

混合教学环境下 ICT 对学生统计学表现的影响

——基于 PISA2022 中国香港数据

石欣玥 陈隽*

福建农林大学计算机与信息学院

摘 要：教育数字化进程的加速推进，探究混合教学环境下信息通信技术（ICT）因素对统计学学生的学业表现影响具有重要的研究价值。本文基于国际学生评估项目（PISA）2022 年度中国香港地区的调查数据，采用多层线性模型，探究了学生层面及学校层面的 ICT 相关变量对学生统计学习成绩的多层次影响。结果表明，学生的 ICT 自我效能与学生成绩呈正相关，学生在课堂外以及课程期间使用 ICT 均表现出显著的倒 U 型关系；学校 ICT 可用性与 ICT 质量与学生的统计成绩负相关，教师的 ICT 使用同样表现出倒 U 型趋势；本文认为开展混合教学的教师应有效整合并适当应用 ICT 工具，混合教学应注重适度原则，开展家校合作以激发学生的学习潜力。

关键词：混合教学；ICT；统计学学业表现；HLM

混合教学作为教学方法的一个重要尝试正在兴起，教师主导的教学与数字技术的整合是混合式学习的标志^[1]。这与本文研究的混合学习环境下的 ICT 因素吻合，ICT 的开发是传统学习形式的补充，教师可以利用信息技术工具设计多样化的课堂活动来满足学生的个性化需求，增强了传统教育系统所注重的认知能力，同时提高了未来社会需要的个人情感和社会文化能力。

国际教育评估（PISA）的发展使学者能够探究学生和混合教育环境中各种因素之间复杂的相互作用。在 PISA2022 数学素养测试框架中，增加了包含数据收集、样本与抽样和机会与概率等与统计学密切相关的内容。学生的 ICT 使用情况也被纳入调研，为研究数字时代的教育变革提供了重要的实证依据^[2]。

一、问题的提出

学者利用国际大规模数据集积累了许多关于影响学生成绩的因素。如探究信息和通信技术的使用对学生素养的提升，对阅读素养、数学和科学成绩的影响等^[3-5]。以往的研究都是针对 PISA 的测试学科进行整体的分析，少有学者针对单一学科中的细分知识点进行具体分析。统计学作为 PISA 数学素养测试框架中额外增加的重点主题，尚未发现有学者对该主题进行分析。

统计学的发展与技术发展密切相关。ICT 的快速发展使得混合课堂中的统计教学更具吸引力和互动性。在统计课程中运用 ICT 技术可以更有效地揭示数据所传达的含义，显示其与现实世界相关性，营造灵活多变的学习环境，赋能个性化学习。数字技术为师生提

供了泛在、多元、智能化的教学与生态环境，教学开展更具启发性与开放性，有利于培育和提高学生创新创业思维与能力^[6]。如何有效地将 ICT 嵌入到混合教学环境中，促进学生的统计素养的提升是统计混合教学的一个重要部分，影响学生在混合学习环境中统计成绩的 ICT 相关因素也有待讨论。因此，本文重点关注以下三个研究问题：

1. 混合教学环境中学生层面的 ICT 相关因素对学生的统计成绩有哪些影响？
2. 混合教学环境中学校层面的 ICT 相关因素对学生的统计成绩有哪些影响？
3. 学生层面和学校层面的哪些 ICT 因素对学生的统计成绩跨水平调节作用？

二、数据与方法

（一）数据与变量

本文使用 PISA 2022 中国香港的数据。主要关注学生、老师、学校和 ICT 问卷。排除异常数据后，纳入中国香港共 5890 条数据。本文的因变量是学生在 PISA 2022 评估中的统计相关成绩，自变量是 ICT 相关因素及其二次项。具体变量如表 1 所示。

表 1 变量描述

变量	描述
ESCS	家庭社会经济地位
GENDER	性别
ICTSUBJ	课程期间使用 ICT
ICTENQ	使用 ICT 探究活动
ICTFEED	通过 ICT 获得支持反馈

(续表 1)

变量	描述
ICTOUT	用于课外活动
ICTINFO	在线实践
ICTWKDY	周中 ICT 的使用频率
ICTWKEND	周末 ICT 的使用频率
ICTREG	ICT 使用看法
ICTDISTR	对网络内容的困扰
ICTEFFIC	自我效能
ICTHOME	家可用的 ICT
ICTSCH	学校可用的 ICT
ICTQUAL	学校 ICT 质量
ICTOTL	教师 ICT 意识
TCICTUSE	教师 ICT 使用
ICTCOMP	教师 ICT 能力
ICTMATTC	数学数字资源的使用
SCHSIZE	学校规模
CLSIZE	教师规模

