有文献通常假设单要素或单产业,抑或多个完全对称的产业,本文将多种生产要素、多个非对称产业引入创新增长理论中。该模型不仅能够解释不同发展阶段下不同产业创新的定量事实,还可以解释为何不同产业具有不同的创新路径,突出了禀赋结构对产业创新的重要影响,拓展了关于创新与产业升级的理论。②发现并梳理了新的定量特征事实:制造业产业的发明专利申请数份额与相对资本密集度之间存在倒U型曲线关系,并且与该产业离世界技术前沿的差距负相关。这为研究中国和其他国家在不同发展阶段下产业的创新行为提供了一个新的视角:发展中国家的产业虽然在技术上有后来者优势,但仍需要考虑要素投入密集度是否与经济体的禀赋结构匹配。③首次在禀赋结构驱动的结构转型框架内探究经济体禀赋结构如何驱动不同资本密集度的产业的创新行为,并引入技术扩散,为研究发展中国家各类产业在结构转型过程中的创新增长问题提供了理论基础。

① Lin(2017)、林毅夫等(2018)将产业分为五大类:技术处于世界前沿的领先型产业,技术距离世界前沿较远的追赶型产业,曾经符合但现在失去比较优势的转进型产业,人力资本密集、研发周期较短的换道超车型产业,对国防安全和经济安全有重大意义的战略型产业。“领先型”“追赶型”和“转进型”的划分依据是产业的技术水平离国际前沿的差距,以及产业要素密集度与经济体禀赋结构的一致性程度,“换道超车型”和“战略型”产业的发展特征与前三类不同,还需要重点考虑人力资本、数据等禀赋结构,以及地缘政治、国防安全与经济安全等其他因素。留待以后专文深入分析后两类产业。

二、定量事实

这部分从数据中梳理出产业层面关于创新、要素密集度与禀赋结构的一致性、产业绩效、高技术前沿差距等变量之间关系的定量特征事实。

1. 中国在全国层面的定量事实

本文的企业经营信息来自中国工业企业数据库,样本区间为1998—2013年,去除数据质量较差的2010年和未统计固定资产原值的2009年。该数据库包含了全部规模以上工业企业。数据清理参考Brandt et al.(2012)、杨汝岱(2015)的方法。创新主要使用中国专利数据库中的专利申请数和授权数变量。本文参考He et al.(2018),将两个数据库按照企业名称匹配。

此处使用全国层面的变量研究创新和禀赋结构的关系。图1显示,剔除离群值之后,制造业二位数产业的相对资本密集度(横坐标)与发明专利申请数占制造业的份额(简称“发明专利申请数份额”,纵坐标)之间呈倒U型曲线关系。

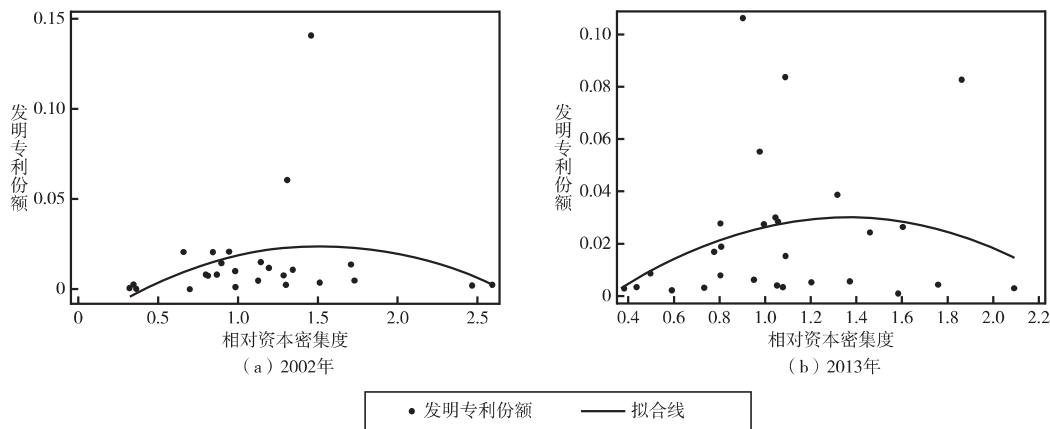


图1 去除离群值后产业相对资本密集度和发明专利申请数份额

进一步控制产业和年份的固定效应后^①,相对资本密集度和发明专利申请数份额之间仍有倒U型曲线关系,且拟合效果更好,如图2所示。

本文还发现,计算机、通信和其他电子设备制造业的资本密集度的相对偏离^②随时间先下降后上升,而发明专利申请数份额则先上升后下降,呈现倒U型曲线动态发展趋势,见图3(a),即资本密集度的相对偏离和发明专利申请数份额的变化趋势相反。专用设备制造业的资本密集度的相对偏离随时间单调下降,而发明专利申请数份额随时间持续上升,经历倒U型曲线中的上升阶段,见图3(b)。电器机械和器材制造业的资本密集度的相对偏离随着时间先上升后下降,发明专利申请数份额则先下降后上升,见图3(c)。从这三个具体产业可以看出,当产业资本密集度和禀赋结构越接近,该产业的发明专利申请数份额越大。

① 对发明专利申请数份额用相对资本密集度的一次项、二次项回归,控制固定效应,得到拟合值和残差。将拟合值和残差相加,得到控制固定效应后的发明专利申请数份额。

② 产业*i*在*t*年的资本密集度记作 k_{it} ,经济体资本劳动比记作 k_t ,相对偏离为 $|k_{it} - k_t|/k_t$ 。

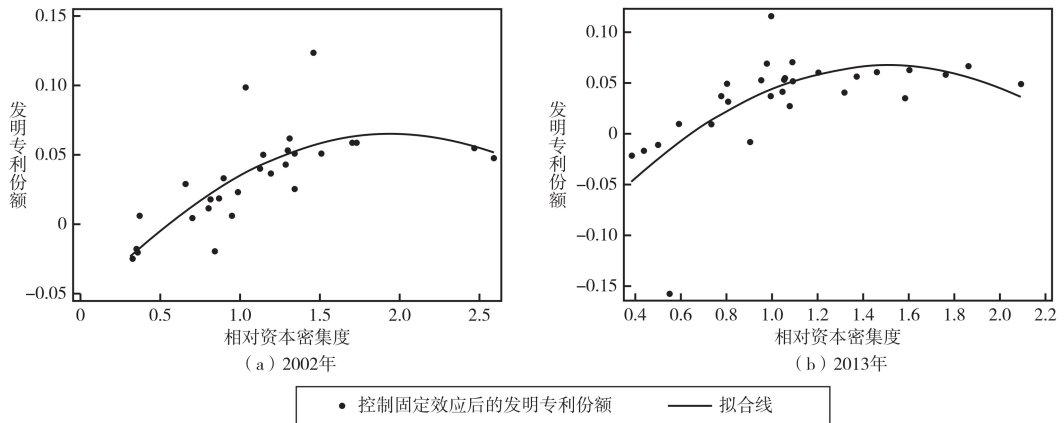


图2 控制固定效应后产业相对资本密集度和发明专利申请数份额

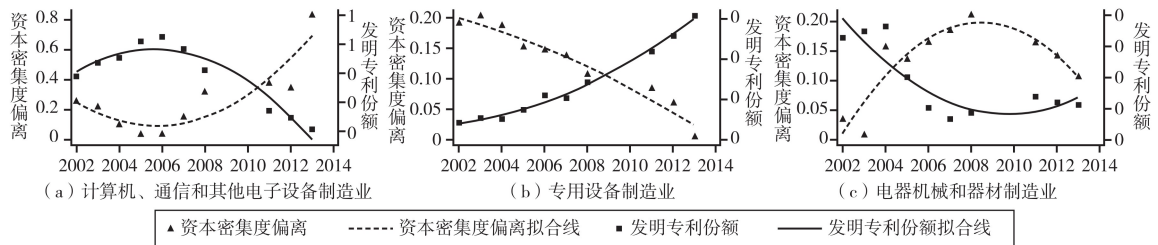


图3 产业资本密集度的相对偏离和发明专利申请数份额

2. 中国省级层面的定量事实

这里在省级层面进行回归分析。使用省级层面的变量是因为各省份禀赋结构存在较大差异, 产业发展特点也不相同, 且与当地禀赋结构有关, 这是全国层面分析无法体现的。主要发现如下定量事实: ①产业的总产值份额、利润份额和相对资本密集度均呈倒U型曲线关系; ②产业的总产值份额、利润份额均和发明专利申请数份额正相关; ③发明专利申请数份额和相对资本密集度呈倒U型曲线关系, 且与离前沿技术差距负相关。

