

# 研究生教育层次结构对科技创新的影响： “扩张尖部”还是“夯实根基”？

田浩然，崔 盛

**[摘要]**高等教育普及化背景下，“卡脖子”的科技创新问题备受关注。基于我国2003—2017年省级面板数据，实证检验研究生教育层次结构对研发、转化两类科技创新活动的影响。结果显示：研究生教育层次结构变动的科技创新效应主要集中于高技术领域，在研究生教育具备一定规模的前提下，研究生教育的层次结构提升能够促进高科技研发，对科创成果转化也具有显著正效应。在控制研发与转化的互动机制、更换变量测度、更换模型后，该结论仍稳健。研究认为，研究生教育层次结构调整须遵循“需求与条件相结合”的约束机制，考虑研究生教育布局的区域结构差异，以“夯实根基”作为“扩张尖部”的前提。同时，为最大化“扩张尖部”对科技创新的促进作用，各地应围绕博士教育资源构建人才战略体系。

**[关键词]**研究生教育；层次结构；教育质量；规模效益；科技创新

## 一、问题提出

习近平总书记在2020年7月召开的全国研究生教育会议上做出重要指示：“推动研究生教育适应党和国家事业发展需要，坚持‘四为’方针，瞄准科技前沿和关键领域，深入推进学科专业调整，提升导师队伍水平，完善人才培养体系，加快培养国家急需的高层次人才。”<sup>①</sup>会议明确了研究生教育服务国家科技战略的重大意义与时代使命。发展中国家的教育投资结构和教育发展优先次序由经济发展战略决定(曹淑江, 2016)，研究生教育的内部层次结

**[收稿日期]** 2022-06-15

**[基金项目]** 教育部哲学社会科学研究2020年度重大项目“我国博士生招生和培养规模结构质量问题研究”(20JZD051)。

**[作者简介]** 田浩然，中国人民大学教育学院，电子邮箱地址：tianhr@ruc.edu.cn；  
崔盛，中国人民大学教育学院，电子邮箱地址：cuisheng816@163.com。

<sup>①</sup> 《习近平对研究生教育工作作出重要指示》，2020年7月29日，[https://www.gov.cn/xinwen/2020-07/29/content\\_5531011.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2020-07/29/content_5531011.htm)。

结构调整亦是基于本国实际选择发展道路的体现(崔亚楠等, 2021)。我国“破除‘卡脖子’的科技创新难题”“实施创新驱动高质量发展”等战略需求决定了研究生教育层次结构调整的未来方向, 也为检验其成效确立了标准。

2019年, 中国高等教育毛入学率超过50%, 实现从高等教育大众化到普及化的历史性转段。2022年毛入学率进一步达到59.6%, 并将于“十四五”期间突破60%, 高等教育层次结构也将随之出现较大改变。特别是在我国迈向高收入国家行列的背景下, 为适应经济社会发展对高水平创新人才的需求, 应当扩大研究生教育的占比(李立国等, 2022)。高等教育普及化为研究生教育进一步扎实生源基础, 支撑其规模扩张的“金字塔塔底”逐渐厚实(曹淑江和袁瑞雪, 2019)。高等教育层次重心的自然上移, 要求进一步发展博士生教育, 优化研究生教育的内部层次结构。人民对于更高层次乃至最高层次的学历教育的需求也日益增加。可见, 在国家战略要求和社会教育需求的双重驱动下, 研究生教育层次结构变动及其人才培养质量问题将成为焦点。

顺应高等教育普及化, 针对“卡脖子”等科技创新难题, 应如何调整研究生教育的内部层次结构? 为此, 本文实证分析研究生教育的层次结构及规模对于地区科技创新活动的影响, 以期为研究生教育结构调整选择及布局优化提供一定的证据支持。

## 二、文献回顾与研究假设

### (一) 研究生教育层次结构效应的相关研究

研究生教育层次结构是指研究生教育系统内部的博士生与硕士生的招收、在学及授予学位人数的分布, 即两个层次规模的相对比例。主流文献将我国研究生教育的绝对规模、相对规模、扩张速率等指标, 与多个科技强国进行过比较(马永红和马万里, 2021), 并力图从工业化阶段、供需匹配等不同角度, 预测未来的层次结构动态(赵世奎和沈文钦, 2014; 李立国和詹宏毅, 2008)。关于研究生教育的层次结构效应主要有以下两类研究: 一是选取硕士或博士的招生数、在校生成数等变量, 分别检验不同层次规模的影响(李锋亮等, 2021; 李锋亮和王瑜琪, 2021); 二是根据硕博比等指标, 分析研究生教育与科技、经济等其他系统之间的发展协调性(黄海军和李立国, 2015; 李霞, 2010)。但目前缺乏直接的层次结构视角, 对于研究生层次结构的科技创新效应缺少证据支持。

层次结构的效应源自各层次的教育规模及其质量之间的关系。“规模与质量”的关系是研究生教育层次结构影响科技创新的基础, 尤其须检视博士教育

的“规模与质量”关系。博士教育是支撑科技创新的关键。科技发展的定位越高、领域越前沿，要求博士人才的培养质量越高。博士教育的“规模与质量”之争至今仍无定论(杨海燕，2017)，其焦点是规模扩张与质量消弭。博士教育扩张可归为需求和条件两大动因，扩张引致质量缺失在需求超越条件时产生。博士教育质量可以分为以下几类：宏观体系还是微观单元、基于产品还是服务、针对质量标准的内适性还是外适性、针对全部还是局部(廖湘阳，2005)。微观单元质量是质量基础，产品质量强调以教学为核心的培养质量，内适性质量包括人才原创能力培养、高新技术专业人才供给等方面。上述三类质量内涵高度契合科技创新发展的核心需求。在统计学意义上，规模增长将导致生均资源量减少，有损“微观单元”质量，但规模增长能更大程度满足社会经济发展的整体需求，提升“宏观体系”质量。

