

混合学习情境下认知负荷对学习投入 机制的调节作用

李爽¹ 黄治霞² 蔡草原¹ 陈小会³

(1. 北京师范大学教育学部教育技术学院, 北京 100875; 2. 深圳市福田区实验教育集团福龙学校, 广东深圳 518000; 3. 济南市历城区虞山路学校, 山东济南 250000)

[摘要] 随着混合学习的推进, 富媒体技术环境带来的学生认知负荷增加问题引发人们关注。为探究混合学习情境下认知负荷对学习投入的影响, 本研究基于某中学293位学生的问卷调查结果及其在线学习行为投入数据, 利用结构方程模型, 探究在线学习行为在心理投入对学习满意度影响中的中介作用, 并采用多群组分析法检验认知负荷在其中的调节作用。研究发现, 混合学习情境下学生的实质性在线学习投入有限; 心理投入与在线学习行为投入对学习满意度有显著正向影响, 且在线学习行为投入在心理投入对学习满意度影响中起中介作用; 认知负荷通过调节在线学习行为投入对心理投入的表征, 改变学习投入对学习满意度的影响机制。本文建议加强教学存在, 提升在线学习投入的质量; 通过满足学生三种基本心理需求, 激发学生内在学习动机, 提升心理投入; 优化在线学习任务与资源设计, 基于动态学情提供及时的学习支持, 确保学生的认知负荷处于适当水平, 从而保障实质性在线学习, 真正发挥混合学习的价值。

[关键词] 混合学习; 认知负荷; 学习投入; 学习满意度; 结构方程

[中图分类号] G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2023)04-0090-11

一、引言

互联网推动学校教育从封闭的、单一的物理空间向开放联通、虚实融合的数字化空间转变, 促进了以混合学习为代表的学校教学模式创新(李爽等, 2020)。当前, 混合学习已成为我国教育数字化转型时期课堂教学改革的重要方向(祝智庭等,

2020)。技术赋能的混合学习不仅拓展了学习时空, 丰富了学习资源, 让学生获得更多学习工具与学习自主权, 而且有力支撑了个性化、精准化教学。然而, 混合学习所基于的富信息与媒体技术环境会消耗学生更多的认知资源, 对学生的信息检索、加工等能力提出更高要求(林刚等, 2007), 显著增加的认知负荷也将影响学生学习投入(周媛等, 2018)与

[收稿日期] 2023-04-03

[修回日期] 2023-06-25

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2023.04.009

[基金项目] 2019年国家自然科学基金面上项目“基于三层空间多维时间特征的在线学习投入分析技术与评价模型研究”(61977011)。

[作者简介] 李爽, 博士, 副教授, 硕士生导师, 北京师范大学教育学部教育技术学院, 研究方向: 在线学习投入与学习分析(lilybnu@bnu.edu.cn); 黄治霞, 深圳市福田区实验教育集团福龙学校, 研究方向: 学习投入、学习分析(huang95zx@163.com); 蔡草原, 北京师范大学远程教育研究中心硕士研究生, 研究方向: 学习分析(202121010143@mail.bnu.edu.cn); 陈小会, 高级教师, 济南市历城区虞山路学校, 研究方向: 信息技术与课堂教学融合应用、教育教学管理(2789889007@qq.com)。

[引用信息] 李爽, 黄治霞, 蔡草原, 陈小会(2023). 混合学习情境下认知负荷对学习投入机制的调节作用[J]. 开放教育研究, 29(4): 90-100.

学习满意度(王超等, 2022)。由此, 认知负荷问题引发人们关注(Mutlu-Bayraktar et al., 2019)。

认知负荷理论认为个体的认知资源是有限的, 各种认知活动均需消耗认知资源(Chandler & Sweller, 1991)。学习环境和学习任务的变化会影响学生认知加工的方式、信息量与信息类型, 从而影响其消耗的认知资源(Paas & Van Merriënboer, 1994)。一些研究证实了数字化、网络化学习环境对认知负荷的影响, 考察了认知负荷对学习投入和学习满意度的影响(Bradford, 2011; 张屹等, 2019), 但少有研究同时关注多个变量, 深入探究认知负荷对混合学习过程与结果的影响机制。此外, 已有研究大多集中在高校教学场景, 且以量表数据分析为主, 较少关注中小学混合教学场景, 揭示认知负荷对真实学习行为的影响。混合学习模式在中小学的全面应用, 迫切需要对该情境下认知负荷对学习的影响机制进行理论与实践探索, 以支撑混合教学与空间的设计与优化。鉴于此, 本文在认知负荷和学习投入等理论的基础上, 基于中学混合教学的真实情景, 考察认知负荷对心理投入、在线学习行为投入和学习满意度的影响。

二、文献综述与研究假设

(一) 核心概念

1. 认知负荷

认知负荷指在一定时间内施加于个体认知系统的心理活动总量(Sweller, 1988)。认知负荷理论最早由澳大利亚心理学家约翰·斯威勒(John Sweller) 1988年提出。该理论以资源有限理论和图式理论为基础, 强调人处理信息时工作记忆容量是有限的。帕斯等(Paas & Van Merriënboer, 1994) 基于因果因素和评估因素提出认知负荷双因素模型对认知负荷的结构进行了有益探索。因果因素从任务/环境特征、学生特征和两者的交互角度阐明认知负荷的来源, 评估因素从心理负荷、心理努力和实际表现等角度测量认知负荷。其中, 心理负荷由任务或环境特征造成, 心理努力指学生实际分配用来满足任务需求的能力或资源数量, 实际表现为结果性评价。帕斯的心理负荷与心理努力等概念被很多学者作为认知负荷的主要测量维度(Shadiev et al., 2015; Wang et al., 2018)。也有学者

