

洞察数字世界中的学习：计算问题解决与自我调节学习

——基于 PISA 2025 中国四省(市)数据的分析

李 刚 辛 涛

(北京师范大学 中国基础教育质量监测协同创新中心, 北京 100875)

【摘要】 数字技术正在重塑学生的学习方式,了解数字世界中的学习需同步关注学生的认知表现与学习过程。本研究基于 PISA 2025 中国四省(市)数据,分析学生的计算问题解决能力表现、自我调节学习相关特征及其与数字活动的关系,并与其他经济体样本进行比较。研究发现,我国四省(市)学生的计算问题解决能力表现突出;自我调节学习相关特征高于经济合作与发展组织国家的平均水平,其中问题解决乐趣和主动求助居前列。规划与策略调整、主动求助正向预测计算问题解决表现,学习毅力负向预测,其中规划与策略调整和学习毅力的预测方向与参与经济体相反。不同数字活动与学习结果的关联也存在明显差异:课外学习性信息技术应用和网络信息核查能正向预测能力表现与自我调节学习特征,学业 AI 使用主要与自我调节学习相关,社交媒体和数字娱乐活动与学习状况总体负向关联。据此,文章提出,数字教育应建立认知能力与学习过程并重的评价和育人取向,以递进性任务促进学生开展计算实践,加强培养数字学习中的自我调节能力,围绕学习目标提升数字活动质量。

【关键词】 数字学习;计算问题解决能力;自我调节学习;数字活动;PISA

【中图分类号】 G434

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2026)05-0051-09

一、问题提出

随着数字技术的迭代创新和日益普及,学生可以借助数字技术拓宽认识视野、搜集和分析资料、生成解决方案并形成学习成果,但需有效管理来保持学习的积极性、主动性和创造性。特别是在生成式人工智能日益介入学习的背景下,学生更需掌控并不断调整自己的学习,避免将关键思考过程简

单“外包”给技术(Bastani et al., 2025)。

因此,评价学生在数字世界中的学习(下称“数字学习”),不应止步于数字设备是否充足、学生能否熟练使用数字工具等,更应关注技术环境下真实发生的学习及其成效。其中,计算问题解决能力是学习成效的重要体现,能反映学生能否基于计算思维,运用计算工具分析并解决复杂问题(Weintrop et al., 2016; Shute et al., 2017)。已有综述

【收稿日期】2026-09-11

【修回日期】2026-09-14

【DOI编码】10.13966/j.cnki.kfjyyj.2026.05.006

【基金项目】 科技部“社会治理与智慧社会科技支撑”2021年度“揭榜挂帅”项目“大规模学生跨学段成长跟踪研究”(2021YFC3340800),北京高校哲学社会科学创新中心教育考试评价能力建设研究中心资助。

【作者简介】 李刚,博士,副教授,北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心,研究方向:教育评价(ligang@bnu.edu.cn);辛涛,博士,教授,北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心,研究方向:心理测量、认知诊断与自适应学习理论、教育评价等。

【引用信息】 李刚,辛涛(2026). 洞察数字世界中的学习:计算问题解决与自我调节学习——基于 PISA 2025 中国四省(市)数据的分析[J]. 开放教育研究,32(5): 51-59.

和元分析表明,自我调节学习与数字学习成效密切相关,为优化学习目标设定、过程监控和策略调整等学习过程提供支持,能有效改善学生的数字学习表现(Winters et al., 2008; Xu et al., 2023)。

然而,缺乏聚焦学生数字学习的综合性、大规模测评证据,不利于呈现数字学习的整体图景。已有研究较多关注数字设备的可及性、使用频率和学生使用技术的态度(OECD, 2015),相关能力测评主要关注学生已形成的信息技术素养、编程能力等(Siddiq et al., 2016; Tang et al., 2020)。相较而言,较少有研究或测评考察学生在开放、交互的数字环境中运用计算思维和计算工具解决问题的表现,且少有研究尝试将自我调节学习过程纳入测评框架。

数字活动(digital activities)指借助数字设备、数字平台或人工智能开展学习、获取信息和生产内容,涉及完成学习任务、搜索信息与浏览网页、使用社交媒体、观看视频、玩游戏、在线交流等(OECD, 2025)。它是学生数字经验的重要组成部分,判断其价值也是理解数字学习不可回避的节点。经过适切设计的数字学习活动可能有助于拓展学习资源并促进学习,但仅增加设备投入或使用时长并不必然改善学习,过度、低质量或非学习导向的数字活动可能造成注意分散、浅层加工和技术依赖(OECD, 2015; Forsström et al., 2025)。相关研究表明,数字活动的作用会因活动目的类型、频率强度、具体情境等因素而存在差异(Lei, 2010; Tamim et al., 2011; Forsström et al., 2025)。然而,已有研究通常将学生的阅读、数学、科学等学科表现作为评价数字活动作用的结果变量,缺乏对数字活动与学生在数字环境中的问题解决表现和自我调节学习关系的充分探究。

