

减负提质背景下中小学生学习品质测评探索

王光明, 康玥媛, 吴立宝, 李健, 张永健, 王立东

摘要: 减负提质的核心在于提升学习效率。对影响数学学习效率的学习品质要素进行测评与调控, 有助于从根本上推动减负提质目标的实现。为此, 研究团队历经十余年探索, 确立了包括数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略及数学素养在内的数学学习品质要素; 研发了12套涵盖小学、初中和高中全学段的数学学习品质测评工具; 研制了9套反映天津市中小学生学习品质要素的常模; 开发了6套中小学生学习品质智能测评与施策系统。实践结果表明, 中小学生学习品质智能测评系统能够高效诊断学生的数学学习品质状况, 可为大规模因材施教提供精准施策依据, 具有较强的应用价值与推广前景。

关键词: 减负提质; 中小学生学习品质; 智能测评

减负提质是深化教育教学改革、构建高质量教育体系的重要任务。在这一时代要求下, 如何通过科学测评有效提升学习效率, 成为基础教育面临的共同课题。数学作为一门基础性、逻辑性、应用性突出的学科, 其教与学的效率问题尤为关键。2012年, 研究团队以高中生高效学习的心理特征研究为基点, 开始探索影响数学学习效率的核心学习品质要素, 由此拉开了基于数学学习品质测评提升数学学习效率的实践探索序幕。本文旨在系统梳理十余年间, 研究团队从理论建构、工具研发到智能系统创建、大规模应用的探索历程, 总结在“减负提质”目标导向下, 以测评驱动数学教育高质量发展的路径与成果, 为破解学业负担难题、推进素养导向的数学教育

提供实证依据与参考方案。

一、减负提质背景下开展数学学习品质测评的现实审思

数学学习品质是决定学生数学学习过程效能与结果质量的关键, 对其进行科学测评与精准干预是破解数学教育负担难题、提升教学质量的重要突破口。因此, 在减负提质的新时代教育发展要求下, 有必要对数学学习品质测评的必要性、可行路径及现存短板进行系统审视。

(一) 落实减负提质决策部署是数学教育领域的迫切要求

党和国家对基础教育阶段的减负提质工作给予了高度重视, 明确提出要减轻学生课业负担、

成果信息: 2022年基础教育国家级教学成果奖一等奖(J-1-2022010)。

作者简介: 王光明, 天津市教育科学研究院副院长、教授(天津 300191); 康玥媛, 天津师范大学教育学部副教授(天津 300084); 吴立宝, 人民教育出版社小学数学编辑室主任、教授(北京 100081); 李健, 人民教育出版社中学数学编辑室副编审(北京 100081); 张永健, 天津师范大学教育学部讲师(天津 300084); 王立东, 北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心讲师(北京 100875)。

提升教育教学质量。1993年,国家教委发布《关于减轻义务教育阶段学生过重课业负担、全面提高教育质量的指示》,对减负提质作出了具体部署。2010年,中共中央政治局会议审议并通过了《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》,指出要减轻中小学生课业负担,增强课堂教学效果。2021年,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》再次强调,要提升课堂教学质量,提升学生在校学习效率。在我国,数学被普遍视为学业负担较重的学科。^[1]2009年,上海市参加了国际学生评估项目(PISA),尽管学生在数学测试中取得了优异成绩,但也反映出我国学生在数学学习上存在课业负担较重、学习效率不高等问题。这一现实进一步表明,数学教育领域亟须采取切实举措,贯彻落实党和国家关于减负提质的决策部署。落实党和国家关于教育减负提质的要求,关键在于提高学习效率。而精准提高学习效率的前提是明确影响学习效率的因素。2005年,达克沃斯(Duckworth)提出了“坚毅”教育理论,认为坚毅等品质要素影响着学生的学习成效。^[2]这一观点启发了学界从学习品质视角探索提高学习效率、减轻学业负担的可行路径。

(二)开展数学学习品质测评是落实减负提质要求的新路径

数学实力往往关乎国家实力,世界强国必然是数学强国。^[3]提升全民数学学习品质、培养大批数学人才,已成为增强国家核心竞争力的重要战略举措。提高学生数学学习品质,离不开科学有效的测评,而测评的关键在于工具研发。开展专业化数学测评,并依据测评结果持续改进教学,对推动数学教育高质量发展具有重要意义。目前,国际上已形成若干具有影响力的数学测评体系,如PISA、国际数学与科学趋势研究项目(TIMSS)、美国国家教育进步评价(NAEP)、英国国际中学数学教育评价(Kassel测试)、法国全国中小学生诊断性测验数学评价以及日本中小学生数学学力测验等。^[4]这些测评多涉及数学核心素养或学习能力的评估,为学习品质测评提供了有益参照。2009年,达克沃斯等人在原有研究基础上研发了改进版“坚毅指数”学习品质测评