采用库柏-哈柏(Cooper-Harper)一维量表围绕学习任务的难度测量认知负荷(白成杰等, 2011), 其测量指标与帕斯提出的心理负荷较一致。

2. 学习投入

学习投入是学生投入学习活动的身心总和, 具有多维结构, 是影响学业成就的重要因素(Fredricks et al., 2004)。心理投入指学习的实质性投入, 包括认知投入与情感投入(Newmann et al., 1992)。认知投入指学生在学习过程中的策略应用和自我监控, 情感投入指学生在学习活动中的情感体验(孔企平, 2000)。心理投入以行为投入为载体(Newmann, 1992), 体现为学生的学习参与情况和行为表现(李爽等, 2015)。对学习投入测量的文献研究以量表为主, 主要基于学生报告的行为、认知、情感等方面的表现与感受(Fredricks et al., 2004; 李爽等, 2015)。近年来, 随着在线学习的普及, 越来越多的研究基于在线学习行为表现测评学习的心理投入和行为投入(李爽等, 2016; 李爽等, 2018)。

3. 学习满意度

满意度用于衡量主体期望值和实际体验的匹配程度(蒲秋钰, 2022)。学习满意度指学生通过比较实际学习体验与学习预期, 判断学习的价值, 形成对学习项目、方式、环境等的满意度评价, 以及决定是否持续学习(蒋志辉等, 2017)。本研究的混合学习满意度指学生体验混合学习方式后比较实际感知效果与期望值后形成的对混合学习价值的判断。较多研究基于戴维斯提出的技术接受度模型编制量表测量学生对在线学习、移动学习、混合学习等新兴学习模式的满意度(覃红霞等, 2020; 杜世纯等, 2018)。

(二) 研究假设

1. 在线学习行为投入与心理投入

学生学习行为投入是其学习心理投入的载体与外在表征(Newmann, 1992)。在网络和混合学习情境下, 在线学习行为投入是学生学习行为投入的重要构成。大量研究验证了网络 and 混合学习情境下学生在线学习行为表现会受到认知和情感投入的影响, 并能够揭示学生认知与情感的投入特征与水平。例如, 李爽等(2018)基于行为数据与量表数据, 通过回归分析发现开放大学学生在线学习行为投入对其认知投入和情感投入的预测能力, 并定义

了有效表征心理投入的关键行为投入指标。巴尔等(de Barba et al., 2020)的研究揭示了慕课学生自我调节水平对其在线学习行为的积极影响。赵佳悦等(2020)发现混合学习情境下大学生的情感与认知投入会正向影响行为投入。然而,已有研究以大学或成人继续教育场景为主,有关中小学混合学习场景的实证研究较少,尤其缺乏基于实际行为数据的检验。对该问题的研究是评估与改进中小学混合学习中在线学习设计的重要依据。为此,本研究提出研究假设H1。

H1: 混合学习情境下中学生心理投入正向影响其在线学习行为投入

2. 学习投入与学习满意度

大量文献指出,学习投入是学习满意度的重要预测变量(Kucuk & Richardson, 2019; 李新等, 2021)。例如,刘在花(2022)探究成就目标定向影响中学生学习满意度机制时,发现学习投入显著影响学习满意度。库克等(Kucuk & Richardson, 2019)基于学生自报告数据构建的结构方程揭示了在线学习投入影响学习满意度的基本路径,即学生行为、情感和认知投入对学习满意度有显著影响,且情感投入对满意度影响最大,认知投入次之,行为投入的影响相对较小。少数研究考察了混合学习情境下学习投入与学习满意度的关系,发现学习心理投入与行为投入都会积极影响学生混合学习的满意度,是学习满意度的显著预测指标(谢玲平, 2022)。在线学习是混合场景中相较于传统课堂学习的主要不同体验,线上学习体验无疑会影响学生混合学习的满意度。已有研究发现,在线学习表现能够揭示和预测学生混合学习的满意度。例如,齐丽娜等(2021)通过问卷调查发现,混合教学模式本科生在线学习表现与学习满意度显著正相关。

综上,作为学生混合学习情境中行为投入的重要构成,线上学习行为投入既是心理投入的重要载体,也是接受和适应混合学习的重要影响因素。那么,学生心理投入除了影响学习满意度,会不会通过行为投入,尤其是通过在线学习行为投入影响学习满意度呢?已有研究尽管分别探索过混合情境中学习投入与学习满意度、在线学习行为与学习满意度之间的关系,但少有研究探究心理投入如何通过在线学习行为投入影响学习满意度,更少有研

究基于真实在线学习行为数据探究三个变量间的关系。为此,本研究提出如下三个假设(见图1):

H2: 混合学习情境下,学生心理投入正向影响学习满意度;

H3: 混合学习情境下,学生在线学习行为投入正向影响学习满意度;

H4: 混合学习情境下,学生在线学习行为投入在心理投入影响学习满意度中扮演中介作用。

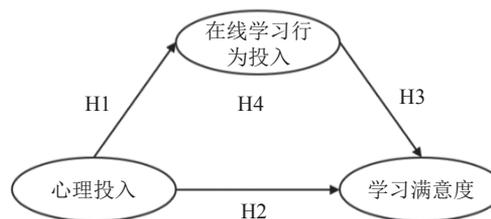


图1 模型假设

3. 认知负荷对学习投入与学习满意度的调节作用

许多研究调查了新环境对学生认知负荷的影响,但深入探究数字化与网络化环境下认知负荷与学习投入、学习满意度关系的研究有限。部分实证研究发现,认知负荷会显著影响学习投入。例如,张屹等(2019)发现智慧教室环境下,认知负荷对大学生行为投入有显著正向影响。孙志梅等(2020)发现智慧课堂中学生认知负荷正向影响其情感投入。然而,认知负荷并非越高越好。董安美(2020)基于智慧学习环境的实证研究发现,中学生的认知负荷与学习投入显著负相关;王作伟(2016)发现移动学习情境下认知负荷变高,使得大学生对该课程的好感度和依赖度变低,从而降低学习参与度。也许正如基施纳等(Kirschner et al., 2018)所言,只有在适当范围内,高认知负荷才能有效激励学生的主动性与学习投入度。由此可见,认知负荷和学习投入之间存在复杂关系,需要在更多情境中开展研究。

与此相似,已有研究表明认知负荷与学习满意度也存在显著而复杂的关系。布莱德福(Bradford, 2011)调查发现,在线学习环境中认知负荷与在线学习满意度正相关。但也有学者(Hu et al., 2017)调查用户对网站满意度的影响因素时发现,认知资源有限的情况下,过高认知加工会导致认知超载,从而负面影响满意度。此外,李晶等(2018)指出,

