

文章编号: 2095-1663(2022)06-0031-12

DOI: 10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2022.06.05

# 工科博士生科研项目投入何以提升学术能力

## ——导师指导和课程学习的调节效应

李明磊<sup>1a</sup>, 王靖<sup>1a</sup>, 王茹<sup>1b</sup>, 周文辉<sup>2</sup>

(1. 北京理工大学 a. 人文与社会科学学院; b. 研究生院, 北京 100081; 2. 学位与研究生教育杂志社, 北京 100081)

**摘要:** 利用全国研究生调查数据, 探究工科博士生科研项目投入对其学术能力提升的影响, 并分析导师指导和课程学习在其中发挥的调节作用。研究发现: ① 科研项目投入数量和质量均对工科博士生学术能力提升产生显著影响, 其中项目投入质量发挥的影响更大; ② 工科博士生科研项目投入质量与学术能力提升存在正 U 型非线性关系; ③ 导师指导在工科博士生科研项目投入数量和质量与学术能力提升间存在正向调节效应, 课程学习仅在项目投入质量与学术能力提升间存在正向调节效应; ④ 导师指导和课程学习可同时发挥调节作用, 导师指导仍产生正向调节效应, 且自变量为科研项目投入质量时, 两者综合调节效应值较大。建议: 聚焦工科博士生学术能力培养, 持续提高科研项目质量; 有效提升导师指导水平, 强化导师指导在工科博士生培养中的重要地位和关键效用; 加大重视课程学习的成效, 建立前沿性和创新性兼具的工科博士生课程体系; 营造高质量的培养环境, 充分发挥培养制度与条件对工科博士生培养的支撑作用。

**关键词:** 科研项目投入; 学术能力; 导师指导; 课程学习; 工科博士生

**中图分类号:** G643

**文献标识码:** A

### 一、问题的提出

全球新一轮科技革命和产业变革加速推进, 我国亟需科技创新发挥核心驱动作用。实现高水平科技自立自强是我国未来很长时间内经济社会高质量发展的战略支撑。当前, 我国面临着科技关键领域“卡脖子”问题, 培养高层次科技人才迫在眉睫。工科博士生作为高端科技人才、卓越工程师的重要后备生力军, 是我国博士生教育体系的中坚群体。2020 年我国工科博士生招生 47898 人、在学 195850 人、毕业 24084 人<sup>[1]</sup>, 分别占博士生总体的 41.27%、41.98%、36.39%。科研训练是工科博士

生学术能力培养的必要途径。《关于加快新时代研究生教育发展的意见》提出“加强系统科研训练, 以大团队、大平台、大项目支撑高质量研究生培养”。那么, 在科研训练过程中, 工科博士生科研项目投入如何提升学术能力。导师指导和课程学习如何发挥调节作用等问题就值得深入探讨。

国内与此相关的研究主要涉及以下几个方面:

#### (一) 博士生科研项目投入与学术能力的关系

李莞荷等发现科研项目参与数量和科研活动投入时间对人文社科类和理工农医类博士生的科研能力均产生显著正向影响<sup>[2]</sup>。梁宏等使用科研工作学术含量、提升科研创新能力作用测度科研参与质量, 研究表明科研工作参与质量越高, 博士毕业生自评

收稿日期: 2022-06-06

作者简介: 李明磊(1984—), 男, 河南郑州人, 北京理工大学人文与社会科学学院副研究员, 博士。

王靖(1998—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 北京理工大学人文与社会科学学院硕士生。

王茹(1972—), 女, 河南郑州人, 北京理工大学研究生院副研究员, 博士, 本文通讯作者。

周文辉(1970—), 男, 江苏泰州人, 学位与研究生教育杂志社社长, 北京理工大学研究生教育研究中心副主任, 教授。

基金项目: 国家社会科学基金教育学一般项目“博士生招生‘申请—考核’制的实施成效与改进策略研究”(BIA190176)

创新能力提升的可能性显著越高<sup>[3]</sup>;李澄锋等使用课题与博士生学术兴趣符合度及学术论文相关性衡量课题参与质量,实证研究结果说明相较于课题参与数量,课题参与质量对博士生科研能力增值更具优势<sup>[4]</sup>。荣利颖等发现科研项目数量与质量的交互作用模型中,项目数量对研究生创新能力的净效应表现为负,有显著作用的是质量指标<sup>[5]</sup>。

此外,还有一些学者根据科研项目投入的不同属性与程度做了相关研究。赵世奎等发现研究生无论参与横向课题还是纵向课题均对独立科研能力有显著影响,但投入纵向科研项目更有优势<sup>[6]</sup>。张振林等基于深度访谈数据,将参与纵向项目和横向项目作为不同类型的学术创业方式,发现两者均促进工科博士生科研能力提升,但纵向项目投入的训练效果优于横向项目<sup>[7]</sup>。郝彤亮等研究显示,相比省部级科研项目,博士生参与国家级科研项目对其创新能力产生更大的正向促进效应<sup>[8]</sup>,同时他们还依据科研项目参与种类及承担的科研工作量测度投入的广度和深度,使用结构方程模型验证了两个投入维度均直接对博士生创新能力产生显著正向影响,且工科表现明显<sup>[8]</sup>。李祖超等构建了理工科研究生科研实践影响创新能力培养的路径模型,将参与理论及实践型活动的种类表征为参与广度、参与基础及综合科研环节的频率表征为参与深度,研究表明科研实践广度和深度直接促进研究生创新能力提高<sup>[9]</sup>。

