

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2024.04.012

# 高校本科生参与科研训练的影响因素研究

梁志星<sup>1</sup>, 于晋<sup>2</sup>, 李佳<sup>1</sup>, 冯兴杰<sup>1</sup>

(中国民航大学 1.教务处; 2.学工部, 天津 300300)

**摘要:**本科生参与科研训练是提升其学术素养和科研能力的重要途径,也是高校培养创新型人才的重要方式。高校要构建科学有效的本科生参与科研训练生态系统,必须深入分析本科生参与科研训练的关键影响因素及其实现路径。基于阿斯顿的“I-E-O”模型和勒温的“心理场理论”,构建高校本科生参与科研训练的影响因素理论模型,并设计编制调查问卷。调查结果表明:环境支持、心理动机、能力发展对本科生参与科研训练具有正向影响;性别、年级、家庭所在地对本科生参与科研训练无显著影响;专业类型、成绩排名、毕业去向、参与科研经历、学生干部经历对本科生参与科研训练影响显著。在上述研究的基础上提出构建我国高校本科生参与科研训练生态系统的改革行动建议。

**关键词:**本科生科研训练;影响因素;I-E-O模型;心理场理论;动力机制

**中图分类号:**G647

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-5884(2024)04-0075-10

## 1 问题的提出

教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。高校本科生参与科研训练是一种将本科教育、科技创新和人才培养三者紧密结合起来的模式。本科生参与科研训练是指高校本科生在教师或研究人员指导下进行的科学研究活动<sup>[1]</sup>,是一种真正把科研和学习结合并将科研转变为学习的模式<sup>[2-3]</sup>,其最早可以追溯到1810年德国柏林大学。20世纪初美国从德国引入该模式<sup>[4]</sup>,1969年麻省理工学院启动“本科生科研机会计划”,2012年美国国家科学基金会探索实施了“基于课程的本科生参与科研训练”模式<sup>[5]</sup>。我国本科生科研起步相对较晚,1995年清华大学首次引入本科生研究训练模式,随后北京大学、浙江大学等高校也出台了本科生科研训练计划,2007年教育部启动大学生创新性实验计划项目。近年来,我国教育部提出了支持在校大学生开展创新创业训练,推动国家级、省部级科研基地向本科生开放,为本科生参与科研创造条件,加强对本科生科研活动的指导,支持学生早

进课题、早进实验室、早进团队,以高水平科学研究提高学生创新和实践能力等一系列政策。从实践来看,我国高校本科生参与科研训练的广度和深度存在着明显差异,高水平研究型大学本科本科生参与科研训练的起步较早且参与率较高,而地方普通院校本科生科研参与率和成果质量相差甚远<sup>[6]</sup>。一个重要原因在于,本科生参与科研训练具有多主体参与、多要素投入及多机制交叉等特征,需要管理者、教师和学生及校外利益相关者等多主体参与,科研项目、经费及实验室等资源多要素投入,以及教学、科研、学生等多部门协同等。总之,本科生参与科研训练是一项系统性改革实践,受到内外部多元因素影响。从长远来看,我国高校要构建良好的本科生参与科研训练生态系统,需要探究其关键影响因素及影响路径。

当前关于本科生科研影响因素的研究主要从内在和外部两方面探讨,内在因素关注本科生自身内在情况,外部因素是指本科生参与科研的外部环境<sup>[7]</sup>。通过对比国内外研究文献,发现已有研究者采用自编量表或引用其他量表的方法开展

收稿日期:2023-10-27

基金项目:天津市教委科研计划项目(2020SK045);中国交通教育研究会教育科学研究重点课题(JT2022ZD044)

作者简介:梁志星(1985—),男,河北邢台人,副研究员,硕士,主要从事国际高等教育、教育信息化研究。

研究,但对理论依据或模型基础关注度不足,因此在影响因素分析上过于重视单一因素影响,对因素之间的关联性和整体性研究不足,主要体现在以下三个方面:

一是关于学生个体的作用,有研究强调兴趣是学生参与科研的重要影响因素<sup>[8-9]</sup>,如“具有科学探索精神、乐于助人品质、抱负追求和较强社会责任感的学生更容易参与到科研活动中来”<sup>[10]</sup>,“科研自我效能感是本科生科研训练和创新能力发展的重要中介变量”<sup>[11]</sup>,而有学者提出“多数本科生参与科研源于功利性追求而非出于对科研的兴趣与热爱”<sup>[12]</sup>,也有研究强调了团队的重要性,“参与科研实践共同体能够正向影响理工科本科生的科研能力,团队资源、团队氛围和团队指导维度能够正向影响理工科本科生的科研能力”<sup>[13]</sup>。

二是关于外部环境的作用,有研究强调导师的正向作用,即“教师的支持和参与是本科生科研训练的核心要素”<sup>[14]</sup>,“导师指导对本科生科研能力获得具有显著正向影响”<sup>[15]</sup>,而另一项研究则指出“学长指导比教师指导能更直接促进本科生科研投入”<sup>[16]</sup>,也有研究强调外部环境的重要性,认为资源支持因素对科研学习收获影响较大<sup>[17]</sup>,高校应当为学生参与科研创建进阶性、整合性和实践性的多元学术情境<sup>[18]</sup>。