将博士教育质量导向“微观单元”还是“宏观体系”，体现研究生教育层次结构调整的底层逻辑。研究生教育层次结构主要受国家战略需求影响，一个国家或地区经济及科技发展的战略定位越高，其重心就越高(颜建勇，2014)。较早地，我国研究生教育规模扩张便由硕士教育为主转变为注重博士教育(李莹和陈学飞，2006)。有研究比较2003—2013年10个主要国家的硕博比指标指出，由于中国在研究生教育早期扩张时保持博士教育的规模稳定，因而后期的博士培养质量提升具有良好基础(王传毅等，2015)。总体而言，我国研究生教育规模扩张至今的需求动因更强，层次结构重心上移较快，具有一定的赶超性，且“硕博比”目前仍在持续扩大，博士教育质量的主要导向仍是“宏观体系”。而博士教育的“微观单元”质量可能持续存在隐忧。

## (二) 研究生教育层次结构与科技创新

研究生教育主要通过两大路径支撑区域科技创新。一是人才培养。研究生教育系统输送毕业生人才增量，在各地积累科技创新所需的专用型或通用型人力资本。二是研究生教育系统通过自主研发、释放外部性等途径支撑科技创新。高等院校作为优质的教育机构，是推动科技创新的外部技术源泉(Andersson et al., 2009)。高校内部科技人才长期从事科研创新的活动，承担来自企业或政府委托的科研攻关项目，以校企联合、产教协同等方式产出成果(Santoro and Chakrabarti, 2002)。同时，高等教育不仅通过人才培养与自主研发，还从创新推广和成果制造等各层次促进区域科技创新(赖德胜等，2015)，这体现出人才供给的差异化特征。为最大化研究生教育的科技创新效应，需要优化研究生教育内部差异化的层次结构，调适各区域硕士教育与博士教育的相对比例。

从培养目标上看，博士教育的主要作用是提升科研水平，硕士教育包含

更多可能性和多样性,应动态及时地服务外部需求(李锋亮等,2021)。从培养过程上看,硕士生和博士生均在高等院校中从事着一定的知识生产活动(陈乐,2022)。但一般而言,学术和科研生产力都主要来自于博士教育,而硕士教育的贡献较少。因此,只有博士教育质量“拔尖”,才足以支撑高科技创新,应对“卡脖子”等难题。故从博士教育质量切入,分析研究生教育层次结构影响科技创新的方向及条件。

其一,承认博士生规模扩张引起单位培养质量下降。资源稀释理论认为,在既定资源约束下,子女数越多,每个子女分配的教育资源越少,教育收效越弱(Blake,1981)。其基本假设是资源有限性。资源越有限,稀释效应越强,即每位受教育者的教育获得越少或教育质量越差。这对国家教育的解释力也较强。生均资源条件是限制博士生规模扩张的要因,加之越是前沿的科技创新,越要求博士教育的质量“拔尖”,故“质量拔尖”和“资源稀释”的矛盾在博士培养过程中长期存在,且越是高精尖的科技领域越受此制约。

其二,硕士教育规模是博士教育质量的重要支撑条件(李立国与詹宏毅,2008)。扩大硕士教育规模,夯实这一内部“底基”有可能提升博士教育的质量,从而促进科技创新。硕士培养的环节更少、年限更短且定位更低,“资源稀释”效应远不及博士培养。同时,生源流动也不会扭转效应方向。一是毕业生有黏滞性,对生源的学校或地域存在“留恋”,毕业后外流概率较低。二是吸引力较弱地区多通过自主培养获取博士生源,硕士生规模扩大对博士生源质量有益;而吸引力较强地区自身承担的供材任务较轻,外地生源占比较大,其硕士生规模扩张虽然不一定提升博士生源质量,但也不至于引起质量下降。

基于研究生教育影响科技创新的效应机制,综合上述“资源稀释”和“生源扩大”的两大假说,提出以下研究假设:

H1:“博硕比”对科技创新成果的数量具有负效应。

H2:“博硕比”在研究生教育规模影响科技创新中具有正向调节效应。

研究生教育层次结构的重心上移,在控制其他条件时,将对博士的“微观单元质量”造成负面影响,从而对地区科技创新,尤其是前沿科技创新形成抑制效果,即H1。但不一定在任何发展阶段或条件下都会表现为负效应。重心在“尖部”的教育层次结构往往与高度发达的科技创新体系同时出现。结构状态是某种意义上的要素“效率”,层次结构也不例外。H2意味着研究生教育层次结构的重心上移可以通过“效率”调节机制,扩大其规模对于地区科技创新的促进作用。换言之,释放层次结构高级化的科创效能须以一定的规模效益为基础。规模效益足够时自然会催生层次结构高级化,以支撑进一步的科技创新。

此外，科技创新包括成果研发和成果转化两类基本活动。成果研发主要依赖于科研创新能力，由内适性的教育质量决定。成果转化是在成果存量的基础上，进行技术落地、产品销售等市场活动，主要需求外适性的教育质量。高层次的教育规模扩张可以提升社会整体的学历层次，从而有力促进成果转化。而高层次人力资本与高水平科技创新之间具有对应的因果关系(李锋亮和王瑜琪，2021；蒋仁爱和玄兆辉，2017)，研究生教育层次结构的科技创新效应通常只在成果内含的科创质量足够时显现。因此提出以下研究假说：

H3：研究生教育规模对科技创新成果转化的经济价值具有正效应。

H4：随着成果内含的质量水平提升，“博硕比”对成果转化的正效应将凸显。

### 三、研究设计

#### (一)模型设定与变量选取

根据主流文献，将知识创新生产函数作为科技创新生产函数(Griliches, 1979)。知识生产函数包含人员要素，但并未区分人力资本效应的层次差别，故借鉴将教育变量引入经济增长模型的做法(Griliches, 1969)，将研究生教育规模及结构均作为独立变量引入，得到如下科技创新生产函数：

$$Y_t = A_t \cdot K_t^{\beta_1} \cdot L_t^{\beta_2} \cdot E_t^{\beta_3} \cdot S_t^{\beta_4} \quad (1)$$