本文将相对资本密集度分别对总产值份额和利润份额进行回归, 计量模型如下:

$$y_{pit} = \alpha_0 + \alpha_1 k_{pit}^2 + \alpha_2 k_{pit} + \alpha_3 X_{pit} + D_p + D_i \times D_t + u_{it} \quad (1)$$

其中, 被解释变量 y_{pit} 代表省份 p 产业 i 在 t 年的利润(总产值)占全省产业利润(总产值)的份额(简称利润(总产值)份额); 解释变量 k_{pit} 、 k_{pit}^2 分别表示省份 p 产业 i 在 t 年相对资本密集度的一次项和二次项。相对资本密集度 $k_{pit} = \frac{K_{pit}/L_{pit}}{K_{pt}/L_{pt}}$, 其中, K_{pit} 和 L_{pit} 分别代表省份 p 产业 i 在 t 年的资本存量和劳动力人数, K_{pt} 和 L_{pt} 分别代表省份 p 在 t 的制造业总资本存量和总劳动力人数。该变量度量了产业的资本密集度和所在省份资本劳动比的相对大小。 X_{pit} 代表省份—产业层面的控制变量, 包括: ①企业平均年龄: 控制地区产业发展时间的影响; ②利息支出占负债的比重: 控制融资约束的影响; ③国有企业数量占比: 控制国有企业补贴的影响及其非营利性创新。回归中均控制了省份 (D_p)、年份和产业交叉项 ($D_i \times D_t$) 固定效应。标准差为稳健标准误。

表1汇报了相对资本密集度对产业绩效(总产值份额、利润份额)的回归结果。第(1)、(2)列显

示,相对资本密集度的二次项系数显著小于0,一次项系数显著大于0,说明存在总产值份额和资本密集度的倒U型曲线关系。加入控制变量,该结果依然显著。第(3)、(4)列显示,利润份额和相对资本密集度之间也存在显著的倒U型曲线关系。从二次函数对称轴看, $k^{\max} = -\frac{\alpha_2}{2\alpha_1}$,相对资本密集度的顶点在1附近。考虑可能存在反向因果,将解释变量滞后一期,结果稳健^①。

表1 相对资本密集度和产业绩效

	(1)	(2)	(3)	(4)
	总产值份额	总产值份额	利润份额	利润份额
相对资本密集度	0.1398*** (0.0108)	0.1511*** (0.0116)	0.1905*** (0.0292)	0.2071*** (0.0311)
(相对资本密集度) ²	-0.0593*** (0.0057)	-0.0631*** (0.0060)	-0.0744*** (0.0169)	-0.0796*** (0.0177)
产业控制变量	不控制	控制	不控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
产业×年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	12599	12588	13684	13673
调整R ²	0.3373	0.3546	0.1657	0.1752

注:括号内为稳健标准差,***表示p<0.01,**表示p<0.05,*表示p<0.1,以下各表同。产业控制变量包括企业平均年龄、利息支出占负债的比、国有企业数量占比。

本文将总产值份额和利润份额分别对发明专利申请数份额进行回归,计量模型如下:

$$Patent_{pit} = \alpha_0 + \alpha_1 y_{pit} + \alpha_2 X_{pit} + D_p + D_i \times D_t + u_{it} \quad (2)$$

其中,被解释变量 $Patent_{pit}$ 是省份 p 产业 i 在 t 年的发明专利申请数份额; y_{pit} 是省份 p 产业 i 在 t 年的经营绩效(总产值和利润)占地区整体制造业份额。控制变量包括:①利息支出占负债的比重;②企业所得税占工业销售产值的比重;控制企业税收负担对创新的影响;③政府补贴占销售收入的比重;控制政府补贴对企业创新激励的影响。回归均控制省份(D_p)、年份和产业交叉项($D_i \times D_t$)的固定效应。标准差为稳健标准误。

表2汇报了总产值份额、利润份额分别对发明专利申请数份额的回归结果。第(1)、(3)列直接使用省份 p 产业 i 在 t 年的发明专利申请数份额分别对总产值份额、利润份额进行回归,均控制了省份、年份和产业交叉项的固定效应。总产值份额和利润份额的系数均显著为正,说明产业的相对绩效与专利申请数份额之间显著正相关。第(2)、(4)列在解释变量中加入控制变量后进行回归,总产值份额和利润份额的系数仍显著为正。将解释变量滞后一期,结果依然稳健。

本文将相对资本密集度和离国内前沿技术差距对发明专利申请数份额回归,计量模型如下:

$$Patent_{pit} = \alpha_0 + \alpha_1 k_{pit}^2 + \alpha_2 k_{pit} + \alpha_3 X_{pit} + distance_{pit} + D_p + D_i \times D_t + u_{it} \quad (3)$$

考虑创新中存在的技术学习效应,本文使用产业劳动生产率(=产业的工业增加值/从业人数)与国内前沿劳动生产率之间的差距衡量技术学习空间。将省份 p 产业 i 在 t 年的劳动生产率记作 y_{pit} ,产业 i 在 t 年的国内技术前沿劳动生产率记作 \bar{y}_{it} ,技术差距定义为 $distance_{pit} = \ln(\bar{y}_{it}/y_{pit})$ 。控制变量包括:①政府补贴占销售收入的比重;②国有企业数量占比;③出口交货值占工业销售产值的比重;控制出口的市场效应对创新的影响。回归计量模型设定仍控制省份、年份和产业交叉项的固定效应。使

① 第二部分所有的稳健性回归结果详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表2 产业绩效和发明专利申请数份额

	(1)	(2)	(3)	(4)
	发明专利申请数份额	发明专利申请数份额	发明专利申请数份额	发明专利申请数份额
总产值份额	1.5233*** (0.0610)	1.5255*** (0.0610)		
利润份额			0.3605*** (0.0580)	0.3636*** (0.0591)
产业控制变量	不控制	控制	不控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
产业×年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	12355	12343	13480	13467
调整R ²	0.6380	0.6380	0.6143	0.6144

注：产业控制变量包括利息支出占负债的比重、企业所得税占工业销售产值的比重、政府补贴占销售收入的比重。

用年份和产业交叉项固定效应的原因是：对数设定下，各省份产业离世界前沿的差距等于各省份产业离国内前沿的差距加上国内前沿离世界前沿的差距，即 $distance_{pit}^w = \ln(\bar{y}_i^w / \bar{y}_i) + \ln(\bar{y}_i / y_{pit})$ ， $\ln(\bar{y}_i^w / \bar{y}_i)$ 对于同年所有省份的产业 i 均相同，在回归中被年份和产业交叉项固定效应吸收。此处使用产业技术离国内前沿的差距，并控制年份和产业交叉项的固定效应来处理产业向世界前沿技术学习的空间^①。

表3汇报相对资本密集度和离国内前沿技术差距对发明专利申请数份额的回归结果。第(1)列显示，产业相对资本密集度的二次项系数显著为负，一次项系数显著为正，说明倒U型曲线存在；离国内前沿技术的差距系数显著为负，说明离前沿技术差距越大，越不需要自主研发。第(2)列增加控制变量，结论依然存在。考虑企业进行专利申请可能存在时滞，第(3)、(4)列解释变量的分别是第(1)、(2)列的一阶滞后项，结果稳健，且说明第(1)、(2)列回归无反向因果问题。这一倒U型关系说明，产业资本密集度相对地区禀赋结构过大或过小，创新份额都会减少。根据二次函数对称