三是对成果产出的作用研究较少,较多的研究将学生能力提升作为本科生参与科研的结果产出,如科研参与能够显著提升本科生批判性思维能力<sup>[19-20]</sup>,提升学生的“专业性发展、人格、科学思考、技能收获、职业规划、读研升学、学习态度”等<sup>[21]</sup>,有调查结果显示,45%的学生认为如果科研不能促进未来职业发展,花费时间参与科研就是浪费时间<sup>[22]</sup>。

从研究现状来看,高校环境及学生内外部动机等多因素相互交织,本科生参与科研训练的影响因素及影响路径研究需要更加系统的量化研究和真实数据支撑。为进一步探讨本科生参与科研训练影响因素的关联性,确保研究结果的准确性和有效性,本研究引入阿斯汀(Alexander Astin)的“输入—环境—输出”(Input-Environment-Output model,以下简称I-E-O)理论模型和勒温(Lewin)的“心理场理论”(Lewin's Field Theory),从背景特征、环境支持、心理动机、能力发展四个维度入手,分析本科生参与科研训练的影响因素,尝试回

答三个问题:一是本科生参与科研训练的关键影响因素有哪些?二是这些关键因素对本科生参与科研训练的影响路径是什么?三是如何构建我国高校本科生参与科研训练生态系统?

## 2 理论基础与研究框架

### 2.1 理论基础

“I-E-O”理论模型是大学生学习影响力模型早期发展的雏形,主要关注政策环境、人际互动与学生科研学习和身心发展的交互作用。20世纪70年代,阿斯汀提出了“I-E-O”理论,该理论提出了高校大学生学习收获和发展的三方面影响因素,即输入变量(Input)、环境变量(Environment)和输出变量(Output)。输入变量包括学生个体背景特征、家庭背景等;环境变量是指教育环境对学生产生的各方面影响,包括学校类型、设备资源、学校政策、教学活动、同辈学习、人际互动等;输出变量是指学生获得的知识、技能等成果,尤其是学生在认知、情感、行为等方面的变化<sup>[23]</sup>。该理论认为输入变量和环境变量共同作用并最终决定了输出变量的形成。换言之,学生在高校的成长与发展受到学生个体输入变量和学校环境变量的共同作用<sup>[24]</sup>。“I-E-O”理论模型从环境维度来衡量大学生学习收获和发展的水平,但是缺少对心理动机这一重要因素的分析。为更加合理化的构建理论模型,引入了勒温的“心理场理论”,根据该理论,“一个人的行为(B)取决于个体(P)和环境(E)的相互作用,即 $B=f(P,E)$ ”<sup>[25]</sup>,其中环境是指“心理空间和生活空间两个基本要素”<sup>[26]</sup>,心理空间是心理动机变量,生活空间是指外部的生活环境变量。

### 2.2 模型构建

阿斯汀的“I-E-O”理论模型和勒温的“心理场理论”共同构成了理论基础,二者相互补充共同构成了高校本科生参与科研训练的影响因素理论模型(见图1)。其创新之处在于将高校本科生参与科研训练的影响因素分为“背景特征(I)、环境支持(Ee)、心理动机(Ei)和能力发展(O)”四个维度。其中,背景特征(I)是指学生个体与生俱来的特有属性或不轻易改变的属性,也包含个人成长经历与获得经验;环境支持(Ee)是指学生所处生活空间的学校政策支持、校园环境等,无法因个体意志而轻易改变,在一定时间内具有稳定性;心理

动机(Ei)是指个体在目标或对象引导下,维持和激发个体内部动机的倾向性,具有较高的主观能动性,且会随个体意志的改变而变化;能力发展(O)是指本科生完成某一项科研任务或目标所获得的能力发展与提升。

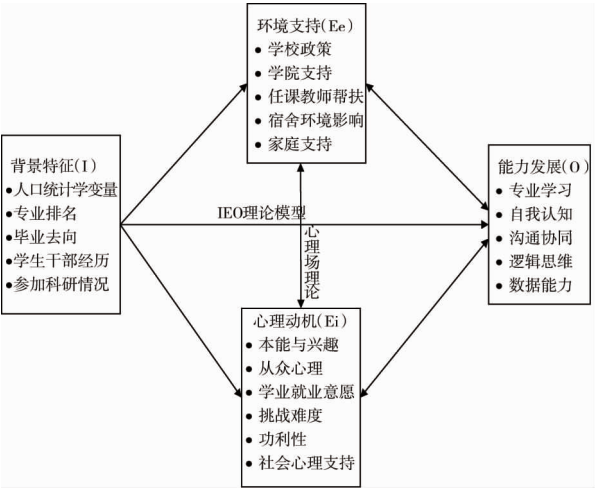


图 1 高校本科生参与科研训练的影响因素理论模型

基于前述研究及理论模型,结合我国高等教育理论及实践,提出假设如下:

H1:背景特征影响本科生参与科研训练;

H2:能力发展对本科生参与科研训练具有正向影响;

H3:环境支持对本科生参与科研训练具有正向影响;

H4:心理动机对本科生参与科研训练具有正向影响。

3 实证分析

3.1 问卷设计

本研究根据 Berkes 的研究结论<sup>[27]</sup>和陶泓杉的量表<sup>[28]</sup>,设计了“本科生参与科研训练的影响因素问卷”,邀请 8 名专家及 12 名学生对问卷内容进行评定,评测每个项目是否准确表达所在维度的测量内容,剔除解释不相符的项目,修改有歧义、逻辑错误、描述抽象的表述。经过三次增删修查,最终确定了 25 道初始题目。为保证数据可靠性,设置 1 道测谎题,有效题目 24 道(见表 1)。初版问卷共涉及 8 个背景因素题目,其余题目均采用 Likert 五点计分方法,从“完全不符合”(1 分)到“完全符合”(5 分)。本次施测在全国 13 所高校在读本科生中进行随机抽样,涉及工、理、文、管、经、史、哲、法、教育、艺术、医学、农学类等 12 个学科门类,回收问卷 829 份,有效问卷 748 份,有效率为 90.23%。

