

学习成绩、STEM 兴趣与 21 世纪技能

——基于中介效应模型分析

浦小松 康建朝

(中国教育科学研究院 国际与比较教育研究所, 北京 100088)

【摘要】 在指向核心素养的教育改革背景下,发达国家纷纷在战略层面制定政策促进 STEM 人才的培养。在此情境中,学习成绩能否提升 21 世纪技能水平,以及两者间内在作用机制是值得关注的课题。本研究选择初一和高一学生作为样本,应用中介效应模型分析学习成绩、STEM 兴趣与 21 世纪技能之间的相互关系。研究发现,学生成绩对提升 21 世纪技能水平具有直接效应,成绩越好作用越大,STEM 兴趣越浓;STEM 兴趣在提高学习成绩和促进 21 世纪技能水平提升方面具有中介效应,使成绩优化、兴趣增加与技能提升三者之间构成良性循环,且学习成绩越好,其 STEM 兴趣对 21 世纪技能水平提升的中介作用越大。因此,激发中学生 STEM 兴趣,教会他们学习,对于提高技能、发展能力有积极意义。

【关键词】 学习成绩;STEM 兴趣;21 世纪技能;中学生

【中图分类号】 G434

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2021)04-0071-14

一、引言

为应对信息时代的全球竞争、人工智能和知识社会带来的挑战,国际教育界出现了以 21 世纪技能为导向的教育改革运动。这是一场从知识性和基础性的 3R (Reading, wRiting, aRithmetic) 运动变革为 21 世纪的技能性和高阶性的 4C (Critical thinking and problem solving, Communication, Collaboration, Creativity and innovation) 运动,是一次重大教育范式和课程领导范式的变革(彭正梅等,2017)。有学者指出,美国 21 世纪技能的内涵框架包括三套技能:学习与创新技能、数字素养技能和职业与生活技能。

学习与创新技能是 21 世纪技能的精神内核,包括三项具体技能:批判性思维与问题解决、沟通与合作、创造力与创新。数字素养技能是 21 世纪技能的技术基础,包括三项具体技能:信息素养技能、媒体素养技能、信息与交流技术技能。职业与生活技能是 21 世纪技能的实践环境,包括五项技能:灵活性与适应性技能、主动性与自我指导技能、社会交往与跨文化技能、产出能力与问责技能、领导力与责任技能(贺巍等,2011;张义兵,2012)。

尽管不同国家、不同学者对 21 世纪技能内涵的阐释有所差异,但总体而言,21 世纪技能是为应对变动不居的世界以及未来生活与职业挑战所需的重

【收稿日期】2021-05-01

【修回日期】2021-06-27

【DOI 编码】10.13966/j.cnki.kfjyyj.2021.04.007

【基金项目】中国教育科学研究院基本科研业务费专项资金教育改革与实验专项项目“未来学校实验创新区域模式与案例研究”(GYH2020003)。

【作者简介】浦小松,博士,助理研究员,中国教育科学研究院国际与比较教育研究所,研究方向:教育系统分析(puxs9658@163.com);康建朝,博士,助理研究员,中国教育科学研究院国际与比较教育研究所,研究方向:STEM 教育、未来学校。

【引用信息】浦小松,康建朝(2021). 学习成绩、STEM 兴趣与 21 世纪技能——基于中介效应模型分析[J]. 开放教育研究, (4):71-84.

要技能,具有综合性、广泛性、丰富性,核心要素涵盖批判性思维、问题解决、沟通协作、创新创造等关键技能。不论我国学生发展核心素养的提出,还是国际上有关 21 世纪技能的讨论,都反映了育人目标由强调知识过渡到注重能力。而素养与技能的培养通过何种教育模式或方式有效实现,难有定论。从国际教育改革热点和一些国家教育实践看,STEM 教育有助于培养学生的科学探究能力、创新意识、批判性思维、信息技术能力等未来社会必备技能。教育首先是学习知识,特别是扎实的、系统的知识,中学作为学生成长的关键阶段,对其 21 世纪技能的培养至关重要。本研究选择初一和高一学生作为样本,重点分析学习成绩、STEM 兴趣与 21 世纪技能之间的相互关系。

二、研究假设与分析框架

(一) 研究假设

1. 学习成绩与 21 世纪技能的关系

成绩,更多指的是学生对知识的掌握程度,一定程度上反映学生学习某一科目的能力。知识的获得与能力的形成均是教育的目标,学习就是要使学生具备知识迁移的能力。陈瑞丰等(2019)认为知识建构是能力生成的必要基础。没有知识建构,能力生成就丧失了前提。21 世纪技能框架注重培养全面发展的学生,强调在知识学习中学会思考,使知识获得和能力养成相互促进、相互提高。

基于此,本研究提出如下假设:

假设 H1:成绩中等或优异学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生。

2. 学习成绩与学习兴趣的关系

学习兴趣是学习动机中最现实和最活跃的因素,学生在学习过程中体验到愉悦感,能够使他们在该领域取得较多的学业收获。反之,学业成就的取得也能激发其学习兴趣。克勒尔等(Koeller et al., 2001)研究表明,至少从七年级到九年级,学业成就会影响学习兴趣,即高学业成就者比低学业成就者表现出更浓厚的学习兴趣。费雪等(Fisher et al., 2012)研究发现,数学技能可以预测数学兴趣,数学兴趣和数学能力之间的互惠关系可能在学龄前就已存在。常卫国等(2010)对高一学生调查的结果显示,成绩好的学生数学学习兴趣浓,学生数学学习兴

趣和他们的数学成绩互为因果。成就感激发学生的学习动机进而导致学习成绩的提高,学生的数学基础和学习兴趣正相关。

基于此,本研究提出如下假设:

假设 H2a:成绩中等或优异学生的数学学习兴趣显著强于成绩较差的学生。

假设 H2b:成绩中等或优异学生的科学学习兴趣显著强于成绩较差的学生。

假设 H2c:成绩中等或优异学生的工程与技术学习兴趣显著强于成绩较差的学生。

3. 学习兴趣与 21 世纪技能的关系

兴趣作为非智力因素的重要方面,能够形成强大的精神力量,是培养能力的先导,能够有效促进知识向能力和素养的转化。积极的学习兴趣会使大脑处于活跃状态,激发学习动机,提高注意力,促进学生主动学习和思考。克拉普(Krapp, 2005)认为兴趣对学生的认知表现和情感体验具有积极的促进作用。因此,培养兴趣,建立学习自信,增强学习内驱力,是形成能力的先决条件。

基于此,本研究提出如下假设:

假设 H3a:数学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。

假设 H3b:科学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。

假设 H3c:工程与技术学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。

4. 学习兴趣的中介效应

STEM 教育使传统的科学、技术、工程、数学等学科教育不再停留于学科内部,而是加强其内在关联与融合,帮助学生综合学习与运用不同学科知识,培养科学探究能力、团队合作能力、创新意识、批判性思维等未来必备技能。在课程与教学中,STEM 课程注重探究学习和项目学习,将学习情境与真实世界联系,强调科学技术与工程、数学的整合,培养学生解决实际问题的能力(徐金雷等,2017)。本研究认为,中小学 STEM 教育的核心功能在于它为学生综合知识与全面发展能力培养之间架构起桥梁,在学生从掌握知识到应用知识养成能力的转化上起到助推作用。STEM 学科兴趣浓厚的学生,更有可能获得较好的学习成绩,具备更高的 21 世纪技能。