式(1)中， $Y$ 表示科技创新， $K$ 表示物质资本要素， $L$ 表示人力资本要素， $E$ 表示研究生教育规模， $S$ 表示研究生教育结构， $A$ 为全要素生产率。我们关注研究生教育层次结构对科技创新的影响，使用“博硕比”作为结构因素 $S$ 。两边对数化，导出模型如下：

$$\ln Y_{it} = C + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln E_{it} + \beta_4 \ln S_{it} + \sum \gamma_n \cdot X_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式(2)中，下标 $i$ 、 $t$ 分别是省份和年份， $\epsilon$ 是随机干扰项， $X$ 是控制变量， $n$ 是控制变量的个数， $C$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 是待估参数。变量选取策略如下：

被解释变量是科技创新。测度科技创新的做法大致包括三类：一是采用科技创新成果数量等客观指标；二是由市场收益间接测度；三是选取指标综合评价。其中，专利数作为衡量科技创新水平的指标被广泛应用。专利申请数可以准确反映当前的产出状况，而取得授权需历经审批周期，成果将被计入远期(张伟俊等，2021)，故选取专利申请数衡量。为提升结论稳健性，使用不同口径的专利数作为对照。专利法规定的三类专利中，发明专利的整体

科技含量最高(李婧等, 2010)。高技术产业是依靠高技术研究开发成果进行高技术产品生产和服务的产业部门, 其专利代表的科技创新质量水平较高(史丹和李晓斌, 2004)。故最终选定“专利受理总量”“发明专利受理量”“高技术产业专利申请数”“高技术产业发明专利申请数”四组因变量, 其创新质量水平依次提高。各件专利成果不具有同质性, 研究生教育影响成果转化的机制也不同, 因而使用“工业企业新产品产值”和“高技术产业新产品产值”分别衡量质量水平低、高不同的科创成果转化价值。

核心解释变量是研究生教育的层次结构及规模。研究生教育规模采用研究生在校规模衡量。研究生教育层次结构由“博硕比”衡量, 等于“博士在校规模/硕士生在校规模”。同时引入两者交互项, 考察层次结构效应的规模效益条件。

控制变量主要考虑内部要素和外部环境(戴魁早和刘友金, 2016)。对于内部要素, 使用 R&D 活动内部经费支出代表物质资本投入, 使用 R&D 活动人员全时当量代表人力资本投入, 因变量属于高技术领域时相应置换。对于外部环境, 使用“进出口总额/GDP 总额”计算贸易开放度, 使用“1-财政支出/GDP 总额”计算市场化程度, 使用 R&D 活动经费支出中的政府资金比重衡量政府支持度, 使用 R&D 活动人员的人均知识产权类司法案件案结数衡量知识产权保护度。

## (二)数据来源与描述性统计

上述变量的原始数据均取自统计年鉴和公开数据网站。省区市每年的 R&D 活动内部要素投入、各类型专利申请数、新产品产值均取自《中国科技统计年鉴》和《中国高技术产业统计年鉴》。各省每年的博士生在校数和硕士生在校数取自《中国教育统计年鉴》。计算外部环境变量的数据均取自《中国统计年鉴》。地区知识产权类司法案件的案结数通过整理“北大法宝”网站的公开数据获取。为减轻极端值影响, 所有变量对数化处理。另外, 样本中不包括西藏自治区。描述性统计结果见表 1。

表 1 变量的描述性统计

变量名称	变量含义	符号	样本量	平均值	标准差	变量范围
专利总量	国内专利受理量/项	lnpat	450	9.62	1.69	1.85~13.35
发明专利总量	国内发明专利受理量/项	lnip	450	8.41	1.69	3.89~12.14
高技术专利量	高技术产业专利申请量/项	lnhp	443	6.25	2.12	0~11.34
高技术发明专利量	高技术产业发明专利申请量/项	lnhip	383	5.79	2.05	0~10.78

续表

变量名称	变量含义	符号	样本量	平均值	标准差	变量范围
科创转化收益	工业企业新产品产值/万元	lninc	450	16.10	1.69	10.87~19.67
高技术科创转化收益	高技术产业新产品产值/万元	lnti	447	13.88	2.48	5.01~19.05
研究生教育规模	博士与硕士的在校生总数/人	lnhti	450	10.29	1.20	5.96~12.9
博硕比	博士在校生数/硕士在校生数	lnhsge	450	0.14	0.08	0~0.36
高技术 R&D 物质资本	高技术产业 R&D 经费支出/万元	lnhk	446	11.38	2.21	3.64~16.1
总 R&D 物质资本	R&D 经费支出/万元	lnk	450	13.88	1.52	9.40~16.97
高技术 R&D 人力资本	高技术产业 R&D 人员当量/人	lnhl	446	8.28	1.94	1.39~12.4
总 R&D 人力资本	R&D 人员全时当量/人	lnl	450	10.75	1.21	6.95~13.25
市场化程度	1—财政支出/GDP 总额	lnmar	450	0.58	0.06	0.32~0.65
政府支持度	政府资金占总 R&D 经费的比重	lngov	450	0.21	0.10	0.07~0.48
贸易开放度	进出口贸易总额/GDP 总额	lnope	450	0.24	0.24	0.02~0.99
知识产权保护度	知识产权类司法案结数/R&D 人员当量	lnkno	450	0.01	0.01	0~0.06

#### 四、实证结果分析

初步分析发现，模型集中存在异方差、序列相关等问题，故采用 Driscoll-Kraay 标准误矫正，并根据豪斯曼检验结果选定固定效应模型。

##### (一) 研究生教育层次结构对科技创新成果数的影响

本节构建以下模型展开分析：模型(1)、(2)分别以“专利受理总量”“发明专利受理量”为因变量，检验研究生教育对不同口径成果数的影响；模型(3)以“高技术产业专利申请数”为因变量，模型(4)在(3)的基础上引入研究生教育规模与层次结构的交互项；模型(5)以“高技术产业发明专利申请数”为因变量，模型(6)进一步引入交互项。不同因变量的科创质量水平依次递增，