表 1 问卷内容

一级指标	二级指标	序号	题目
背景特征	性别	1	您的性别是
	专业	2	您的专业授予的本科学位是
	年级	3	您的年级为
	专业排名	4	截至当前,您的学业成绩总体排名为
	学生干部经历	5	您在大学担任学生干部经历
	毕业去向	6	您的毕业去向意愿
	家庭	7	您的家庭所在地
	参加科研情况	8	您在大学本科期间是否参与过科研
心理动机	本能和兴趣	9	我想要参与科研活动是出于本能和兴趣
	从众心理	10	我觉得身边人都在参与科研,所以我也想参与科研
	学业就业意愿	11	我认为参与科研活动对自己未来学业或就业有很大帮助
	社会心理支持	12	周围人(如老师、家人或朋友)建议我参与科研
	自我挑战	13	我想要参与科研活动是出于挑战高难度
	功利性	14	我想参与科研活动主要是为了获得报酬、学分或论文等
环境支持	家庭支持	15	家庭方面对我参与科研有很大支持
	教师帮扶	16	我的任课教师对我参与科研有很大支持
	学校政策	17	我的大学提供了本科生科研的政策环境
	宿舍环境	18	宿舍环境氛围对我参与科研有很大帮助
	学院支持	19	我的学院对我参与科研有很大支持

能力发展	专业学习	20	参与科研活动,对我的专业课程学习的帮助程度很大
	自我认知	21	参与科研活动,对我的自我认知能力提升帮助程度很大
	沟通协同	22	参与科研活动,对我的交流沟通和协作能力帮助程度很大
	逻辑思维	23	参与科研活动,对我的逻辑思维能力的帮助程度很大
	数据能力	24	参与科研活动,对我的计算机或数据能力帮助程度很大

3.2 数据分析

3.2.1 人口学基本信息统计与差异分析

基本信息统计方面,本科生参与科研训练的背景特征包括性别、本科学位类型、年级、专业排名、毕业去向、家庭所在地、学生干部经历和参加科研经历 8 个因素(见表 2)。性别方面,男生 426 人,女生 322 人,女生在能力发展、环境支持、心理动机及总分上的均值均大于男生。年级方面,涵盖大一(37.8%)、大二(35.8%)、大三(16.4%),大四(10.0%)四个年级。本科学位类型方面,农

学、医学类在能力发展、环境支持、心理动机及总分上的均值最高,其次为理学类,第三为文学、管理学、经济学、历史学、哲学、法学、教育学及艺术学。专业排名方面,排名前 20%的本科生在能力发展、环境支持、心理动机及总分上的均值最高。学生干部经历方面,有学生干部经历的本科生在能力发展、环境支持、心理动机及总分上均高于无学生干部经历的本科生。综上所述,不同背景特征的本科生对于参与科研训练的能力发展、环境支持及心理动机各有不同。

表 2 本科生参与科研训练的背景特征描述性统计

背景特征	类别	人数	M±SD			
			能力发展	环境支持	心理动机	总分
性别	男	426	19.66±3.83	18.05±4.27	17.77±3.74	55.5±10.2
	女	322	19.95±3.35	18.35±3.81	17.89±3.40	56.2±8.8
本科学位类型	工学类	309	19.42±3.66	17.61±4.05	17.43±3.45	54.5±9.3
	理学类	222	20.45±3.63	18.87±4.12	18.31±3.80	57.6±9.9
	文、管、经、史、哲、法、教育、艺术类	211	19.59±3.54	18.22±4.00	17.80±3.56	55.1±9.6
	农学、医学类	6	20.67±3.87	20.50±2.07	20.83±1.72	62.0±4.0
年级	大一	283	19.64±3.78	17.82±4.04	17.34±3.48	54.8±9.4
	大二	268	19.88±3.59	18.38±3.87	18.19±3.55	56.5±9.6
	大三	123	20.03±3.51	18.56±4.60	18.15±4.00	56.8±10.2
	大四	74	19.57±3.41	18.19±4.02	17.78±3.36	55.5±9.5
专业排名	前 20%	259	20.16±3.33	18.39±4.05	18.23±3.47	56.8±9.0
	21%~80%	289	19.65±3.69	18.15±4.09	17.70±3.68	55.5±9.9
	后 20%	300	18.83±4.53	17.15±4.03	16.59±3.18	52.6±9.5
毕业去向	考研/留学	463	20.06±3.63	18.27±4.14	18.05±3.62	56.4±9.6
	创业/就业	185	19.94±3.41	18.85±3.73	18.19±3.62	57.0±9.5
	其他	20	18.05±3.10	17.65±3.80	17.00±2.73	52.7±8.4
	未定	80	18.26±3.81	16.24±4.00	15.86±2.93	50.4±8.6
家庭所在地	农村	256	19.51±3.71	17.81±4.16	17.41±3.60	54.7±9.7
	县城	208	20.14±3.45	18.39±4.03	18.03±3.65	56.6±9.6
	市区	284	19.77±3.68	18.36±4.03	18.05±3.53	56.2±9.6
学生干部经历	是	407	20.02±3.54	18.72±4.18	18.35±3.64	57.1±9.9
	否	341	19.50±3.72	17.53±3.86	17.20±3.45	54.2±9.1
参加科研经历	是	372	20.22±3.51	19.17±3.91	18.81±3.55	58.2±9.6
	否,没机会参加	293	19.56±3.45	17.02±3.97	16.92±3.37	53.5±8.7
	否,不想参加	83	18.63±4.42	17.80±4.10	16.57±3.39	53.0±10.0