PISA 2025 将“数字世界中的学习”(learning in the digital world)列为创新领域,并开展大规模测试,我国北京、上海、江苏和浙江四省(市)[下称“中国四省(市)”]参加了测评。该测评不仅评价学生的计算问题解决能力,还通过问卷调查学生自我调节学习特征和参与不同数字活动的情况,有助于整体了解学生的数字学习情况。

本文基于 PISA 2025 数据试图回答我国四省(市)15 岁学生的数字学习水平,具体包括:一是在

国际标尺下,我国四省(市)学生的计算问题解决能力和自我调节学习现状如何?二是自我调节学习特征与计算问题解决能力存在怎样的关系?这种关系与其他的样本之间有何异同?三是不同类型的数字活动与学生的计算问题解决能力及自我调节学习特征存在怎样的关联?

二、测评框架与研究设计

全球 91 个经济体参与了 PISA 2025 测评,其中 6 个经济体因采用纸笔考试等未能参加“数字世界中的学习”的测评。我国四省(市)374 所中学(包括中职学校)的 12385 名 15 岁学生参加了测评,经加权后可代表四省(市)约 143.36 万名 15 岁在校生。

(一)测评框架

PISA 2025 以社会建构主义学习观为基础,将“数字世界中的学习”理解为学习者借助数字技术开展知识建构和问题解决的过程(OECD, 2026)。具体而言,“数字世界中的学习”包括计算问题解决实践和自我调节学习两个部分。计算问题解决指学生将问题转化为适合计算处理的形式,通过开展实验、分析数据以及构建和调试计算制品(computational artefacts)深化对问题的理解并形成解决方案。需说明的是,这里的“计算”并非指通常意义上的数学计算,它不仅指计算机的运用,还包括运用模型、算法、程序和模拟等计算表征,将问题转化为适合计算机处理和执行的形式。自我调节学习强调学生主动管理学习过程,包括监控进展并调整策略、维持动机和投入及评价自身表现。

测评依托认知测验和问卷调查。测验主要包括建模和编程两类。建模要求学生运用概念图、流程图或模拟工具,将系统中的变量及其关系表征为可执行模型,并通过运行模型、生成和分析数据来理解系统及作出预测;编程要求学生运用模块化编程工具,将问题解决步骤转化为可执行算法,并通过运行、检验和调试不断完善程序(OECD, 2026)。测验依托交互式数字环境,按照“引入与展示—学习—第一次反思—应用—第二次反思”的流程展开。作答者可在测验过程中阅读教程与示例,获取反馈,在接近真实的情境中学习并解决

问题。问卷涉及自我调节学习的诸多方面,本研究主要关注问卷对学生自我调节学习一般特征和学生参与数字活动的调查。此外,经济合作与发展组织后续还会根据学生在测验过程中对反馈的应用、求助行为等过程性数据,呈现微观自我调节学习过程。

(二)变量及测量

变量一:计算问题解决能力表现。本研究使用学生的计算问题解决总成绩及建模、编程两个分维度的成绩反映学生计算问题解决能力。每项成绩用 10 个似真值(plausible values)表示。数据分析分别使用每个似真值计算均值等统计量,再汇总 10 次估计结果,得到最终的估计值及其标准误。

变量二:自我调节学习特征。结合测评框架和问卷内容,本文选取问题解决乐趣、学习毅力、规划与策略调整、主动求助作为自我调节学习特征的指标。问题解决乐趣和学习毅力反映学生是否愿意持续投入,相关题项涉及学生是否喜欢思考复杂问题并寻找解决方案,面对学习任务困难或内容枯燥时能否继续努力等。规划与策略调整和主动求助反映学生如何自主推进学习:前者涉及制定学习计划、检查理解程度、发现知识缺口并在原有方法无效时调整策略,后者涉及学生尝试后,能否根据需向教师或同伴寻求提示和解释。四项指标均由李克特式题项构成,并基于项目反应理论形成合成分数。我国四省(市)样本中,问题解决乐趣、学习毅力、规划与策略调整、主动求助的 Cronbach α 系数分别为 0.846、0.780、0.879 和 0.803。

变量三:数字活动。本文关注以下两类数字活动:1)学习中的数字活动,包括课外学习性信息技术的应用(如“为完成作业浏览互联网”),基于信息技术的反馈支持(如“阅读或收听教师对作业或学业成绩的反馈”“使用教育软件或应用程序操练和巩固练习”)和学业 AI 使用(如“使用人工智能聊天机器人概括需要阅读的文本”)。三项活动的合成值分别反映学生课外使用数字技术完成学习任务、获得反馈和开展练习,以及使用人工智能辅助学习的频率, Cronbach α 系数依次为 0.900、0.871 和 0.879。2)日常生活的数字活动,包括社交媒体活动、数字娱乐活动、实用创作数字活动和网络信息核查。前三项根据学生开展该类活动的时