排序为“高技术产业发明专利>高技术产业总专利>发明专利>总专利”，结果见表2。

表2 研究生教育层次结构及规模对科技创新成果数的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	lnpat	lnip	lnhp	lnhp	lnhip	lnhip
lnhsge	-1.620 (-0.699)	-0.552 (-0.314)	-6.744*** (-3.557)	-37.17*** (-7.442)	-3.701* (-2.013)	-45.20*** (-3.757)
lnhti	-0.157 (-1.123)	-0.331*** (-4.002)	0.751*** (3.965)	0.542*** (3.323)	1.021** (2.698)	0.880** (2.709)
lnhsge * lnhti				3.208*** (5.510)		4.176*** (3.680)
lnk	0.997*** (7.211)	1.400*** (8.604)				
lnhk			0.797*** (6.700)	0.791*** (6.483)	0.824*** (8.315)	0.799*** (7.635)
lnl	-0.106 (-0.676)	-0.181 (-1.158)				
lnhl			-0.0916 (-0.608)	-0.109 (-0.739)	-0.119 (-0.635)	-0.144 (-0.754)
lnope	0.419 (1.723)	0.635*** (3.302)	-0.196 (-0.514)	-0.0872 (-0.239)	-0.413 (-1.670)	-0.0298 (-0.0949)
lnmar	-4.125** (-2.339)	-1.875 (-1.514)	3.783 (1.399)	4.314 (1.661)	3.139 (0.937)	4.108 (1.215)
lngov	1.708* (1.808)	1.742*** (3.146)	-1.464 (-1.401)	-1.712 (-1.739)	-1.972 (-1.704)	-2.099* (-1.953)
lnkno	11.56*** (5.484)	12.95*** (4.187)	-4.295 (-1.090)	-3.637 (-1.016)	-6.152 (-1.581)	-5.961 (-1.598)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测量	450(30)	450(30)	439(30)	439(30)	380(30)	380(30)
R <sup>2</sup>	0.797	0.908	0.813	0.818	0.775	0.781

注：(1)系数下方括号里是 Driscoll-Kraay 标准误下的  $t$  值；(2)\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。

表2的列(1)和列(2)显示，博硕比系数不显著，规模为显著负效应，研究生教育对专利总量及发明专利量未呈现正效应，经费投入和大部分环境变

量显著，说明传统经济因素是制约地区整体的科创成果产出规模的主因。

对高技术领域的估计结果不同，表明研究生教育层次结构变动的科技创新效应集中于高技术领域。列(3)中博硕比系数显著为负，研究生教育规模显著为正，H1得到验证。列(4)引入交互项后，效果保持且R<sup>2</sup>增大，交互项在1%水平显著为正，说明博硕比对规模影响科技创新具有显著的正向调节效应，这意味着研究生教育层次结构高级化促进科技创新以研究生教育规模为前提，H2得到验证。列(5)和列(6)结果一致。大部分外部环境变量不再显著，经费投入显著且系数略有增大，说明随着成果整体的质量水准提高，将更依赖研究生教育的规模、结构以及物质资本等因素。

### (二) 研究生教育层次结构对科技创新经济收益的影响

基于科创成果研发新产品并实现经济收益的过程，受科技创新活动和市场经济活动的共同影响。成果研发和成果转化需要的人才质量不同，故研究生教育的效应也存在差异。本节构建以下模型分析：模型(1)、(3)分别检验研究生教育对“新产品产值”和“高技术产业新产品产值”的影响；模型(2)、(4)分别在前一模型基础上引入交互项。结果见表3。

表3 研究生教育层次结构及规模对科技创新经济收益的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lninc		lniti	
lnhsge	-0.924 (-0.912)	-7.623 (-1.757)	4.989*** (6.030)	9.927* (2.031)
lnhti	0.433*** (3.163)	0.384*** (3.131)	0.453** (2.829)	0.491** (2.871)
lnhsge * lnhti		0.709 (1.575)		-0.522 (-1.012)
lnk	0.992*** (28.69)	0.994*** (27.47)		
lnhk			0.534*** (3.280)	0.531*** (3.254)
lnl	-0.342*** (-4.191)	-0.351*** (-4.207)		
lnhl			0.223 (1.263)	0.228 (1.297)
lnope	0.119 (0.519)	0.138 (0.627)	1.537*** (3.816)	1.525*** (3.733)

续表

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lninc		lniti	
lnmar	4.433 <sup>*</sup> (2.046)	4.575 <sup>**</sup> (2.183)	-3.631 (-1.168)	-3.737 (-1.206)
lngov	-1.389 (-1.512)	-1.423 (-1.548)	-2.295 <sup>**</sup> (-2.868)	-2.271 <sup>**</sup> (-2.796)
lnkno	1.074 (0.663)	1.235 (0.840)	14.52 <sup>***</sup> (8.281)	14.42 <sup>***</sup> (7.873)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
观测量	450(30)	450(30)	443(30)	443(30)
R <sup>2</sup>	0.824	0.825	0.771	0.771

注：(1)系数下方括号里是 Driscoll-Kraay 标准误下的  $t$  值；(2)\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。

综合表 2 和表 3 发现，物质资本投入的系数始终为正且显著，说明物质资本在科创活动中的基础性地位。而人力资本投入效果不稳定，这与变量之间的共线性有关。

表 3 中的各列均显示，研究生教育规模正显著，说明研究生教育的规模扩张可以促进科创成果转化，H3 得到验证，在一定程度上符合“配置能力”说(Schultz, 1975)。配置能力提升是教育的主要益处之一，该能力与企业家才能密切相关。即使研究生教育由于规模过快扩张引致质量滑坡或内部层次结构失衡，从而难以培养足够的拔尖创新人才，但也能通过为社会输送大量高学历层次的“通用型人力资本”来促进转化。因此，研究生教育规模始终显著为正，而研究生教育层次结构对于总量的科创成果转化来说并不“要紧”，故列(1)、(2)未观测到显著的影响效应。这也从一个侧面表明博士教育规模扩张具有较强的市场需求动因。