基于此,本研究提出如下假设:

假设 H4a: 数学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

假设 H4b: 科学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

假设 H4c: 工程与技术学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

(二) 分析框架

通过文献梳理和理论分析发现, 学生学习成绩(较差、中等、优异)与 21 世纪技能水平之间存在关联性, 而学习兴趣可能是学习成绩与 21 世纪技能水平关联的中介。本研究以中学生为研究对象, 以学习成绩为核心解释变量, 以数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣为中介变量, 以学生性别、年级、校外活动、父亲职业 ISEI 指数、母亲职业 ISEI 指数为控制变量, 研究它们如何作用于提升学生的 21 世纪技能, 分析框架见图 1。

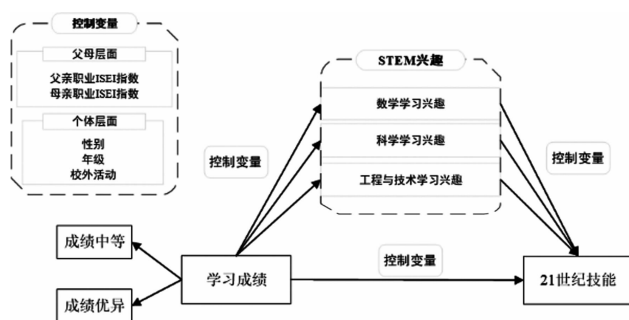


图 1 本研究分析框架

三、数据与变量

(一) 数据来源

为了解中国 STEM 教育发展状况, 课题组编制了《中国 STEM 教育调查问卷》, 内容包含学生基本信息、STEM 学习情况、STEM 学习兴趣与职业倾向三个维度, 具体为 11 项指标 49 道题, 并于 2019 年 9-10 月间, 通过四阶段分层抽样向全国七大区域(华北、华东、东北、华中、华南、西南、西北)初一、高一学生发放问卷, 累计回收中学生问卷 16122 份, 剔除质量不佳问卷和不符合分析需求的问卷, 得到有效问卷 14418 份。

(二) 变量设计

1. 被解释变量

学生 21 世纪技能量表采用五点计分。其中, 1 表示强烈不同意, 2 表示不同意, 3 表示既不同意也

不反对, 4 表示同意, 5 表示强烈同意。分值越大, 说明学生 21 世纪技能水平越高。

对学生 21 世纪技能量表进行因子分析可行性检验结果显示, KMO 检验值为 0.956, Bartlett 球形检验 $p = 0.000 < 0.001$, 表明数据适合做因子分析。题目的可靠性分析 α 信度系数为 0.955, 信度较高。探索性因子分析结果显示, 学生 21 世纪技能量表得到一个公因子的特征值为 7.62, 方差贡献率为 69.31% (见表一)。

表一 学生 21 世纪技能量表探索性因子分析结果

一级指标	问卷题项	因子载荷	方差贡献率	α 信度系数
21 世纪技能	我相信我能带领别人实现目标	0.764	69.31%	0.955
	我相信我能鼓励他人尽最大努力	0.843		
	我相信我能做出高质量的成果	0.808		
	我相信我能尊重同伴的差异	0.840		
	我相信我能帮助同伴	0.856		
	我相信我能在做决定时把他人的观点考虑在内	0.862		
	我相信我能在事情未按原计划进行时做出合理调整	0.865		
	我相信我能自己制订学习目标	0.826		
	我相信我能在学习或做事情时科学安排时间	0.822		
	面对很多任务时, 我可以决定先完成哪些	0.841		
	我相信我能与不同背景的同学很好地合作	0.827		

本研究采用验证性因子分析检验探索性因子分析结果的有效性, RMSEA、SRMR、CFI 以及 TLI (NNFI) 指数均拟合成功, 模型具有较好的拟合效果 (见表二), 其路径见图 2。

表二 学生 21 世纪技能量表模型拟合效果

模型拟合指数	拟合成功建议值	指数值	拟合判断
RMSEA 渐进残差均方和平方根	< 0.05 , 优良 < 0.08 , 良好	0.070	✓
SRMR 标准化均方根残差	< 0.05	0.021	✓
CFI 比较拟合指数	> 0.90	0.981	✓
TLI 非规范拟合指数 (NNFI)	> 0.90	0.972	✓

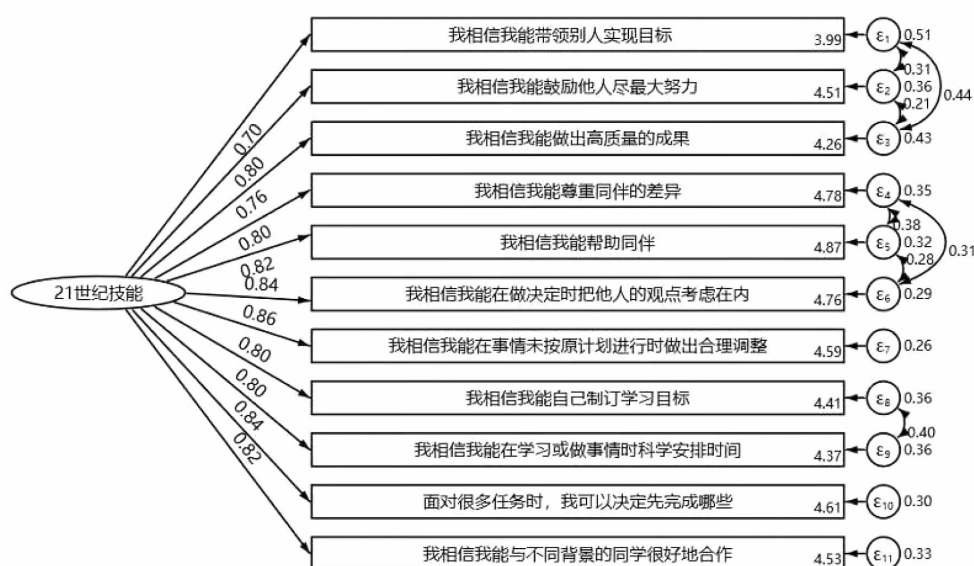


图2 学生 21 世纪技能量表路径

2. 核心解释变量

学生学习成绩调查采用五点计分题项。其中,1 表示名列前茅,2 表示稳居中上,3 表示中等水平,4 表示不太理想,5 表示波动较大。结果显示,学生表示自己学习成绩名列前茅的占 11.57%,学习成绩稳居中上的占 29.57%,学习成绩中等的占 35.25%,学习成绩不太理想的占 17.78%,学习成绩波动较大的占 5.83%。可见,学生学习成绩基本符合正态分布。

为便于分析,本研究把成绩名列前茅和稳居中上的合并为成绩优异的群体,把成绩不太理想和波动较大的合并为成绩较差的群体,即学习成绩共分为三类,其中,1 表示成绩较差,2 表示成绩中等,3 表示成绩优异。结果显示,41.14% 的学生成绩优异,35.25% 的学生成绩中等,23.61% 的学生成绩较差。