长构建,分别涵盖社交沟通与分享、游戏及娱乐性网络浏览,以及实用信息检索、教程学习和数字内容创作等。网络信息核查使用 PISA 测试提供的合成值,反映学生比较信息来源、核验信息准确性和纠正错误信息的倾向, Cronbach α 系数为 0.881。

本研究还涉及以下控制变量:性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)与年级。家庭经济社会文化地位综合反映父母职业地位、受教育程度和家庭财力等信息。为了便于比较,R1—R3 模型采用相对年级,即学生实际所在年级与所在经济体 15 岁学生众数年级之差。数字活动模型还控制校内外信息技术可获得性和接入质量等数字化条件,它们的 Cronbach α 系数分别为 0.974、0.927 和 0.931。

(三)数据分析

本研究利用 R 软件进行数据处理和统计分析。具体步骤包括:先描述统计学生的计算问题解决能力表现和自我调节学习特征,并分析不同性别和学段学生的差异;然后建立 R1—R3 三个多元线性回归模型,探究自我调节学习特征与计算问题解决能力表现之间的关系,R1 和 R2 采用中国四省(市)样本,R3 采用剔除中国四省(市)后的 76 个经济体样本;最后分别以学生的计算问题解决能力表现和自我调节学习特征为因变量,以数字活动为解释变量,构建 D1—D5 五个多元线性回归模型。

鉴于 PISA 采用两阶段分层抽样,本研究采用 PISA 提供的学生抽样权重进行加权分析。参照模型 R3 在经济体内部对权重进行等比例调整,使各经济体的权重总量相同,以避免学生规模大的经济体主导模型估计;采用 PISA 测试提供的 80 组复制权重,基于 Fay 修正的平衡重复复制法(balanced repeated replication, BRR; Fay 系数为 0.5)估计标准误(OECD, 2009)。

三、研究发现

(一)计算问题解决能力表现

1. 计算问题解决能力表现突出,建模强于编程
中国四省(市)学生计算问题解决能力平均分为 560.3,在 85 个经济体中排第三;在能力水平方面,2 级及以上的学生占 95.7%,5 级及以上的学生占 48.4%,分别居第二位和第三位(见表 1)。

表 1 PISA2025 计算问题解决能力排名前十经济体

经济体	总体平均分	水平分布(%)		分维度平均分	
		水平 2 及以上	水平 5 及以上	建模	编程
中国澳门	571.9	97.6	53.6	569.5	576.0
新加坡	563.5	92.4	51.8	565.2	561.0
中国四省(市)	560.3	95.7	48.4	578.2	545.6
日本	557.3	91.0	48.0	557.7	556.0
中国台湾	550.9	89.8	46.2	548.2	552.5
中国香港	545.5	88.0	42.9	540.5	549.9
爱沙尼亚	540.7	91.2	38.7	547.6	534.0
韩国	537.7	86.6	41.5	525.3	546.8
澳大利亚	531.8	86.4	37.9	525.9	535.9
新西兰	530.9	86.4	35.8	527.0	532.7

从分维度看,我国四省(市)学生的建模平均得分为 578.2,编程平均得分为 545.6,分别居第一位和第七位,在运用模型表示和分析问题方面具有优势;编程表现同样居全球前列,但优势不及建模突出。

2. 男生和高中生的计算问题解决能力表现相较更优

男生的计算问题解决能力平均得分为 571.1,女生为 548.6,相差 22.5 分($t=13.18, p<0.001$)。54.7% 的男生达 5 级及以上,女生为 41.5%,相差 13.2% ($t=10.00, p<0.001$)。高中生计算问题解决能力平均得分为 572.4,初中生为 544.8,相差 27.6 分($t=9.16, p<0.001$);两类学生达 5 级及以上的比例为 54.6% 和 40.4%,相差 14.2% ($t=7.89, p<0.001$)。

(二)自我调节学习特征

1. 学生乐于探索、善于求助,但管理学习过程相对不足

我国四省(市)学生的问题解决乐趣、学习毅力、规划与策略调整、主动求助等的分值分别为 0.471、0.101、0.092 和 0.306,高于经济合作与发展组织国家的平均水平,分别居第 3 位、第 25 位、第 52 位和第 8 位。

从相对位置看,我国四省(市)学生具有较强的问题解决动力,在持续投入和克服困难方面有一定优势,但排名低于问题解决乐趣;学生能在识别自身知识或策略缺口后积极获取支持,但在学习过程中设定目标、监控过程和及时调整的能力较弱。