列(3)中博硕比的系数在 1% 水平显著为正，表明研究生教育层次结构的重心上移可以促进高技术领域的科创转化，H4 得到验证，表明研究生教育层次结构对于科创成果转化的促进作用集中于高技术领域。研究生教育规模的系数依然显著为正，H3 仍成立。贸易开放、政府支持、知识产权保护等控制变量显著，说明成果转化需要良好的外部环境支撑。交互项不显著，说明层次结构的效率调节机制在成果转化中并不成立。

### (三) 稳健性检验

#### 1. 科技创新成果研发与成果转化之间的互动机制

科创成果本身是经济收益转化的基础，成果转化又能反哺科创活动。为

独立考察研究生教育的效果，需剔除上述互动机制的影响。针对“卡脖子”等科技创新难题，仅选取“高技术产业发明专利申请数”和“高技术产业新产品产值”两组因变量<sup>①</sup>，将影响转化的成果基础和反哺科创的经济收益分别于对方模型中控制（结果见表4）。成果存量以“高技术产业有效发明专利数”（lnhipcn）衡量，<sup>②</sup> 成果经济收益以“高技术产业新产品产值”衡量。

表4 科技创新成果数量与成果经济收益之间的互动机制

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhip		lniti	
lnhsge	-4.736** (-2.546)	-42.77*** (-4.006)	5.621*** (7.353)	3.795 (0.942)
lnhti	0.845** (2.330)	0.729** (2.216)	0.264* (2.119)	0.254* (2.090)
lnhsge * lnhti		3.832*** (3.883)		0.192 (0.459)
lniti	0.241*** (7.341)	0.230*** (7.347)		
lnhipcn			0.208*** (4.940)	0.207*** (5.070)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
观测量	379(30)	379(30)	435(30)	435(30)
R <sup>2</sup>	0.785	0.790	0.800	0.800

注：(1)系数下方括号里是 Driscoll-Kraay 标准误下的 *t* 值；(2)\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。

表4中，高技术产业新产品产值在1%水平显著为正，高技术有效发明专利数在1%水平显著为正，说明两类活动之间存在双向为正的互动机制。其他结果与前文一致，结论稳健。

① 可及条件下分析代表最高科技创新水平的因变量，与解决“卡脖子”难题的需要最为对应。对于其他整体科创水平“较次”的研发与转化的分析，并非重点，其观测也与已有结论较为一致，加之精简篇幅的考虑，此处及后文均以“高技术产业发明专利”为分析对象。

② 高技术产业有效发明专利数的变量符号为“lnhipcn”，表征高技术产业发明专利的存量规模。

## 2. 更换变量测度方式和标准误、剔除特殊年份

为进一步考虑博士在校生的影响，比如在职博士生、直博士生、博士留校助研及任教等，将层次结构变量的测度方式由“博硕比”换为“博研比”，即博士生在校生数占研究生在校生总数的比重。为避免不同标准误导致的估计结果差异，将 Driscoll-Kraay 标准误换为聚类至省份层面的稳健标准误。部分重现结果见表 5。

表 5 更换变量测度方式和标准误后的部分实证结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhip		lnri	
lnhsge	-5.973*	-54.44*	7.530***	4.446
	(-1.782)	(-1.954)	(3.126)	(0.322)
lnhti	0.872**	0.746**	0.257	0.242
	(2.698)	(2.461)	(1.298)	(1.099)
lnhsge * lnhti		5.038*		0.335
		(1.869)		(0.226)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
观测量	379(30)	379(30)	435(30)	435(30)
R <sup>2</sup>	0.785	0.789	0.800	0.800

注：(1)系数下方括号里是聚类稳健标准误下的  $t$  值；(2) \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。

表 5 与表 4 结果的一致性较强，结论基本稳健。列(3)估计的研究生在校生规模为正但不显著，但在表 3 的列(3)中显著且系数较大(由 0.453 降至 0.257)，表 4 的情况类似(系数降至 0.264，显著性水平由 5% 降至 10%)，表明成果存量是研究生教育规模影响的科创成果转化一个可能渠道。

此外，由于《中国教育统计年鉴》的在校研究生数在 2017 年发生口径改变，层次结构与规模变量的数据产生大幅波动。为此，剔除该极端年份样本重复前文的实证操作，相关结论依然稳健。限于篇幅，正文不再呈现。

## 3. 更换回归模型：采用动态面板模型

前期条件是未来科技研发及突破的重要基础，通过 DW 检验也发现显著自相关，故构建动态面板模型。为进一步处理内生性问题，验证变量影响，采用系统 GMM 法估计(Arellano and Bond, 1991; Arellano and Bover, 1995)。系统 GMM 法包括“一步法”和“两步法”，出于稳健性检验的考虑，两种结果均汇报。其中，研究生规模、博硕比和两者交互项被视为内生变量，

其余变量为外生变量。结果如表 6 所示，模型均通过 Sargan 检验和序列相关检验。

表 6 研究生教育层次结构及规模影响科技创新的系统 GMM 估计

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhip		lniti	
	Two-step	One-step	Two-step	One-step
1l. lnhip	0.853*** (17.59)	0.879*** (20.34)		
1l. lniti			0.312* (1.900)	0.318** (2.337)
lnhsge	-20.43*** (-3.996)	-19.89*** (-3.161)	2.669* (1.760)	3.280** (2.317)
lnhti	-0.172 (-1.518)	-0.179 (-1.553)	0.0317 (0.0748)	-0.0284 (-0.0956)
lnhsge * lnhti	1.962*** (4.164)	1.985*** (3.254)		
lniti	0.00817 (0.424)	0.00503 (0.282)		
lnhipcn			0.132* (1.825)	0.109** (1.972)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
AR(1)	0.00	0.01	0.05	0.02
AR(2)	0.93	0.98	0.64	0.58
Sargan test	0.70	0.70	0.59	0.59
观测量	414(30)	414(30)	405(30)	405(30)

注：(1)系数下方括号里是稳健性标准误下的  $t$  值；(2)\*、\*\*和\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%水平上显著；(3)根据前文经验，成果数回归选择交互项模型，产值回归选择线性模型。