### (二) 导师指导对博士生科研能力的影响

导师制作为博士生培养的核心制度,对于博士生科研能力起到决定性作用。李莞荷等从立德树人视角论证了导师指导在培养学术创新能力、优化培养条件、注重人文关怀等方面对博士生科研能力发展产生正向影响<sup>[2]</sup>。任玉鑫等研究发现导师的学术水平、治学态度、领导力、科研条件以及师生关系五个供给侧维度可显著提升工科博士生创新能力<sup>[10]</sup>。赵世奎等发现同独立承担科研工作相比,获得导师指导的研究生群体对自身培养质量的满意率最高<sup>[6]</sup>。吴杨等研究指出导师的支持性指导风格对主动性较高的研究生群体创新思维和行为产生较大影响<sup>[11]</sup>。王雅静等研究表明导师自主性支持作为开放性的指导方式能够促进博士生科研产出<sup>[12]</sup>;郝彤亮等指出获得高导师自主性支持情况下,参与科研项目对博士生创新能力的提升更具优势<sup>[8]</sup>。

### (三) 课程学习对博士生科研能力的影响

课程学习是博士生培养制度的基本组成部分,

为提升博士生科研能力奠定坚实基础。包志梅研究表明博士生课程学习与论文选题、写作、发表以及完成课题等四项科研活动关系的密切度越高,其对学术志趣、前沿知识、创新思维和独立研究等科研能力的提升越具有正向预测作用<sup>[13]</sup>。吴杨等研究发现研究生个人投入科研训练和课程学习时间越长,其创新思维和行为的培养成效更加突出<sup>[11]</sup>。李明磊等研究显示2012—2016年工科博士生对课程教学的满意度评价同时低于培养过程总体和科研训练的评价,可见课程教学是培养短板<sup>[14]</sup>。

总的来看,现有研究比较关注博士生科研项目投入对学术能力的影响,但缺乏探讨博士生科研训练与学术能力提升的机制“黑箱”,而有关导师指导和课程学习对博士生科研能力的影响研究,鲜少关注两者的作用机制或路径。为此,本研究重在揭示工科博士生群体科研项目投入数量和质量对其学术能力提升的影响,同时分析导师指导和课程学习在其中发挥的作用机制。

## 二、研究设计与数据说明

### (一) 研究设计

#### 1. 研究分析框架

随着研究生培养机制改革的深入推进,博士生培养逐步强化以科研实践为基础的导师负责制度。2009年教育部办公厅发布《关于进一步做好研究生培养机制改革试点工作的通知》,扩大培养机制改革试点至所有央属高校,明确要求“贯彻研究生培养的科学研究导向原则”<sup>[15]</sup>。科研导向对于工科博士生尤为重要。以科研作为首要成分,教授的作用在于把科研和教学结合起来——科研活动十分恰当地成为一种教学的模式;学生的作用在于把科研和学习结合起来——科研活动转变成一种学习的模式<sup>[16]</sup>。工科博士生的科研活动既是潜在的教学模式,又是有效的学习方式,因此其学术能力培养的重要路径是科研训练、课程教学、自我学习的贯通联结,融合发挥育人功能。实践中,高校工科博士生培养模式包含培养目标、课程体系、导师指导、科研训练、评价标准等方面<sup>[17]</sup>。导师及其指导是博士生培养过程的关键因素。课程学习是工科博士生系统习得学科知识的基本方式。工科博士生主要通过科研项目训练提升研究能力、学习能力和创新能力。

学生卷入理论认为参与是学生在学术体验中身

体和心理能量投入的数量与质量<sup>[18]</sup>,这为评估科研项目投入水平提供了理论指导。另外培养单位提供的服务与管理、培养条件、学术交流活动、质量保障体系等也是博士生科研能力的重要影响因素<sup>[3]</sup>。故将培养制度保障、培养条件保障作为控制变量纳入本研究分析框架。本研究聚焦科研项目投入数量与质量对工科博士生学术能力的影响,融入导师指导、课程学习两大培养要素,探究其在提升学术能力过程中的调节效应,为此构建了工科博士生科研项目投入与其学术能力关系的调节作用模型(见图1)。

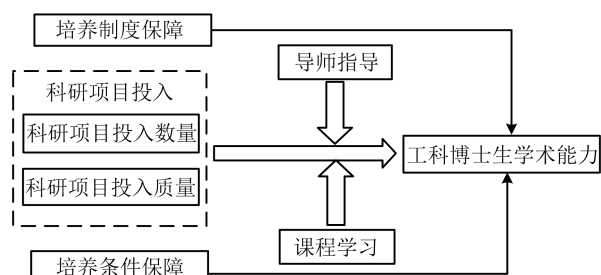


图1 工科博士生科研项目投入与学术能力关系的调节作用模型

## 2. 研究假设

鉴于调节作用模型,本研究提出以下假设:

科研项目投入数量和质量对工科博士生学术能力的影响。

①科研项目投入数量越多,越有利于提升工科博士生学术能力。

②以参加科研工作学术含量表征科研项目投入质量。科研项目投入质量越高,越有利于提升工科博士生学术能力。

③同科研项目投入数量相比,投入质量对工科博士生学术能力的积极影响更大。

科研项目投入对博士生学术能力影响不完全是线性关系。项目投入水平的增长或质量的提高,对工科博士生学术能力提升可能存在非线性影响。

④科研项目投入数量与工科博士生学术能力之间的关系是非线性的。

⑤科研项目投入质量与工科博士生学术能力之间的关系是非线性的。

科研训练过程中,导师指导对博士生学术能力培养具有积极影响。工科博士生获得导师指导的水平高低可对其学术兴趣、学科知识和前沿、学科方法等方面产生影响。

⑥导师指导正向调节科研项目投入数量与工科博士生学术能力之间的关系。

⑦导师指导正向调节科研项目投入质量与工科博士生学术能力之间的关系。

博士生个体知识转化迁移能力、主动性、需求等差异,均会影响其课程学习的成效。博士生期望课程设置更多地满足自身科研需要,期望课程教学内容与科研过程同步<sup>[19]</sup>。当课程学习与工科博士生科研需求融合度较高,满足了博士生对夯实知识基础、了解学科前沿、学习研究方法、增强学术兴趣等方面的期待,进而可正向调节科研训练对学术能力的影响作用。反之,课程学习将可能负向调节科研训练对学术能力的影响。