从群体看,男生在问题解决乐趣、学习毅力上的得分比女生分别高 0.219 和 0.188($p<0.001$),在规划与策略调整、主动求助上不存在显著差异。这表明,数字世界的自我调节学习需重点关注男女生面对复杂问题时的积极体验和持续投入方面的差异。高中生的问题解决乐趣和学习毅力比初中生分别低 0.100 和 0.122($p=0.001$)。此外,高中生的规划与策略调整得分也比初中生低 0.087($p=0.026$),但主动求助不存在显著差异。总体来看,高中生在自我调节学习的部分维度上的表现显著弱于初中生。

2. 计算问题解决需要“会调整、会求助”,而非单纯坚持

模型 R1—R3 显示,学生的性别、家庭经济社会文化地位和相对年级是计算问题解决能力稳定的预测变量,且在中国四省(市)和国际模型中呈相同趋势(见表 2)。

R2 显示,在四项自我调节学习特征中,主动求助得分可正向预测计算问题解决能力,该指标每提高 1 个单位,计算问题解决能力的平均得分提高 8.47($B=8.47, p<0.001$),规划与策略调整也与计算问题解决能力显著正相关($B=3.51, p=0.011$)。学习

表 2 自我调节学习特征与计算问题解决能力的关系

变量	R1 (中国)	R2 (中国)	R3 (其他经济体)
性别(女生=1)	-24.72*** (1.82)	-25.02*** (1.83)	-16.95*** (0.37)
家庭经济社 会文化地位(ESCS)	20.85*** (1.31)	19.36*** (1.26)	21.18*** (0.24)
相对年级	23.02*** (2.33)	23.27*** (2.24)	21.69*** (0.48)
问题解决乐趣	—	2.04 (1.49)	6.61*** (0.20)
学习毅力	—	-6.23*** (1.35)	7.75*** (0.19)
规划与策略调整	—	3.51* (1.38)	-3.31*** (0.22)
主动求助	—	8.47*** (1.14)	2.47*** (0.19)
样本量	12268	12268	462962
R ²	0.139	0.155	0.096

注: R3 模型控制了经济体的固定效应;表中报告了回归系数 B,括号内为标准误;* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ 。

毅力与计算问题解决能力显著负相关, 其值每提高 1 个单位, 计算问题解决能力降低 6.23 分 ($B=-6.23, p<0.001$), 但本研究未发现问题解决乐趣与计算问题解决能力显著相关 ($B=2.04, p=0.171$)。

模型 R3 反映了不同的关联格局。学生问题解决乐趣、毅力和主动求助均与计算问题解决能力显著正相关, 规划与策略调整与计算问题解决能力呈显著负向关联 ($B=-3.31, p<0.001$)。与其他经济体样本相比, 我国四省(市)学生的计算问题解决表现与过程调节特征联系更紧密, 但动机性特征没有呈现相同的正向关联。在不同文化和任务情境中, 自我调节学习特征与计算问题解决能力的关系可能是复杂的。

在控制性别、家庭经济社会文化地位和相对年级后, 单独纳入学习毅力变量, 本研究发现其与计算问题解决能力的关系不显著 ($B=0.22, p=0.832$)。这说明, R2 中学习毅力与计算问题解决能力的负相关意味着在问题解决乐趣、规划与策略调整、主动求助及基本背景相近的学生中, 学习毅力得分较高学生的计算问题解决能力相对较低, 但这并不意味着学习毅力本身会导致成绩下降。现实中, 这一结果反映部分学生可能因任务难度或能力不足而需投入更多的努力。这也在一定程度上提示, 如果学生持续沿用无效策略, 而不及时监控进展、调整方案或寻求适当帮助, 再多的努力未必能转化为更好的认知表现。

(三) 数字活动与学生数字学习的关系

首先, 数字活动与学生计算问题解决能力的关系呈显著差异(见表 3)。课外学习性信息技术应用与计算问题解决能力显著正相关, 该指标每提高 1 个单位, 学生成绩平均提高 5.05 分 ($B=5.05, p<0.001$); 网络信息核查同样正向预测计算问题解决能力, 学生越注意收集和核对信息并批判性使用, 其计算问题解决能力越高 ($B=3.11, p=0.002$)。相比之下, 基于信息技术的反馈支持、社交媒体活动、数字娱乐活动和实用创作数字活动负向预测计算问题解决能力, 即参与这些活动频率高的学生, 其计算问题解决成绩相对较低。学业 AI 使用的回归系数接近于零, 未发现其与计算问题解决能力显著相关 ($B=-0.30, p=0.752$)。这些发现提示, 有明确学