人口学差异检验方面,不同背景特征的本科生在能力发展、环境支持和心理动机的影响结果显示如表 3 所示:性别在各维度及总分上无显著差异( $p>0.05$ );授予本科学位类型在各维度及总分上差异显著( $p<0.01$ );年级在心理动机维度上差异显著( $p<0.05$ );专业排名在能力发展维度、心理动机维度和总分上差异显著( $p<0.05$ );毕业去向在各维度及总分上差异显著( $p<0.001$ );家庭所在地在各维度及总分上无显著差异( $p>0.05$ );参与科研经历在各维度及总分上差异显著( $p<0.001$ );学生干部经历在环境支持维度、心理动机维度和总分上差异显著( $p<0.001$ )。

表 3 背景特征对本科生参与科研训练的方差分析

背景特征	总分 <i>F</i>	心理动机 <i>F</i>	环境支持 <i>F</i>	能力发展 <i>F</i>
性别	1.11	0.79	0.99	1.08
本科学位类型	5.55**	4.05**	4.87**	3.83**
年级	1.88	3.06*	1.30	0.48
专业排名	4.52*	5.99**	1.69	3.13*
毕业去向	10.93***	9.74***	8.14***	7.41***
家庭所在地	2.57	2.85	1.60	1.72
参加科研经历	26.24***	33.70***	24.61***	7.65**
学生干部经历	3.94***	4.04***	3.99***	1.94

注: \*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$ 。

3.2.2 问卷信效度检验

为检验问卷题目的适切性,对有效数据进行项目分析。将被试在 16 个题项上的得分相加为

总分,再将总分由低到高进行排列。取总分前 27%为低分组,共 199 人;取总分后 27%为高分组,共 194 人。所有项目在高分组、低分组均有显著差异,且决断值 CR 均大于 3.00<sup>[29]</sup>。结果显示,每个题项与总分的相关系数均在 0.40 以上,范围为 0.50~0.75。经过项目分析,16 个题项均具有良好的区分性和鉴别度,保留所有题项。

利用 Cronbach's  $\alpha$  系数对问卷信度进行检验,总问卷 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.91,具有较好信度。能力发展、环境支持和心理动机维度的 Cronbach's  $\alpha$  系数分别为 0.92、0.86、0.71。每个维度的信度系数也均大于 0.7,问卷测量指标的內部一致性较好,样本可信。

利用 KMO 值和 Bartlett 球形检验进行效度检验,整体 KMO 值为 0.930(>0.8),Bartlett 球形检验结果显著(近似 $\chi^2$ 为 6 713.80,自由度 *df* 为 120, $p<0.001$ ),量表效度较高,适合做因子分析。采用最大方差法,经过两次探索性因素分析,删除 1 个题项(题项 11),剩余 15 个题项均符合测量学要求,碎石图显示共提取 3 个因子,最终得到了 3 个因子负荷矩阵,能够解释 64.11%的变异(见表 4),得到旋转后的因子载荷,各测量指标的因子负荷均大于 0.6,问卷具有良好信效度,可进一步对构建的模型进行验证。

表 4 本科生参与科研训练的效度分析

项目		成分		
		心理动机	环境支持	能力发展
V14	我想参与科研活动主要是为了获得报酬、学分或论文成果等	0.72		
V10	我觉得身边人都在参与科研,所以我也想参与科研	0.66		
V12	周围人(如老师、家人或朋友)建议我参与科研	0.59		
V13	我想要参与科研活动是出于挑战高难度	0.59		
V9	我想要参与科研活动是出于本能和兴趣	0.56		
V20	我的学院对我参与科研有很大支持		0.80	
V17	我的任课教师对我参与科研有很大支持		0.77	
V18	我的大学提供了本科生科研的政策环境		0.75	
V19	宿舍环境氛围对我参与科研有很大帮助		0.68	
V16	家庭方面对我参与科研有很大支持		0.59	
V24	参与科研活动,对我的逻辑思维能力的帮助程度很大			0.86
V23	参与科研活动,对我的交流沟通和协作能力帮助程度很大			0.84
V25	参与科研活动,对我的计算机或数据能力帮助程度很大			0.84
V22	参与科研活动,对我的自我认知能力提升的帮助程度很大			0.82
V21	参与科研活动,对我的专业课程学习的帮助程度很大			0.73
特征值		6.96	1.59	1.06
贡献率%		46.42	10.62	7.07
累计贡献率%		46.62	57.04	64.11

注:提取方法为主成分分析法;旋转方法为最大方差法。

此外,本科生参与科研训练的验证性因子分析结果显示,能力发展、环境支持和心理动机 3 个维度设置合理。计算各维度分数总分后进行相关分析(见表 5),各维度与总分相关系数的范围为 0.84~0.88,属于极强相关。各维度两两之间相关系数范围为 0.56~0.63。各维度与总分的相关系数均大于维度与维度之间的相关系数,表明各个维度之间存在共性,但也存在一定差异,各维度与总体概念一致性较高。