3. 中介变量

本研究分别考察 STEM 教育学生数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣作为中介变量时,对学生学习成绩与 21 世纪技能之间关系是否具有中介效应。

1) 数学学习兴趣

数学学习兴趣量表采用五点计分。其中,1 表示强烈不同意,2 表示不同意,3 表示既不同意也不反对,4 表示同意,5 表示强烈同意。分值越大,说明中学生数学学习兴趣越高。

对数学学习兴趣量表进行因子分析可行性检验结果显示,KMO 检验值为 0.875, Bartlett 球形检验 $p = 0.000 < 0.001$,表明数据适合做因子分析。题目的可靠性分析 α 信度系数为 0.881,信度较高。探索性因子分析结果显示,数学学习兴趣量表得到一个公因子的特征值为 4.40,方差贡献率为 54.96% (见表三)。

本研究采用验证性因子分析检验探索性因子分析结果的有效性, RMSEA、SRMR、CFI 以及 TLI (NNFI) 指数均拟合成功,模型具有较好的拟合效果 (见表四),其路径见图 3。

表三 数学学习兴趣量表探索性因子分析结果

一级指标	问卷题项	因子载荷	方差贡献率	α 信度系数
数学学习兴趣	数学一直是我差的科目	0.741	54.96%	0.881
	我会选择运用数学知识的职业	0.630		
	数学对我来说很难	0.740		
	我是那种能学好数学的学生	0.760		
	我能学好大多数科目,就是学不好数学	0.637		
	我相信我可以做数学方面的高级工作	0.754		
	我可以在数学上取得好成绩	0.791		
	我擅长数学	0.854		

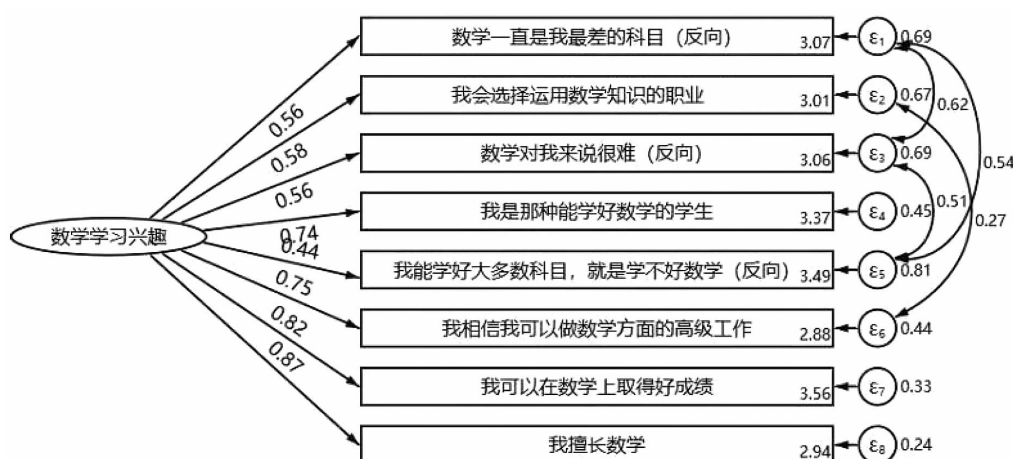


图3 数学学习兴趣量表路径

表四 数学学习兴趣量表模型拟合效果

模型拟合指数	拟合成功建议值	指数值	拟合判断
RMSEA 渐进残差均方和平方根	<0.05, 优良 <0.08, 良好	0.072	✓
SRMR 标准化均方根残差	<0.05	0.027	✓
CFI 比较拟合指数	>0.90	0.981	✓
TLI 非规范拟合指数 (NNFI)	>0.90	0.966	✓

2) 科学学习兴趣

科学学习兴趣量表采用五点计分。其中,1 表示强烈不同意,2 表示不同意,3 表示既不同意也不反对,4 表示同意,5 表示强烈同意。分值越大,说明中学生科学学习兴趣越强。

对科学学习兴趣量表进行因子分析可行性检验结果显示,KMO 检验值为 0.936,Bartlett 球形检验 $p=0.000<0.001$,表明数据适合做因子分析。题目的可靠性分析 α 信度系数为 0.936,信度较高。探索性因子分析结果显示,科学学习兴趣量表得到一个公因子的特征值为 5.54,方差贡献率为 69.28% (见表五)。

本研究采用验证性因子分析检验探索性因子分析结果的有效性, RMSEA、SRMR、CFI 以及 TLI (NNFI) 指数均拟合成功,模型具有较好的拟合效果 (见表六),其路径见图 4。

3) 工程与技术学习兴趣

工程与技术学习兴趣量表采用 5 点计分。其中,1 表示强烈不同意,2 表示不同意,3 表示既不同

意也不反对,4 表示同意,5 表示强烈同意。分值越大,说明中学生工程与技术学习兴趣越高。

表五 科学学习兴趣量表探索性因子分析结果

一级指标	问卷题项	因子载荷	方差贡献率	α 信度系数
科学学习兴趣	我学科学时感到自信	0.806	69.28%	0.936
	我会考虑从事科学事业	0.826		
	我希望毕业后能运用科学知识	0.865		
	掌握科学知识有助于我谋生	0.813		
	我将来的工作可能需要科学知识	0.858		
	我知道我能把科学课程学好	0.859		
	在我一生的工作中科学知识都很重要	0.836		
	我相信我可以做科学方面的高级工作	0.793		

表六 科学学习兴趣量表模型拟合效果

模型拟合指数	拟合成功建议值	指数值	拟合判断
RMSEA 渐进残差均方和平方根	<0.05, 优良 <0.08, 良好	0.079	✓
SRMR 标准化均方根残差	<0.05	0.020	✓
CFI 比较拟合指数	>0.90	0.984	✓
TLI 非规范拟合指数 (NNFI)	>0.90	0.971	✓

对工程与技术学习兴趣量表进行因子分析可行性检验结果显示,KMO 检验值为 0.937,Bartlett 球形

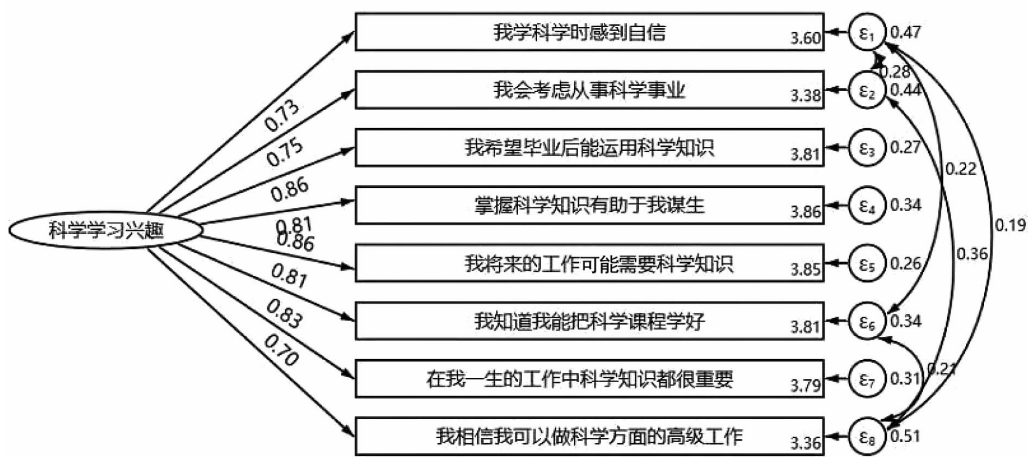


图 4 科学学习兴趣量表路径

检验 $p = 0.000 < 0.001$, 表明数据适合做因子分析。题目的可靠性分析 α 信度系数为 0.930, 信度较高。探索性因子分析结果显示, 工程与技术学习兴趣量表得到一个公因子的特征值为 5.77, 方差贡献率为 64.16% (见表七)。