⑧课程学习正向调节科研项目投入数量与工科博士生学术能力之间的关系。

⑨课程学习正向调节科研项目投入质量与工科博士生学术能力之间的关系。

## (二)数据说明

### 1. 调查工具及样本情况

本研究使用的数据来自2019年“中国研究生满意度调查”项目。该调查由北京理工大学研究生教育研究中心和学位与研究生教育杂志社联合实施。问卷主体部分采用李克特五点量表计分法,将研究生感知评价分为非常不满意、比较不满意、一般、比较满意、非常满意。工科博士生调查样本共计4455份,有效样本4043份,有效率达到90.75%,具有较好的代表性。调查样本涉及45所研究生培养单位,其中一流大学建设高校21所、一流学科建设高校16所、其他高校8所。调查样本均为参与科研项目的工科博士生,保障了后续分析的可靠性。样本的分布情况见表1。

表1 工科博士生调查样本分布情况

样本类型	样本类别	样本数 (单位:人)	百分比
性别	男	2990	73.95%
	女	1053	26.05%
年级	一年级	1309	32.38%
	二年级	906	22.41%
	三年级	869	21.49%
	四年级及以上	959	23.72%
培养单位	一流大学建设高校	2761	68.29%
	一流学科建设高校	992	24.54%
	其他高校	290	7.17%
总计		4043	100%

2. 变量选择  
问卷涵盖工科博士生对相关培养要素的感知评价,相关变量包括学术能力、科研项目投入数量

和质量、导师指导、课程学习、培养制度、培养条件等。各变量的测量题项说明与信效度检验结果见表 2。

表 2 研究变量的测量题项与信效度检验

变量		性质	测量题项说明	Cronbach's Alpha	CR	AVE
被解释变量	学术能力	连续	科研工作能力的提升水平(“很小”=1;“较小”=2;“一般”=3;“较大”=4;“很大”=5);创新能力、实践能力、学术素养、学习能力	0.910	0.952	0.938
	科研项目投入数量	连续	参与科研项目数量:“0项”=1;“1项”=2;“2项”=3;“3项”=4;“4项及以上”=5	—		—
解释变量	科研项目投入质量	连续	参加科研工作的学术含量:“很低”=1;“较低”=2;“一般”=3;“较高”=4;“很高”=5	—		—
	导师指导	连续	导师对你的影响程度(“很小”=1;“较小”=2;“一般”=3;“较大”=4;“很大”=5);学术兴趣、专业知识、科研能力、治学态度、道德修养	0.955		0.965
调节变量	课程学习	连续	课程提升各方面作用(“很小”=1;“较小”=2;“一般”=3;“较大”=4;“很大”=5);夯实知识基础、增加学习兴趣、了解学科前沿、学习科研方法、提升创新能力、提升实践能力	0.956		0.965
	培养制度保障	连续	软环境满意度(“非常不满意”=1;“不太满意”=2;“一般”=3;“比较满意”=4;“非常满意”=5);奖助学金制度、“三助”岗位设置、学生管理、学术交流机会、就业指导与服务	0.922		0.942
控制变量	培养条件保障	连续	硬环境满意度(“非常不满意”=1;“不太满意”=2;“一般”=3;“比较满意”=4;“非常满意”=5);图书馆、食堂、宿舍	0.751		0.859
	性别	分类	“男”=0;“女”=1	—		—
	年级	分类	“一年级”=1;“二年级”=2;“三年级”=3;“四年级及以上”=4	—		—
	学校类型	分类	“一流大学建设高校”=1;“一流学科建设高校”=2;“其他高校”=3	—		—

学术能力、导师指导、课程学习、培养制度保障、培养条件保障为多题项组合测度的变量,通过计算各题项得分的算数平均值获得。信效度检验说明,组合变量与问卷整体的一致性系数(Cronbach's Alpha)均达到 0.7 以上,信度较好。组合变量的 KMO 检验与 Bartlett 球形度检验均表明适合进行因子分析,且每个组合变量特征值大于 1 的公因子仅为 1 个,因子载荷均大于 0.7,累计方差率分别为 79.15%、82.01%、84.74%、76.32%、67.14%,具有较好构念,结构效度较好。组合信度(CR)均在 0.7 以上,平均萃取方差(AVE)均在 0.5 以上,具有较好收敛效度。本研究使用软件 SPSS 24.0 完成数据

分析,利用 PROCESS v3.2 程序检验导师指导和课程学习的双调节作用机制。

### 三、研究结果

#### (一)共同方法偏差检验

本研究变量数据由被测试者提供,可能存在共同方法偏差问题,故使用 Harman 单因子法检验共同方法偏差效应。探索性因子分析结果显示,特征值大于 1 的公因子共 5 个,第一个特征根大于 1 的公因子方差解释率为 48.68%,低于临界值 50%,因此可认为本研究不存在严重的共同方法偏差问题。

## (二) 变量描述性统计和相关性分析

本研究计算了变量的均值、标准差及相关系数,见表3。各变量的标准差较小,数据波动范围小,同时相关系数低于0.7,一定程度上说明存在

多重共线性可能性较小,或者多重共线性在可承受的范围之内。各研究变量与学术能力在1%显著性水平上相关,可通过回归模型分析变量间的数量依存关系。

表3 变量描述性统计分析和相关性分析

变量	均值	标准差	1	2	3	4	5	6	7
1 学术能力	4.28	0.73	1						
2 科研项目投入数量	3.33	1.10	0.041***	1					
3 科研项目投入质量	3.85	0.86	0.590***	0.097***	1				
4 导师指导	3.80	0.99	0.645***	0.055***	0.555***	1			
5 课程学习	4.28	0.90	0.591***	0.034**	0.465***	0.543***	1		
6 培养制度保障	3.77	0.88	0.511***	0.025	0.410***	0.639***	0.486***	1	
7 培养条件保障	3.65	0.93	0.387***	0.028*	0.310***	0.510***	0.335***	0.697***	1