表 5 本科生参与科研训练问卷相关性系数

	总分	心理动机	环境支持	能力发展
总分	1			
心理动机	0.86**	1		
环境支持	0.88**	0.63**	1	
能力发展	0.84**	0.56**	0.62**	1

注:\*\* $p<0.01$ 。

3.2.3 结构方程模型

模型构建与拟合。通过对“高校本科生参与科研训练的影响因素”进行模型构建,模型拟合指标显示, $\chi^2/df=5.55$ , $RMSEA=0.08$ , $CFI=0.94$ , $TFI=0.92$ , $SRMR=0.05$ 。渐进残差均方和平方根 $RMSEA=0.08$ ,模型契合度良好。比较拟合度指标 $CFI=0.94(>0.9)$ ,非标准的拟合度指标 $TLI=0.92(>0.9)$ ,标准化均方根误差 $SRMR=0.05$ 。综上所述,本科生参与科研训练的影响因素模型拟合度良好(见表 6)。

表 6 本科生参与科研训练问卷的模型拟合

	$\chi^2$	$df$	$CFI$	$TFI$	$SRMR$	$RMSEA$
模型	482.75	87	0.94	0.92	0.05	0.08

结构模型参数估计。通过能力发展、环境支持和心理动机等变量的交互作用来评估本科生参与科研训练的影响(见图 2)。从各变量作用于科研训练的标准化回归系数来看,能力发展( $\beta=0.76$ , $p<0.001$ )、环境支持( $\beta=0.90$ , $p<0.001$ )、心理动机( $\beta=0.83$ , $p<0.001$ )。所有回归系数均大于 0.19,满足可信度要求<sup>[30]</sup>。综上所述,该结构模型能够较好地反映本科生参与科研训练的影响因素情况。

路径模型。根据邱皓政和林碧芳<sup>[31]</sup>的建议,当 $p=0.001$ 及 $CR\geq 3.29$ 时,具有良好的鉴别度。结果显示,三个假设 H2、H3、H4 的 CR 值分别为

31.38,39.18,30.34, $p$  值均小于 0.001(见表 7),表明前述提出的 3 个假设均成立。

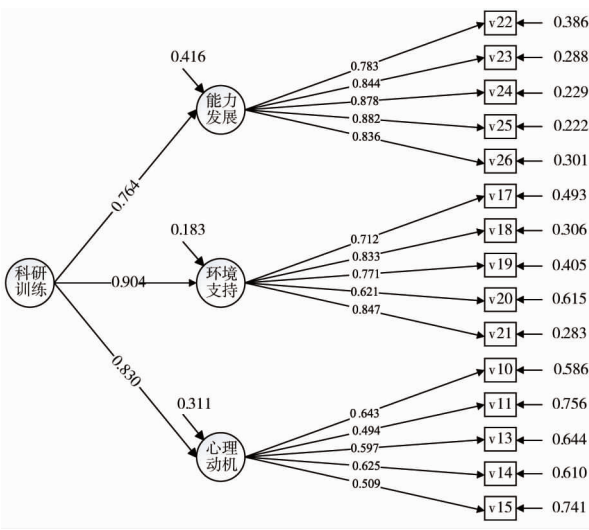


图 2 结构方程模型及检验结果

表 7 模型的路径和显著性水平结果

路径	Estimate	S.E.	C.R.	$p$
心理动机→科研训练	0.83	0.03	30.34	0.000***
环境支持→科研训练	0.90	0.02	39.18	0.000***
能力发展→科研训练	0.76	0.02	31.38	0.000***

注:\*\*\* $p<0.001$ 。

4 结论及建议

环境支持、心理动机、能力发展三个因素对本科生参与科研训练具有显著影响。影响程度大小依次为:环境支持>心理动机>能力发展。本科学位类型、专业排名、毕业去向、参加科研经历、学生干部经历等背景特征对本科生参与科研训练具有显著影响,性别、年级、家庭所在地等背景特征对本科生参与科研训练无显著影响。

4.1 结论与讨论

环境支持对本科生参与科研训练的影响力度最大,表明环境氛围是影响本科生参与科研训练的关键因素,包括学校政策、学院支持、任课教师帮扶、宿舍环境影响、家庭支持等。以往研究表明,本科生与教师及同辈的互动程度、教师指导、资源支持对本科生参与科研训练的投入影响较大<sup>[33]</sup>,印证了同辈、教师、资源等内部环境对本科生参与科研训练的重要影响,同时家庭作为校外环境支持也对本科生参与科研训练产生影响。因此,环境支持作为保证科研训练顺利进行的保障条件,是影响本科生参与科研训练的最主要因素。



心理动机对本科生参与科研训练的影响程度仅次于环境支持,可见个体的主观能动性是影响本科生参与科研训练的原始动力之一,包括兴趣、信心、利益、发展等心理因素。学术界普遍认为兴趣是参与科研的重要激励因素,个体的内在动机、外在动机及自我效能感对本科生参与科研的积极性有显著正向影响<sup>[32]</sup>。环境支持系统从外在方面为本科生参与科研训练奠定了基础,使得本科生在参与科研训练方面有更多机会展示显性优势。在环境支持保障的前提下,心理动机的指向性才能得以显现,个体参与科研训练的倾向性、意愿性才能发挥作用,心理动机成为影响本科生参与科研训练的第二大因素。