表 3 数字活动和学生计算问题解决能力及自我调节学习特征的关系

变量	D1: 计算问题解决能力	D2: 问题解决乐趣	D3: 学习毅力	D4: 规划与策略调整	D5: 主动求助
控制变量					
性别(1=女, 0=男)	-25.76*** (1.84)	-0.251*** (0.020)	-0.211*** (0.020)	-0.075*** (0.018)	-0.081*** (0.020)
家庭经济社会文化地位	18.61*** (1.19)	0.060*** (0.010)	0.033*** (0.009)	0.075*** (0.011)	0.068*** (0.010)
学段(1=高中, 0=初中)	23.10*** (2.27)	-0.062** (0.021)	-0.075*** (0.021)	-0.045* (0.022)	0.018 (0.024)
数字化条件					
校内信息技术可获得性	-9.24*** (0.87)	-0.008 (0.009)	-0.020* (0.009)	-0.008 (0.010)	-0.042*** (0.009)
校外信息技术可获得性	1.20 (0.83)	-0.007 (0.010)	0.018* (0.009)	0.007 (0.010)	0.003 (0.011)
信息技术接入质量	-0.72 (1.10)	0.073*** (0.011)	0.114*** (0.012)	0.094*** (0.012)	0.107*** (0.012)
数字活动					
课外学习性信息技术应用	5.05*** (1.28)	0.055*** (0.012)	0.032* (0.014)	0.108*** (0.014)	0.075*** (0.014)
基于信息技术的反馈支持	-7.87*** (1.01)	0.033** (0.012)	0.064*** (0.011)	0.070*** (0.013)	0.010 (0.013)
学业 AI 使用	-0.30 (0.95)	0.073*** (0.012)	0.045*** (0.011)	0.126*** (0.012)	0.050*** (0.013)
社交媒体活动	-7.72*** (1.70)	-0.108*** (0.019)	-0.045* (0.022)	-0.072*** (0.021)	-0.045* (0.022)
数字娱乐活动	-4.09* (1.87)	-0.021 (0.017)	-0.039* (0.020)	-0.135*** (0.020)	-0.095*** (0.020)
实用创作数字活动	-6.52*** (1.09)	0.095*** (0.015)	0.070*** (0.013)	0.106*** (0.015)	0.031 (0.016)
网络信息核查	3.11** (1.00)	0.304*** (0.013)	0.257*** (0.014)	0.250*** (0.015)	0.257*** (0.014)
常数项	561.94*** (1.97)	0.629*** (0.020)	0.250*** (0.021)	0.161*** (0.020)	0.342*** (0.020)
样本量	11778	11758	11764	11761	11757
R ²	0.218	0.275	0.236	0.326	0.196

注: 表中报告了回归系数 B , 括号内为标准误; * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ 。

习导向的数字活动更可能提升学生的计算问题解决能力, 娱乐性数字活动对计算问题解决能力可能存在负面作用。

其次, 网络信息核查与四项自我调节学习特征

呈显著正相关,且回归系数较大。前者每提高1个单位,学生的问题解决乐趣、毅力、规划与策略调整及主动求助指数分别提高0.304、0.257、0.250和0.257($p<0.001$)。这表明,能够运用数字工具搜索、判断和处理信息的学生,不仅更愿意投入复杂问题解决,也更倾向于持续努力、调整学习过程并主动调用外部支持。

课外学习性信息技术应用也与四项自我调节学习特征显著正相关($B=0.055, p<0.001$; $B=0.032, p=0.019$; $B=0.108, p<0.001$; $B=0.075, p<0.001$)。学业AI使用与四项学习特征均显著正向关联(均为 $p<0.001$),与规划与策略调整的回归系数最大($B=0.126, p<0.001$)。这表明,AI使用经验更多地与学生的学习投入和调节过程相关,但认知成绩上未表现出同步优势。

基于信息技术的反馈支持同问题解决乐趣($B=0.033, p=0.009$)、毅力($B=0.064, p<0.001$)及规划与策略调整($B=0.070, p<0.001$)呈显著正相关,但与主动求助的关系不显著($B=0.010, p=0.454$)。实用创作数字活动与问题解决乐趣、毅力和规划与策略调整的回归系数分别为0.095、0.070和0.106($p<0.001$),但与主动求助的条件关联未达显著水平($B=0.031, p=0.058$)。与此同时,基于信息技术的反馈支持($B=-7.87, p<0.001$)和实用创作数字活动($B=-6.52, p<0.001$)与计算问题解决成绩负向关联。这表明,部分数字活动可能与学生积极的学习体验和调节倾向相关,但这种联系不必然表现为更高的计算问题解决能力。

社交媒体活动、数字娱乐活动与计算问题解决能力、自我调节学习整体负相关。社交媒体活动每提高1个单位,学生计算问题解决成绩降低7.72分($p<0.001$),问题解决乐趣、毅力、规划与策略调整和主动求助指数分别降低0.108($p<0.001$)、0.045($p=0.040$)、0.072($p=0.001$)和0.045($p=0.036$)。数字娱乐活动与计算问题解决成绩($B=-4.09, p=0.029$)、毅力($B=-0.039, p=0.044$)、规划与策略调整($B=-0.135, p<0.001$)及主动求助($B=-0.095, p<0.001$)均显著负向关联,但其与问题解决乐趣的条件关联不显著($B=-0.021, p=0.218$)。