表3 相对资本密集度、技术差距与发明专利申请数份额

	(1)	(2)	(3)	(4)
	发明专利申请数 份额	发明专利申请数 份额	发明专利申请数 份额	发明专利申请数 份额
	当期	当期	滞后一期	滞后一期
相对资本密集度	0.4716*** (0.0450)	0.4389*** (0.0448)	0.4564*** (0.0501)	0.4368*** (0.0504)
(相对资本密集度) ²	-0.2135*** (0.0222)	-0.1899*** (0.0223)	-0.2254*** (0.0251)	-0.2064*** (0.0254)
离前沿技术差距	-0.0085*** (0.0030)	-0.0088*** (0.0030)	-0.0205*** (0.0033)	-0.0193*** (0.0033)
产业控制变量	不控制	控制	不控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
产业×年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	13415	13415	11085	11085
调整R ²	0.6025	0.6085	0.5965	0.6026

注：发明专利申请数份额和相对资本密集度均做ln(x+1)处理，减小过大极端值的影响，以下各表同。产业控制变量包括政府补贴占营业收入的份额、出口交货值占营业收入的份额、产业内国有企业数量占比。

① 世界范围内产业最先进的技术并非集中在某一国，理论上需要综合所有国家的产业数据，挑出生产率最高的作为技术前沿。由于各个国家对产业的划分不同，进行匹配会损失大量信息，在实际操作中很难实现。

轴,相对资本密集度极值点约取在 $k = 1$,说明产业资本密集度越接近禀赋结构,发明专利申请数份额越多,与图3的结果类似。把被解释变量替换为产业的发明专利授权数份额,回归系数的显著性和符号与发明专利申请的回归相同,如表4所示。无论使用发明专利的申请数还是授权数作为被解释变量,结果均稳健。此处授权专利的年份为专利的申请年,不存在授权过程的时间滞后问题。

表4 相对资本密集度、技术差距与发明专利授权数份额

	(1)	(2)	(3)	(4)
	发明专利授权数 份额	发明专利授权数 份额	发明专利授权数 份额	发明专利授权数 份额
	当期	当期	滞后一期	滞后一期
相对资本密集度	0.4716*** (0.0450)	0.4389*** (0.0448)	0.4564*** (0.0501)	0.4368*** (0.0504)
(相对资本密集度) ²	-0.2135*** (0.0222)	-0.1899*** (0.0223)	-0.2254*** (0.0251)	-0.2064*** (0.0254)
离前沿技术差距	-0.0085*** (0.0030)	-0.0088*** (0.0030)	-0.0205*** (0.0033)	-0.0193*** (0.0033)
产业控制变量	不控制	控制	不控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
产业×年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	13415	13415	11085	11085
调整 R ²	0.6025	0.6085	0.5965	0.6026

注:产业控制变量包括政府补贴占营业收入的份额、出口交货值占营业收入的份额、产业内国有企业数量占比。

为了检验回归结果的稳健性,本文将主要解释变量相对资本密集度进行标准化,表达式替换为: $k_{pit} = \left(\frac{K_{pit}/L_{pit}}{K_{pt}/L_{pt}} \right) / \left(\frac{K_{i(-p)t}/L_{i(-p)t}}{K_{(-p)t}/L_{(-p)t}} \right)$,其中, $K_{i(-p)t}/L_{i(-p)t}$ 是全国层面的产业 i 剔除省份 p 之后的资本密集度, $K_{(-p)t}/L_{(-p)t}$ 是全国层面剔除省份 p 之后的制造业整体资本劳动比。该度量方式可以提高同一行业的跨地区可比性。回归结果中系数的符号和显著性与表3的结果相同。

为了避免遗漏变量,本文将表3中的固定效应设为:①省份×年份:控制地区层面随时间可变的因素,包括创新相关的地区政策等;②产业×年份:控制产业层面随时间可变的因素,包括产业整体的市场需求变化、外部环境变化等;③省份×产业:控制地区—产业不随时间变化的因素。结果显示,发明专利申请数份额和相对资本密集度之间依然存在倒U型曲线关系。虽然离前沿技术差距变为显著为正,但是在滞后一期中变为不显著,不影响结论。

此外,考虑创新研发存在时间滞后,以及可能存在地区—产业层面遗漏变量,本文在表3的基础上补充控制企业所得税占工业销售产值比重、企业平均年龄和企业所得税占工业销售产值比重,并分别将解释变量的当期和滞后1—3期对被解释变量回归,发现表3的结果仍然稳健。

以上回归结果有可能受到产业划分的规模的影响,若某产业的划分标准较为广泛,即使不符合比较优势,也可能因涵盖企业数目多而有较多专利;并且其权重较高,相对资本密集度更接近地区资本劳动比。极端值样本可能对回归结果产生影响。本文进行两个稳健性检验:①将产业发明专利申请数用企业数平均,再计算份额作被解释变量,结果稳健;②将表3的样本限制在总产值占地区制造业10%以下的产业,这些产业无法对地区资本劳动比产生决定性作用,结果稳健。

发明专利申请数量不能衡量创新质量,因而可能无法完全反映企业创新,本文使用专利引用度

量创新质量(Akcigit and Kerr, 2018)对主回归再检验。此处用被OECD国家引用过的发明专利作为高质量专利,该指标能够更好地度量企业创新,然后使用高质量发明专利申请数计算份额,重复表3的回归。鉴于专利引证数据的可得性,回归的样本区间限制在2002—2008年。回归结果稳健。

根据表3、表4合理推断:时间趋势上,禀赋结构中资本相对劳动变得越来越丰富,资本密集型产业的相对资本密集度会逐渐接近禀赋结构,劳动密集型产业将会逐渐偏离禀赋结构,所以资本更密集的产业将不断替代劳动更密集的产业,出现产业升级。本文根据以下回归方程研究产业升级关于时间趋势的定量事实:

$$Patent_{pit} = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + \alpha_3 t \times k_{pit} + \alpha_4 X_{pit} + D_p \times D_i + \epsilon_{pit} \quad (4)$$

其中,被解释变量 $Patent_{pit}$ 是产业的发明专利授权数份额; t 代表时间,是年份减去2000后的差; $t \times k_{pit}$ 是年份和相对资本密集度的交叉项。回归控制省份 \times 产业的固定效应。

表5汇报了产业升级关于时间趋势的回归结果。在第(1)列的回归中,时间的一次项显著为正,时间的二次项显著为负,说明每一个产业的发明专利授权数份额都会随时间呈现倒U型的发展趋势。时间和相对资本密集度的交叉项显著为正,说明相对资本密集度越高的产业会在更晚的时间到达倒U型曲线的顶点,即劳动密集型产业处于下降阶段时,资本密集型产业正处于上升阶段。第(2)列增加控制变量之后,回归结果一致。所以,表5说明每个产业的研发创新都会经历先扩张后收缩的倒U型生命周期,且资本更密集的产业会不断取代劳动更密集的产业。

表5 产业升级的时间趋势

	(1) 发明专利授权数份额	(2) 发明专利授权数份额
时间	0.0157*** (0.0020)	0.0108*** (0.0022)
(时间) ²	-0.0012*** (0.0001)	-0.0011*** (0.0001)
时间 \times 相对资本密集度	0.0095*** (0.0017)	0.0116*** (0.0017)
产业控制变量	不控制	控制
省份 \times 产业固定效应	控制	控制
观测值	10919	10919
调整R ²	0.6216	0.6237