能力发展对本科生参与科研训练的影响程度相较于前两者较弱,但是依然是影响本科生参与科研训练的重要因素,主要涉及专业学习、自我认知、沟通协同、逻辑思维、数据能力等对未来发展有益的要素。在环境支持和心理动机的基础上,也需考虑到参与科研训练带来的能力发展与获得感。相关研究表明,参与科研经历促使本科生在研究能力、学术技能、认知技能、合作技能、专业社会化、职业意愿发展和自我效能感方面有所收获,并且这些因素相互关联<sup>[34-35]</sup>。本科生从参与科研训练中能够锻炼能力或者掌握技巧,因此能力发展这一因素更多表现为“事后因素”,与“高年级学生参与率较高”这一结论一致。从环境支持到心理动机,最后到能力发展,也印证了从客观现实到主观能动性,再到实践收获的社会发展规律。

背景特征对本科生参与科研训练的影响结果显示,本科学位类型、专业排名、毕业去向、参加科研经历、学生干部经历对本科生参与科研训练的影响存在显著差异,性别、年级、家庭所在地对本科生参与科研训练的影响不存在显著差异,这与之前的研究稍有差异,如有学者认为性别对本科学生的科研参与情况有显著影响<sup>[36]</sup>,有研究认为高年级学生参与率显著多于低年级<sup>[37]</sup>,以及学生户籍对科研项目参与度产生影响<sup>[38]</sup>。结果表明,不同的背景特征在一定程度上对本科生参与科研训练产生影响,但是这些因素具有复杂性且与其他因素产生交互影响,最终作用于本科生参与科研训练。

#### 4.2 建议

综上,从个体特征、心理动机、环境支持、能力发展四个影响因素入手,提出构建我国高校本科生参与科研训练生态系统的改革行动框架(见图3)。

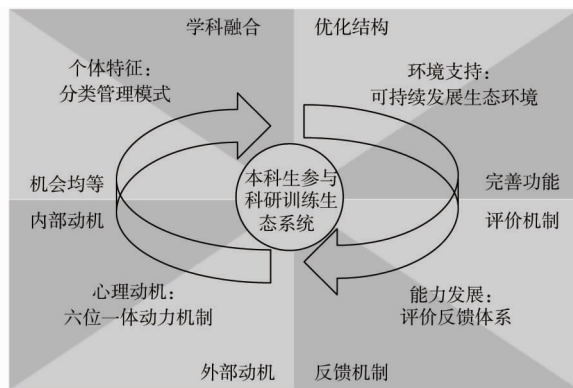


图3 本科生参与科研训练生态系统改革行动框架

一是基于学生背景特征差异建立分类管理模式。学生群体背景特征与科研参与动机之间具有复杂关系,且这种关联性随着高校的差异和时间的转移发生变动。高校要建立基于特色分类的科学管理模式,注重提高机会均等性和学科融合性,具体是指坚持以学生为中心,建立包容、公平和多元的本科生参与科研训练体系,创设多元化本科生参与科研机会,提高机会公平性,降低性别、成绩、家庭、职业发展等背景差异性带来的负面影响,为每一名学生提供灵活而个性化的政策及技术支持服务。建立跨学科专业的科研训练体系,本科生具有很强的可塑性,有必要打破传统学科专业壁垒造成的学生参与科研障碍,设计更加综合化的现实复杂科研问题,鼓励跨学科专业、跨年级联合组建团队,尤其是鼓励学生在工程科研问题中融入社会科学问题等。

二是构建“内生+外生”六位一体动力机制。学生是参与科研的主体,一方面,个体内在动机是行动的核心和关键,要关注“兴趣”“信心”“激励”“发展”,激发学生个体内在“兴趣”,加大学生科研兴趣引导,从短期功利性驱动向内在兴趣驱动转变;加强学生“信心”,提升学校和教师对本科生科研的容错度,不断提升本科生的试错与迭代能力,支持学生挑战高难度的复杂科研问题;建立“激励”反馈机制,将本科生参与科研训练纳入课程学分体系,保护学生作为学术成果共同创作

人的署名权;将参与科研与学生课程学习以及未来职业能力“发展”结合起来,将参与科研纳入学生终身学习体系。另一方面,外部动机是行动的辅助条件,要关注“合作”“竞争”,设计基于发展导向的“合作”机制,鼓励支持本科生参与科研团队合作,打造新型学术共同体,引导学生从知识消费者角色向知识生产者角色转变,鼓励支持本科生参与知识创新,为学生之间、师生之间共同科研搭建合作桥梁;构建良性“竞争”机制,将科研机会作为稀缺资源,建立完整的本科生参与科研激励机制,营造院系、专业、班级、宿舍之间的竞争氛围,为学生参与科研增设竞争压力。

三是创设可持续发展的良性生态环境。环境的内在本质是机制,高校要从顶层设计方面重构本科生参与科研的系统性管理机制,围绕本科生科研训练建立知识生产新型组织化图景,从结构和功能两个方面入手:优化环境结构,建立“学校—学院—宿舍—教室—家庭”多主体协同参与的系统性管理制度结构,鼓励支持跨学科、跨院校的本科生科研组织架构新模式,鼓励本科生从个体参与转变为团队及群体参与,发挥本科生主动参与科研的集聚效应,扩大学生参与科研的校园影响力。完善系统功能,学校和学院为教师和学生参与科研提供服务支持,尤其是从政策制度和经费资源等方面将本科生参与科研工作落到实处,充分利用现代信息技术,如人工智能和大数据技术等,建立高校本科生科研信息平台,向全体本科生提供更加开放而广泛的科研信息服务支持。明确专业教师指导的职责并将指导时间投入及成果产出纳入教师教学工作量体系。针对教师指导开展专业化培训,发挥学生辅导员和班导师引导功能,创设学术型班级、宿舍等良好生态环境。