较高或较低的认知负荷都不会获得较高的学习满意度。只有认知负荷适中时, 学生才会在保持积极性的同时获得较高的学习满意度。

现有研究发现, 学习投入和满意度显著相关, 但认知负荷可能改变二者的影响作用。本研究认为可能是认知负荷与学习投入相互作用后对学习满意度产生影响。学习满意度与学习体验密切相关。从认知负荷的内涵与测量维度看, 认知负荷中的心理负荷和心理努力分别与学生的情感投入和认知投入相关。在认知资源充足的情况下, 认知负荷越高, 越能激发生成积极的学习情感, 如好奇心、兴趣, 激发更多的认知投入等心理努力, 驱动更多行为投入, 让学生感受到学习的充实感与收获感, 积极影响学习满意度。然而, 在认知资源有限的情况下, 认知负荷过高甚至认知超载带来心理负荷, 会使学生无法驱动更多的认知投入, 进而引发消极的学习情感, 如倦怠、挫败感, 造成心理投入和行为投入下降, 并对学习满意度产生负面影响。综上, 本研究提出假设 H5。

H5: 认知负荷在学习投入对混合学习满意度的影响中起调节作用。

三、研究设计

(一) 研究案例

本研究基于山东省某中学生物课的混合教学创新实践开展。该案例使用科大讯飞研发的在线学习平台与智能平板, 支持教师在课堂开展基于自主学习的个性化教学。学生课上先在线自主学习, 完成课前发布的教学视频与习题。教师基于平台记录和学习数据分析学情(见图2), 及时发现学习问题, 开展针对性辅导, 通过小组讨论、习题讲解等深化重难点内容的学习, 并进行课堂总结。

(二) 研究样本

本研究共发放问卷 305 份, 回收有效问卷 293 份, 有效率为 96%。其中, 七、八年级学生样本数分别是 143 人和 150 人, 男女生分别是 145 人和 148 人。293 位学生样本生成 3 万余条学习平台日志数据记录。

(三) 测量工具

1. 心理投入与在线学习行为投入

以往研究主要基于问卷测量学习心理投入与



图2 学习平台学生学情统计分析

行为投入(Handelsman et al., 2005; 李爽等, 2015)。随着在线学习的发展, 不少研究者通过收集和分析学生在线学习日志行为数据, 如登录时长、线上发帖量、视频播放量、作业完成率等, 测量学生在线学习行为投入(周媛等, 2018; 李爽等, 2018)。相对于学生自我报告, 基于行为数据的行为指标能更客观地反映学生在线学习表现, 有助于揭示学习投入的作用机制。因此, 本研究基于问卷测量学生混合学习的心理投入, 基于在线学习日志行为数据测量学生在线学习行为投入。

1) 心理投入测量工具

心理投入测量工具根据李爽等(2015)编制的“远程学生学习投入评价量表”中认知投入与情感投入分量表改编而成, 适用于本土混合学习场景, 有较好的信效度。本研究根据案例研究情境, 调整该量表项目的个别表述, 经项目检验剔除相关度较低的题项后共获得 31 个题项。问卷采用李克特五点量表计分, 从“1”到“5”分别表示“非常不同意”到“非常同意”。检验结果显示, 两个分量表信效度较好, 情感投入分量表克隆巴赫系数为 0.888, X^2/df 为 3.013, RMSEA 为 0.081, CFI 为 0.979, IFI 为 0.979, TLI 为 0.97; 认知投入分量表克隆巴赫系数为 0.986, X^2/df 为 4.95, RMSEA 为 0.114, CFI 为 0.94, IFI 为 0.94, TLI 为 0.924。本研究参考已有研究将情感投入与认知投入量表得分均值作为显变量表征心理投入(刘在花, 2017)。

2) 在线学习行为投入测量指标

表征行为投入的在线学习行为指标通常以能够表征学生参与度和参与质量的行为指标为主, 学

习行为频次、行为时长、完成任务量等最常见(张思等, 2017; 李爽等, 2016)。本研究根据平台记录的行为数据, 选取视频学习与测试两类任务的完成量、参与频次和参与时长, 作为在线学习行为投入的测量指标(具体指标与计算方法见表1)。学生在线学习行为投入通过行为指标表征。视频学习与测试是本案例学生在线学习的主要任务类型。学生投入这两类任务的程度能精准反映学生实质性在线学习行为投入度。本研究采用结构方程模型对行为指标体系进行验证性因子分析。其中, X^2/df 为 3.346, RMSEA 为 0.090, CFI 值、IFI 值及 TLI 值分别为 0.977、0.977、0.956, 均大于 0.9, 模型拟合度整体达标。

2. 学习满意度问卷

学习满意度问卷根据戴维斯的技术接受度模型改编而得(Davis et al., 1989), 通过使用意愿和使用态度测量学生对混合学习模式的满意度。问卷采用李克特五点计分, 从“1”到“5”分别表示从“非常不同意”到“非常同意”。经检验, 问卷克隆巴赫系数为 0.892, X^2/df 为 4.850, RMSEA 为 0.127, CFI 为 0.967, IFI 为 0.967, TLI 为 0.946, 表明结构效度整体达标。

3. 认知负荷测量工具

考虑到心理努力与学习投入部分题目交叉, 本研究参考将心理负荷作为认知负荷主要测量维度的做法, 选取王辞晓等(Wang et al., 2018)研发的认知负荷量表中的心理负荷维度题目测量学生的认知负荷水平。测量题目共 5 道, 采用 7 点计分, 从“1”到“7”分别表示从“非常容易”到“非常难”。经验证, 问卷克隆巴赫系数为 0.876, X^2/df

为 2.317, RMSEA 为 0.079, CFI 为 0.960, IFI 为 0.961, TLI 为 0.940, 表明问卷信效度良好。

(四) 数据处理方法与工具

本研究综合问卷调查结果和行为数据构建假设模型, 并采用克隆巴赫系数和验证性因子分析检验测量工具的可靠性和有效性。心理投入、学习满意度均用相应量表得分的均值测量。在线学习行为投入通过六个在线行为指标测量(见表1)。在建立模型假设和调节作用检验时, 本研究将在线学习行为指标作为测量变量, 在线学习行为投入作为潜变量建模, 以验证模型。