在数字化条件方面,数字设备的可获得性并未

稳定关联更好的学习结果,而接入质量更多地与积极的学习品质相联系。

四、结论、讨论与建议

(一)建立认知能力与学习过程并重的数字学习观

我国学生数字世界学习的优势与不足说明,数字学习是认知能力、自我调节学习与活动情境共同作用的过程,仅凭计算问题解决成绩、自我调节学习的某一维度或数字条件投入,不足以预测数字学习成效。高中生的计算问题解决表现高于初中生,但其问题解决乐趣、学习毅力和规划与策略调整较低,表明认知表现与学习过程并不必然同步。因此,评价和推进数字教育,需将认知能力与学习过程置于同等地位认识。

首先,评价和推进数字教育要跳出将使用数字工具的能力简单等同于数字世界的学习能力的认知局限。数字技术的确正在不断改变学习方式,但数字世界中的学习仍应以学习者的知识建构和能力发展为中心。正如梅耶(Mayer, 2002)所指出的,教育技术研究需回答的不是如何使用新技术传递信息,而是如何运用技术支持和促进人的学习。其次,数字教育应关注数字环境对认知能力发展提出的新要求。本文以计算问题解决能力为重点,并不意味着将其视为数字世界学习的全部认知结果。阅读、数学和科学等学科素养在数字环境中也呈现出新的内涵。例如,数字阅读素养要求学生在多来源、非线性的信息环境中检索和整合信息,反思文本内容并判断来源的可信度(李刚等, 2020)。此外,信息与数据素养、计算思维及对算法和人工智能生成内容的批判性思维等跨学科能力,也日益成为数字世界所需的重要能力。最后,数字教育要更加重视学生在数字环境中的学习过程。除自我调节学习外,教师应关注学生的知识建构、探究实践、协作互动等,归根结底就是要关注学生数字学习过程的积极性、主动性和创造性。

(二)以递进式问题链提升计算问题解决能力

我国学生的计算问题解决能力处全球前列,其中建模列第一、编程列第七。进一步的分析表明,计算问题解决能力与阅读、数学和科学素养呈显

著正相关, 相关系数分别为 0.707、0.808 和 0.809($p < 0.001$)。这表明, 计算问题解决与信息理解、数量关系分析和科学证据推理等有共同基础。因此, 我国学生的突出表现可能不仅来自信息科技学习, 也受益于较扎实的学科素养基础。

这提示我们, 培养计算问题解决能力不必完全依赖单独开设相应课程或配置复杂的技术环境。有研究(Weintrop et al., 2016)主张, 将数据处理、建模与模拟、算法设计等计算能力融入数学和科学学习。小学人工智能素养教学可通过数字故事写作、跨学科和探究式任务展开, 而不必局限于编程和算法训练(Ng et al., 2022)。

培养学生的计算问题解决能力, 关键是基于数字世界学习的本质, 形成递进性任务链, 这与当前倡导的真实问题、任务递进和脚手架支持原理相通(Merrill, 2002; Reiser, 2004)。学校可在数学、科学、信息科技和综合实践课程中, 以真实问题为主线, 将理解情境、识别变量、搜集和分析数据、构建模型、表达算法、运行检验、寻求帮助、调试改进和解释结果形成层层递进的任务链。如果条件允许, 教师可进一步要求学生依托网络甚至人工智能检索相关资源和寻求外部帮助, 还可以参考 PISA 数字世界的学习任务设计逻辑, 搭建集聚展示示范案例和各类资源、操作、反思等功能的学习平台。

针对学生编程方面的相对优势不及建模的情况, 教师可增加算法表达、程序编排等任务和指导, 从流程图、纸笔算法和模块化编程等低门槛任务入手, 逐步增加编程任务的开放性和技术复杂度。针对女生计算问题解决能力偏弱的状况, 教师可通过任务情境多样化和小组角色轮换等策略调动女生参与, 避免其被边缘化。

(三) 加强数字学习的自我调节能力

我国学生的四项自我调节学习特征表现并不均衡。回归结果显示, 规划与策略调整、主动求助与较高的计算问题解决表现相关; 与其他经济体样本相比, 主动求助的正向回归系数更大, 规划与策略调整则由负向关联转为正向关联。这说明, 教师在关注学习兴趣和投入程度的同时, 应引导学生监控学习进展、判断策略有效性, 并在需要时主动寻