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.1%、1%、5%的水平上通过显著性检验。

## (三) 研究变量在人口学特征上的差异

本研究中大部分变量在人口学特征上的差异是显著的(见表4)。性别方面,除学术能力、科研项目投入质量无显著差异外,男生在科研项目投入数量上显著高于女生,而在其他变量上显著低于女生。

年级方面,除培养条件保障无显著差异外,高年

级博士生科研项目投入数量显著高于低年级,但在其他变量上均低于低年级。

培养单位方面,其他高校工科博士生的科研项目投入数量显著低于“双一流”建设高校,但其他变量(除培养条件保障外)则显著高于“双一流”建设高校。事后检验表明,其他高校与一流学科建设高校的培养条件保障无显著差异。

表4 研究变量在人口学特征上的差异分析结果

人口学特征		学术能力	科研项目投入数量	科研项目投入质量	导师指导	课程学习	培养制度保障	培养条件保障
性别	男	4.276	3.400	3.778	4.260	3.778	3.750	3.632
	女	4.296	3.150	3.855	4.322	3.855	3.837	3.717
	t	-0.760	6.380***	-0.839	-1.969**	-2.300**	-2.876***	-2.637***
年级	一年级	4.386	2.970	3.920	4.432	3.876	3.817	3.660
	二年级	4.246	3.250	3.840	4.237	3.801	3.761	3.622
	三年级	4.259	3.480	3.840	4.239	3.791	3.777	3.688
	四年级及以上	4.190	3.760	3.790	4.134	3.696	3.720	3.646
	F	15.155***	111.903***	4.554***	22.816***	6.209***	2.325*	0.767
培养单位	一流大学建设高校	4.260	3.290	3.820	4.223	3.740	3.741	3.597
	一流学科建设高校	4.291	3.470	3.890	4.351	3.864	3.818	3.791
	其他高校	4.447	3.270	4.030	4.532	4.126	3.921	3.732
	F	8.869***	10.291***	9.157***	20.489***	23.409***	7.293***	17.084***

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.1%、1%、5%的水平上通过显著性检验。

## (四) 研究发现

1. 科研项目投入显著提升工科博士生学术能力  
表5中模型1仅引入控制变量,相较于一年级,二年级及以上博士生的学术能力提升较低;相较于

一流大学建设高校,一流学科建设高校的工科博士生学术能力提升较低,而其他高校博士生学术能力提升较高。这与在年级、培养单位类型上的差异分析结果基本一致。另外,培养制度、培养条件是提升

工科博士生学术能力的显著因素,其中培养制度保障的影响程度较大。

模型 2 和模型 3 分别引入科研项目投入数量和质量,结果说明两者均显著促进工科博士生学术能力提升,假设①和②成立。从回归系数看,科研项目

投入质量的影响较大,模型拟合度  $R^2$  也有较大提高。模型 4 同时引入科研项目投入数量和质量,投入数量的系数不再显著,投入质量的系数依旧显著, $R^2$  没有变化,说明科研项目投入质量保持显著影响,且影响效应更大,假设③成立。

表 5 工科博士生科研项目投入与学术能力提升关系的检验结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
科研项目投入数量		0.059***		0.02	0.059***	
		(0.014)		(0.013)	(0.014)	
项目投入数量平方项					0.002	
					(0.017)	
科研项目投入质量			0.444***	0.443***		0.578***
			(0.013)	(0.013)		(0.019)
项目投入质量平方项						0.058***
						(0.006)
培养制度保障	0.428***	0.426***	0.280***	0.280***	0.426***	0.267***
	(0.018)	(0.018)	(0.017)	(0.017)	(0.018)	(0.016)
培养条件保障	0.078***	0.077***	0.065***	0.065***	0.077***	0.05***
	(0.018)	(0.018)	(0.016)	(0.016)	(0.018)	(0.016)
性别(以男性为参照)	-0.037	-0.024	-0.031	-0.027	-0.024	-0.028
	(0.031)	(0.031)	(0.027)	(0.028)	(0.031)	(0.027)
年级 (以博士生一年级为参照)						
二年级	-0.158***	-0.174***	-0.131***	-0.137***	-0.174***	-0.127***
	(0.038)	(0.038)	(0.033)	(0.033)	(0.038)	(0.033)
三年级	-0.153***	-0.182***	-0.122***	-0.132***	-0.181***	-0.121***
	(0.038)	(0.039)	(0.033)	(0.034)	(0.039)	(0.033)
四年级及以上	-0.208***	-0.25***	-0.152***	-0.166***	-0.251***	-0.16***
	(0.037)	(0.038)	(0.033)	(0.034)	(0.038)	(0.032)
培养单位(以一流 大学建设高校为参照)						
一流学科建设高校	-0.005***	-0.014	-0.027	-0.03	-0.014	-0.023
	(0.032)	(0.032)	(0.028)	(0.028)	(0.032)	(0.028)
其他高校	0.155***	0.15***	0.094**	0.093*	0.15***	0.075
	(0.054)	(0.054)	(0.047)	(0.047)	(0.054)	(0.047)
截距项	0.117***	0.136***	0.1***	0.106***	0.134***	0.042*
	(0.027)	(0.027)	(0.024)	(0.024)	(0.032)	(0.024)
样本量	4043	4043	4043	4043	4043	4043
$R^2$	0.246	0.249	0.418	0.418	0.249	0.431
F 值	164.577***	148.763***	321.326***	289.555***	133.856***	305.971***

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示通过 0.1%、1%、5% 的显著性水平检验。括号内为标准误。