四是构建基于能力发展的评价反馈体系。本科生参与科研训练需要建立有效的评价反馈体系,要从评价目标、评价方法、显性激励和持续改进四个方面入手。评价目标方面,建立一套高校、学院、教师、学生等多方主体利益一致的本科生科研训练发展总体目标,目标的一致性高校内部“协同”的前提,是促使教师、学生、管理者之间“自愿合作”的基础,是解决校院两级管理者、教师和学生之间的“激励相容性”问题的关键<sup>[39]</sup>。评价方法方面,探索基于大数据技术的学习有效

性评价,将“不可测”的学生科研投入行为显性化、数字化,从散点式的成果记录转向全景式的数据采集,科学测量学生行为及收获,为学生提供精准服务与支持<sup>[40]</sup>。显性激励方面,建立基于学生参与科研的投入度、协作度、参与度以及基于学生能力提升的成果等全过程的激励机制,制定一系列透明和公平的显性化奖励,如加大对优秀学生的宣传和奖励,建立学分认定、科研报酬、成果认定及转化等激励机制,将指导本科生科研纳入教师激励体系和职业发展体系,对于卓越的指导教师给予奖励,提升本科生科研参与者的“头雁”示范效应,建立有效竞争环境。持续改进方面,建立目标达成度评价体系,尤其是关注本科生的科研创新能力的成长情况,定期通过达成度的结果对本科生参与科研训练体系中的“短板”问题和偏离目标行为进行改进,实现生态系统的均衡性和可持续性。

#### 4.3 不足及下一步计划

本研究还存在一些不足:一是研究的样本普适性不够,样本院校理工科本科生占比较大;二是重点验证了背景特征、环境支持、能力发展和心理动机等四个因素对本科生参与科研训练的影响作用,未来有必要纳入更多的潜在影响变量来更加全面、系统地探究本科生科研参与训练的影响因素。

#### 参考文献:

- [1] 李正,林凤,卢开聪.美国本科生科研及对我国的启示[J].高等工程教育研究,2009(3):79-85.
- [2] 姜国钧.《探究的场所——现代大学的科学研究和研究生教育》镜鉴(上)[J].大学教育科学,2011(1):101-107.
- [3] 姜国钧.《探究的场所——现代大学的科学研究和研究生教育》镜鉴(下)[J].大学教育科学,2011(2):102-107.
- [4] KINKEAD J. What's in a Name? A Brief History of Undergraduate Research [J]. CUR quarterly, 2012(1):20-29.
- [5] 梁志星,王春红,胡占尧,等.基于课程的本科生参与科研训练模式研究——基于全美基因组学课程合作组织(GEP)[J].高等理科教育,2023(4):117-123.
- [6] 季诚钧,黄昌财.高校本科生科研的意义、现状与措施[J].研究与发展管理,2003(2):95-98,107.
- [7] 隋俊宇,田儒基.我国本科生科研文献综述[J].高教