(二) 研究方法

本文选用数据结构处于多层嵌套的关系,即学习者层面变量嵌套于学校层面变量,采用 HLM 来考虑集群效应,能够避免传统回归分析方法所产生的聚合性偏差,提高数据分析结果精准度^[7]。因此本文使用多层线性模型来探究学生、学校层面因素对统计学表现的影响程度。模型的基本形式为:

$$Y_{ij}=\gamma_{00}+\gamma_{10}A_{ij}+\gamma_{01}B_j+\gamma_{11}(A_{ij}B_j)+u_{1j}A_{ij}+u_{0j}+e_{ij} \tag{1}$$

其中, Y_{ij} 表示在混合学习环境中 j 学校的学生 i 的统计表现; γ_{00} 代表混合模型的截距; $\gamma_{10}, \gamma_{01}, \gamma_{11}$ 分别

表示学生层和学校层的以及两者的交互效应; u_{0j} 为学生层自变量, B_j 为学校层自变量; u_{0j} 、 u_{1j} 和 e_{ij} 分别表示学校层面的随机截距、斜率和学生层随机残差。

(三) 数据处理

本文从 PISA2022 数据集中分别提取香港的学生、教师和学校层面的问卷数据,并使用 SPSS 27 进行合并;采用多重插补法对缺失数据进行插补,删除异常值,以保证数据质量;对连续变量进行标准化,分类变量进行虚拟变量处理。接着进行多层次分析,为了确保结果的可靠性,计算了相关变量的方差膨胀因子(VIF),排除多重共线性。建立模型后,使用 Q-Q 图检查两个层级的残差正态性和同方差性检验。

三、研究结果

在未纳入自变量前,先构建两层零模型以划分学生层与学校层的方差比例。结果显示,10 个 PV 值的 ICC 平均约为 0.35,ICC 大于 0.138 则表示高度的组内相关,必须考虑组间差异而使用 HLM^[8]。

模型 1 检验了模型的控制变量,性别、家庭经济地位、学校和班级规模与学生成绩之间存在显著的相关性。模型 2 加入了学生层面变量,发现课程期间、课外活动使用 ICT、和 ICT 自我效能与学生成绩呈正相关,而通过 ICT 获得支持反馈、ICT 使用频率、学生在线实践和对网络内容的困扰与成绩呈负相关。模型 3 加入了学校层面的变量,发现数学数字资源的使用对学生成绩的影响非常积极,而教师 ICT 使用和教师 ICT 意识,与学生成绩显著负相关。此外,学校 ICT 的质量与课程 ICT 使用的二次交互项以及 ICT 可用性与家庭 ICT 可用性的二次交互性也十分显著(表 2)。

表 2 HLM 模型结果

Variable	模型 1		模型 2		模型 3	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Student-level						
Gender	-12.533***	1.794	-18.677***	1.692	-19.175***	1.700
ESCS	4.853***	1.274	5.792***	1.270	5.734***	1.283
ICTHOME			-0.036	1.870	2.871	2.160
ICTHOME_q			-0.621*	0.305	-0.044	0.379
ICTSUBJ			1.947**	0.738	1.446	0.743
ICTSUBJ_q			-3.298***	0.829	-3.125***	0.815
ICTENQ			-1.030	1.141	-0.768	1.129
ICTENQ_q			-2.331**	0.808	-2.431**	0.796
ICTFEED			-11.543***	0.614	-11.498***	0.632
ICTFEED_q			2.331***	0.646	2.307***	0.663
ICTOUT			17.446***	0.888	17.150***	0.926
ICTOUT_q			-3.715***	0.504	-3.582***	0.482

(续表 2)

Variable	模型 1		模型 2		模型 3	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
ICTWKDY			-6.062***	1.503	-6.288***	1.475
ICTWKDY_q			-1.773***	0.534	-1.643**	0.525
ICTWKEND			-4.755***	0.980	-4.786***	0.965
ICTWKEND_q			-0.105	0.693	-0.136	0.677
ICTREG			2.071	1.236	1.777	1.291
ICTREG_q			-3.142***	0.428	-3.068***	0.439
ICTINFO			-1.622*	0.693	-1.682*	0.698
ICTINFO_q			0.963*	0.430	1.197*	0.492
ICTDISTR			-6.091***	1.160	-6.095***	1.156
ICTDISTR_q			1.847*	0.763	1.723*	0.760
ICTEFFIC			2.774**	0.989	2.651**	0.959
ICTEFFIC_q			-2.433***	0.267	-2.255***	0.252
School-level						
SCHSIZE	28.330***	0.966	25.053***	0.986	29.021***	1.150
CLSIZE	7.328***	1.219	6.837***	1.156	5.463***	1.276
ICTOTL					-8.579***	1.220
ICTOTL_q					-0.824	0.966
TCICTUSE					-1.596	1.072
TCICTUSE_q					-4.175***	0.450
ICTCOMP					2.084	1.500
ICTCOMP_q					4.692***	0.634
ICTMATTC					4.737***	1.317
ICTMATTC_q					-1.159**	0.372
ICTSCH					-7.764***	1.288
ICTSCH_q					-1.160***	0.171
ICTQUAL					-1.904**	0.729
ICTQUAL_q					-0.962*	0.425
ICTFEED_q:TCICTUSE					0.911	0.567
ICTHOME_q:ICTSCH					0.117*	0.055
ICTSUBJ_q:ICTQUAL					1.965***	0.461
ICTREG_q:ICTSCH					0.330	0.201