## 2. 科研项目投入与工科博士生学术能力提升之间存在非线性关系

本研究引入科研项目投入数量和质量的平方项,探讨科研项目投入对学术能力提升的非线性影响。表5中模型5显示,科研项目投入数量的平方项系数未通过显著性检验,因此投入数量对学术能力提升的影响不是非线性的。假设④不成立,可能由于本研究选取的非线性关系设定(二次型)与实际的非线性关系不一致。模型6说明,科研项目投入质量及其平方项的回归系数均通过显著性检验,因此投入质量对学术能力提升的影响是非线性的,同时由于平方项系数为正,表明非线性关系为正U型,假设⑤成立。

## 3. 导师指导的正向调节作用

本研究使用层次回归法分析调节作用机制。表6显示,在第一步引入控制变量的基础上,自变量为科研项目投入数量时,第三步其系数通过显著性检验,与第二步该系数相比有所下降,说明导师指导作为调节变量是合理的。同时交互项通过显著性检验,表明导师指导在科研项目投入数量与工科博士生学术能力提升之间存在正向调节作用,假设⑥成立。

自变量为科研项目投入质量时,第三步中科研项目投入质量及其平方项与导师指导的交互项均通过了显著性检验,表明导师指导对科研项目投入质量与工科博士生学术能力提升之间的正U型关系存在正向调节作用,假设⑦成立。

表6 导师指导调节作用的层次回归结果

变量	X:科研项目投入数量		X:科研项目投入质量	
	第二步	第三步	第二步	第三步
科研项目投入数量	0.059*** (0.014)	0.025** (0.012)		
科研项目投入质量			0.578*** (0.019)	0.441*** (0.018)
科研项目投入质量平方			0.058*** (0.006)	0.072*** (0.006)
导师指导		0.485*** (0.013)		0.332*** (0.014)
科研项目投入数量 * 导师指导		0.063*** (0.011)		
科研项目投入质量 * 导师指导				-0.088*** (0.013)
科研项目投入质量平方 * 导师指导				0.003*** (0.001)
培养制度保障	0.426*** (0.018)	0.224*** (0.017)	0.267*** (0.016)	0.167*** (0.016)
培养条件保障	0.077*** (0.018)	0.078*** (0.016)	0.05*** (0.016)	0.057*** (0.015)
截距项	0.136*** (0.027)	0.078*** (0.024)	0.042* (0.024)	0.022 (0.023)
控制变量	控制	控制	控制	控制
样本量	4043	4043	4043	4043
R <sup>2</sup>	0.249	0.439	0.431	0.516
F值	148.763***	286.637***	305.971***	330.167***

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示通过0.1%、1%、5%的显著性水平检验。括号内为标准误。

采用 Dawson, J. F. (2014)<sup>[20]</sup> 建议的程序对导师指导的正向调节作用进行简单斜率检验。图 2 显示当导师指导处于高水平时<sup>①</sup>,随着科研项目投入数量的增加,工科博士生学术能力的提升速率比处于低水平时更快,但这种差距并不大。

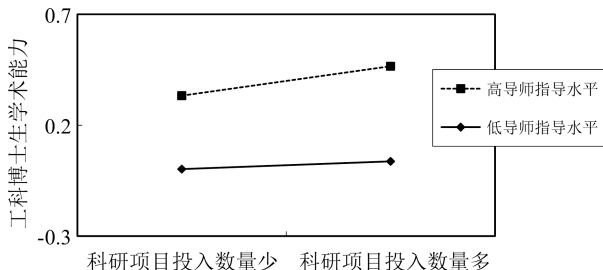


图 2 导师指导在科研项目投入数量与工科博士生学术能力提升中的调节作用

当导师指导处于高水平时,科研项目投入质量对工科博士生学术能力提升的作用更大(图 3)。低导师指导水平组即使缺乏导师指导,随着科研项目投入质量提高,工科博士生学术能力与高导师指导

水平组的差距在减小,导师指导的调节作用变得微弱,可能与博士生自主探索程度较高相关。

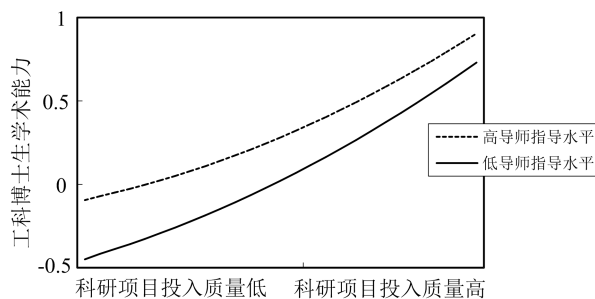


图 3 导师指导在科研项目投入质量与工科博士生学术能力正 U 型关系中的调节作用<sup>②</sup>

#### 4. 课程学习的正向调节作用

课程学习调节作用的层次回归结果见表 7。自变量为科研项目投入数量时,第三步中科研项目投入数量与课程学习的交互项未通过显著性检验,因此课程学习在科研项目投入数量与工科博士生学术能力提升之间不存在调节作用,假设<sup>③</sup>不成立。

表 7 课程学习调节作用的层次回归结果

变量	X: 科研项目投入数量		X: 科研项目投入质量	
	第二步	第三步	第二步	第三步
科研项目投入数量	0.059*** (0.014)	0.05*** (0.013)		
科研项目投入质量			0.578*** (0.019)	0.502*** (0.018)
科研项目投入数量平方项			0.058*** (0.006)	0.059*** (0.006)
课程学习		0.403*** (0.016)		0.259*** (0.015)
科研项目投入数量 * 课程学习		-0.012 (0.013)		
科研项目投入质量 * 课程学习				-0.101*** (0.014)
科研项目投入质量平方项 * 课程学习				0.005*** (0.001)
培养制度保障	0.426*** (0.018)	0.228*** (0.019)	0.267*** (0.016)	0.155*** (0.017)
培养条件保障	0.077*** (0.018)	0.027 (0.017)	0.05*** (0.016)	0.026* (0.015)
截距项	0.136*** (0.027)	0.128*** (0.025)	0.042* (0.024)	0.062*** (0.023)
控制变量	控制	控制	控制	控制
样本量	4043	4043	4043	4043
R <sup>2</sup>	0.249	0.354	0.431	0.484
F 值	148.763***	200.553***	305.971***	290.876***