- 学刊,2022(15):73-75,80.
- [8] DENIZ K Z, ÇTAK G G. The Investigation of Factors Affecting University Students' Attitudes towards Participation in Scientific Research[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2010(2):5183-5189.
- [9] MERSFELDER T L, SOHN M J, GIRAND H L. Factors Influencing the Involvement of Doctor of Pharmacy Students in Research and Scholarship Projects[J]. *Currents in Pharmacy Teaching & Learning*, 2021(7):796-803.
- [10] 钟春梅,周君佐,咸春龙.项目驱动下本科生科研活动参与影响因素研究——基于叙事研究的视角[J]. *中国高校科技*, 2022(3):50-56.
- [11] 沈悦青,刘继安,章俊良,等.本科学术型拔尖人才培养过程要素及作用机理——基于上海交通大学“拔尖计划”首届毕业生的调查[J]. *高等工程教育研究*, 2021(5):106-112.
- [12] 姚利民,蔡红红,王灿辉.人文社科本科生科研参与的调查与分析[J]. *大学教育科学*, 2022(5):56-64.
- [13] 任红红,戚佳.科研实践共同体对本科生科研能力的影响——自我效能感的中介作用[J]. *科技和产业*, 2022(5):99-106.
- [14] 周巍蔚,姚威.系统集成:美国高校本科生科研训练的现实启示——基于 MIT-UROP 和 UCB-URAP 案例分析[J]. *外国教育研究*, 2021(1):47-60.
- [15] 孙荪.学校政策支持对本科生科研能力获得的影响研究——导师指导的中介作用[J]. *江苏高教*, 2023(2):86-90.
- [16] 周志辉,张红霞.学长指导在教师指导与本科生科研投入关系中的中介影响——科研任务认知挑战度的调节作用[J]. *中国高教研究*, 2022(7):48-54.
- [17] DANIELS H, GRINESKI S E, COLLINS T W, et al. Factors Influencing Student Gains from Undergraduate Research Experiences at A Hispanic-serving Institution. [J]. *CBE Life Sciences Education*, 2016(3):1-12.
- [18] 申超,石佳悦.如何为本科生创设学术情境——美国一流大学学术卓越人才培养的着力点[J]. *江苏高教*, 2022(7):103-110.
- [19] 张青根,卢瑶.科研参与促进了本科生批判性思维能力增值吗——来自“全国本科生能力追踪测评”的证据[J]. *高等工程教育研究*, 2022(3):153-159.
- [20] 马莉萍,冯沁雪.本科生批判性思维能力及高影响力教育实践的影响——基于某所“双一流”建设高校的实证研究[J]. *中国高教研究*, 2022(5):72-79.
- [21] SEYMOUR E, HUNTER A B, LAURSEN S L, et al. Establishing the Benefits of Research Experiences for Undergraduates in the Sciences: First Findings from a Three-year Study[J]. *Science Education*, 2004(4):493-534.
- [22] AL-ARIFI M N. Attitudes of Pharmacy Students towards Scientific Research and Academic Career in Saudi Arabia [J]. *Saudi Pharmaceutical Journal* 2019(4):517-520.
- [23] ASTIN A W. The Methodology of Research on College Impact, Part One[J]. *Sociology of Education*, 1970(3):223-254.
- [24] ASTIN A W, ANTONIO A L. Assessment for Excellence: the Philosophy and Practice of Assessment and Evaluation in Higher Education[M]. Lanham, Md.: Rowman & Littlefield Publishers, 2012:717-720.
- [25] 作林军,曾绍军.论高校班级“心理场”的构建[J]. *思想教育研究*, 2013(12):90-92.
- [26] 林培锦.勒温场理论下当代大学生学习兴趣的培养探究[J]. *中国大学教学*, 2015(6):67-71.
- [27] BERKES E. Undergraduate Research Participation at the University of California, Berkeley. Research & Occasional Paper Series: CSHE.17[J]. 2008(1):13.
- [28] 陶泓杉.研究型大学本科生科研参与对学生发展的影响研究[D].天津:天津大学,2020:56-57.
- [29] 王昕悦,姜媛,贾浩哲,等.职工心理健康量表的编制[J]. *心理研究*, 2022(3):246-252.
- [30] IACOBUCCI D. Structural Equations Modeling: Fit Indices, Sample Size, and Advanced Topics[J]. *Journal of Consumer Psychology*, 2010(1):90-98.
- [31] 邱皓政,林碧芳.结构方程模型的原理与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2009:92-110.
- [32] 曹晓婕,王晨馨,赵磊磊,等.“双一流”背景下本科生科研积极性影响因素实证研究[J]. *中国高校科技*, 2021(7):57-62.
- [33] TARABAN R, LOGUE E. Academic Factors that Affect Undergraduate Research Experiences. [J]. *Journal of Educational Psychology*, 2012(2):499-514.
- [34] BUCKLEY J, KORKMAZ A, KUH G. Disciplinary Effects of Undergraduate Research Experience with Faculty on Select Student Self-reported Gains[C]. Paper Presented at the Association for the Study of Higher Education Conference. Bloomington: Indiana University, 2008:1-38.
- [35] 郭卉,韩婷,姚源,等.本科生科研学习收获因子相互关系研究[J]. *高等教育研究*, 2018(9):73-82.
- [36] 姚利民,蔡红红,王灿辉.人文社科本科生科研参与的调查与分析[J]. *大学教育科学*, 2022(5):56-64.
- [37] 王耕.高校本科生参与科研训练的现状分析及平台构建[C]//辽宁省高等教育学会 2017 年学术年会

- 优秀论文一等奖论文集.沈阳,2018:147-157.
- [38] 李湘萍.大学生科研参与与学生发展——来自中国案例高校的实证研究[J].北京大学教育评论,2015(1):129-147,191.
- [39] 于剑,韩雁,梁志星.高校教师发展性评价机制研究[J].高教发展与评估,2020(2):59-68,112-113.
- [40] 梁志星,冯兴杰,李佳,等.新信息技术对高等教育影响的演变及反思——基于2004—2021年《地平线报告》内容分析[J].当代教育论坛,2021(5):57-68.

## On the Influencing Factors of Undergraduate Students Participating in Scientific Research Training in Universities

LIANG Zhixing<sup>1</sup>, YU Jin<sup>2</sup>, LI Jia<sup>1</sup>, FENG Xingjie<sup>1</sup>

(1. Academic Affairs Office; 2. Student Affairs Office, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

**Abstract:** Undergraduate students' participation in scientific research training is an important way to enhance students' academic literacy and research ability, and also is an important way for universities to cultivate innovative talents. To build a scientific and effective ecosystem for undergraduate students' participation in scientific research training in universities, it is necessary to deeply analyze the key influencing factors and paths of undergraduate students' participation in scientific research training. Based on Astin's I-E-O model and Lewin's psychological field theory, a theoretical model of the influencing factors of undergraduate students' participation in scientific research training was constructed, and a questionnaire on the influencing factors of undergraduate students' participation in scientific research training was designed and compiled. The survey results indicate that environmental support, psychological motivation, and ability development have a positive impact on undergraduate students' participation in scientific research training; gender, grade, and family location have no significant impact on undergraduate students' participation in scientific research training, while major type, academic ranking, graduation destination, experience in scientific research, and student leadership experience have a significant impact on undergraduate students' participation in scientific research training. Finally, reform action suggestions are proposed to build an ecosystem for undergraduate students' participation in scientific research training in Chinese universities.

**Key words:** undergraduate research training; influencing factors; I-E-O model; psychological field theory; dynamic mechanism

(责任校对 徐宁)