工具^[5],被美国KIPP学校及其众多连锁学校引入,用于诊断学生品质发展状况并改进课堂教学质量。实现数学教育减负提质,不仅需要测评学生数学学习品质的总体状况,更需要对影响学习效率的数学学习品质要素进行诊断。近年来,信息技术在教育减负提质中的作用日益凸显。2017年,国务院印发的《新一代人工智能发展规划》提出了“建立智能、快速、全面的教育分析系统”的要求,使用新一代人工智能技术服务测评已成为必然趋势。因此,研发数学学习品质智能测评与施策系统,通过智能化手段对学生数学学习品质进行测评与干预,从根源上改善学习品质、提高学习效率,是推进数学教育减负提质的一条新路径。

(三)数学学习品质测评研究滞后是制约减负提质要求落实的突出短板

在减负提质的时代要求下,尽管数学学习品质测评迎来了重要的发展机遇,但相关研究仍显滞后与薄弱,能够精准测评学生数学学习品质要素的工具尤为匮乏。具体而言,当前数学学习品质测评面临的挑战主要体现在以下四个方面。第一,对数学学习品质构成要素的理论探索薄弱。学习品质要素是决定学生学习效率的根本因素。从理论上厘清数学学习品质的构成要素,进而基于测评精准改进学习品质、提升学习效率,是实现数学教育减负提质的关键所在。然而,目前有关数学学习品质构成要素的理论探索仍显不足。第二,对数学学习品质要素的测评工具开发不足。实现数学学习减负提质,需要精准测评学生在数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略及数学素养等方面的水平。尽管经济合作与发展组织(OECD)、国际能源机构(IEA)及中国基础教育质量监测协同创新中心等机构已开发了一系列数学学习测评工具,但能体现学段特色的数学学习品质测评工具仍相对匮乏。第三,区域数学学习品质要素常模建设滞后。区域、学校及个体学生数学学习品质的测评与精准诊断,离不开数学学习品质常模作为参照。尽管学界已开发了一些数学学习测评工具,但可直接服务基础教育实践与决策的区域常模仍较为鲜见。第四,智能测评与施策系统的开发与应用研究不足。影响数学学习效率的学习品质要素具有显著的个体差

异性,智能测评能够科学、高效、即时地诊断学生数学学习品质问题,为对症施策提供依据。当前,学界对人工智能赋能学习测评与施策虽已有一定学理探讨,但针对数学学习的智能测评与施策软件研发仍显不足,导致相关实践探索较为欠缺,基于大数据技术服务基础教育战略决策的应用研究也相对薄弱。

基于上述分析,研究团队以“数学学习测评工具研发及其实际应用”项目为依托,持续加大数学学习品质智能测评与施策系统的优化升级和实际应用力度,致力为数学教育减负提质提供更加科学、精准的技术支撑。

二、数学学习品质测评探索的发展历程

自2012年起,研究团队围绕数学学习品质展开了系统探索,厘清了数学学习品质的构成要素,建构了测评指标体系,研发了配套测评工具,建成了区域常模,并在此基础上开发了智能测评与施策系统,旨在助力数学基础教育减负提质的同时,为基础教育决策提供科学依据。研究团队关于数学学习品质测评的探索经历,主要体现在以下三个内有交叉又同步推进的阶段。

(一) 学习品质要素确立与测评工具研发应用阶段(2012—2016年)

这一阶段,研究团队综合运用质性分析与路径分析等方法,确立了影响数学学习效率的核心学习品质要素,即数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略及数学素养。研究团队通过文献分析、访谈调研等方法,建构了数学学习品质测评指标体系;采用项目分析、因素分析、德尔菲法等方法,研发了涵盖小学、初中、高中全学段的12套数学学习品质测评工具。

(二) 常模建构与实践检验阶段(2013—2017年)

这一阶段,研究团队运用已开发的数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略测评工具收集数据,基于分层抽样方法,采用原始分数正态化等技术,建构出小学、初中及高中学生数学学习品质的“天津常模”共计9份。在此基础上,研究团队结合测评工具与相应常模,开展了系统的测评工具和常模检验实践。