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示通过 0.1%、1%、5% 的显著性水平检验。括号内为标准误。



自变量为科研项目投入质量时,第三步中科研项目投入质量及其平方项与课程学习的交互项均通过显著性检验,表明课程学习对科研项目投入质量与工科博士生学术能力提升之间的正U型关系存在正向调节作用,假设⑨成立。

当高课程学习成效时,科研项目投入质量对提升工科博士生学术能力的作用更大<sup>⑩</sup>(图4)。同样,随着科研项目投入质量的提高,两组工科博士生学术能力提升差距缩小,课程学习的调节作用变得微弱,可能与高学术含量科研项目激发了博士生学术热情有关。

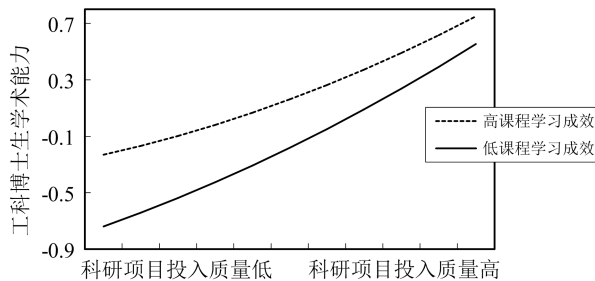


图4 课程学习在科研项目投入质量与工科博士生学术能力提升正U型关系中的调节作用<sup>⑩</sup>

#### 5. 导师指导和课程学习的双调节效应分析

本研究将导师指导和课程学习同时引入模型,检验两变量的双调节效应。自变量为科研项目投入数量时,其与导师指导的交互项系数为正( $int\_1=0.0774, p<0.01$ )、与课程学习的交互项系数为负( $int\_2=-0.0384, p<0.01$ )。自变量为科研项目投入质量时,其与导师指导的交互项系数为正( $int\_1=0.0374, p<0.01$ )、与课程学习的交互项系数为负( $int\_2=-0.0125, p>0.1$ )。因此两个调节变量共存时,导师指导在科研项目投入与工科博士生学术能力提升之间发挥正向调节作用,而课程学习则表现为负向调节作用,导师指导的作用更为重要。

表8显示,导师指导和课程学习共同调节科研项目投入与工科博士生学术能力提升过程中,双调节变量处于不同水平,将产生不同的综合调节效应值。可以发现,课程学习成效处于低水平,而导师指导处于高水平时,两者综合发挥的正向调节作用相比最强。其次导师指导处于较高水平时,自变量不论是科研项目投入数量,抑或是投入质量,双变量的综合调节效应在不同课程学习成效水平下均较强。另外相比科研项目投入数量,自变量为投入质量时,双变量调节效应值较高。

表8 双调节变量模型的分析结果

X:科研项目投入数量					
导师指导	课程学习	调节效应值	P值	下限	上限
低	低	-0.006	0.689	-0.034	0.023
	中	-0.040	0.013	-0.072	-0.009
	高	-0.067	0.002	-0.110	-0.024
中	低	0.076	0.000	0.044	0.108
	中	0.042	0.001	0.017	0.067
	高	0.015	0.353	-0.017	0.048
高	低	0.099	0.000	0.063	0.136
	中	0.065	0.000	0.037	0.093
	高	0.038	0.023	0.005	0.071
X:科研项目投入质量					
导师指导	课程学习	调节效应值	P值	下限	上限
低	低	0.268	0.000	0.242	0.294
	中	0.257	0.000	0.227	0.286
	高	0.248	0.000	0.210	0.285
中	低	0.307	0.000	0.275	0.340
	中	0.296	0.000	0.267	0.326
	高	0.287	0.000	0.254	0.321
高	低	0.318	0.000	0.283	0.354
	中	0.307	0.000	0.276	0.338
	高	0.298	0.000	0.264	0.333

注:根据数据范围,导师指导和课程学习高水平、中水平、低水平分别为第84、第50、第16百分位数。

## 四、研究结论与建议

### (一)研究结论

本研究基于中国研究生满意度调查数据,聚焦工科博士生科研项目投入数量和质量两大维度,探讨科研项目投入对其学术能力的影响机制,尝试揭示了导师指导和课程学习的调节作用机理。

第一,工科博士生科研项目投入数量和质量均能显著促进其学术能力提升,其中相较于科研项目投入数量,项目投入质量的正向作用更大。这一结论与已有研究基本一致<sup>[3-4]</sup>。控制了其他因素,科研项目投入数量和质量均对工科博士生学术能力提升产生正向积极作用。但是科研项目投入数量和质量两个变量共存时,投入数量变量系数不再显著,而投入质量变量系数依然显著,说明投入质量对提升工科博士生学术能力具有更重要的影响。

第二,科研项目投入质量与工科博士生学术能力提升之间存在非线性关系,但项目投入数量不存在这种关系。这是本研究发现的有关科研项目投入质量作用关系及表现的定量证据。本研究使用科研项目投入质量平方项验证其与工科博士生学术能力提升之间的正U型非线性关系,表明随着科研项目投入质量不断提高,工科博士生学术能力显现出更快速的提升。

第三,导师指导、课程学习对科研项目投入与工科博士生学术能力提升之间的调节作用机制存在差异。导师指导在科研项目投入数量和质量两个维度上均存在调节机制,而课程学习仅在科研项目投入质量上产生调节作用。高导师指导水平时,科研项目投入数量增加和质量提高均能更快地提升工科博士生学术能力。另一方面,高水平课程学习成效时,仅有科研项目投入质量能更快提升工科博士生学术能力。导师指导和课程学习同时发挥调节作用时,导师指导产生正向效应,而课程学习出现负向效应。导师指导和课程学习处于不同的配置水平将产生差异化的调节效果,其中不论课程学习成效处于何种水平,而导师指导处于较高水平时,可快速提升工科博士生学术能力。