注:产业控制变量包括政府补贴占营业收入份额、出口交货值占营业收入份额、产业内国有企业数量占比和产业到国内前沿的距离。

3. 跨国层面的定量事实

专利是研发的结果,本文同样关心研发的投入。为了说明定量事实描述的是国际上的一般规律,而非中国的特殊现象,这部分使用跨国数据中的产业信息进行回归。研发支出数据来自OECD统计数据库,资本存量、劳动力和增加值来自WIOD数据库,产业按照ISIC Rev.4的二位码划分,包含共33个发达国家和发展中国家2005—2014年的信息。这里将产业的相对资本密集度一次项、二次项和离世界前沿技术差距对研发支出份额进行回归。回归控制国家、产业和时间固定效应。

表6汇报了回归结果。第(1)列显示研发支出份额与相对资本密集度存在倒U型曲线关系。第(2)列加入技术差距,其系数为负,说明技术和前沿差距越大,研发支出就越少。第(3)、(4)列使用滞后一期的解释变量,仍然得到相同的结果。

表 6 相对资本密集度、技术差距和跨国研发支出份额

	(1)	(2)	(3)	(4)
	研发支出份额 当期	研发支出份额 当期	研发支出份额 滞后一期	研发支出份额 滞后一期
相对资本密集度	0.1322*** (0.0360)	0.1017*** (0.0368)	0.1609*** (0.0434)	0.1258*** (0.0445)
(相对资本密集度) ²	-0.0426** (0.0184)	-0.0337* (0.0187)	-0.0557** (0.0223)	-0.0450** (0.0227)
离世界前沿技术差距		-0.0186*** (0.0035)		-0.0191*** (0.0037)
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
国家固定效应	控制	控制	控制	控制
产业固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	3043	3043	2489	2489
调整 R ²	0.441	0.446	0.431	0.436

三、基准模型

本文构建一个连续时间的多部门的动态增长模型来解释第二部分的特征事实,阐述经济体的要素禀赋结构驱动研发创新与产业升级的理论机制。模型将内生创新引入结构转型的部分参考 Herrendorf and Valentinyi (2018),但该文设每个部门资本密集度相同。本文创新之处是引入产业资本密集度上的异质性,得到各个产业的倒U型的生命周期动态,以及劳动密集型产业不断被资本密集型产业取代的雁阵交替过程。这个思路受到 Ju et al. (2015)的启发,但其假设所有产业的技术都免费可得。本文的新贡献是每个产业都引入创新,考察禀赋结构如何影响产业的内生技术进步。

1. 模型设定

(1) 经济环境。考虑一个无限时域连续时间的经济体,有测度为1的同质家户,每个家户拥有固定不变的 L 单位劳动力和随时间变化的 $K(t)$ 单位资本。在给定时刻 t ,经济体中存在如下商品:投资品 $X(t)$,由投资品部门生产;测度为1的连续统种类的消费品 $\{C_i(t)\}_{i=0}^1$,每种消费品对应不同的产业(产业的序号与对应的消费品序号相同),厂商完全竞争;生产消费品 C_i 需要 A_i 单位连续统种类中间品 $\{z_{ij}(t)\}_{j=0}^1$,每种中间品有专利且由垄断竞争的厂商生产, A_i 的大小由研发部门决定。每个时间点经济体的资本劳动比(禀赋结构)给定,消费品和中间品部门根据要素相对价格作生产决策;动态上,禀赋结构由于资本积累而发生变化,研发部门和投资品生产部门做跨期决策。

(2) 偏好。代表性家户的效用函数是: $U = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \ln C(t) dt$,其中, ρ 为主观贴现率且大于零, $C(t)$ 是 t 时刻的总消费,由测度为1的连续统种类的差异化的消费品 $\{C_i(t)\}_{i=0}^1$ 进行CES加总:

$$C(t) = \left(\int_0^1 C_i(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (5)$$

不同种类消费品之间的替代弹性 $\sigma > 1$ 。文献中制造业内部各产业之间替代弹性往往都大于1 (Atkeson and Burstein, 2008; Bai et al., 2020)。

(3) 技术。在 t 时刻,产业 i 需要测度为 $A_i(t)$ 的中间品,其生产函数如下:

$$C_i(t) = A_i(t)^{\frac{\epsilon-2}{\epsilon-1}} \left(\int_0^{A_i(t)} z_{ij}(t)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}, \epsilon > 1 \quad (6)$$

其中,中间品 $\{z_{ij}\}_{j=0}^{A_i(t)}$ 通过 CES 加总后生成消费品 C_i , 替代弹性为 ϵ 。每一类产业的市场结构都是完全竞争。(6) 式中加入 $A_i(t)^{\frac{\epsilon-2}{\epsilon-1}}$ 的主要目的是将水平创新的中间品种类数量对产出的外部性标准化为 $A_i(t)$, 是为了简化分析的技术性假设 (Acemoglu et al., 2012), 并不影响模型的结论。

对于产业 i 所需要的每个中间品 $z_{ij}, j \in [0, A_i]$, 生产函数均为相同的柯布一道格拉斯形式:

$$z_{ij}(t) = \frac{1}{i^i(1-i)^{1-i}} k_{ij}(t)^i l_{ij}(t)^{1-i}, i \in (0, 1) \quad (7)$$

$$z_{0j}(t) = l_{0j}(t), z_{1j} = k_{1j}(t)$$

其中, k_{ij} 和 l_{ij} 分别代表生产 z_{ij} 所需的资本和劳动力, 资本收入份额为 i 。可见, i 越高的产业, 中间品越资本密集。这是本文模型设定和其他结构转型理论最大的区别。

每一种中间品 z_{ij} 均由一家不同的企业垄断生产, 企业之间垄断竞争。根据(6)式, 不同中间品 z_{ij} 是对称的, 因此可以得到 $C_i(t) = A_i(t) Z_i(t)$, 其中, $Z_i(t) = A_i(t) z_{ij}(t)$ 。

投资品 X 的生产采用 AK 技术, 每投入 1 单位资本可以得到 A_x 单位投资品:

$$X(t) = A_x K_x(t) \quad (8)$$

投资品作为计价物, 市场结构为完全竞争。投资品用作资本积累和研发支出, 二者完全替代。

技术进步方式为水平创新, 即产业 i 的中间品的种类 A_i 增加。创新由研发部门实现。中间品厂商为了获得垄断权, 付出全部利润购买专利。家户为研发部门支付进入成本, 所以中间品利润归家户所有。研发投入和产出关系如(9)式所示, 研发部门投入 1 单位投资品可以增加测度为 1 的中间品种类。每单位自主研发的中间品都有一个专利, 那么新专利申请数和研发支出单位数量相等。

$$\dot{A}_i(t) = X_i(t) \quad (9)$$

资本积累的动态方程如(10)式所示, 投资品中扣除研发支出后的部分作为下一期新增的资本。用于研发的资本折旧率为 100%, 而用于生产中间品和资本品的资本折旧率为 0。

$$\dot{K}(t) = A_x K_x(t) - \int_0^1 X_i(t) di \quad (10)$$

每个时刻经济体的市场出清条件如(11) — (14) 式所示: ①总资本用作生产投资品 K_x 和消费品 K_c , 其中, K_c 被分配给每一个产业的中间品生产厂商; ②劳动力全部用来生产中间品。

$$K(t) = K_x(t) + K_c(t) = K_x(t) + \int_0^1 K_i(t) di \quad (11)$$

$$K_i(t) = \int_0^{A_i(t)} k_{ij}(t) dj \quad (12)$$

$$L(t) = \int_0^1 L_i(t) di \quad (13)$$

$$L_i(t) = \int_0^{A_i(t)} l_{ij}(t) dj \quad (14)$$

2. 给定时刻的市场均衡

给定生产消费品的资本和劳动力, 此处求解给定时刻的市场均衡: 给定利率 r 和工资 w , 满足: ①中间品厂商 (z_{ij}) 和消费品厂商 (C_i) 最大化利润; ②投入生产的资本和劳动力市场出清。