注：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$ 。

四、HLM 结果讨论

本文构建了 3 个逐步递进的多层线性模型。在三个模型中，性别对统计素养呈现显著负向影响，表明女生的统计素养得分普遍低于男生。这可能源于性别在 ICT 使用频率、信心及学科兴趣等方面的差异。家庭社会经济地位在所有模型中均呈显著正向作用。表明社会经济地位较高的学生可能更容易获得学习资源与家庭支持，从而提升其统计素养水平。

(一) 学生层影响因素

在学生层面，通过 ICT 获得反馈、信息使用与对

网络内容的困扰对学生成绩的影响均呈现显著的 U 型关系。学生在接受较少 ICT 反馈时可能因反馈质量不高、反馈延迟或缺乏个性化而产生困扰，抑制学习效果；而当 ICT 反馈达到一定频率与质量水平后，才能有效促进学生成绩的提升；在信息使用低到中等范围内，学生善于利用在线资料对学习具有增益效应，但当使用频率过高且缺乏筛选策略时，认知超载使得该变量对成绩呈递减趋势；处于低干扰水平的学生表现相对稳定，而中高程度的网络困扰会导致心理压迫与情绪低落，并最终拖累学业表现。ICT 课堂使用与课

外 ICT 活动使用均表现出显著的倒 U 型关系,表明适度使用 ICT 在课程教学与课外活动中可以增强学生参与和理解,但过度使用 ICT 资源会导致学生的表现下降。尽管技术可以增强学习潜力,但非指导性或过度使用会带来认知超载与分心,从而带来负面效果。自我效能感对成绩的影响亦为倒 U 型,说明过度自信可能反而带来松懈或错误判断。

此外,学生在周中与周末的 ICT 使用频率与学生成绩呈现负向关系,表明随着 ICT 的使用频率增加,学业表现显著下降,且边际损害递增。频繁使用智能设备可能会导致时间管理不善、干扰学习任务,使学生过度依赖技术,进而造成深度思考的缺失。同样地,使用 ICT 开展探究活动也表现为负向影响。尽管探究式学习理论上强调学生自主与批判性思维的提升,但不同学生在学习风格、认知水平和技术接受度上存在差异,单一的技术方案难以全面适配,这可能导致学生体验不佳、学习效果受限。因此使用 ICT 探究式活动时需配合明确结构与教师支持,才能转化为有效学习成果。

(二) 学校层影响因素

学生的学习成效不仅受其个人的 ICT 使用习惯影响,也与学校层面的 ICT 资源配置、教师使用等因素相关。

学校 ICT 可用性与 ICT 质量与学生成绩呈负相关,且在高水平上进一步加剧。学校仅提升信息技术质量,并不能自动转化为更好的学习成效。这可能是因为 ICT 资源没有有效的与课堂教学策略或教学设计相结合。ICT 的投入与学习成效之间并不存在简单线性关系。仅提升设备的质量和数量,并不会自动转化为学习收益。数量过多反而容易造成资源过剩,且学业成绩本就不好的学生更容易沉溺于信息技术的使用,用于学业的时间和精力就相对较弱^[9]。相较于单纯增加 ICT 设备数量或质量,学校应更关注如何通过课程设计、教学引导与教师培训,有效地将技术手段嵌入教学过程,从而实现真正的学习收益。学校对 ICT 的重视在高水平下对学生成绩具有正向影响。因此,学校层面要投入高质量 ICT 基础设施,增加教师实践机会,使教师具备准确评估和选择数字技术,并能在课堂中有效使用这些技术的能力,才更可能对学生学习效果产生正向影响。

学校层面的教师 ICT 使用变量与学生成绩之间表现出倒 U 型曲线特征。教师 ICT 和数学数字资源的使用在中等水平时与学生成绩正相关,而过高频率则导致学生学习表现变差^[10],密集的 ICT 使用会对学生造成认知负荷。尽管信息技术设备不断更新换代,但是