本研究采用结构方程模型的全模型方法验证研究假设 H1 到假设 H4, 采用多群组结构方程模型探究认知负荷对学习投入与学习模式满意度关系的调节作用。多群组结构方程分析法根据调节变量将总样本分为多个子样本, 通过检验子样本分组的结构方程模型差异检验调节作用, 是检验分析调节效应的典型方法之一(温忠麟等, 2003)。根据该方法, 本研究基于认知负荷量表得分均值将学生分为高于均值的高负荷组(144 位)和低于均值的低负荷组(149 位), 通过对比两个负荷水平组的结构方程模型差异, 验证认知负荷的调节作用。本研究主要利用 SPSS 24 和 AMOS 22 软件分析数据。

四、研究结果

(一) 在线学习行为投入的中介作用

本研究采用结构方程模型法检验假设模型。经修正调整, 模型 X^2/df 为 4.380, RMSEA 为 0.108, CFI、IFI 和 TLI 拟合度指标分别为 0.937、0.930 和 0.895, 均接近 0.9, 表明模型拟合度达标, 模型结果

表 1 在线学习行为投入指标计算

指标	指标含义	计算方法
视频观看频次	学生观看某视频频次	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{个人课程视频学习总量 (第}i\text{个视频观看次数)}}{\text{个人课程视频学习总量}}$
视频观看总量标准分数	学生观看视频总量在班级内部转化的 Z 分数	$\frac{\text{个人观看视频总量} - \text{班级观看视频总量平均数}}{\text{班级观看视频总量标准差}}$
视频观看总时长标准分数	学生观看视频总时长在班级内部转化的 Z 分数	$\frac{\text{个人观看视频总时长} - \text{班级观看视频总时长平均数}}{\text{班级观看视频总时长标准差}}$
习题频次	学生完成某习题的频次	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{个人课程习题练习学习总量 (第}i\text{个习题练习次数)}}{\text{个人课程习题练习学习总量}}$
习题完成总量标准分数	学生完成习题总量在班级内部转化的 Z 分数	$\frac{\text{个人习题完成总量} - \text{班级习题完成总量平均数}}{\text{班级习题完成总量标准差}}$
习题总时长标准分数	学生完成习题花费总时长在班级内部转化的 Z 分数	$\frac{\text{个人完成习题总时长} - \text{班级完成习题总时长平均数}}{\text{班级完成习题总时长标准差}}$

可信。模型系数检验结果(见表 2 和图 3)表明, 假设 H1、H2 和 H3 成立, 即学生的心理投入正向影响在线学习行为投入与满意度, 且在线学习行为投入正向影响满意度。

表 2 学习投入与学习满意度模型路径检验

假设	路径	非标准化系数	标准化系数	S.E.	C.R.	P
H1	心理投入→在线学习行为投入	1.996	0.164	0.925	2.159	*
H2	心理投入→学习满意度	0.609	0.486	0.088	6.930	***
H3	在线学习行为投入→学习满意度	0.023	0.225	0.006	4.016	***

注: *表示 p<0.05; ***表示 p<0.001。

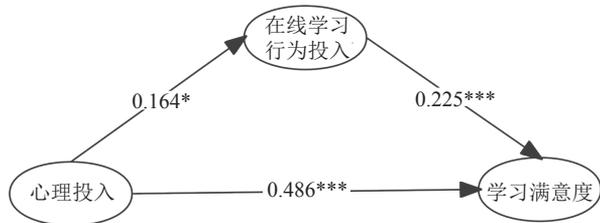


图 3 学习投入与学习满意度模型路径检验

本研究采用 Bootstrap 样本量为 2000、置信区间(Confidence Interval, 简称 CI)为 90% 的 Bootstrap 方法检验在线学习行为投入的中介效应(侯田雅等, 2020)。检验结果显示路径的中介效应值为 0.046,

其 90% 的置信区间上下限之间不包含 0(见表 3)。可知, 路径的中介效应显著, 即学生的学习心理投入通过在线学习行为投入间接影响学习满意度, 假设 H4 成立。

表 3 Bootstrap 中介效应检验(非标准化系数)

路径	效应值	标准误	偏差校正 90% 置信区间		
			下限	上限	P 值
Ind	0.046	0.026	0.009	0.100	0.044

注: Ind 指心理投入→在线学习行为投入→学习满意度。

(二) 认知负荷的调节作用

本研究进一步采用多群组结构方程分析法分别检验低负荷组和高负荷组结构方程模型的差异。从模型适配标准看, 各模型的 X²/df 在 2.431~2.934 之间, 小于 5; RMSEA 在 0.07~0.082 之间, 小于 0.1, GFI、IFI 和 TLI 等指标均大于 0.9。这表明多群组结构方程模型和观察数据较契合, 两个模型的拟合度较好。

两组模型估计的对比结果表明, 高低负荷组的模型存在差异(见表 4 和图 4)。低负荷组的模型中, 假设 H1 不成立, 假设 H2、H3 成立, 即低负荷学生的心理投入对在线学习行为投入的影响不显著, 只显著影响学习满意度; 学生的在线学习行为投入显著影响满意度。高负荷组的模型中, 假设 H1、H2、H3 均成立。

由表 4 可知, 对于“心理投入→在线学习行为投入”

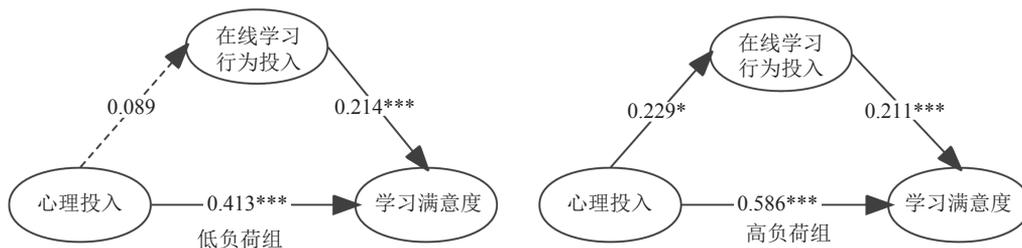


图 4 不同水平认知负荷组学习投入与学习满意度关系模型

表 4 多群组分析模型假设对比

假设	低负荷组					高负荷组					路径比较 Z 值
	非标准化系数	标准化系数	S.E.	C.R.	P	非标准化系数	标准化系数	S.E.	C.R.	P	
H1	1.061	0.089	1.440	0.737	0.461	2.789	0.229	1.195	2.334	*	2.073*
H2	0.479	0.413	0.112	4.271	***	0.768	0.586	0.136	5.651	***	0.001
H3	0.021	0.214	0.007	2.936	***	0.023	0.211	0.009	2.642	***	0.013