第四,培养制度、培养条件保障始终是积极影响工科博士生学术能力提升的因素。培养制度和培养条件作为工科博士生科研活动、学术训练的软环境和硬环境基础,均对其学术能力提升产生正向影响,

但培养制度的积极影响要远高于培养条件。

### (二)建议

新时代博士生教育进入了内涵式发展、高质量发展的新阶段。提升学术能力是工科博士生培养的一项系统工程,涉及科研训练、导师指导、课程学习、培养环境等影响因素。新时代国家将开展培育核心竞争力的博士生教育提质行动、深化研究生培养体系建设的导师指导能力提升行动、课程教材建设质量提升行动、质量提升和管理行动等“十大专项行动”<sup>[21]</sup>。这对于工科博士生培养提出了更高的要求,应更加关注其科研项目训练的水平 and 成效。

第一,持续提高科研项目质量,聚焦工科博士生学术能力培养。科研项目实践是工科博士生培养的基本规律和核心范畴。科研使教学和学习合拢成为一个无缝的承诺之网,铸成了一个紧密的科研—教学—学习连结体<sup>[16]</sup>。工科博士生科研实践以项目团队为组成单元,在科研平台基础上,需要项目成员互动、合作和沟通。科研项目投入数量和投入质量的增加将显著促进工科博士生稳步提升学术能力,科研训练过程也强化了学科知识的应用和创新,并且利于掌握科研工作的规律、积累科研经验。相比于项目投入数量,高质量的科研项目投入更能激发工科博士生学术创新潜力,有助于凝练科学问题、解决复杂工程问题、攻关关键技术,更快提升学术综合能力。2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出“遵循人才规律和科研活动规律”、“注重依托重大科技任务和重大创新基地培养发现人才”<sup>[22]</sup>。在知识生产模式以实践问题和应用场景为主导的驱动下,工科博士生培养应注入“大项目、大平台、大团队”的理念,打造科教融合、产教融合育人新机制。

第二,有效提升导师指导水平,强化导师指导在工科博士生培养中的重要地位和关键效用。现代科学研究的能力要求已经发生重大变化,科研项目和导师是理工科博士生训练科研能力的重要支撑<sup>[23]</sup>。导师居于工科博士生培养的核心位置,博士生作为项目成员深度参与甚至是组成团队独立承担导师的科研项目,从这个角度讲导师指导关系将更为紧密、更能建构师生共同体关系网络。其一,工科博士生导师选聘时严格考察其科研项目。选聘博士生导师应多维度考量,不仅考察其科研项目数量,而且要极为重视科研项目质量。其二,有针对性的开展工科博士生导师培训。导师及其指导对工科博士生的学

术兴趣、专业知识、科研能力、治学态度、道德修养等影响较大。要将导师指导范式与方法、态度与风格等融入培训内容,主动促使导师交流指导经验。其三、加强工科博士生导师监督。建立导师履职的监督体系,特别要把导师及其指导成效纳入考核内容,实施博士生满意度评价等反馈措施。

第三,加大重视课程学习的成效,建立前沿性和创新性兼具的工科博士生课程体系。工程教育中教学与科研有机结合需要实行“科研的教学化”和“教学的科研化”<sup>[24]</sup>。工科博士生通过课程学习在知识基础、学习兴趣、学科前沿、科研方法、创新能力、实践能力等方面获益较大时,增加科研项目投入质量能够更快速的提升其学术能力。课程学习是工科博士生认知学科世界、培养学术素养、提升学术能力的知识基础。目前多数博士生认为课程设置应遵循训练研究方法的取向,但工科领域研究方法类课程量较少<sup>[25]</sup>。培养单位应积极回应工科博士生课程学习的诉求,拓宽课程选择面,尤其是加大研究方法类课程的选择广度与深度,建立满足博士生科研需求的课程体系。

第四,营造高质量的培养环境,充分发挥培养制度与条件对工科博士生培养的支撑作用。培养制度的提升效用远大于培养条件。培养单位的图书馆、食堂和宿舍等基础设施条件为博士生培养提供相对舒适的学习生活空间和物质保障。另外,奖助体系、“三助”岗位、学术交流、职业指导与服务以及管理制度等制度环境可增强博士生学术创新的动力和可持续发展力。培养制度应贯穿工科博士生培养的全流程,完善健全工科博士生奖助体系、学术交流等软环境建设更为重要。

#### 注释:

- ① 导师指导水平分为高与低两组,分别为导师指导变量第三、第一四分位数处取值。
- ② 限于本研究的科研项目投入质量数据具有一定数值范围,图形仅表现为正U型曲线的右部。
- ③ 课程学习成效分为高与低两组,分别为课程学习变量的第三、第一四分位数处取值。

#### 参考文献:

- [1] 教育部. 教育统计数据[EB/OL]. (2021-08-30)[2021-12-25]. [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_sjzl/moe\\_560/2020/quanguo/202108/t20210831\\_556345.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_sjzl/moe_560/2020/quanguo/202108/t20210831_556345.html).
- [2] 李莞荷,李锋亮. 立德树人视角下导师指导与博士生科

研能力发展关系的实证研究[J]. 学位与研究生教育, 2021(06):67-74.