表七 工程与技术学习兴趣量表探索性因子分析结果				
一级指标	问卷题项	因子载荷	方差贡献率	α 信度系数
工程与技术学习兴趣	我喜欢想象创造新产品的情景	0.749	64.16%	0.930
	如果我学习工程知识,那么我就可以不断改进人们每天使用的东西	0.788		
	我擅长建造和修理东西	0.745		
	我对机器的工作原理感兴趣	0.820		
	产品结构对我将来的工作很重要	0.825		
	我对电子产品的工作原理很好奇	0.830		
	我希望将来的工作会运用创造力和创新能力	0.825		
	如果知道如何综合运用数学和科学知识,我就能发明出有用的东西	0.813		
	我相信自己从事工程类工作能取得成功	0.808		

表八 工程与技术学习兴趣量表模型拟合效果			
模型拟合指数	拟合成功建议值	指数值	拟合判断
RMSEA 渐进残差均方和平方根	<0.05, 优良 <0.08, 良好	0.075	✓
SRMR 标准化均方根残差	<0.05	0.024	✓
CFI 比较拟合指数	>0.90	0.977	✓
TLI 非规范拟合指数 (NNFI)	>0.90	0.966	✓

本研究采用验证性因子分析检验探索性因子分析结果有效性, RMSEA、SRMR、CFI 以及 TLI (NNFI) 指数均拟合成功, 模型具有较好的拟合效果 (见表八), 其路径见图 5。

4. 控制变量

控制变量包括学生个体和家庭两个层面。个体层面的控制变量主要为性别、年级、校外活动; 家庭层面的控制变量主要为父母职业类别。

本研究将父母职业类别转换为国际标准职业分类代码 (International Standard Classification of Occupation, ISCO - 88), 采用的国际社会经济地位指数 (ISEI 指数) 是由甘泽布姆等 (Ganzeboom et al., 1992) 基于职业的平均受教育水平和收入计算而来。“军人”职业没有给出 ISCO - 88 与 ISEI 指数的对应值, 因此将这一职业对应的父母 ISEI 指数设为缺失值 (见表九)。

表九 父母职业 ISEI 指数	
父母职业分类	对应的 ISEI 指数
国家机关、党群组织、企业、事业单位负责人	55
专业技术人员	70
办事人员和有关人员	45
商业、服务人员	40
农、林、牧、渔、水利业生产人员	23
生产、运输设备操作及有关人员	31
军人	缺失值
不便分类的其他从业人员	20

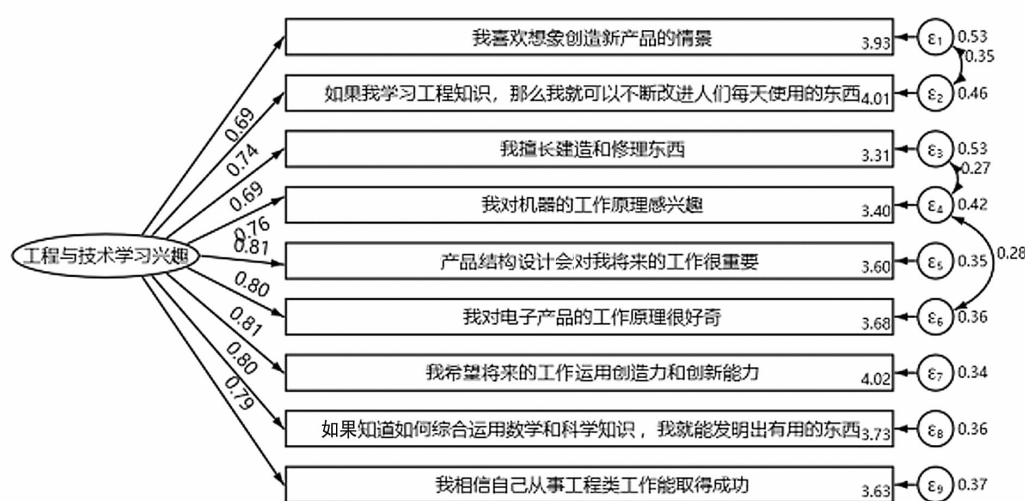


图5 工程与技术学习兴趣量表路径

控制变量的描述性分析结果见表十。从性别看,男生 7296 人,占 50.60%;女生 7122 人,占 49.40%;从年级看,初一学生 10073 人,占 69.86%;高一学生 4345 人,占 30.14%;每月平均参加校外活动的次数为 2.08 次。父亲职业 ISEI 指数平均值为 37.84,母亲职业 ISEI 指数平均值为 35.00。

四、模型构建与实证分析

(一) 模型构建

中介效应模型是量化研究常用的分析方法,已有较完整的分析流程。本研究构建以 STEM 兴趣为中介变量,引入控制变量,研究学习成绩与学生 21 世纪技能相互作用的多元回归模型。其中,核心解释变量学习成绩由三类变量组成,将其虚拟化得到的 score1、score2、score3 分别表示成绩较差、成绩中等、成绩优异,以成绩较差为基准组,将成绩中等、成绩优异引入回归模型,得到公式(1)。其中 Control 表示一系列控制变量(学生性别、年级、校外活动,

父母职业 ISEI 指数)。本研究应用多元回归模型,在引入控制变量后,探究成绩中等或成绩优异学生的 21 世纪技能水平是否显著高于成绩较差的学生,系数 c_2 、 c_3 为成绩中等或成绩优异对 21 世纪技能水平的总效应。若 c_2 、 c_3 显著,说明总效应显著,从而验证假设 H1。

$$\text{skill} = c_2 \cdot \text{score2} + c_3 \cdot \text{score3} + \sum \beta_1 \cdot \text{Control} + e_1 \quad (1)$$

本研究将数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣分别作为被解释变量,应用多元回归模型,在引入控制变量后,得到公式(2)、(3)、(4),探究成绩中等或优异学生的三科学习兴趣是否显著强于成绩较差的学生,系数 a_{2i} 、 a_{3i} ($i = 1, 2, 3$) 为成绩中等或成绩优异对中介变量 STEM 兴趣的效应,从而验证假设 H2a ~ H2c。

$$\text{mathinterest} = a_{21} \cdot \text{score2} + a_{31} \cdot \text{score3} + \sum \beta_{21} \cdot \text{Control} + e_{21} \quad (2)$$

$$\text{scinterest} = a_{22} \cdot \text{score2} + a_{32} \cdot \text{score3} + \sum \beta_{22} \cdot \text{Control} + e_{22} \quad (3)$$