本文用 r 和 w 分别表示资本的租赁价格和劳动力的工资, p_{ij} 表示中间品 z_{ij} 的价格, p_i 表示消费品 C_i 的价格。由于中间品 z_{ij} 的对称性, 结合(6)、(7)式与市场结构相关设定, 得到中间品的价格 $p_{ij}(t) = \frac{\epsilon}{\epsilon-1} r(t)^i w(t)^{1-i}, \forall j \in [0, A_i(t)]$, 利润是 $\pi_{ij}(t) = \frac{1}{\epsilon} p_{ij}(t) z_{ij}(t)$ 。由此, 消费品 C_i 的价格 $p_i(t) =$

$$A_i(t) \frac{\epsilon-2}{\epsilon-1} \left(\int_0^{A_i(t)} p_j(t)^{1-\epsilon} dj \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} = \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \frac{r(t)^i w(t)^{1-i}}{A_i(t)}$$

为方便起见,记 $\frac{r(t)}{w(t)} = \theta(t)$ 。这里通过(5)式求解家户最大化效用的一阶条件,结合 $p_i(t)$ 的表达式,得到消费品 C_i 和 C_0 在数量和价格上满足:

$$\frac{C_i(t)}{C_0(t)} = \left(\frac{p_i(t)}{p_0(t)} \right)^{-\sigma} = \theta(t)^{-i\sigma} \left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma} \quad (15)$$

进一步,将产业 i 所用资本 K_i 和劳动 L_i 的数量表达为 θ 和 C_0 的函数:

$$K_i(t) = [ir(t)^i w(t)^{1-i} / r(t)] C_i(t) = i\theta(t)^{(1-\sigma)i-1} \left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma} C_0(t) \quad (16)$$

$$L_i(t) = [(1-i)r(t)^i w(t)^{1-i} / w(t)] C_i(t) = (1-i)\theta(t)^{(1-\sigma)i} \left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma} C_0(t) \quad (17)$$

综合(16)、(17)式和市场出清条件(11)–(14)式,得到经济体投入于消费品生产的资本劳动比与要素相对价格 θ 的关系:

$$\frac{K_c(t)}{L(t)} = \frac{\int_0^1 i \left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma} \theta(t)^{(1-\sigma)i-1} di}{\int_0^1 (1-i) \left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma} \theta(t)^{(1-\sigma)i} di} \quad (18)$$

当 $\sigma \in (1, 2]$ 时,本文可以得到, $\frac{K_c(t)}{L(t)}$ 越大,则 $\theta(t)$ 越小。^①

家户在产业 i 上的支出份额^②如(19)式:

$$s_i(t) = \frac{p_i(t)C_i(t)}{\int_0^1 p_j(t)C_j(t)dj} = \frac{\left(\frac{A_i(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma-1} \theta(t)^{i(1-\sigma)}}{\int_0^1 \left(\frac{A_j(t)}{A_0(t)} \right)^{\sigma-1} \theta(t)^{j(1-\sigma)} dj} \quad (19)$$

由于每个产业使用的中间品都是差异化的,所以家户在产业 i 上的支出就是消费品 C_i 的总产值,即产业 i 的支出份额等价于其总产值在所有制造业产业中的份额。由此得到:

命题1(经济体禀赋结构与产业升级):同时使用资本和劳动力的产业 $i \in (0, 1)$,其总产值份额 $s_i(t)$ 与禀赋结构 $\frac{K_c(t)}{L(t)}$ 呈现倒U型曲线关系,且资本越密集的产业到达倒U型曲线的顶点越晚;只使用劳动力的产业0的总产值份额 $s_0(t)$ 持续下降;只使用资本的产业1的总产值份额 $s_1(t)$ 持续上升。^③

命题1与表1中总产值份额和相对资本密集度呈倒U型曲线关系的定量事实相一致。经济学直觉解释如下:如果产业的资本密集度接近经济体禀赋结构,能够避免使用过多昂贵要素,得到更多的总产值。随着经济体资本不断积累,禀赋结构不断上升,资本相对劳动力越来越便宜。对于任何产业

① 证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

② 由于产品连续分布,每个产品的权重显然是0。此处的 s_i 是将权重调整为1之后的支出份额。

③ 证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

$i \in (0, 1)$, 该经济体的资本劳动比(禀赋结构)会先追赶、再超过该产业的资本密集度, 所以产业 i 将经历先逐渐符合、再逐渐失去比较优势的过程, 使得总产值份额先上升后下降, 呈现倒U型曲线。产业的资本密集度越高, 与禀赋结构接近的时间越晚, 到达倒U型曲线顶点越晚。这是产业升级的具体表现。

3. 动态路径均衡

在动态路径上, 投资品部门和研发部门根据各自收益率进行跨期决策。其中, 每一个时点上, 消费品和中间品部门不涉及跨期优化问题, 所以生产决策与给定时点的均衡的结果相同。

鉴于投资品生产函数(8)式和市场完全竞争, 资本的价格 $r(t) = A_x$ 恒定不变, 得到一个 Kongsamut et al.(2001)中的拓展平衡增长路径(Generalized Balanced Growth Path)。

结合上文得到的每个时刻的市场均衡, 求解家户决策的动态优化问题。给定每期预算约束, 最大化家户的总贴现效用:

$$\begin{aligned} \max_{\{C_i(t)\}_{t=0}^{\infty}, \{K(t)\}_{t=0}^{\infty}, \{A_i(t)\}_{t=0}^{\infty}} U &= \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \ln \left(\int_0^1 C_i(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} dt, \sigma > 1 \\ \text{s.t.} \int_0^1 p_i(t) C_i(t) di + \dot{K}(t) + \int_0^1 \dot{A}_i(t) di &= rK(t) + w(t)L + \int_0^1 \pi_{ij}(t) A_i(t) di \end{aligned} \quad (20)$$

其中, $\pi_{ij}(t)$ 是产业 i 所使用中间品 z_{ij} 在 t 时刻的垄断利润。预算约束的等式左侧三项分别是家户在 t 时刻的消费支出、物质资本投资与创新研发投入; 等式右侧是家户在 t 时刻的总收入, 即资本租金收入、劳动力工资收入、中间品利润三项之和。消费支出记为 $E = \int_0^1 p_i(t) C_i(t) di$ 。求解得到欧拉方程^①, 表明消费总支出 E 的增长率为常数 $A_x - \rho$:

$$\frac{\dot{E}}{E} = A_x - \rho = \pi_{ij} - \rho \quad (21)$$

可以看出, 研发部门的收益率和投资品部门的收益率相同。这是因为在模型设定中, 总投资是研发部门和投资品生产部门所使用的投入品之和, 二者在数量上完全替代, 一价定律成立。进而得到各个产业的技术 $A_i(t) = \frac{1}{\epsilon A_x} E_i(t)$ 、资本 $K_i(t) = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon A_x} i E_i(t)$ 、生产产品资本 K_c 的变化率 $\frac{dK_c(t)}{dt} =$

$\frac{A_x - \rho}{K_c} - \frac{\int_0^1 i s'_i(\theta) di}{\int_0^1 i s_i(t) di} \theta'(K_c)$, 由此得到产业 i 研发支出的数量 X_i 和份额 x_i :

$$X_i(t) = \frac{\dot{A}_i(t)}{A_i(t)} A_i(t) = \frac{1}{\epsilon A_x} E_i(t) \left(\frac{\dot{s}_i(t)}{s_i(t)} + A_x - \rho \right) \quad (22)$$

$$x_i(t) = \frac{X_i(t)}{\int_0^1 X_i(t) di} = \frac{1}{A_x - \rho} s_i(t) \left(\frac{\dot{s}_i(t)}{s_i(t)} + A_x - \rho \right) \quad (23)$$

设 A_x 足够大, 保证 X_i 和 x_i 为正。由此得到:

命题2(研发支出份额的发展路径): 随着资本不断积累, 同时使用资本和劳动力的产业 $i \in (0, 1)$, 其研发支出份额 x_i 呈现倒U型曲线的发展路径, 且资本越密集的产业到达倒U型曲线的顶点越慢; 只使用劳动力的产业0的研发支出份额 x_0 持续下降; 只使用资本的产业1的研发支出份额 x_1 持续上升。^②

① 求解过程详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

② 证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

根据发明专利申请和研发支出单位数量相等这一设定,二者的份额也相等,发明专利申请数份额的发展路径见命题2。命题2与表3、表6中发明专利申请数份额与研发支出份额都与相对资本密集度呈倒U型曲线关系的定量事实对应。经济学直觉解释如下:根据命题1,对于 $i \in (0, 1)$,产业 i 的资本密集度越接近制造业总的资本劳动比时,该产业的产出越大,从而中间投入品的总利润越大,研发这些中间投入品越有利可图,在该产业上的研发支出和发明专利申请将越多。如果 A_i 足够大,忽略掉(22)、(23)式括号内 s_i 变化的影响,得到 $x_i = s_i$,那么 x_i 的性质如命题1。

如果本文按照 Herrendorf and Valentinyi(2018)设定每个产业的资本密集度相同,会带来的问题是,产业之间替代弹性大于1时,期初技术水平较高的产业利润较高,研发激励较强,技术进步速度更快,利润规模会进一步扩大。如此循环,将不会得出在结构转型中产业研发支出份额先上升再下降的发展路径。本文模型加入了产业之间异质的资本密集度,引入要素相对价格对产业生产成本的影响。产业的资本密集度偏离经济体的资本劳动比过多,即便技术水平较高,也无法弥补因过多使用稀缺要素而带来的成本上涨。所以,考虑到要素密集度的差异,本文才能够在一个统一的理论框架下得出产业创新的倒U型曲线发展路径。

本文根据命题2做了一组数值模拟,展示了模型中产业的创新发展路径。根据模型对参数取值范围的设定,数值模拟对各参数的赋值为: $\rho=0.2, \sigma=1.5, \epsilon=1.5, A_i=3$ 。对所有产业进行数值模拟后,本文从中取产业0.4和产业0.6对结果进行说明。

如图4所示(横轴是时间,纵轴是产品的研发支出份额),产业0.4和产业0.6研发支出份额随时间呈现倒U型曲线的发展路径,且后者到达顶点的时间更晚。这是由于:①产业0.4的资本密集度较低,于是当经济体资本劳动比较低时,产业0.4比产业0.6更符合比较优势,所以利润更高,因此,创新动机更强,研发投入更高,专利就更多;②随着资本进一步积累,产业0.4逐渐失去比较优势,而产业0.6逐渐符合比较优势,于是当资本劳动比较高时,资本密集度较高的产业0.6的创新动机更强,研发投入更高,更晚到达顶点。根据定量事实部分的(3)式,如图5所示,数值模拟得到了产业0.4和产业0.6的研发支出份额(纵轴)和相对资本密集度(横轴)之间的倒U型曲线关系,且研发支出份额的极大值点取在 $k=1$ 附近,与表3中倒U型曲线的对称轴在1附近的定量事实一致。补充三组稳健性检验,将参数在各自取值范围进行调整,结果均与此一致,说明图4的结果并不依赖特定的参数^①。

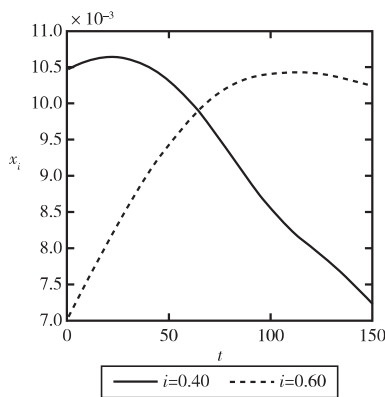


图4 产业研发支出份额 x_i 发展路径

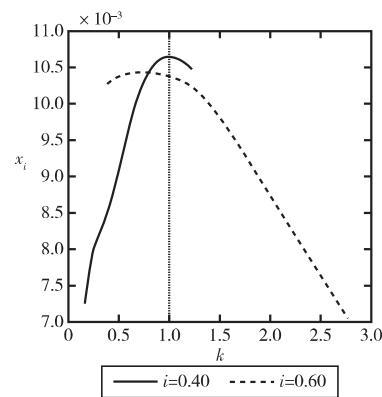


图5 研发支出份额 x_i 和相对资本密集度 k

① 详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

四、纳入技术扩散的模型拓展

基准模型的所有技术进步都源于自主创新,本文在这一部分引入产业离世界技术前沿的差距。考虑存在技术扩散^①条件下的产业技术进步与自主创新,对于发展中国家尤为重要。本文还将“领先型”“追赶型”和“转进型”三类产业的技术进步与研发行为放在统一的框架下进行分析。

记产业*i*的世界前沿技术为 $\bar{A}_i(t)$,当本国产业上处于技术落后的阶段时, $\bar{A}_i(t)$ 的技术进步率对本国来说是外生给定的。参考Acemoglu et al.(2006),假设产业*i*在时刻*t*的技术进步率如(24)式所示,本国的技术进步速度除了受到自主研发投入影响外,还受到来自世界前沿的技术扩散的影响:

$$\dot{A}_i(t) = X_i(t) + \alpha(\bar{A}_i(t) - A_i(t)) \quad (24)$$

其中, $X_i(t)$ 是本国的自主研发投入, $\bar{A}_i(t) - A_i(t)$ 是本国离世界前沿技术的差距,参数 α 为正。如果差距越大,则来自前沿技术扩散的效应也越强。参数 α 越大,则表示技术扩散强度越大。当 $\alpha = 0$,模型就退化到第三部分的基本设定。

可见,此处的技术可认为是产业*i*的全要素生产率。显然,全要素生产率与劳动生产率正相关,和定量事实部分的回归对应^②。国内技术达到世界前沿时,技术扩散停止,与第三部分相同。

结合第(24)式,家户决策的动态优化问题转变为(25)式:

$$\begin{aligned} \max_{\{C_i(t)\}_{t=0}^{\infty}, \{K(t)\}_{t=0}^{\infty}, \{A_i(t)\}_{t=0}^{\infty}} U &= \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \ln \left(\int_0^1 C_i(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} dt, \sigma > 1 \\ \text{s.t.} \int_0^1 p_i(t) C_i(t) di + \dot{K}(t) + \int_0^1 \dot{A}_i(t) di &= rK(t) + w(t)L + \\ &\int_0^1 (\pi_{ij}(t) - \alpha) A_i(t) di + \alpha \int_0^1 \bar{A}_i(t) di \end{aligned} \quad (25)$$

本文同样得到一个固定的总支出增长率 $A_x - \rho$ 。与第三部分不同的是,考虑自主研发对从前沿进行技术学习效应产生的影响,中间品利润 π_{ij} 变为 $A_x + \alpha, \frac{\dot{E}}{E} = A_x - \rho = \pi_{ij}(t) - \alpha - \rho$ 。通过与第三部分类似的求解过程,这里得到产业*i*上研发支出的数量 X_i 和份额 x_i :

$$X_i = \frac{1}{\epsilon A_x} E_i(t) \left[\frac{\dot{s}_i(t)}{s_i(t)} + A_x - \rho - \alpha \left(\frac{\bar{A}_i(t)}{A_i(t)} - 1 \right) \right] \quad (26)$$

$$x_i(t) = \frac{X_i(t)}{\int_0^1 X_j(t) dj} = \frac{s_i(t) \left[\frac{\dot{s}_i(t)}{s_i(t)} + A_x - \rho - \alpha \left(\frac{\bar{A}_i(t)}{A_i(t)} - 1 \right) \right]}{A_x - \rho - \alpha \int_0^1 \left(\frac{\bar{A}_j(t)}{A_j(t)} - 1 \right) s_j(t) dj} \quad (27)$$