(三) 智能测评与施策系统的研发与推广阶段(2014年至今)

这一阶段,在天津市教委的推动下,中小学发展智能诊断实验室正式成立。在该实验室的支持下,研究团队研发了6套数学学习品质智能测评与施策系统,并在天津市开展了实践检验。该系统相关成果获批国家计算机软件著作权6项、专利1项。“双减”政策颁布后,研究团队进一步加大了该系统在天津市及其他省市的推广应用力度。

三、数学学习品质测评研究的主要成果

历经十余年的持续探索,研究团队围绕数学学习品质的理论建构、工具研发、常模建设及智能系统开发等方面开展了系统研究,逐步形成了一套涵盖要素确立、指标建构、测评诊断与精准施策的完整研究体系。在理论研究与实践应用的互动演进中,研究团队不仅从学理层面深化了对数学学习品质内涵及其作用机制的认识,而且研制了一系列具有较强操作性的测评工具与智能测评系统,积累了可服务区域教育决策与教学改进的常模数据,取得了较为丰硕的研究成果。

(一) 确立了影响数学学习效率的学习品质构成要素

学习品质是学生在在学习过程中所表现出的、对学习成效具有动力性作用的个性心理特征。研究团队经研究发现,智力因素、数学非智力因素、数学元认知、数学学习策略以及数学素养是影响数学学习效率的五大因素。^[6]在随后的研究中,研究团队借鉴并拓展了“坚毅”教育理论,通过系统梳理与理论建构,从本源上厘清并确立了影响学生数学学习效率的核心学习品质要素,发现除智力因素外,数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略及数学素养四者均为数学学习品质的构成要素。以高中阶段的数学学习效率为例,研究团队基于路径分析,建构了影响高中生数学学习效率(以学业成绩为观测指标)的结构方程模型。研究结果表明,数学学习效率受认知结构与非认知结构的协同影响。据此,研究团队将模型中的作用路径归纳为两类:一是由智力因素与数学素养构成的影响路径;二是由数学非智力因素、数学学习策略及数学元认知构成的影响路径。^[7]

(二) 开发了12套数学学习品质测评工具

研究团队在分析国内外文献基础上，经过指标筛选、专家征询、试测检验等环节，综合运用项目分析、因素分析等方法，建构了涵盖数学元认知、数学非智力因素、数学学习策略及数学素养四大方面的测评指标体系，研发了包含小学、初中、高中三个学段在内的数学学习品质测评工具共计12套。以“初中生数学学习非智力因素调查问卷”的开发为例，研究团队在编制完成初始问卷后，通过项目分析、探索性因素分析、验证

性因素分析，对问卷进行了相应修改，最终形成的正式问卷包括动机、态度、意志、性格、情绪情感5个维度，以及对应的13个因子。^[8] 检验结果表明，该问卷具有良好的信度（内部一致性信度、重测信度、分半信度）与效度（内容效度、结构效度、效标效度），表明其可作为测量初中生数学学习非智力因素的有效工具。该系列测评工具兼顾学生心理发展特征与数学学科特点，共同构成了数学学习品质测评工具双维体系（见图1），有效弥补了数学学习品质测评工具匮乏的短板。

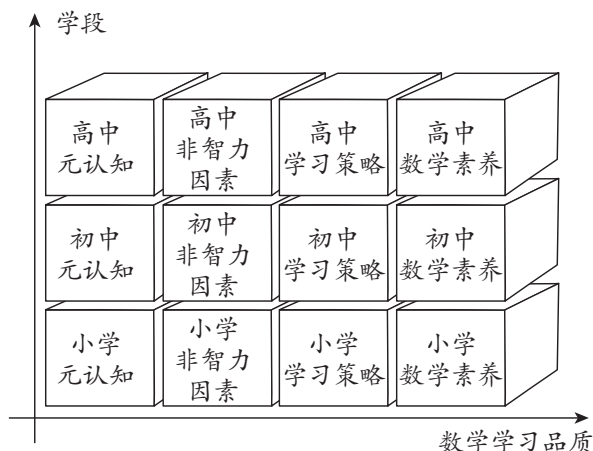


图1 数学学习品质测评工具的双维体系

(三) 建构了9套反映数学学习品质的“天津常模”