表 6 中因变量的一阶滞后项均显著为正，表明科技创新的历史水平对当前的科技创新形成重要支撑，科研经费、新产品产值等的控制变量不再显著，而滞后项解释力较强，符合前沿科技创新具有的“长周期”特点(Arora et al., 2018)。列(1)、(2)显示，博硕比在 1%水平显著为负，交互项在 1%水平显著为正，H1 和 H2 再次得到验证。在校生规模不显著，表明研究生教育层次

的结构高级化和规模基础互为各自释放正效应的前提。列(3)、(4)结果与前文基本一致, H4再次得到验证。高技术有效发明专利数显著为正, 高技术科创成果存量每增多1%, 成果转化的经济收益量平均增多0.11%—0.13%。前述“互动机制”中仅成果存量对成果转化的单边正效应保持显著。这支持成果研发是互动机制的“源动力”, 短期经济收益虽然可以拉动成果的数量增长, 但是持续的科技创新必须重视和依靠内部研发工作。

#### (四)渠道检验: 高层次人力资本存量

相关统计年鉴将高等院校 R&D 人员数计入 R&D 人员总数, 而高等院校 R&D 人员数与研究生教育规模高度共线。实际上, 研究生教育层次结构与规模交互项的效应源有可能是人力资本存量, 而非教育规模本身。层次结构高级化促进前沿科技创新研发的前提应是区域积累的高层次人力资本存量。为此, 展开渠道检验(Acemoglu et al., 2003), 具体做法为在原模型中引入博硕比与高技术产业 R&D 人员全时当量的交互项, 再观察博硕比、研究生教育规模及二者交互项的显著性与系数变化, 如果原交互项由显著变为不显著或显著水平、系数明显下降而某变量显著, 那么就认为高层次人力资本存量是主要的调节效应渠道。

##### 1. 基于静态面板模型的渠道检验

为避免核心自变量的效应全部由因变量滞后项代理, 先汇报基于静态面板模型的检验结果(见表7), 因变量选取“高技术产业专利申请数”和“高技术产业发明专利申请数”。

表7 渠道检验(一): 基于静态面板的固定效应模型估计

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhp		lnhip	
lnhsge	-40.26*** (-6.633)	-31.46*** (-5.809)	-42.77*** (-4.006)	-23.41* (-1.805)
lnhti	0.472** (2.831)	0.719** (2.965)	0.729** (2.216)	1.156** (2.637)
lnhsge * lnhti	3.430*** (4.917)	0.533 (0.545)	3.832*** (3.883)	-0.904 (-0.570)
lnhsge * lnhl		2.453** (2.914)		3.485*** (3.439)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes

续表

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhp		lnhip	
观测量	437(30)	437(30)	379(30)	379(30)
R <sup>2</sup>	0.828	0.833	0.790	0.800

注：(1)系数下方括号里是 Driscoll-Kraay 标准误下的 *t* 值；(2)\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。

表 7 显示，在引入新交互项后，原交互项均不再显著，说明高层次人力资本存量是博硕比调节效应产生的主要渠道。人才存量是研究生教育层次结构高级化的效益前提，而非研究生教育办学规模。当然，区域内有相当部分的人才存量属于研究生教育系统。

### 2. 基于动态面板模型的渠道检验

再选用动态面板模型重现渠道检验(见表 8)，将新的交互项也作为内生变量，其他处理不变，模型也通过了 Sargan 检验和序列相关检验。

表 8 渠道检验(二)：基于动态面板的系统 GMM 模型估计

变量名称	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhp		lnhip	
1l. lnhp	0.662*** (2.993)	0.692*** (3.920)		
1l. lnhip			0.879*** (20.34)	0.889*** (21.33)
lnhsge	-18.10** (-2.119)	-14.03* (-1.850)	-19.89*** (-3.161)	-18.90*** (-2.818)
lnhti	-0.0539 (-0.570)	-0.0208 (-0.191)	-0.179 (-1.553)	-0.177 (-1.524)
lnhsge * lnhti	1.777** (2.201)	0.849 (1.044)	1.985*** (3.254)	1.756** (2.165)
lnhsge * lnhl		0.650* (1.828)		0.163 (0.424)
截距项	Yes	Yes	Yes	Yes
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
AR(1)	0.19	0.22	0.01	0.01
AR(2)	0.16	0.21	0.98	0.97

续表

变量名称	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnhp		lnhip	
Sargan test	0.85	0.90	0.70	0.74
观测量	414(30)	414(30)	414(30)	414(30)

注：(1)系数下方括号里是稳健性标准误下的  $t$  值；(2)\*、\*\*和\*\*\*分别表示在10%、5%和1%水平上显著；(3)上表汇报的是“一步法”系统GMM的结果，“二步法”结果留存备案。

表8中的列(2)再度支持了高层次人力资本存量是层次结构主要的调节渠道。而列(4)中引入变量不显著，而原交互项仍显著，规模和层次结构变量也无明显变动，说明对于“高技术产业发明专利申请数”而言，层次结构仍主要表征研究生教育规模的要素效率。横向对比估计结果发现，“高技术发明专利数”滞后项的系数明显大于“高技术专利总量”的滞后项，可能表明整体质量水准较高成果的研发周期更长，故要素难以在当期显现效果，交互项也不显著。

## 五、结论与讨论

基于2003—2017年我国省级面板数据，实证检验地区研究生教育层次结构对于成果研发、成果转化两类科技创新活动影响，旨在明确“扩张尖部”“夯实底座”两类研究生教育内部层次结构调整的科技创新效应。实证结论如下。

其一，研究生教育层次结构变动的科技创新效应主要集中于高技术领域，“博硕比”对总专利申请数、发明专利申请数、新产品产值均不具有显著正效应，但对高技术领域科技创新的成果研发和成果转化均为显著正效应；规模方面，研究生教育规模对科技创新的成果转化具有显著正效应。