表十 控制变量描述性分析

控制变量			观测值	百分比 (%)	均值	标准差	区间
个体层面	性别	0 = 男	7296	50.60			
		1 = 女	7122	49.40			
	年级	0 = 初一	10073	69.86			
		1 = 高一	4345	30.14			
	校外活动		14418		2.08	1.479	[1, 8]
家庭层面	父亲职业 ISEI 指数		14248		37.84	17.042	[20, 70]
	母亲职业 ISEI 指数		14380		35.00	15.516	[20, 70]

$$\text{etinterest} = a_{23} \cdot \text{score2} + a_{33} \cdot \text{score3} + \sum \beta_{23} \cdot \text{Control} + e_{23} \quad (4)$$

本研究将核心解释变量、控制变量和中介变量全部引入模型,得到公式(5)、(6)、(7),根据系数 $b_i (i=1,2,3)$ 探究数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣对 21 世纪技能水平是否有显著正向影响。系数 b_i 是在控制了成绩中等或成绩优异的影响后,中介变量 STEM 兴趣对 21 世纪技能水平的效应;系数 $c'_{2i}, c'_{3i} (i=1,2,3)$ 是控制了中介变量 STEM 兴趣的影响后,成绩中等或成绩优异对 21 世纪技能水平的直接效应;同时 STEM 兴趣的中介效应等于间接效应,即等于系数乘积 $a_{2i} \cdot b_i, a_{3i} \cdot b_i (i=1,2,3)$ 。中介效应、直接效应和总效应的关系为:总效应(c) = 直接效应(c') + 间接效应($a \cdot b$),从而验证假设 H3a ~ H3c。

$$\text{skill} = c'_{21} \cdot \text{score2} + c'_{31} \cdot \text{score3} + b_1 \cdot \text{mathinterest} + \sum \beta_{31} \cdot \text{Control} + e_{31} \quad (5)$$

$$\text{skill} = c'_{22} \cdot \text{score2} + c'_{32} \cdot \text{score3} + b_2 \cdot \text{scinterest} + \sum \beta_{32} \cdot \text{Control} + e_{32} \quad (6)$$

$$\text{skill} = c'_{23} \cdot \text{score2} + c'_{33} \cdot \text{score3} + b_3 \cdot \text{etinterest} + \sum \beta_{33} \cdot \text{Control} + e_{33} \quad (7)$$

(二)STEM 兴趣中介模型检验

本研究参考温忠麟等(2014)中介效应检验流程检验 STEM 兴趣是否对总效应存在中介效应,从而验证假设 H4a ~ H4c。表格十一、十二、十三中,

模型 1 对应公式(1),是检验总效应,即成绩中等或成绩优异学生的 21 世纪技能水平是否显著高于成绩较差的学生;模型 2 对应公式(2)、(3)、(4),模型 3 对应公式(5)、(6)、(7),共同用于检验间接效应。其中,模型 2 是检验系数 $a_{2i}, a_{3i} (i=1,2,3)$ 的显著性,模型 3 是检验系数 $b_i (i=1,2,3)$ 的显著性,也用来检验直接效应,即系数 c'_{2i}, c'_{3i} 的显著性。

1. 数学学习兴趣的中介效应检验

数学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能之间的中介效应检验结果见表十一。根据以上分析得到数学学习兴趣的中介模型路径见图 6。

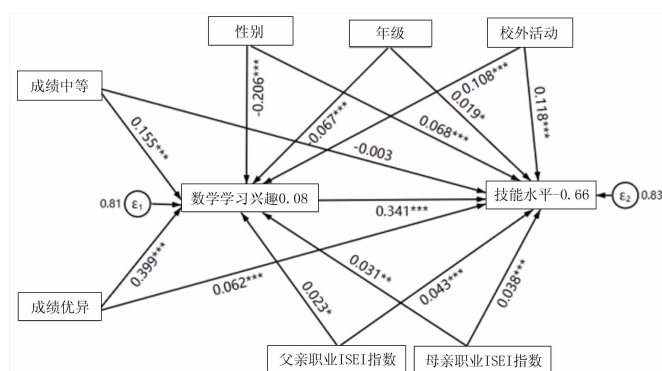


图 6 数学学习兴趣的中介效应路径

从模型 1 看,在控制其他变量后,成绩中等($c_2 = 0.050^{***}$)或成绩优异($c_3 = 0.198^{***}$)对 21 世纪技能水平的回归系数均显著,总效应显著,从而验证假设 H1,即成绩中等或成绩优异学生的 21 世纪

表十一 数学学习兴趣的中介效应检验结果

变量		模型 1	模型 2	模型 3
		21 世纪技能	数学学习兴趣	21 世纪技能
核心解释变量	成绩中等	0.050***	0.155***	-0.003
	成绩优异	0.198***	0.399***	0.062***
控制变量	性别	-0.003	-0.206***	0.068***
	年级	-0.004	-0.067***	0.019*
	校外活动	0.154***	0.108***	0.118***
	父亲职业 ISEI 指数	0.051***	0.023*	0.043***
	母亲职业 ISEI 指数	0.049***	0.031**	0.038***
中介变量	数学学习兴趣	-	-	0.341***
F 值(sig)		163.34***	471.52***	361.12***
R ²		0.075	0.189	0.169
调整的 R ²		0.074	0.188	0.169

注: *、**、*** 分别代表在 5%、1%、0.1% 置信水平上的显著性。

技能水平显著高于成绩较差的学生。从间接效应看,回归系数 $a_{21} = 0.155, p < 0.001$,表明成绩中等学生的数学学习兴趣显著强于成绩较差的学生;回归系数 $a_{31} = 0.399, p < 0.001$,表明成绩优异学生的数学学习兴趣显著强于成绩较差的学生;回归系数 $b_1 = 0.341, p < 0.001$,表明数学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。由此 $a_{21} \cdot b_1$ 、 $a_{31} \cdot b_1$ 均显著,说明间接效应显著,验证假设 H2a 和假设 H3a,即成绩中等或成绩优异学生的数学学习兴趣显著强于成绩较差的学生,数学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著的正向影响。

从直接效应看,回归系数 $c'_{21} = -0.003, p = 0.731$,表明成绩中等学生相比于成绩较差学生的 21 世纪技能水平没有显著差异;回归系数 $c'_{31} = 0.062, p < 0.001$,表明成绩优异学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生。

根据以上分析,数学学习兴趣在学习成绩中等与 21 世纪技能之间只存在中介效应,且中介效应具有溢出效果。数学学习兴趣在学习成绩优异与 21 世纪技能之间存在部分中介效应,且数学学习兴趣有较强的中介作用,从而验证假设 H4a,即数学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

2. 科学学习兴趣的中介效应检验

科学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能之间的中介效应检验结果见表十二。根据以上分析得到科学学习兴趣的中介模型路径见图 7。