注: *表示 p<0.05; ***表示 p<0.001。

投入”路径(H1), 高低负荷组的路径系数比较检验 Z 值为 2.073, 大于 1.96, 这说明两个路径之间存在显著差异。具体来看, 高负荷组的路径显著, 标准化系数为 0.229; 低负荷组的路径不显著, 标准化系数为 0.089。这表明, 高低负荷情景下心理投入对在线学习行为投入的影响机制存在显著差异。

分组模型的中介效应检验结果表明, 低负荷组中介效应不显著, 高负荷组中介效应显著(见表 5)。由此可知, 高负荷组学生的心理投入可通过在线行为投入间接显著影响学习满意度, 低负荷组学生的心理投入不能通过在线行为投入影响学习满意度。

表 5 高负荷组 Bootstrap 中介效应检验(非标准化系数)

路径	效应值	标准误	偏差校正 90% 置信区间		
			下限	上限	P 值
Ind	0.063	0.035	0.021	0.146	0.017

注: Ind 指心理投入→在线学习行为投入→学习满意度。

五、讨论与反思

(一) 线上学习投入的质量

研究结果表明, 在混合学习情境下, 当不考虑认知负荷影响时, 学生的心理投入会显著正向影响学生的在线学习行为投入。该结果再度验证了行为投入是学习心理投入载体这一观点, 与高等教育领域基于智慧课堂和混合学习场景的研究结果一致(赵佳悦等, 2020; 尹睿等, 2017)。值得注意的是, 本研究发现心理投入对在线学习行为投入的影响有限, 体现在中介模型中心理投入对在线学习行为投入影响系数较小(0.164), 以及低负荷组心理投入对在线学习行为投入没有显著影响。这意味着本案例的学生在线学习实质性心理投入有限。这一结果与杨港等(2021)发现的大学生在线学习行为没有受认知投入影响的结果相似。可见, 混合学习中在线学习投入质量问题亟待关注。

近几年, 混合学习模式不断普及, 越来越多的中小学采用基于网络教学平台的互动式教学。这些教学平台在拓展教学时空、支持学生自主学习、满足个性化学习需求、提升教学交互效率与质量、增强教学精准性等方面取得一定成效(赵涛, 2021)。然而, 一些实证研究指出, 学习资源与教学互动的质量有待提升(Akçayır & Akçayır, 2018), 在线学习

方式亟待丰富与创新(黄柯, 2022)。当前学生混合学习的在线学习以看视频和做习题为主。视频学习尽管给学生更多的自主权, 如控制视频播放的内容与速度, 但是降低了学生对教学存在的感知度。这种教学存在感的减少对于缺乏学习专注力与内在学习动机的中小学生而言, 无疑会影响他们的实质性学习投入。许多研究指出学生视频学习投入不足(Lim et al., 2009; Wong et al., 2014; 荆永君等, 2021)。微视频旨在克服长视频学习易出现的专注力下降、注意力转移等问题。然而, 微视频学习是一种碎片化学习, 某种程度上剥夺了学生有机整合微视频知识点的机会, 制约了知识分析、综合等高阶能力的发展(王冕等, 2013)。此外, 测试成效也有赖于教师对测试活动的设计和组织的反馈和指导。提升在线测试的个性化水平和做题效率、促进学生基于自测的自我反思与调节仍是当前在线学习亟需解决的问题。

本研究认为, 在混合学习场景下, 教师需重点关注如何加强在线学习环节的教学存在, 提升在线学习的教学存在感。教学存在是加拿大学者安德森(Garrison, 2009)提出的, 指为实现富有意义和教育价值的学习成果而对认知过程和社交过程的设计、促进与指导, 包括对教学内容和活动的设计, 以及组织、监督和管理学习。已有文献均强调学生的教学存在感对实质性学习投入和学习满意度的积极作用(Garrison, 2009; 冯晓英等, 2019; 兰国帅等, 2020)。然而, 包括本案例在内的中小学混合教学实践表明, 由于缺乏培训, 教师在线学习设计和组织实施的能力不足, 这使得很多在线学习形式大于内容, 在激发和促进学生实质性学习方面作用有限。本案例的学生在线学习是教师在场的情境下开展的。教师在场原本能激励、监督和管理学生在线自学, 但本研究发现低负荷组学生的在线学习行为投入与心理投入无关。这表明, 教师开发的在线学习资源与任务未有效激发所有学生的实质性学习投入。可见, 在线学习环境、学习活动的设计与实施有待优化与改进, 这要加强混合教学理论与方法培训, 重视在线教学资源与活动的研发、教研与质量评估, 组建地区和学校层面教研共同体推进优质资源的共建共享, 研发支持个性化推荐和自适应学习的在线学习技术等。

(二) 学习投入与学习满意度的关系

研究表明, 学生对混合学习的满意度受心理投入的影响, 也受学生在线学习行为投入的影响。心理投入除了直接正向影响满意度, 还通过在线学习行为投入间接正向影响满意度, 且这种影响受认知负荷的调节。该结果与库克等(Kucuk & Richardson, 2019)的研究发现一致, 即心理投入对学习满意度的影响大于行为投入对学习满意度的影响。本研究进一步揭示了混合学习情境下心理投入与在线行为投入对学习满意度的影响机制。