① 此处的“技术扩散”指技术落后的产业通过学习获得先进技术。发展中国家的产业起步较晚,很多成熟的技术已经过了专利保护期,可以直接使用,省去自主研发,实现快速技术进步。Grossman and Helpman (1991)等文献描述了发展中国家通过接受技术扩散实现追赶的机制。

② 本文第二部分之所以使用劳动生产率而不是全要素生产率来衡量技术差距,一是因为前者的度量误差比后者小,特别是跨地区的资本存量的估计通常比较复杂;二是因为现实中对于给定相同产业,世界技术前沿国家的生产函数与发展中国家的生产函数的函数形式本身可能不同,这时全要素生产率的单位是不同的,比值是无意义的,但是劳动生产率的单位总是可比。更多讨论,参见Ju et al.(2015)。

相比(22)、(23)式,(26)、(27)式加入技术扩散的作用 $\alpha\left(\frac{\bar{A}_i(t)}{A_i(t)} - 1\right)$ 。当 $\frac{\bar{A}_i(t)}{A_i(t)}$ 越大时, X_i 和 x_i 越小,即产业离前沿技术的差距越大时,研发投入和发明专利申请都越少,这与表3中发明专利申请数份额与技术离前沿差距负相关的定量事实对应。

参考Lin(2017)、林毅夫等(2018)根据不同维度特征对中等收入国家产业的五大分类,在此模型中,本文描述由要素投入结构是否接近禀赋结构和技术是否接近世界前沿这两个标准划分的“领先型”“追赶型”和“转进型”三类产业的发展路径。中等收入国家大多数进行利润最大化的产业都可被划入这三类,因此,本文模型为研究中等收入国家产业创新研发提供理论参考。

由于模型复杂,无法获得解析解,本文通过数值模拟来描述这三类产业的研发支出份额和技术进步发展路径。根据模型对参数取值范围的设定,数值模拟对各参数的赋值如表7所示。为使讨论更加集中,不失一般性,令所有的产业 i 的初始技术 $A_i(0)$ 都为1,并取产业0.59离技术前沿的初始值为1.2,其余产业离技术前沿的初始值为1;每个产品所面对的技术前沿增长率为3%。对所有产业进行数值模拟后,从中取产业0.4、产业0.59和产业0.6对结果进行说明。

表7 技术扩散的模型参数设定

参数	ρ	σ	ϵ	A_x	α	$A_i(0)$	$\bar{A}_i(0), i \in [0, 1] \setminus \{0.59\}$	$\bar{A}_{0.59}(0)$	$\frac{\dot{\bar{A}}_i}{\bar{A}_i}$
数值	0.2	1.5	1.5	3.0	0.2	1.0	1.0	1.2	3.0%

如此设定的目的在于:根据Lin(2017),与失去比较优势的转进型产业相比,“领先型”和“追赶型”产业更加劳动密集,在模型中体现为资本收入份额 i 较小,故在模拟的时间段内令以上所选三个产业中 i 最小的产业0.4代表“转进型”产业;“领先型”和“追赶型”产业同时符合比较优势,在模型中体现为有相近的资本密集度,所以选取 i 差距仅为0.01相邻的产业0.59和产业0.6代表这两类;“追赶型”相比于“领先型”产业到技术前沿的距离更远,由于产业0.59在起始时刻的技术前沿水平大于产业0.6,所以产业0.59代表“追赶型”产业,产业0.6代表“领先型”产业。

如图6所示(横轴是时间,纵轴是研发支出份额),在模拟的时间段内:①最劳动密集的产业0.4由于经济体资本劳动比增大而失去比较优势,研发支出份额下降;②较为资本密集的产业0.59和产业0.6在逐渐符合比较优势的过程中,分别属于“追赶型”和“领先型”产业,研发支出份额增加;③由于产业0.59比产业0.6更能接受技术扩散,前者的研发支出份额小于后者;④随着资本继续积累,这两个产业失去比较优势,成为“转进型”产业,研发支出份额逐渐下降。补充三组稳健性检验将参数在各自取值范围调整,结果稳健,说明图6的结果不依赖这组特定的参数^①。

综上,本文对“转进型”“领先型”和“追赶型”三类产业的创新发展路径进行讨论:①“转进型”产业过于劳动密集,随着经济体资本劳动比的提高而逐渐失去比较优势,导致技术进步减缓。②“领先型”产业的技术已经接近或达到世界前沿,且资本密集度接近经济体禀赋结构,符合比较优势。创新成功带来的利润较高,研发部门有较强的激励。但由于无法进行技术学习,需要进行自主研发。“领先型”产业处于扩张阶段,专利和研发投入越来越多。③“追赶型”产业的技术和世界前沿

① 详见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

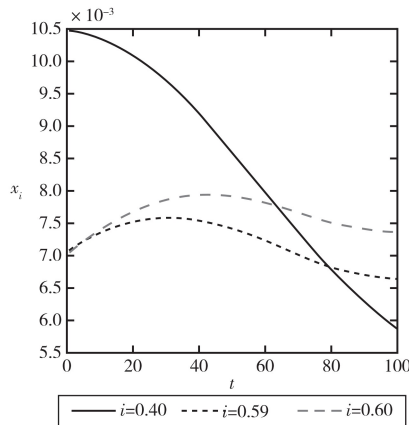


图6 三类产业的研发支出份额 x_i 发展路径

有较大差距,且符合比较优势,技术进步将带来较多的利润。同时,由于能够接受技术扩散,该产业不需要太多研发投入。随着技术接近世界前沿,“追赶型”产业越来越接近“领先型”产业,研发投入将逐渐增加。当经济体资本劳动比进一步提高,该产业可能逐渐失去比较优势,变为“转进型”产业。

五、结论

当前,创新已经成为引领中国经济发展的主要驱动力。有效识别并理解发展阶段、研发创新和产业升级,至关重要。本文重点探究了经济体结构转型过程中的产业升级和技术进步。本文发现如下定量事实:中国制造业产业的发明专利申请数份额与相对资本密集度呈倒U型曲线关系,且与离前沿的技术差距负相关。为了解释该事实,本文构建了一个在要素投入密集度上存在产业异质性的动态一般均衡创新理论模型。模型的主要机制是:产业的资本密集度越接近经济体禀赋结构,新产品就越符合比较优势,创新带来的技术进步能够得到更多利润,于是产业越有激励进行研发创新,发明专利就越多;反之,如果产业的资本密集度相对经济体禀赋结构过小或过大,需要使用过多稀缺要素,导致不符合比较优势,创新的激励较低。由此得到了产业发明专利申请数份额和相对资本密集度的倒U型曲线。

本文在模型中引入技术扩散机制,并结合“领先型”“追赶型”和“转进型”三类产业,在统一的模型框架内对研发投入份额的发展路径进行刻画。“领先型”和“追赶型”产业符合比较优势,技术进步速度较快。“追赶型”产业离国际前沿技术差距较大,可以从前沿进行技术学习,不需要进行过多自主研发;但随着技术差距缩短,该产业的自主研发投入不断上升,逐渐变成“领先型”。“领先型”产业符合比较优势,且离技术前沿差距较小,依赖自主研发。随着经济体进一步积累资本,“领先型”产业可能因逐渐远离禀赋结构而变成“转进型”产业,此时利润降低,技术进步减缓。

〔参考文献〕

- [1]陈斌开,伏霖.发展战略与经济停滞[J].世界经济,2018,(1):52-77.
 [2]黄群慧,贺俊.“第三次工业革命”与中国经济发展战略调整——技术经济范式转变的视角[J].中国工业经济,2013,(1):5-18.