从间接效应看,回归系数 $a_{22} = 0.039, p < 0.001$,表明成绩中等学生的科学学习兴趣显著强于成绩较差的学生;回归系数 $a_{32} = 0.160, p < 0.001$,表明成绩优异学生的科学学习兴趣显著强于成绩较差的学生;回归系数 $b_2 = 0.503, p < 0.001$,表明科学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。由此 $a_{22} \cdot b_2$ 、 $a_{32} \cdot b_2$ 均显著,说明间接效应显著,验证假设 H2b 和假设 H3b,即成绩中等或成绩优异学生的科学学习兴趣显著强于成绩的较差学生,科学学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著的正向影响。

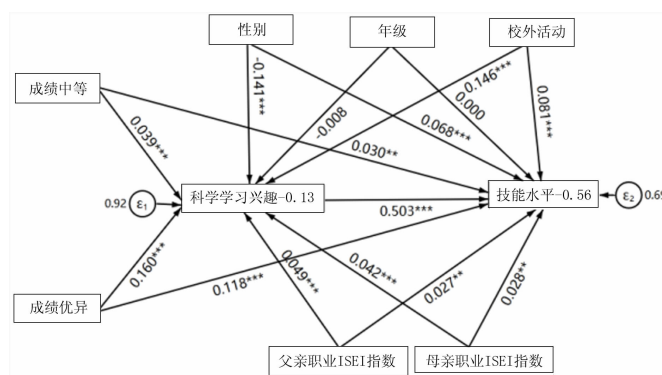


图 7 科学学习兴趣的中介效应路径

从直接效应看,回归系数 $c'_{22} = 0.030, p = 0.001$,表明成绩中等学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生;回归系数 $c'_{32} = 0.118, p < 0.001$,表明成绩优异学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生。根据以上分析,科学学习兴趣在学习成绩中等或优异与 21 世纪技能之间存在部分中介

表十二 科学学习兴趣的中介效应检验结果

变量		模型 1	模型 2	模型 3
		21 世纪技能	科学学习兴趣	21 世纪技能
核心解释变量	成绩中等	0.050***	0.039***	0.030**
	成绩优异	0.198***	0.160***	0.118***
控制变量	性别	-0.003	-0.141***	0.068***
	年级	-0.004	-0.008	0.000
	校外活动	0.154***	0.146***	0.081***
	父亲职业 ISEI 指数	0.051***	0.049***	0.027**
	母亲职业 ISEI 指数	0.049***	0.042***	0.028**
中介变量	科学学习兴趣	-	-	0.503***
F 值 (sig)		163.34***	177.32***	787.89***
R ²		0.075	0.080	0.307
调整的 R ²		0.074	0.080	0.307

注: *、**、*** 分别代表在 5%、1%、0.1% 置信水平上的显著性。

效应,从而验证假设 H4b,即科学学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

3. 工程与技术学习兴趣的中介效应检验

工程与技术学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能之间的中介效应检验结果见表十三。根据以上分析得到工程与技术学习兴趣的中介模型路径见图 8。

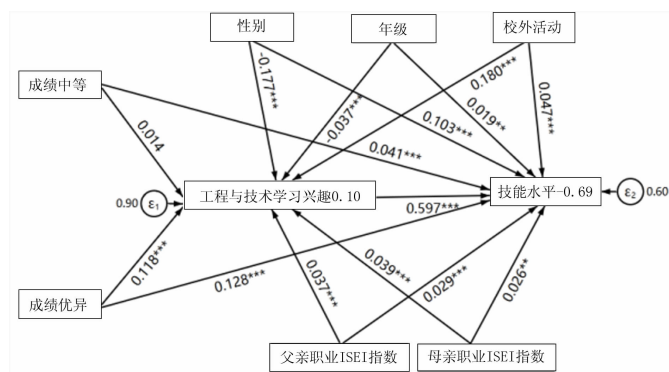


图 8 工程与技术学习兴趣的中介效应路径

从间接效应看,回归系数 $a_{23} = 0.014$, $p =$

0.178,表明成绩中等学生相比成绩较差学生的工程与技术学习兴趣影响系数不显著;回归系数 $a_{33} = 0.118$, $p < 0.001$,表明成绩优异学生的工程与技术学习兴趣显著强于成绩较差的学生;回归系数 $b_3 = 0.597$, $p < 0.001$,表明工程与技术学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著正向影响。由结果可知 a_{23} 不显著,需要用非参数百分位 Bootstrap 法直接检验 $a_{23} \cdot b_3$ 的联合显著性,检验结果为 $z = -9.35$, $p < 0.001$,说明间接效应显著。 $a_{23} \cdot b_3$ 、 $a_{33} \cdot b_3$ 均显著,说明间接效应显著,验证假设 H2c 和假设 H3c,即成绩中等或成绩优异学生的工程与技术学习兴趣显著强于成绩较差的学生,工程与技术学习兴趣对 21 世纪技能水平具有显著的正向影响。

从直接效应看,回归系数 $c'_{23} = 0.041$, $p < 0.001$,表明成绩中等学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生;回归系数 $c'_{33} = 0.128$, $p < 0.001$,表明成绩优异学生的 21 世纪技能水平显著高于成绩较差的学生。

表十三 工程与技术学习兴趣的中介效应检验结果

变量		模型 1	模型 2	模型 3
		21 世纪技能	工程与技术学习兴趣	21 世纪技能
核心解释变量	成绩中等	0.050***	0.014	0.041***
	成绩优异	0.198***	0.118***	0.128***
控制变量	性别	-0.003	-0.177***	0.103***
	年级	-0.004	-0.037***	0.019**
	校外活动	0.154***	0.180***	0.047***
	父亲职业 ISEI 指数	0.051***	0.037***	0.029***
	母亲职业 ISEI 指数	0.049***	0.039***	0.026**
中介变量	工程与技术学习兴趣	-	-	0.597***
F 值 (sig)		163.34***	217.03***	1166.94***
R^2		0.075	0.097	0.397
调整的 R^2		0.074	0.096	0.396

注: *、**、*** 分别代表在 5%、1%、0.1% 置信水平上的显著性。

表十四 STEM 兴趣的中介效应分解

	直接效应 (c')	中介效应 ($a \cdot b$)	总效应 (c)	中介效应/总效应 (%)
Score2→mathinterest→skills	(-0.003)	0.053	0.050	106.00
Score3→mathinterest→skills	0.062	0.136	0.198	68.69
Score2→scinterest→skills	0.030	0.020	0.050	40.00
Score3→scinterest→skills	0.118	0.080	0.198	40.40
Score2→etinterest→skills	0.041	0.009	0.050	18.00
Score3→etinterest→skills	0.128	0.070	0.198	35.35

根据以上分析,工程与技术学习兴趣在学习成绩中等或成绩优异与 21 世纪技能之间存在部分中介效应,从而验证假设 H4c,即工程与技术学习兴趣在学习成绩与 21 世纪技能水平之间存在中介效应。

(三)STEM 兴趣的中介效应分解

数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣在学习成绩中等或优异与 21 世纪技能之间存在部分中介效应,且数学学习兴趣的中介效应比重很高,其次是科学学习兴趣,最后是工程与技术学习兴趣(见表十四)。对于成绩中等学生来说,数学学习兴趣中介效应系数 $a \cdot b$ 与直接效应系数 c' 的符号相异,理应报告遮掩效应,但直接效应系数 c' (-0.003) 不显著,因此对于成绩中等学生的数学学习兴趣不报告遮掩效应、中介效应/总效应的比重。科学学习兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介效应占总效应的比重为 40.00%。工程与技术学习兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介效应占总效应的比重为 18.00%。