求外部支持。

群体比较显示, 性别差异主要集中在问题解决乐趣和学习毅力。性别差异可能与学生以往参与复杂数字任务的经验、兴趣和自我效能有关, 不能简单归结为能力差异; 学段差异可能意味着, 随着学习任务难度和学业压力增加, 学生的学习兴趣 and 调节能力未能同步发展。上述解释还需结合课堂教学和学生学习经历加以检验。但这一结果提示, 自我调节学习能力的培养既要关注不同学生的参与机会, 也要重视初高中阶段的连续性。学习毅力固然重要但并不意味着持续投入不重要。自我调节理论强调, 努力需要与目标监控、策略判断和反思调整相配合(Panadero, 2017; Zimmerman, 2002)。教育真正需要培养的是“有效坚持”: 策略有效时保持投入, 进展受阻时判断困难所在并及时调整, 不能独立解决问题时能寻求有助于继续学习的提示(Newman, 2002)。

自我调节学习不能仅依靠学生在任务中自行完成, 教师应在日常教学中进行明确指导。国内“单元学历案”通过学习目标、评价任务、学习过程和学后反思, 使学生的学习路径和进展可见(崔允漷, 2022)。英国教育捐赠基金会(Education Endowment Foundation, 2025)提出了激活先前知识、明确教授学习策略、示范所学策略、检查学生对策略的理解、开展指导性练习、开展独立练习、进行结构化反思的“七步教学法”。这些都可作为策略培养的具体路径。

学校可将上述做法融入学习任务之中。任务开始前, 教师应明确学习目标和成功标准, 要求学生分解步骤并选择工具; 在任务进程中设置检查点, 引导学生记录进展、反馈和策略调整的证据; 遇到困难时, 鼓励学生先行尝试, 明确具体困难并寻求帮助, 利用反馈持续推进; 任务结束后, 对照目标评价标准, 总结有效策略和改进方向。教师可通过教学增强女生参与复杂任务的成功体验, 提高其问题解决乐趣和学习毅力; 高中阶段可设置长周期、开放性的数字项目, 同时配套分布式目标、阶段性交流, 逐步提高学生独立调节学习的能力。

(四) 围绕学习目标提升数字活动质量

研究发现, 课外学习性信息技术应用、网络信

息核查与计算问题解决表现、较积极的自我调节学习特征关联较高; AI 辅助学生学习主要与自我调节学习相关, 未显示出提升认知表现的优势; 基于信息技术的反馈支持、实用创作数字活动与学习过程和认知表现的关联方向不一致, 社交媒体和数字娱乐使用呈负向关联。这说明, 数字活动不能只看使用频率, 更要考察其服务何种学习目标、以何种方式开展。

既有研究表明, 增加数字活动并不自动带来学习收益(Lei, 2010; OECD, 2015; Tamim et al., 2011)。比如, 融入目标设定、策略提示的 AI 活动可能支持学生的自我调节学习(Ng et al., 2024), 但缺少必要引导的生成式人工智能也可能不利于学生在撤除工具后的独立作答, 而具有推理提示和答案约束的辅导方式则能够降低这一风险(Bastani et al., 2025)。

学校应围绕学习目标统筹数字活动。教师可设计资料检索、来源比较、证据核验等活动, 发挥其对学生问题解决、批判性思维及自我调节学习的积极作用。开展数字创作和人工智能辅助学习时, 教师应要求学生说明工具的具体用途, 以及对生成内容进行判断、取舍和修改的依据, 并在提供必要支持后安排脱离工具的独立练习或迁移任务, 检验学生能力是否真正得到提升。对于社交媒体和数字娱乐使用, 学校可通过媒介素养教育、学习时间规划和家校协同, 引导学生区分学习与娱乐情境, 合理管理使用时长和注意力分配, 逐步形成有目的、有节制的数字使用习惯。

[参考文献]