其二，“博硕比”在研究生教育规模影响高技术领域的科创研发中具有显著的正向调节效应，而“单一”的层次结构高级化为显著负效应，表明其净效应“转负为正”须以一定的规模效益为前提。渠道检验还发现，上述调节效应主要经由“高层次人力资本存量”渠道产生，即实际的规模前提是地区高级人才存量，研究生教育办学规模只是其部分体现。

其三，控制成果研发与成果转化之间的互动机制后，结论稳健。其中，科创成果是互动机制的原动力。动态面板回归还显示，前期科创基础对未来科创活动的影响重大，高技术领域的科创研发活动更加受此制约。

本文的发现有助于认识我国研究生教育层次结构动态对于区域科技创新的冲击，分析地区扩张与布局不同层次研究生教育的合理节奏，据此提出以

下建议。

首先，博士教育发展须优先确立支撑前沿科技创新的任务目标，服务于国家重大战略。在不具备足够质量支撑条件时，研究生教育层次结构重心的上移，虽然可以促进成果的市场价值转化，但更有可能消弭人才培养质量，削弱区域科创能力。金字塔式的研究生教育发展虽然难以在短期内助长成果转化，但有利于持续积累成果存量，为长期的高效益转化奠定基础。因此，对接商业需求、增强经济服务能力等人才供给目标应主要由研究生教育的科类、类型及区域的结构调整实现，而非通过层次结构高级化来实现。各地都需要对外部需求推动的“尖部扩张”保持高度审慎，保障博士培养的“硬”质量。无论扩张动力是来自外部社会还是高校办学自身，博士教育都要警惕“学历膨胀”，坚守高标准的人才定位与质量底线，高标准地服务于“四个面向”。

其次，研究生教育的层次结构调整需要遵循“需求与条件相结合”的刚性约束机制(李立国和黄海军，2014)。为培养更多的高层次拔尖创新人才，高等教育体系的层次结构重心需要有序上移，要求稳步扩大“尖部”层次规模的占比。面向前沿、关键及基础领域的科创难题，研究生教育的规模扩张及其内部的层次结构调整须遵循刚性约束机制。笔者在西部地区的实际调研发现，部分地方高校虽然具备一定办学条件以及发展博士教育的极强内生动力，但面临着较为严重的生源及人才外流问题，限制了学科专业发展和人才培养质量提高，其高等教育层次结构中的“尖部扩张”，并不能有效转化为区域科创动能。结合本文实证结论来看，博士教育应主要依据办学条件与培养质量来发展，包括考虑生源及人才吸引力条件，新增博士点授权应坚持以申报单位的人才培养条件为核心考量，审慎纳入倾斜性或平衡性的照顾因素；硕士教育应主要满足多样化且日益增长的外部需求，可以持续性地扩张规模，学位点授权可以较多考虑倾斜性因素，先助力薄弱地区夯实博士教育的“底基”。总之，“质量拔尖”和“资源稀释”的矛盾在博士教育的发展过程中长期存在，故博士教育规模扩张须严格服从质量支撑条件约束，否则，一味推高研究生教育层次结构重心，反而可能抑制乃至损害区域的科创效能，对于前沿和关键领域的科技创新来说并不利。

再次，研究生教育发展采取“扩张尖部”还是“夯实底基”的方略，须以规模效益为基础，充分考虑省际的区域结构差异。我国研究生教育与科技创新的基础条件在不同区域之间存在较大差异。但地方政府各自具有独特的效用目标，存在极力“扩张尖部”的动机，可能诱致全国博士教育资源配置的效率低下或无效，甚至对高层次人才培养质量造成不可逆的损害。因此，宏观调控全国的硕博层次结构比例需要战略性地统筹区域关系，统一局部与整体；

各地发展研究生教育都应遵循“金字塔”式渐进的层次次序，优先夯实博士教育扩张的“底基”。一方面，鼓励规模效益良好、生均教育经费相对充足的省份(如广东、浙江)，调动各方主体及资源打造优质的博士教育办学条件，相应地，此类地区应优先布局博士学位授权点，适度扩张已有授权点的招生规模，这也是其高端产业链发展壮大科创体系发展的需要。另一方面，基础相对薄弱、不具备相当规模基础(研究生教育总规模、高层次人才存量规模)的省份应将博士招生数量严格控制在质量条件约束之内。对于此类地区来说，地方和高校应“从长共计”当地的科创发展战略，进行合理定位或必要转型，充分考虑区域当前阶段下社会经济发展，尤其是本土产业及企业的科研创新需求，不宜过分超前地布局高层次人才培养机构。地方高校的博士点建设与授权尤其需考虑硕士教育及博士生源的规模基础，防止造成“有博士点但无生源”的低效局面。

最后，围绕区域博士教育资源打造“引育、吸纳、续留”人才的立体链条。渠道检验发现，研究生教育层次结构其实正向调节的主要是高层次人才资本存量。因此净效应“转负为正”的前提是区域内积累一定的高层次人才存量。而我国不同区域的人才吸引力不尽相同，人才就学地与就业地不一致的现象相当普遍，限制着部分地区研究生教育对区域科技创新的支撑效应的发挥。实际上，该问题源于人才“引育、吸纳、续留”的链条与区域研究生教育，尤其是博士教育发展之间的脱节。为此，各地应围绕本地的博士教育资源打造“引育、吸纳、续留”人才的立体链条，在高教层次结构高级化、人才结构优化和科创体系壮大三者之间建立良性循环互动。人才吸引力较弱地区尤其需要注重留人战略，凭借倾斜优势加快发展研究生教育的同时，以此为机遇，系统谋划包括“引育、吸纳、续留”在内的全方位人才战略，前瞻性地进行“本地人才续留、外地生源引育、外部人才引进”的战略布局。

#### [参考文献]

- 曹淑江，2016：《发展中国的经济发展战略与教育发展优先次序》，《教育研究》第9期。
- 曹淑江、袁瑞雪，2019：《解析“教育的倒金字塔”之谜》，《中国人民大学教育学报》第3期。
- 陈乐，2020：《准知识生产者：知识生产与自我生产的双重属性》，《学位与研究生教育》第10期。
- 崔亚楠、文雯、刘惠琴，2021：《普及化阶段中美高等教育结构的对比分析》，《中国高教研究》第7期。
- 戴魁早、刘友金，2016：《要素市场扭曲与创新效率——对中国高技术产业发展的经验分