对于成绩优异学生来说,数学学习兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介效应占总效应的比重为 68.69%。科学学习兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介效应占总效应的比重为 40.40%。工程与技术学习兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介效应占总效应的比重为 35.35%。

从上述结果可以判断,学生学习成绩越好,STEM 兴趣对提升 21 世纪技能水平的中介作用越大。另外,学习成绩对 21 世纪技能有显著正向影响,

表明学生学习成绩的提高可以促进 21 世纪技能水平的提升。这一方面说明通过提高学习成绩来提升 21 世纪技能水平,离不开学生 STEM 的学习兴趣,再次验证了 21 世纪技能是学习和兴趣共同作用的结果;另一方面说明培养和调动学生的 STEM 学习兴趣,更有利于学习成绩促进 21 世纪技能水平的提升。

(四)控制变量的影响

表十五展示了被解释变量为 21 世纪技能,不含中介变量的模型(a)和以数学学习兴趣(b)、科学学习兴趣(c)、工程与技术学习兴趣(d)为中介变量的模型中控制变量的回归结果及显著性,(a)列对应表十一、十二、十三中模型 1 的数据,(b)、(c)、(d)列分别对应表十一、十二、十三中模型 3 的数据。

学生性别在回归结果(b)、(c)和(d)中的系数显著为正,说明女生的 21 世纪技能水平高于男生。年级在回归结果(b)和(d)中的系数显著为正,说明高一年级学生的 21 世纪技能水平高于初一年级学生。学生校外活动在回归结果(a)、(b)、(c)和(d)中的系数均显著为正,说明增加校外活动的次数会提升学生的 21 世纪技能水平。父亲职业 ISEI 指数、母亲职业 ISEI 指数在回归结果(a)、(b)、(c)和(d)中的系数均显著为正,说明父亲或母亲职业 ISEI 指数越高,社会经济地位越高,越有助于提升学生的 21 世纪技能水平。

表十六展示了被解释变量分别为数学学习兴趣(e)、科学学习兴趣(f)、工程与技术学习兴趣(g)模

表十五 各类模型中控制变量回归结果汇总(被解释变量为 21 世纪技能)

变量		(a)	(b)	(c)	(d)
		21 世纪技能	21 世纪技能	21 世纪技能	21 世纪技能
核心解释变量	成绩中等	E	E	E	E
	成绩优异	E	E	E	E
控制变量	性别	Nob	0.068 ***	0.068 ***	0.103 ***
	年级	Nob	0.019 *	Nob	0.019 **
	校外活动	0.154 ***	0.118 ***	0.081 ***	0.047 ***
	父亲职业 ISEI 指数	0.051 ***	0.043 ***	0.027 **	0.029 ***
	母亲职业 ISEI 指数	0.049 ***	0.038 ***	0.028 **	0.026 **
中介变量	数学学习兴趣	N	E	N	N
	科学学习兴趣	N	N	E	N
	工程与技术学习兴趣	N	N	N	E

注:E 表示模型中已纳入此变量;N 表示模型中未纳入此变量;Nob 表示模型中纳入此变量但不显著。*、**、*** 分别代表在 5%、1%、0.1% 置信水平上的显著性。

表十六 各类模型中控制变量回归结果汇总(被解释变量为中介变量 STEM 兴趣)

变量		(e)	(f)	(g)
		数学学习兴趣	科学学习兴趣	工程与技术学习兴趣
核心解释变量	成绩中等	E	E	E
	成绩优异	E	E	E
控制变量	性别	-0.206***	-0.141***	-0.177***
	年级	-0.067***	Nob	-0.037***
	校外活动	0.108***	0.146***	0.180***
	父亲职业 ISEI 指数	0.023*	0.049***	0.037***
	母亲职业 ISEI 指数	0.031**	0.042***	0.039***

注: E 表示模型中已纳入此变量; Nob 表示模型中纳入此变量但不显著。*、**、*** 分别代表在 5%、1%、0.1% 置信水平上的显著性。

型中控制变量的回归结果及显著性, (e)、(f)、(g) 列分别对应表十一、十二、十三中模型 2 的数据。

学生性别在回归结果(e)、(f)和(g)中的系数均显著为负,说明女生的数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣低于男生。年级在回归结果(e)和(g)中的系数显著为负,说明高一年级学生的数学学习兴趣、工程与技术学习兴趣低于初一年级学生。校外活动在回归结果(e)、(f)和(g)中的系数均显著为正,说明增加校外活动的次数会提高学生的数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣。父亲职业 ISEI 指数、母亲职业 ISEI 指数在回归结果(e)、(f)和(g)中的系数均显著为正,说明父亲或母亲职业 ISEI 指数越高,社会经济地位越高,越有助于提高学生的数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣。

五、结论与讨论

本研究在全国中学生抽样调查数据的基础上,实证检验了学习成绩与 21 世纪技能水平之间的关系,探讨了学习成绩对于 21 世纪技能水平的影响机制,应用中介效应模型分析了 STEM 兴趣的中介作用,结论如下。

(一) 学生学习成绩对提升 21 世纪技能水平具有直接效应

学生学习成绩与 21 世纪技能之间存在显著正相关,对提升 21 世纪技能水平具有直接效应。成绩中等的学生比成绩较差的学生 21 世纪技能水平高 5.0%,成绩优异的学生比成绩较差的学生 21 世纪技能水平高 19.8% (见表十一、十二、十三中的模型 1)。这可能是因为学习成绩好的学生具有良好的

知识接受能力,能更好地获取与积累知识,知识储备量日渐优于其他学生。而知识的集中载体之一就是课程与教材。一般而言,对课程和教材掌握与理解程度较高的学生,才能获得更好的成绩,在更大程度上继承了前人传递的间接经验与智慧。这些经验与智慧成为学生认识、理解及探索未知世界的有效渠道。

(二) 学习成绩越好则 STEM 兴趣越浓

学习成绩与 STEM 兴趣之间存在正向关系,不同学习成绩学生的 STEM 兴趣差异显著。成绩中等学生比成绩较差学生的数学学习兴趣、科学学习兴趣分别高 15.5%、3.9%;成绩优异学生比成绩较差学生的数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣分别高 39.9%、16.0%、11.8%。可见,学习成绩中等或优异的学生在 STEM 兴趣上显著高于成绩较差的学生。学习成绩中等或优异的学生更有可能获得教师、家长及同伴的肯定与赞赏,从而产生更强的获得感与自信心,进而体会到学习的乐趣;而成绩较差的学生可能会承受更多的埋怨、批评、质疑等心理压力,逐渐失去学习信心与兴趣。因此,提高学习成绩是培养学生 STEM 兴趣的有效方法之一。

(三) STEM 兴趣有助于提升学生 21 世纪技能

数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣与 21 世纪技能之间存在显著正相关,因 STEM 兴趣激发的动力和探索精神可以促进学生积极主动地投入到增强技能活动中,有助于学生 21 世纪技能水平提升。这可能是因为 STEM 教育倡导项目式学习,这种学习方式以技能或能力为中心。为了完成 STEM 课程的项目式学习任务,学生需要开展沟通、交流、协作,持续地进行研究、资源管理,STEM 兴趣