本研究通过评估混合学习的接受度测量学习满意度。该满意度受学生对混合学习模式易用性与有用性评估的影响(Davis et al., 1989), 揭示了学生对自身混合学习胜任力的判断。这个判断过程与自我决定的形成过程一致。自我决定理论认为, 自我决定的行为选择是满足个体需求的内在动机驱动的行为, 个体自我决定, 往往意味着他们能够灵活控制与环境之间的相互作用(Deci & Ryan, 2000)。可见, 学习满意度揭示了混合学习情境下学生自我决定的程度。个体在与混合学习环境交互中投入的心理努力揭示了个体适应混合学习的心理活动总量。学生心理投入越高, 混合学习能力也随之提升, 学习自我决定程度也有可能提升, 学习满意度也相应提升。此外, 学生投入更多心理努力带来的收获感与成就感也会积极影响学习满意度。由此可知, 更多心理投入对学习满意度提升具有积极作用。然而, 更多的行为投入未必能提高学习满意度。这是因为, 不是所有的在线学习行为都由学生个人需求驱动的。自我决定理论将这类行为定义为外部动机驱动或无动机行为, 如满足教师要求的行为、盲目点击页面与跳转。这些行为投入的高低与个人需求的满足相关度低, 对学习满意度的预测作用有限。

综上, 促进心理投入将有效提升学生的学习满意度, 建立在自我决定理论基础上的需求支持教学(need-supportive teaching)为激发学生内在动机、提升学习心理投入提供了方法框架。自我决定理论认为, 个体三种基本心理需求的满足会有效驱动其投入社会情境的内在动机与行为表现, 即自主性、胜任力和关联性(relatedness)(Deci & Ryan, 2000)。需求支持教学理论认为教师可以通过满足上述三

种心理需求, 激发学生的内在动机与学习投入(Liu et al., 2016), 即提供自主性支持(让学生获得自主表达或自主控制的机会与权力)、结构性支持(让学生感受到有能力完成任务)和卷入支持(让学生感受到尊重与归属感)(Skinner & Belmont, 1993; Leenknecht et al., 2017)。

(三) 认知负荷对学习投入作用机制的调节作用

高低负荷组学习投入与学习满意度关系模型的显著差异, 验证了认知负荷对混合情境下学习投入的作用机制具有显著调节作用。本研究证实了已有研究关于认知负荷会影响学习投入和学习满意度这一结论(董安美, 2020; Hu et al., 2017), 并进一步揭示出混合情境下认知负荷会通过影响在线学习行为投入对心理投入的表征作用调节学习投入对学习满意度的影响, 为理解混合情境下认知负荷、心理投入、行为投入和学习满意度的关系提供了依据。

对比高低负荷组学生的学习投入与学习满意度关系模型可知, 在线学习行为投入只在高负荷组学生的混合学习中能够有效表征心理投入, 并在心理投入影响学习满意度的机制中发挥中介作用。这意味着, 低负荷组学生虽然有在线学习的参与记录, 但其在线学习的心理投入非常有限, 甚至没有。对这类学生而言, 预期的在线学习价值并没有实现。相比之下, 高负荷组学生的在线学习是投入心理努力的实质性学习。他们的在线学习价值得到了体现。此外, 他们的心理投入越高, 在线学习行为投入越多, 因此, 其在线学习行为指标, 如时长或频次等, 可用于预测和表征实质性学习心理投入。

综上, 学生感知的认知负荷对其在混合学习的学习投入机制进行了调节。只有当学生感知的认知负荷达到适当水平时, 心理投入才能驱动和调节在线学习行为, 在线学习才真正发生, 并通过在线学习行为投入影响学习满意度。该结果与已有研究发现(孙志梅等, 2020; 张屹等, 2019)一致, 即适当的认知负荷对学习投入有积极影响。本研究进一步揭示, 当学生感知的认知负荷达到一定水平, 在线学习行为投入才会受心理投入的驱动与调节, 成为心理投入作用于学习满意度的途径之一。该结果为混合学习任务与学习资源的设计, 尤其在线学习的设计, 提供了重要启示。目前, 大量在线任

务与资源要么是教材内容的照搬, 要么是线下学习的重复, 未能有效激发学生在线学习的实质性投入(刘梁凤, 2021)。学生在线学习往往成为机械的无意义学习。尽管已有研究表明认知负荷不是越高越好(董安美, 2020; 王作伟, 2016), 但中学在线学习的主要问题可能是缺乏认知挑战, 尚未激发学生实质性在线学习。因此, 在线学习任务应具有一定挑战, 让学生产生适当心理负荷, 激发心理努力, 驱动在线学习真正发生, 发挥混合学习模式的价值。为此, 教师需要在准确评估学情的基础上, 合理设计混合学习任务与资源的形式、难度和数量, 提供相应脚手架(唐剑岚等, 2008; 张建波, 2006), 基于数据驱动的动态学情跟踪及时提供学习支持, 确保学生感知的认知负荷维持在适当水平。

六、总结与展望

本研究基于中学混合教学真实情景, 综合学生问卷调查结果与在线学习行为数据, 对认知负荷、心理投入、在线学习行为投入和学习满意度之间的关系进行理论建模, 运用多群组结构方程模型验证了认知负荷对学习投入影响学习满意度的作用机制具有调节作用。研究发现, 在混合学习情境下, 在线学习中发生的实质性学习有限; 心理投入与在线学习行为投入对学习满意度有显著正向预测作用, 并且在线学习行为投入在心理投入对学习满意度的影响中具有中介作用; 认知负荷通过调节在线学习行为投入对心理投入的表征, 改变学习投入对学习满意度的影响机制。本研究综合多样化数据, 为认识中学混合教学情境中认知负荷对学习投入和学习满意度的影响机制提供了更深入的洞察, 为数字化环境下基于认知负荷与学习投入理论的混合教学设计与学习支持改进提供了理论依据。然而, 本研究主要建立在一门案例课程的基础上, 结论受案例课程混合教学模式、教学平台功能、学科、教师教学设计能力等因素的影响, 可能具有一定局限性。考虑到上述教学因素会影响学生的学习投入、学习满意度及其之间的关系(周媛等, 2018; 王超等, 2022), 本研究的相关结论还需要在更多场景下验证。随着我国教育数字化转型进程的推进, 未来迫切需要结合各种数字化环境与学习方式, 开展认知负荷及其对学习过程与成效影响的实证研究,

支撑新数字化育人空间下教学理论与教学方法的创新。

[参考文献]