- [3]李力行,申广军. 经济开发区、地区比较优势与产业结构调整[J]. 经济学(季刊), 2015, (3):885-910.
- [4]林毅夫. 新结构经济学——重构发展经济学的理论框架[J]. 经济学(季刊), 2010, (1):1-32.
- [5]林毅夫,张鹏飞. 适宜技术、技术选择和发展中国的经济增长[J]. 经济学(季刊), 2006, (3):985-1006.
- [6]林毅夫,王勇,鞠建东. 关于新结构经济学禀赋内涵的探讨[R]. 新结构经济学工作论文, 2019.
- [7]林毅夫,张军,王勇,寇宗来. 产业政策:总结、反思与展望[M]. 北京:北京大学出版社, 2018.
- [8]潘士远,林毅夫. 发展战略、知识吸收能力与经济收敛[J]. 数量经济技术经济研究, 2006, (2):3-13.
- [9]曲玥,蔡昉,张晓波. “飞雁模式”发生了吗? ——对1998—2008年中国制造业的分析[J]. 经济学(季刊), 2013, (3):757-776.
- [10]申广军. 比较优势与僵尸企业:基于新结构经济学视角的研究[J]. 管理世界, 2016, (12):13-24.
- [11]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[J]. 经济研究, 2014, (7):31-43.
- [12]王勇. 产业动态、国际贸易与经济增长[J]. 经济学(季刊), 2018, (2):753-780.
- [13]王勇,沈仲凯. 禀赋结构、收入不平等与产业升级[J]. 经济学(季刊), 2018, (2):801-824.
- [14]徐朝阳,林毅夫. 发展战略与经济增长[J]. 中国社会科学, 2010, (3): 94-108.
- [15]杨汝岱. 中国制造业企业全要素生产率研究[J]. 经济研究, 2015, (2):61-74.
- [16]张其仔. 中国能否成功地实现雁阵式产业升级[J]. 中国工业经济, 2014, (6):18-30.
- [17]Acemoglu, D., P. Aghion, and F. Zilibotti. Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth[J]. *Journal of the European Economic association*, 2006, 4(1): 37-74.
- [18]Acemoglu, D., G. Gancia, and F. Zilibotti. Competing Engines of Growth: Innovation and Standardization[J]. *Journal of Economic Theory*, 2012, 147: 570-601.
- [19]Aghion, P., and P. Howitt. A Model of Growth through Creative Destruction[J]. *Econometrica*, 1992, 60: 323-351.
- [20]Akcigit, U., and W. Ker. Growth through Heterogeneous Innovations[J]. *Journal of Political Economy*, 2018, 126(4): 1374-1443.
- [21]Atkeson, A., and A. Burstein. Pricing-to-market, Trade Costs, and International Relative Prices[J]. *American Economic Review*, 2008, 98(5): 1998-2031.
- [22]Bai, C., Q. Liu, and W. Yao. Earnings Inequality and China's Preferential Lending Policy[J]. *Journal of Development Economics*, 2020, 145: 102477.
- [23]Brandt, L., J. Biesebroeck, and Y. Zhang. Creative Accounting or Creative Destruction? Firm-level Productivity Growth in Chinese Manufacturing[J]. *Journal of Development Economics*, 2012, 97(2): 339-351.
- [24]Grossman, G., and E. Helpman. Quality Ladders and Product Cycles[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1991, 106(2): 557-586.
- [25]He, Z., T. Tong, Y. Zhang, and W. He. A Database Linking Chinese Patents to China's Census Firms[J]. *Scientific Data*, 2018, 5: 180042.
- [26]Herrendorf, B., and A. Valentinyi. Endogenous Sector-Biased Technological Change and Industrial Policy[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [27]Ju, J., J. Lin, and Y. Wang. Endowment Structures, Industrial Dynamics, and Economic Growth[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2015, 76: 244-263.
- [28]Klette, T., and S. Kortum. Innovating Firms and Aggregate Innovation[J]. *Journal of Political Economy*, 2004, 112(5): 986-1018.
- [29]Kojima, K. The “Flying Geese” Model of Asian Economic Development: Origin, Theoretical Extensions, and Regional Policy Implications[J]. *Journal of Asian Economics*, 2000, 11(4): 375-401.
- [30]Kongsamut, P., S. Rebelo, and D. Xie. Beyond Balanced Growth[J]. *Review of Economic Studies*, 2001, 68: 869-882.
- [31]Lin, J. Industrial Policies for Avoiding the Middle-income Trap: A New Structural Economics Perspective[J]. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 2017, 15(1): 5-18.
- [32]Romer, P. Endogenous Technological Change[J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98: 71-102.

Endowment Structure, R&D Innovation and Industrial UpgradingWANG Yong¹, FAN Zhong-chen², LI Xin-ze³

- (1. Institute of New Structural Economics, Peking University;
 2. School of Economics and Finance, Xi'an Jiaotong University;
 3. The Center for Economic Research, Shandong University)

Abstract: This paper studies how the endowment structure of an economy affects its R&D innovation and industrial upgrading.

Based on the database of Chinese Annual Survey of Industrial Firms and the NIPA patent data, we find two stylized facts. First, the more consistent the capital intensity of a sub-industry is with the endowment structure, the higher the share of this sub-industry's invention patent applications in the whole manufacturing sector is. Second, the patent share of an industry is negatively correlated with the productivity gap from the technological frontier. Similar patterns are also found in cross-country data.

Motivated by the two facts, we build a multi-industry dynamic general equilibrium model, in which industries are heterogeneous in two dimensions—capital intensity and productivity gap—from the world frontier. This paper is the first to incorporate the endogenous innovation process into the endowment-driven structural change and industrial upgrading framework. The model can explain the above facts by highlighting the following mechanism. When the capital intensity of an industry gets closer to the endowment structure, the production cost of new products becomes lower and firms in this industry make higher profits. As a result, firms will invest more in R&D innovation and obtain more patents. In contrast, industries with too low or too high capital intensities are inconsistent with comparative advantage, so the market value of patent in such industries is lower. Therefore, the R&D investment and patent shares are smaller. As the capital-labor ratio of the economy increases, each industry with given capital intensity first moves closer to the endowment structure and then moves away from it. This implies that the patent share of this industry will exhibit an inverted U-shaped path.

Furthermore, this paper introduces the productivity distance from the world technology frontier into the model and simultaneously characterizes the equilibrium R&D paths of three in the five industrial types in new structural economics, namely, leading, catching-up and exiting industries. Leading industries are close to or at the technology frontier of the world and consistent with comparative advantage. Therefore, they must rely on their own R&D to achieve technological progress, and the shares of R&D expenditure and patents in such industries are increasing over time. The catching-up industries are sufficiently away from the frontier but also consistent with comparative advantage. They can enjoy latecomers' advantage by imitation and benefit from the international technology spillover, so firms will choose to conduct less R&D. However, as they gradually approach the frontier, R&D becomes increasingly necessary. The exiting industries are gradually losing their comparative advantages as their capital labor ratio deviates from the endowment structure, so new patents are less valuable. Consequently, the incentives for innovation are weak, and the R&D expenditure shares are getting smaller.

This paper makes three contributions to the pertinent literature. First, few papers, if any, study the relation between endowment structure and patents at the industrial level. This paper is the first to quantitatively document the fact that there is an inverted U-shaped relationship between the share of patents and relative capital intensity at the industrial level. Second, existing literature about endogenous growth mostly assumes single production factor or symmetric multi-industries, whereas this paper introduces multiple factors and asymmetric industries that are heterogeneous in both capital intensities and distances from the world technological frontier. This new setting enables us to better explain the motivating stylized facts. Third, existing models of new structural economics largely assume that all technologies are available for free, while this paper is the first one to incorporate endogenous innovation into this framework and propose the endowment-driven innovation mechanism. Moreover, it is the first paper to theorize catching-up, leading and exiting industries that are widely applied in the literature of new structural economics.

Keywords: industrial structural change; endowment structure; R&D innovation; industrial upgrading

JEL Classification: O14 O31 O33

[责任编辑:覃毅]