- [3] 梁宏,郑华,高久群. 博士毕业生创新能力提升的自评状况及其影响因素——基于某大学博士毕业生满意度调查的实证分析[J]. 学位与研究生教育, 2019(2):35-40.
- [4] 李澄锋,陈洪捷,沈文钦. 课题参与对博士生科研能力增值的影响——基于全国博士毕业生离校调查数据的分析[J]. 中国高教研究, 2019(7):92-98.
- [5] 荣利颖,邓峰. 研究生教育质量保障与创新能力培养的实证分析——基于2017年全国研究生教育满意度调查[J]. 教育研究, 2018,39(9):95-102.
- [6] 赵世奎,张帅,沈文钦. 研究生参与科研现状及其对培养质量的影响——基于部分高校和科研单位的调查分析[J]. 学位与研究生教育, 2014(4):49-53.
- [7] 张振林,任令涛. 参与学术创业对工科博士生教育的影响探析[J]. 研究生教育研究, 2021(1):15-21.
- [8] 郝彤亮,杨雨萌,孙维. 博士生科研项目参与对科研创新能力影响的实证研究[J]. 高教探索, 2020(9):50-57.
- [9] 李祖超,张丽. 科研实践培养理工科研究生创新能力的路径探索——基于结构方程模型的分析[J]. 高等教育研究, 2014,35(11):60-67.
- [10] 任玉鑫,常发亮. 供给侧视域下导师对工科博士创新能力影响因素实证分析[J]. 黑龙江高教研究, 2021,39(7):91-95.
- [11] 吴杨,韦艳玲,施永孝,等. 主动性不同条件下导师指导风格对研究生创新能力差异性影响研究——基于九所大学的数据调查[J]. 复旦教育论坛, 2018,16(3):74-79.
- [12] 王雅静,田庆锋,蔡建峰. 导师自主性支持对博士生科研产出的影响机制研究[J]. 学位与研究生教育, 2016(4):60-64.
- [13] 包志梅. 博士生课程学习与科研活动关系密切度及其对科研能力的影响——基于对48所研究生院博士生的调查[J]. 学位与研究生教育, 2021(1):68-77.
- [14] 李明磊,周文辉,黄雨恒. 博士生对培养过程满意吗?——基于数据监测视角[J]. 研究生教育研究, 2017(5):36-48.
- [15] 教育部. 教育部办公厅关于进一步做好研究生培养机制改革试点工作的通知[EB/OL]. (2009-09-04)[2021-12-25]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe\\_826/200909/t20090904\\_82758.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_826/200909/t20090904_82758.html).
- [16] 伯顿·克拉克. 探究的场所:现代大学的科研和研究生教育[M]. 王承绪,译. 杭州:浙江教育出版社, 2001:1.
- [17] 贺克斌,郑娟. 我国工科博士生培养模式改革及其效果分析[J]. 高等工程教育研究, 2016(2):1-6,31.
- [18] Astin A W. Student Involvement: A Developmental

- Theory for Higher Education[J]. Journal of College Student Development, 1984, 40(5): 518-529.
- [19] 张祥兰,王秋丽,林莉萍. 影响博士生科研能力培养的课程因素调查分析[J]. 学位与研究生教育, 2010(5): 6-9.
- [20] Dawson, Jeremy F. Moderation in Management Research: What, Why, When, and How [J]. Journal of Business and Psychology, 2014, 29(1): 1-19.
- [21] 教育部. 建设研究生教育强国的行动指南——《关于加快新时代研究生教育发展的意见》解读[EB/OL]. (2020-09-23)[2021-12-25]. [http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2020/52461/mtbd/202009/t20200923\\_490024.html](http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2020/52461/mtbd/202009/t20200923_490024.html).
- [22] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-01) [2021-12-25]. [http://www.xinhuanet.com/2021-03/13/c\\_1127205564\\_10.htm](http://www.xinhuanet.com/2021-03/13/c_1127205564_10.htm).
- [23] 李永刚,王海英. 理工科博士生科研能力的养成状况及其影响因素研究——基于对我国研究生院高校的调查[J]. 研究生教育研究, 2019(4): 35-44.
- [24] 张光斗,王冀生. 中国高等工程教育[M]. 北京:清华大学出版社, 1995: 398.
- [25] 包志梅. 我国高校博士生课程设置的现状及问题分析——基于 48 所研究生院高校的调查[J]. 研究生教育研究, 2021(2): 53-60.

### Why Can Involvement of Engineering PhD Students in Scientific Research Projects Improve Academic Capability: Moderating Effects of Supervisor's Guidance and Course Learning

LI Minglei<sup>1a</sup>, WANG Jing<sup>1a</sup>, WANG Ru<sup>1b</sup>, ZHOU Wenhui<sup>2</sup>

(1. a. School of Humanities and Social Sciences; b. Graduate School, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;  
2. Periodical Office of Academic Degrees and Graduate Education, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Based on the data from a national survey of postgraduates, this paper explores the influence of scientific research projects with involvement of engineering doctoral students on their academic capacity improvement, and analyzes the moderating effect of supervisors' guidance and course learning in such involvement. The research finds: first, both the quantity and quality of the scientific research projects involved have a significant impact on the improvement of academic capability of engineering doctoral students, and the quality of the projects involved has a greater impact; second, there is a positive U-shaped nonlinear relationship between the quality of the project involved and the academic capacity improvement of engineering doctoral students; third, the guidance of supervisors works a positive moderating effect between the quantity and quality of the projects with involvement of engineering doctoral students and the improvement of their academic capacity, while the course learning only serves a positive moderating effect between the quality of projects and the academic capacity improvement of the doctoral students; and fourth, the guidance of supervisors and course learning can play moderating roles at the same time, with the former's moderating effect remaining positive; when the independent variable is the quality of the research project involved, the comprehensive moderating effect value of the two appears larger. Based on the aforesaid findings, this paper suggests that we should continuously improve the quality of scientific research projects with the focus on cultivating the academic capacity of engineering doctoral students, effectively improve the performance of supervisors when they offer guidance and enhance the awareness of the key effect of supervisors in the training of engineering doctoral students, pay more attention to the course learning effect and establish a pioneering and innovative engineering doctoral course system, and create a high quality training environment and give full play to the supportive role of the training system and conditions for engineering doctoral students.

**Keywords:** scientific research projects involved; academic capacity; supervisor's guidance; course learning; engineering PhD students