- 析》，《经济研究》第7期。
- 黄海军、李立国，2015：《中国省域研究生教育与经济发展水平的协调性研究》，《江苏高教》第3期。
- 蒋仁爱、玄兆辉，2017：《科技投入结构、改制对科技产出的影响研究——基于中国研究所大样本数据的分析》，《科学学研究》第2期。
- 赖德胜、王琦、石丹浙，2015：《高等教育质量差异与区域创新》，《教育研究》第2期。
- 李锋亮、王瑜琪，2021：《研究生教育规模对国家创新能力的影响——与本专科教育规模的比较分析》，《中国高教研究》第3期。
- 李锋亮、吴帆、顾袁超、刘惠琴，2021：《硕士研究生教育对省域经济增长的贡献》，《学位与研究生教育》第4期。
- 李婧、谭清美、白俊红，2010：《中国区域创新生产的空间计量分析——基于静态与动态空间面板模型的实证研究》，《管理世界》第7期。
- 李立国、黄海军，2014：《政府主导下的我国研究生教育发展特征》，《复旦教育论坛》第1期。
- 李立国、詹宏毅，2008：《中国博士生教育的增长速度与质量保障——中美比较的角度》，《清华大学教育研究》第5期。
- 李立国、赵阔、杜帆，2022：《经济增长视角下的高等教育层次结构变化》，《教育研究》第2期。
- 李霞，2010：《地区经济与研究生教育应保持协调发展》，《中国高教研究》第4期。
- 李莹、陈学飞，2006：《我国研究生教育规模发展分析》，《高等教育研究》第1期。
- 廖湘阳，2005：《研究生教育质量提升与规模扩张的冲突及其协调》，《高等教育研究》第5期。
- 马永红、马万里，2021：《高等教育普及化背景下研究生教育发展阶段划分与走向思考——基于国际比较视角》，《中国高教研究》第8期。
- 史丹、李晓斌，2004：《高技术产业发展的影响因素及其数据检验》，《中国工业经济》第12期。
- 王传毅、严会芬、王时雨，2015：《十国研究生教育发展核心指标的比较研究》，《研究生教育研究》第2期。
- 颜建勇，2014：《多视角下研究生教育结构演变的驱动力研究》，《中国高教研究》第1期。
- 杨海燕，2017：《扩张与稳定：我国博士教育规模之争——基于1996—2016年国内相关文献的分析》，《研究生教育研究》第4期。
- 张伟俊、袁凯彬、李万利，2021：《商业银行网点扩张如何影响企业创新：理论与经验证据》，《世界经济》第6期。
- 赵世奎、沈文钦，2014：《中美博士教育规模扩张的比较分析——基于20世纪60年代以来博士教育发展的数据分析》，《教育研究》第1期。
- Acemoglu, D., S. Johnson, J. Robinson and Y. Thaicharoen, 2003, “Institutional Causes, Macroeconomic Symptoms: Volatility, Crises and Growth”, *Journal of*

- Monetary Economics*, 50(1): 49–123.
- Andersson, R., J. M. Quigley and M. Wilhelmsson, 2009, “Urbanization, Productivity, and Innovation; Evidence from Investment in Higher Education”, *Journal of Urban Economics*, 66(1): 2–15.
- Arellano, M. and O. Bover, 1995, “Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-components Models”, *Journal of Econometrics*, 68(1): 29–51.
- Arellano, M. and S. Bond, 1991, “Some Tests of Specification for Panel Data; Monte Carlo Evidence and An Application to Employment Equations”, *Review of Economic Studies*, 58(2): 277–297.
- Arora, A., S. Belenzon and A. Pataconi, 2018, “The Decline of Science in Corporate R&D”, *Strategic Management Journal*, 39(1): 3–32.
- Blake, J., 1981, “Family Size and the Quality of Children”, *Demography*, 18(4): 421–442.
- Griliches, Z. 1969, “Capital-Skill Complementarity”, *Review of Economics and Statistics*, 51(4): 465–468.
- Griliches, Z. 1979, “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth”, *Bell Journal of Economics*, 10(1): 92–116.
- Santoro, M. D. and A. K. Chakrabarti, 2002, “Firm Size and Technology Centrality in Industry - university Interactions”, *Research Policy*, 31(7): 1163–1180.
- Schultz, T. W. 1975, “The Value of the Ability to Deal with Disequilibria”, *Journal of Economic Literature*, 13(3): 827–846.

## **The Impact of Graduate Education Hierarchy on Science and Technology Innovation: Expanding the Top Section or Consolidating the Base?**

TIAN Hao-ran, CUI Sheng

(School of Education, Renmin University of China)

**Abstract:** In the context of the universalization of higher education, the issue of “stuck” science and technology innovation has attracted much attention. Based on the provincial panel data from 2003 – 2017, we empirically examine the effects of the hierarchical structure of graduate education on R&D and transformation of science and technology innovation activities. The results show that the science and technology innovation effects of changes in the hierarchical structure of graduate education are mainly concentrated in high-tech fields, and under the premise that the graduate education has a certain scale, the advanced hierarchical structure of graduate education can promote high-tech R&D, and also has a significant positive effect on the transformation of science and innovation achievements. The conclusion still presents robustness after controlling for the interaction

mechanism between R&D and transformation, replacing the variable measures, and replacing the model. The study concludes that the restructuring of graduate education levels should follow the rigid constraint mechanism of “combining demand and conditions”, consider the regional structural differences in the layout of graduate education, and take “consolidating the base” as the premise of “expanding the tip”. The premise of “expanding the tip” is to “strengthen the base”. In order to maximize the role of “expanding the tip” in promoting science and technology innovation, all regions should build a talent strategy system around doctoral education resource.

**Key words:** graduate education; hierarchical structure; educational quality; scale efficiency; scientific and technological innovation

(责任编辑: 郑磊 责任校对: 郑磊 刘泽云)