- [1] Akçayır, G., & Akçayır, M.(2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges[J]. *Computers & Education*, (126): 334-345.
- [2] 白成杰, 曹娟(2011). e-Learning 环境中学习者认知负荷的测量[J]. *电化教育研究*, (5): 32-35+48.
- [3] Bradford, G. R.(2011). A relationship study of student satisfaction with learning online and cognitive load: Initial results[J]. *The Internet and Higher Education*, 14(4): 217-226.
- [4] Chandler, P., & Sweller, J.(1991). Cognitive load theory and the format of instruction[J]. *Cognition and Instruction*, 8(4): 293-332.
- [5] de Barba, P. G., Malekian, D., Oliveira, E. A., Bailey, J., & Kennedy, G. (2020). The importance and meaning of session behaviour in a MOOC[J]. *Computers & Education*, (146), Article 103772.
- [6] Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R.(1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models[J]. *Management Science*, 35(8): 982-1003.
- [7] Deci, E. L., & Ryan, R. M.(2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior[J]. *Psychological Inquiry*, 11(4): 227-268.
- [8] 杜世纯, 傅泽田(2018). 混合式学习接受度的影响因素研究[J]. *中国电化教育*, (6): 123-128.
- [9] 董安美(2020). 智慧学习环境中学生的认知负荷对学习投入的影响[J]. *中国教育信息化*, (18): 1-5.
- [10] Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H.(2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence[J]. *Review of Educational Research*, 74(1): 59-109.
- [11] 冯晓英, 孙雨薇, 曹洁婷(2019). “互联网+”时代的混合式学习: 学习理论与教学法基础[J]. *中国远程教育*, 529(2): 7-16+92.
- [12] Garrison, D. R. (2009). Communities of inquiry in online learning[M]. In *Encyclopedia of Distance Learning*, Second Edition: 352-355.
- [13] Hu, P. J. H., Hu, H. F., & Fang, X.(2017). Examining the mediating roles of cognitive load and performance outcomes in user satisfaction with a website[J]. *MIS Quarterly*, 41(3): 975-988, A1-A11.
- [14] Handelsman, M. M., Briggs, W. L., Sullivan, N., & Towler, A.(2005). A measure of college student course engagement[J]. *The Journal of Educational Research*, 98(3): 184-192.
- [15] 侯田雅, 蔡文鹏, 董薇等(2020). 疫情期间农村居民自我效能感对心理健康的影响及其机制[J]. *首都师范大学学报(社会科学版)*, (3): 37-44.
- [16] 黄柯(2022). 高中思想政治课基于慕课的混合式教学的应用研究[D]. 开封: 河南大学, 55-56.
- [17] 蒋志辉, 赵呈领, 李红霞, 梁云真, 黄琰(2017). 在线开放课程学习者满意度研究: 发展、影响因素与提升路向[J]. *现代远程教育*, (3): 34-43.
- [18] 荆永君, 李昕, 姜雪(2021). 在线学习行为意向影响因素分析

及后疫情时代的教育启示[J]. 中国电化教育, 413(6): 31-38.

[19] 孔企平(2000). “学生投入”的概念内涵与结构[J]. 外国教育资料, (2): 72-76.

[20] Kucuk, S., & Richardson, J. C.(2019). A structural equation model of predictors of online learners' engagement and satisfaction[J]. *Online Learning*, 23(2): 196-216.

[21] Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R, J.(2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, (13): 213-233.

[22] 兰国帅, 钟秋菊, 郭倩等(2020). 自我效能、自我调节学习与探究社区模型的关系研究——基于网络学习空间中开展的混合教学实践[J]. 中国电化教育, 407(12): 44-54.

[23] 李爽, 鲍婷婷, 王双(2020). “互联网+教育”的学习空间观: 联通与融合[J]. 电化教育研究, (2): 25-31.

[24] 李爽, 喻忱(2015). 远程学生学习投入评价量表编制与应用[J]. 开放教育研究, 21(6): 62-70+103.

[25] 李爽, 王增贤, 喻忱, 宗阳(2016). 在线学习行为投入分析框架与测量指标研究——基于LMS数据的学习分析[J]. 开放教育研究, (2): 77-88.

[26] 李爽, 李荣芹, 喻忱(2018). 基于LMS数据的远程学习者学习投入评测模型[J]. 开放教育研究, (1): 91-102.

[27] 李新, 李艳燕(2021). 基于系统性文献综述的国外学习投入实证研究分析[J]. 现代远程教育研究, 33(2): 73-83+95.

[28] 李晶, 郁舒兰, 金冬(2018). 均衡认知负荷的教学设计及知识呈现[J]. 电化教育研究, 39(3): 23-28.

[29] 刘在花(2017). 学校氛围对中学生学习投入的影响: 学校幸福感的中介作用[J]. 中国特殊教育, 7(4): 85-90.

[30] 刘在花(2022). 成就目标定向对中学生学习满意度的影响机制——学业自我效能感和学习投入的链式中介作用[J]. 教育研究与实验, (5): 98-103.

[31] 刘梁凤(2021). 小学数学混合式教学的问题及改进策略研究[D]. 重庆: 西南大学: 41-44.

[32] 林刚, 陈国江(2007). 网络学习环境对认知负荷的影响及对策研究[J]. 中国远程教育, (8): 35-38.

[33] Lim, D. H., & Morris, M. L.(2009). Learner and instructional factors influencing learning outcomes within a blended learning environment[J]. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4): 282-293.

[34] Liu, W. C., Wang, J. C. K., Ryan, R. M. (2016). Understanding motivation in education: theoretical and practical considerations[M]. In: Liu, W., Wang, J., Ryan, R. (eds) *Building Autonomous Learners*. Springer, Singapore: 1-7.

[35] Leenknecht, M. J., Wijnia, L., Loyens, S., & Rikers, R. (2017). Need-supportive teaching in higher education: Configurations of autonomy support, structure, and involvement[J]. *Teaching and Teacher Education*, (68): 34-142.

[36] Mutlu-Bayraktar, D., Cosgun, V., & Altan, T. (2019). Cognitive load in multimedia learning environments: A systematic review[J]. *Computers & Education*, (141), Article 103618.

[37] Newmann, F., Wehlage, G. G., & Lamborn S. D. (1992). The

significance and sources of student engagement[M]. New York: Teachers College Press: 11-39.