建构数学学习品质常模，可为区域、学校及个体学生的数学学习品质“体检”提供科学的参照标准。例如，研究团队首先利用小学数学元认知测评工具，采用分层抽样法，对天津市12个区的1518名小学高年级学生的数学元认知水平进行调查；然后，根据调查数据，通过频率统计得到了百分等级常模，通过标准正态化和线性变换处理得到了标准分常模；最后，研究团队结合

6 σ 原则划分并确定了相应的数学元认知水平等级标准。^[9] 研究团队围绕天津市的小学、初中、高中三个学段，共建构了9套反映学生数学学习品质的“天津常模”，每份常模均包含百分等级常模与标准分常模两个类型。随后，研究团队进一步研制了《常模使用指导手册》，确立了运用常模评价学生数学学习品质的基本路径，包括整体认识、局部认识与深入认识三个层次（见图2），有效弥补了数学学习品质区域常模建设的空白。

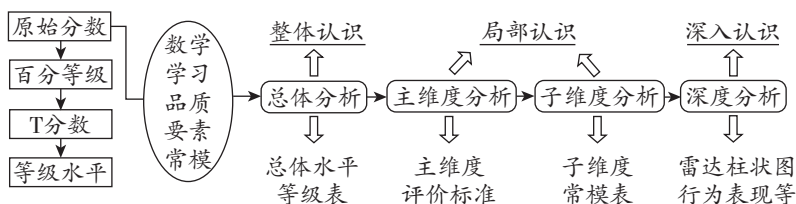


图2 运用常模评价学生数学学习品质的基本路径

(四) 研发了6套数学学习品质智能测评与施策系统

团队依托Microsoft Visual Studio Community 开发工具集、NPOI插件及Sunny UI开源控件软件,成功研发了6套数学学习品质智能测评与施策系统,具体包括3套智能批量测评与施策系统,以及3套智能个体自主测评与施策系统。

在智能批量测评与施策系统中,测评者可通过系统界面,在主维度、子维度、总分等级水平、子维度得分率和现状表现等多个分析模块之间自由切换,直观查看被测评者的得分与等级水平,并获得根据被测评者个体作答表现量身推送

的改进对策。该系统能够根据学生答题情况,自动、批量、快速地生成测评诊断报告及相应改进建议,大幅提升了测评效率与施策精准度。

在智能个体自主测评与施策系统中,学生完成测试后,可即时查看个人诊断结果与针对性改进策略。该系统界面友好、反馈直观,便于学生自主反思与精准改进。以一位九年级学生参与初中数学元认知测评为例,系统根据其作答数据,自动生成了涵盖各维度得分、等级评定及个性化改进建议的诊断报告(见图3),形成了“测评—诊断—施策”的完整闭环,充分体现了智能技术赋能数学学习品质精准提升的实践价值。



图3 数学学习品质智能个体自主测评与施策系统功能界面

四、研究成果的价值及推广

研究团队关于数学学习品质测评的系列研究成果,产生了显著的衍生价值,进一步彰显了本研究的综合实践价值。参与实验的地区和学校普遍反馈,数学学习品质测评的改进实践有效助力了数学教育减负提质。此外,本研究还形成了一定的学术传播效应、政策参考价值与社会认可度,在服务教育决策、讲好中国教育故事等方面发挥了多重作用。

第一,智能系统能够高效诊断中小学生的数学学习品质。在系统功能层面,智能系统充分体现了技术功能与教育测评需求的深度融合,实现了从数据处理、分析到报告生成的全流程标准化运作。就诊断效率而言,智能测评系统具有高效数据处理功能,能够对大规模学生样本进行自动化分析,批量完成数学学习品质各维度的得分计算,并动态生成可视化诊断报告。相较于传统测

评方式中常见的数据处理耗时长、人工录入易出错等问题,该智能系统显著提升了测评的灵活性与执行效率,有效降低了大规模测评的组织难度与时间成本。在数据精度层面,智能系统建构了完整的程序化运算机制,有效保障了测评结果的客观性与准确性。在应用价值层面,智能系统通过整合测评指标体系、标准化量表、区域常模与提升策略等核心模块,使教师能够快速把握班级整体数学学情,精准识别学生群体的共性优势与个案问题。根据系统自动输出的多维诊断报告,教师可针对典型案例开展深度访谈等质性研究,形成量化诊断与质性分析相结合的研究范式。这一研究路径也呼应了多模态数据融合的学术研究趋势,体现了智能系统设计理念上的前沿性。