- [1] Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., et al.(2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(26): e242263122.
- [2] 崔允灏(2022). 指向核心素养的单元学历案何以可能 [N]. 中国教育报, 2022-12-01(07).
- [3] Education Endowment Foundation(2025). The seven-step model: practitioner tool[EB/OL] (2026-01-13)[2026-09-08]. London: Education Endowment Foundation, https://d2tic4wvo1iusb.cloudfront.net/production/eef-guidance-reports/metacognition/metacognition-seven-step-model_practitioner-tool_v.2.0.0.pdf.
- [4] Forsström, S., Njå, M., Munthe, E., et al. (2025). The impact of digital technologies on students' learning: Results from a literature review[R]. OECD Education Working Papers, No. 335. Paris: OECD Publishing, 2025.
- [5] Lei, J.(2010). Quantity versus quality: A new approach to examine the relationship between technology use and student outcomes[J]. *British Journal of Educational Technology*, 41(3): 455-472.
- [6] 李刚, 辛涛(2020). 数字化阅读素养: 内涵、测评与培育——基于 PISA 2018 的新探索 [J]. *教育科学研究*, (3): 34-38.
- [7] Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning*[M]/Ross, B. H., ed. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*: Vol. 41. San Diego: Academic Press, 2002: 85-139.
- [8] Merrill, M. D.(2002). *First principles of instruction*[J]. *Educational Technology Research and Development*, 50(3): 43-59.
- [9] Newman, R. S. (2002). How self-regulated learners cope with academic difficulty: The role of adaptive help seeking[J]. *Theory Into Practice*, 2002, 41(2): 132-138.
- [10] Ng, D. T. K., Luo, W., Chan, H. M. Y., et al. (2022). Using digital story writing as a pedagogy to develop AI literacy among primary students[J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, (3) : 100054.
- [11] Ng, D. T. K., Tan, C. W., Leung, J. K. L.(2024). Empowering student self-regulated learning and science education through ChatGPT: A pioneering pilot study[J]. *British Journal of Educational Technology*, 55(4): 1328-1353.
- [12] OECD(2025). *How's life for children in the digital age?*[R]. Paris: OECD Publishing: 34.
- [13] OECD(2026). *PISA 2025 assessment and analytical framework*[M]. Paris: OECD Publishing: 104.
- [14] OECD(2009). *PISA data analysis manual: SPSS second edition*[M]. Paris: OECD Publishing: 72-74.
- [15] OECD(2015). *Students, computers and learning: Making the connection*[M]. Paris: OECD Publishing: 146.
- [16] Panadero, E.(2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research[J]. *Frontiers in Psychology*, (8): 422.
- [17] Reiser, B. J.(2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work[J]. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3): 273-304.
- [18] Shute, V. J., Sun, C., Asbell-Clarke, J.(2017). Demystifying computational thinking[J]. *Educational Research Review*, (22): 142-158.
- [19] Siddiq, F., Hatlevik, O. E., Olsen, R. V., et al.(2016). Taking a future perspective by learning from the past: A systematic review of assessment instruments that aim to measure primary and secondary school students' ICT literacy[J]. *Educational Research Review*, (19): 58-84.
- [20] Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., et al.(2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study[J]. *Review of Educational Research*, 81(1): 4-28.
- [21] Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., et al.(2020). Assessing computa-

tional thinking: A systematic review of empirical studies[J]. Computers & Education, 148: 103798.

[22] Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., et al.(2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms[J]. Journal of Science Education and Technology, 25(1): 127-147.

[23] Winters, F. I., Greene, J. A., Costich, C. M.(2008). Self-regulation of learning within computer-based learning environments: A critical analysis[J]. Educational Psychology Review, 20(4): 429-444.

[24] Xu, Z., Zhao, Y., Zhang, B., et al.(2023). A meta-analysis of the efficacy of self-regulated learning interventions on academic achievement in online and blended environments in K-12 and higher education[J]. Behaviour & Information Technology, 42(16): 2911-2931.

[25] Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview[J]. Theory Into Practice, 41(2): 64-70.

(编辑: 李学书)

How Do 15-Year-Old Students in the Four Provinces of China Learn in the Digital World? Evidence from PISA 2025 on Computational Problem Solving and Self-Regulated Learning

LI Gang & XIN Tao

(Collaborative Innovation Centre of Assessment for Basic Education Quality,
Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Digital technologies are reshaping how students learn, and understanding learning in the digital world requires simultaneous attention to students' cognitive performance and learning processes. Drawing on PISA 2025 data from Beijing, Shanghai, Jiangsu, and Zhejiang, this study employs weighted descriptive statistics, group-difference tests, and multiple linear regression to examine students' computational problem-solving performance, characteristics of self-regulated learning, and their associations with digital activities, with comparisons made against an international reference sample. The results show that students in the four regions performed more strongly in computational modeling than in programming. All four characteristics of self-regulated learning were above the OECD average, although their relative international positions varied. Enjoyment of problem solving and proactive help-seeking ranked comparatively high, whereas planning and strategy adjustment ranked lower. After controlling for student background characteristics, planning and strategy adjustment and proactive help-seeking were positively associated with computational problem-solving performance, whereas perseverance was negatively associated with performance. Moreover, the pattern of associations across the four characteristics differed from that observed in the international reference model. Digital activities also exhibited distinct associations with learning outcomes. Out-of-school learning. AI use at school was primarily associated with self-regulated learning characteristics. In contrast, social media use and digital entertainment were generally negatively associated with students' learning outcomes. These findings suggest that digital education should adopt assessment and educational approaches that give equal weight to cognitive competence and learning processes, promote students' engagement in computational practices through progressively sequenced tasks, strengthen self-regulation in digital learning, and improve the quality of digital activities by aligning them with learning goals.

Key words: learning in the digital world; computational problem solving; self-regulated learning; digital activities; PISA