[38] Newmann, F. M. (1992). Student engagement and achievement in American secondary schools[M]. Teachers College Press: 243.

[39] Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J.(1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach[J]. *Journal of Educational Psychology*, 86(1): 122-133.

[40] 蒲秋钰(2022). 在线课程资源学习满意度的影响因素及提升策略研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 8-9.

[41] 覃红霞, 李政, 周建华(2020). 不同学科在线教学满意度及持续使用意愿——基于技术接受模型(TAM)的实证分析[J]. 教育研究, 41(11): 91-103.

[42] 齐丽娜, 许丽雅, 马素慧, 李丹, 窦娜(2021). 混合式教学模式下本科生学习投入在网络学习参与度与学习满意度间的中介效应[J]. 中国康复医学杂志, (10): 1283-1286.

[43] Sweller, J.(1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning[J]. *Cognitive Science*, 12(2): 257-285.

[44] Shadieff, R, Hwang, W. Y., Huang, Y. M., & Liu, T. Y.(2015). The impact of supported and annotated mobile learning on achievement and cognitive load[J]. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4): 53-69.

[45] Skinner, E. A., & Belmont, M. J.(1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year[J]. *Journal of Educational Psychology*, 85(4): 571-581.

[46] 孙志梅, 张屹(2020). 智慧课堂环境下独立学院学生课堂投入度及影响因素研究——以《大学生计算机基础》课程为例[J]. 中国教育信息化, (16): 11-15.

[47] 唐剑岚, 周莹(2008). 认知负荷理论及其研究的进展与思考[J]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版), 44(2): 75-83.

[48] Wang, C., Fang, T., & Miao, R.(2018). Learning performance and cognitive load in mobile learning: Impact of interaction complexity[J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(6): 917-927.

[49] 王超, 顾小清(2022). OMO教学的推进: 以中小学生在网学习参与意愿为切入点突破在线教学困境——基于技术接受模型的实证研究[J]. 现代教育技术, 32(2): 72-80.

[50] 王作伟(2016). 移动学习对大学生学习表现影响因素研究[D]. 东华大学: 20-21.

[51] 王冕, 贺斌, 祝智庭(2013). 微视频课程: 演变、定位与应用领域[J]. 中国电化教育, (4): 88-94.

[52] 温忠麟, 侯杰泰, 马什赫伯特(2003). 潜变量交互效应分析方法[J]. 心理科学进展, (5): 593-599.

[53] Wong, L., Tatnall, A., & Burgess, S.(2014). A framework for investigating blended learning effectiveness[J]. *Education+ Training*, 56(2-3): 233-251.

[54] 谢玲平(2022). 混合式教学模式下教育心理学的学习投入和学习满意度研究[J]. 兴义民族师范学院学报, (4): 59-63.

[55] 杨港, 戴朝晖(2021). 大学生英语在线学习投入维度构成及影响路径分析[J]. 外语与外语教学, (4): 113-123+150-151.

- [56] 尹睿, 徐欢云(2017). 在线学习投入结构模型构建——基于结构方程模型的实证分析 [J]. 开放教育研究, (4): 101-111.
- [57] 周媛, 韩彦凤(2018). 混合学习活动中学习者学习投入的研究 [J]. 电化教育研究, (11): 99-105.
- [58] 张屹, 郝琪, 陈蓓蕾, 于海恩, 范福兰, 陈珍(2019). 智慧教室环境下大学生课堂学习投入度及影响因素研究——以“教育技术研究方法课”为例 [J]. 中国电化教育, (1): 106-115.
- [59] 张思, 刘清堂, 雷诗捷, 王亚如(2017). 网络学习空间中学习者学习投入的研究——网络学习行为的大数据分析 [J]. 中国电化教育, (4): 24-30+40.
- [60] 张建波(2006). 认知负荷理论: 教学设计研究的新视角 [J]. 上海教育科研, (11): 51-53.
- [61] 赵涛(2021). 智慧技术支持下混合式学习模式建构与实践研究 [J]. 中国电化教育, (9): 137-142.
- [62] 赵佳悦, 曲建华(2020). 基于结构方程模型的大学生混合式学习投入实证研究 [J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 35 (1): 84-92.
- [63] 祝智庭, 彭红超(2020). 技术赋能的韧性教育系统: 后疫情教育数字化转型的新路向 [J]. 开放教育研究, (5): 40-50.

(编辑: 魏志慧)

The Moderating Effect of Cognitive Load on Learning Engagement Mechanisms in a Blended Learning Context

LI Shuang¹, HUANG Zhixia², CAI Caoyuan¹ & CHEN Xiaohui³

(1. School of Educational Technology in Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Shenzhen Futian Experimental Education Group Fulong School, Shenzhen 518000, China; 3. Yushan Road School of Licheng, Ji'nan 250000, China)

Abstract: *As blended learning has become an important component of the digital learning in the digital transformation of education in China, the increased cognitive load on students brought about by the rich media technology environment with blended learning has once again raised concerns. To explore the mechanisms of students' cognitive load on learning engagement in a blended learning context, this study used a survey instrument and collected 293 sets of data from students in a middle school. The study first used structural equation modeling to explore the mediating role played by the online learning behavior in psychological engagement affecting learning satisfaction. Then, it used multi-cluster analysis to examine the moderating role played by cognitive load. The findings reveal that online learning engagement is limited in blended learning contexts, and psychological engagement and online behavioral engagement have a significant positive effect on learning satisfaction. In addition, online behavioral engagement mediates the effect of psychological engagement on learning satisfaction and cognitive load moderates the mechanism of the effect of learning engagement on learning satisfaction by influencing the representation effect of online behavioral engagement on psychological engagement. For blended learning, this paper suggests strengthening the teaching presence to enhance the quality of online learning engagement, stimulating students' intrinsic learning motivation to promote psychological engagement through a needs-supportive teaching approach that meets students' three basic psychological needs, optimizing the design of online learning tasks and resources, and providing timely support based on dynamic learning tracking to ensure that students' cognitive load is maintained at an appropriate level to facilitate online learning, which can truly bring in the value of blended learning for education.*

Key words: *blended learning; cognitive load; learning engagement; learning satisfaction; structural equation*