浓厚的学生,更乐于和同伴沟通,更积极地参与小组合作,表现出更多主动探究和寻根究底的学习行为,而合作能力、批判思维等 21 世纪技能通过这样的学习过程和学习行为得到孕育发展。

(四)STEM 兴趣在学习成绩促进 21 世纪技能水平提升方面具有中介效应

中介模型分析表明,不仅学习成绩可以直接对学生的 21 世纪技能起到提升作用,而且学习成绩越好 STEM 兴趣越高。同时,STEM 兴趣的提高将强化学习成绩对 21 世纪技能的提升作用。可见,STEM 兴趣在学习成绩促进 21 世纪技能水平提升方面具有中介效应,使成绩优化、兴趣增强与技能提升三者之间构成良性循环,且学习成绩越好的学生,STEM 兴趣提升 21 世纪技能水平的中介作用越大。对此结果可以这样理解,对 STEM 学科有兴趣的学生,更乐于参与相关学习活动,更可能取得优异成绩。而优异成绩的获得,又会增强其对 STEM 学习的信心与兴趣,使其在 STEM 学习活动中更愿意沟通、表达、协作、展示,在此过程中 21 世纪技能得到提升。因此,激发学生 STEM 兴趣,强化动机,开启心智,教会学习,对于提高各类技能、发展能力有着积极意义。

(五)增加校外活动可以提升学生 21 世纪技能水平

增加校外活动的次数可以提高学生的数学学习兴趣、科学学习兴趣、工程与技术学习兴趣,通过增强 STEM 兴趣,进而提升学生的 21 世纪技能水平。这可能是因为,年幼学生处于兴趣特长培养的关键期,丰富多彩的课外活动为他们提供了多种多样的尝试机会,在不同的活动尝试和体验中,发现自身兴趣和特长所在(康建朝,2019)。如果家长能正确认识儿童的成长规律,尊重儿童的个体差异和天性,树立科学正确的教育观念,儿童校外生活就更丰富,就不会让做作业成为儿童唯一且过重的校外生活,更有利于儿童的全面发展(肖凤秋,2019)。因此,为了更好地促进学生 21 世纪技能发展,安排合理、内容丰富、注重劳逸结合的校外活动,应成为常规学校教育的有益补充。为实现这一目标,教育评价应突破“唯分数”的窠臼,注重情感与能力维度,校内及家庭课业负担也应适当减轻,为参与校外活动提供时间保障。

(六)家庭社会经济地位对学生 21 世纪技能获得具有重要影响

父亲或母亲职业 ISEI 指数越高,社会经济地位越高,较好的家庭环境为子女提供了更好的学习资源,使其处于高质量的学习氛围中,有助于提高学生的 STEM 学习兴趣,进而提升学生 21 世纪技能水平。正如安东尼·塞尔登等(2019)所说:“来自社会经济地位较高家庭的孩子,父母对他们的教育更重视,他们在家中有机会参与更多激发智力的对话,建立起广泛的社会关系,父母在其教育上的资金和时间投入较多等,从而使他们在接受学校教育过程中能够更好地发挥优势、获得优异成绩,并在职业获取、社会交往等非认知技能方面更胜一筹。”然而,这也警醒我们,因家庭社会资本不同导致的教育结果差异,应该成为推进教育公平进程中的关注点,给予弱势家庭的孩子更多政策支持与关怀。

[参考文献]

- [1] 安东尼·塞尔登,奥拉迪梅吉·阿比多耶(2019). 第四次教育革命:人工智能如何改变教育[M]. 吕晓志译. 北京:机械工业出版社.
- [2] 常卫国,谢娟(2010). 影响高一学生数学学习兴趣的调查[J]. 现代教育科学, (10):97-98.
- [3] 陈瑞丰,张学新(2019). “学堂”or“教堂”——用对分课堂破解从知识教育转向能力教育的困境[J]. 上海教育科研, (12): 59-64.
- [4] Fisher, P. H., Dobbs-Oates, J., Doctoroff, G. L., & Arnold, D. H. (2012). Early math interest and the development of math skills [J]. Journal of Educational Psychology, 104(3):673-681.
- [5] Ganzeboom, H. B. G., De Graaf, P. M., & Treiman, D. J. (1992). A standard international socio-economic index of occupational status [J]. Social Science Research, 21: 1-56.
- [6] 贺巍,盛群力(2011). 迈向新平衡学习——美国 21 世纪学习框架解析[J]. 远程教育杂志,29(6):79-87.
- [7] 康建朝(2019). 芬兰课外教育政策、特点与保障因素[A]. 苑立新. 中国儿童发展报告(2019)——儿童校外生活状况[C]. 北京:社会科学文献出版社.
- [8] Koeller, O., Baumert, J., & Schnabel, K. (2001). Does interest matter? the relationship between academic interest and achievement in mathematics [J]. Journal for Research in Mathematics Education, 32: 448-470.
- [9] Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations [J]. Learning and Instruction, 15(5): 381-395.
- [10] 彭正梅,邓莉(2017). 迈向教育改革的核心:培养作为 21

世纪技能核心的批判性思维技能[J]. 教育发展研究, 37(24): 57-63.

[11] 温忠麟, 叶宝娟 (2014). 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 22(5): 731-745.

[12] 肖凤秋 (2019). 儿童校外生活时间利用状况、特征及其与儿童发展的关系研究[A]. 苑立新. 中国儿童发展报告 (2019)——儿童校外生活状况[C]. 北京: 社会科学文献出版社.

[13] 徐金雷, 顾建军 (2017). 从 STEM 的变式透视技术教育价值取向的转变及回归[J]. 教育研究, 38(4): 78-85.

[14] 张义兵 (2012). 美国的“21 世纪技能”内涵解读——兼析对我国基础教育改革的启示[J]. 比较教育研究, 34(5): 86-90.

(编辑: 李学书)

Academic Performance, STEM Interest and 21st Century Skills: Based on the Mediation Effect Model Analysis

PU Xiaosong & KANG Jianchao

(Research Center for International & Comparative Education,
National Institute of Education Sciences, Beijing 100088, China)

Abstract: *In the context of the global education reform that emphasizes core literacy, developed countries have formulated policies and measures to promote the cultivation of STEM talents at the national strategic level. In this context, whether academic performance could improve 21st-century skills, and their intrinsic mechanism of action are topics of great concern. This paper selects junior and senior students as the research object and uses the mediation effect model to analyze the interaction between academic performance, STEM interests, and 21st-century skills. The study found that students' academic performance has a direct impact on improving their 21st-century skills, and the better their academic performance, the greater the effect, the stronger the STEM interest; STEM interest has an intermediary effect in terms of academic performance promoting the improvement of the 21st-century skills, which makes a virtuous circle between performance optimization, interest increase, and skill improvement. The more academically successful students are, the greater the mediating role of STEM interest in improving 21st-century skills. Therefore, stimulating students' STEM interests and teaching them how to learn are of positive significance for improving skills and developing ability.*

Key words: *academic performance; STEM interest; 21st-century skills; middle school students*