第二,智能系统能够为提升中小学生学习品质进行精准施策。智能系统依托内置的常模标准与改进策略模块,可根据诊断结果精准识别学生在数学学习品质各维度的优势与不足,并自

动输出个性化的改进策略。证据显示,采用该智能系统开展大规模测评,其诊断结果能够有效服务区域数学教育质量的分析与改进,基于智能系统提供的改进策略进行教学干预,能够显著提升学生的数学学习品质、学习效率及数学学业成就。数字技术正在深刻重塑教育形态,其与数学学习测评的深度融合日益受到关注。数学学习品质测评的智能化,正是回应这一趋势的重要进展。研究团队在智能系统的模块设计、架构思路与测评方式等方面所做的努力,既为已有量表的智能化提供了可资借鉴的思路,也为测评后开展系统性干预奠定了研究基础。

第三,基于测评结果撰写的咨政报告服务基础教育决策。研究团队累计撰写咨政报告10项,其中2项被党和国家重要部门采纳,6项被教育部及天津市委采纳,为教育决策提供了重要参考。研究团队基于测评结果撰写的《天津市基础教育发展报告(蓝皮书)》,获得天津市领导肯定性批示;“诊断和改进数学学习品质,提升数学学习效率”等建议,被写进天津市“双减”专项调研报告和天津市2021年各区人民政府教育满意度调研报告。

第四,在学术交流中贡献了数学学习品质测评的中国经验。研究团队负责人及成员先后在中国教育学会第二十九次学术年会、第四十一届国际数学教育心理学大会、第十四届及第十五届国际数学教育大会等国内外会议中,围绕数学学习品质测评工具及其相关应用进行交流报告,汇报减负提质背景下中国数学学习品质智能测评的探索历程及经验。通过学术交流展示了中国在该领域的创新成果,也由点及面推动了本土实践走向更广阔的话语平台,为全球数学教育领域的减负提质研究贡献了中国智慧与中国方案。

评价作为“指挥棒”是减负提质的关键。^[10]未来,研究团队会紧密围绕“会用数学的眼光观察现实世界、会用数学的思维思考现实世界、会用数学的语言表达现实世界”这一数学核心素养导向,深入开展“教—学—评”一体化的智能测评研究,推动课程目标、教学过程与评价方式的内在统一。目前,研究团队已开始尝试将数学学

习品质智能测评与施策的经验做法推广至其他学科。下一步,研究团队将持续优化升级数学学习品质智能测评与施策系统,稳步扩大应用区域范围;同时,加快完善科学学习品质智能测评与施策系统,加大实践实验力度,着力服务学生多学科学习品质的综合提升。通过多学科基础教育实践的协同推进,研究团队力求在更广领域实现减负提质,产出更多高质量的教学实践成果与智库研究成果,为服务党和国家关于基础教育减负提质的战略决策贡献更大力量。

参考文献:

- [1] 任萍,李思蒙,李梦瑛,等.初中数学周课时与数学学业成就的关系研究[J].数学教育学报,2023(4):36.
- [2] DUCKWORTH A L, SELIGMAN M E P. Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents [J]. Psychological science, 2005 (12): 939-944.
- [3] 张恭庆. 数学与国家实力(上) [J]. 紫光阁, 2014 (8): 76-78.
- [4] 孔企平. 国际数学学习测评: 聚焦数学素养的发展 [J]. 全球教育展望, 2011 (11): 78.
- [5] DUCKWORTH A L, QUINN P D. Development and validation of the Short Grit Scale (Grit-S) [J]. Journal of personality assessment, 2009 (2): 166-174.
- [6] 王光明,余文娟,宋金锦. 基于NVivo10质性分析的高效数学学习心理结构模型 [J]. 心理与行为研究, 2014 (1): 74-79.
- [7] 康玥媛,张楠,王光明,等. 高效率数学学习高中生数学成绩的影响路径 [J]. 心理与行为研究, 2016 (3): 358.
- [8] 王光明,李爽. 初中生数学学习非智力因素调查问卷的编制 [J]. 数学教育学报, 2020 (1): 29-39.
- [9] 王光明,陈霞,周鹏冉. 小学高年级学生数学元认知水平常模的建立及其应用案例:以天津市为例 [J]. 天津师范大学学报(基础教育版), 2022 (2): 43-49.
- [10] 李俊飞,谭顶良. 评价认知驱动的增效减负:一项“双减”背景下的调查研究 [J]. 中小学教材教学, 2024 (12): 10.

(责任编辑:李欣桐)