大多数中小学教师信息技术教学应用能力上仍停留在浅层次水平^[3],因此教师需加强信息技术的应用,为学生提供个性化支持与反馈,以充分发挥信息技术提升教育教学质量的正向效应。

笔者还发现,学校与学生变量之间存在显著的跨水平调节效应。课堂上使用 ICT 的二次效应可以对冲学校 ICT 质量的递减效应;家庭 ICT 资源可以调节学校资源可及性的负面影响,当家庭资源达到一定程度时,学校的 ICT 条件能显著放大其正面作用。家庭技术的访问对学生成绩具有补偿性影响,在技术匮乏的学校中与学生成绩显示出更强的正相关性^[11]。因此,教师在课堂应坚持目标导向,整合 ICT 资源使其紧密围绕学科知识与技能培养,在混合环境中为学生提供有效的技术丰富的活动,避免因过度或无效使用削弱学习效果。此外,针对家庭资源不足的学生,可以推动学校与家庭之间的资源联动,例如建立设备借用机制,为家长提供简短信息技术培训等,促进优质教育资源共建共享。

五、结语

本文使用 PISA 2022 中国香港数据,运用 HLM 探讨了与混合教学中与学生统计表现相关的 ICT 影响因素,为技术融合的统计课堂提供实证参考。学校在开展 ICT 教学时应遵守 ICT 适度原则,系统整合各种 ICT 相关元素,以充分发挥混合教学优势并实现教学优化。同时加强 ICT 投入与教师培训,为学生和教师提供更多高质量的 ICT 资源。开展混合教学的教师应在统计教学中合理且适度地引入 ICT,要加强学生的网络素养与心理健康教育,帮助学生提升应对在线风险的能力,减轻因对在线内容困扰带来的负面情绪,培养其 ICT 自我效能,促进学生学业发展。此外,家校应形成合力,共同建立一个可持续和有益学生学习的混合教学生态,以激发学生的学习兴趣,充分挖掘他们的学习潜力。

本文的研究也有一些局限性。PISA 数据是学生回答问卷,难以检验一些重要的和有争议的变量影响;数据的定量分析虽能揭示大数据蕴含的趋势,但可能忽略隐藏在背后的深层因素与重要细节导致解释层面的不足,因此相关结果的解读应保持审慎的态度。为深入揭示该现象背后的具体机制,后续建议结合定性与定量的方法进行探究。

参考文献:

- [1] Macaruso, P., Wilkes, S., & Prescott, J. E. An investigation of blended learning to support reading instruction in elementary schools[J]. Educational

- Technology Research & Development, 2020, 68(6): 2839 - 2852.
- [2] OECD. OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem, Paris: OECD Publishing, 2023.
- [3] 陈纯瑾, 顾小清. 信息技术提升了学生素养吗?——基于PISA2015数据的实证分析[J]. 开放教育研究, 2017, 23(3): 37-49.
- [4] 陈纯瑾, 郅庭瑾. 信息技术应用对数字化阅读成绩的影响——基于国际学生评估项目的实证研究[J]. 开放教育研究, 2016, 22(4): 57-70.
- [5] 顾小清, 王春丽, 王飞. 信息技术的作用发生了吗: 教育信息化影响力研究[J]. 电化教育研究, 2016, 37(10): 5-13.
- [6] 李沛豪. 数字化视野下毕业设计混合教学模式探索与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(26): 109-112.
- [7] 胡洁, 王美姝. 基于HLM模型的阅读素养影响效应研究——以我国四省市PISA 2018阅读素养数据为例[J]. 情报科学, 2022, 40(2): 127-132+140.
- [8] 梁茜, 皇甫林晓. 教师公平行为、学生表现何以影响学生公平感?——基于分层线性模型(HLM)的实证分析[J]. 教育科学研究, 2024(2): 42-50.
- [9] 罗晓晨, 张御龙, 雷佳瑜. ICT资源投入与ICT使用对学生学业成绩的影响——来自PISA2018评估项目的证据[J]. 教育进展, 2024, 14(5): 1159-1175.
- [10] 郭衍, 曹一鸣, 王立东. 教师信息技术使用对学生数学学业成绩的影响——基于三个学区初中教师的跟踪研究[J]. 教育研究, 2015, 36(1): 128-135.
- [11] Ghimire, N., & Regmi, S. ICT access and inequality in global reading achievement: Cross-level interactions and compensatory effects in PISA 2018. Journal of Education and Training Studies, 2025, 13 (3): 33-52.