

# 数字化背景下《概率论与数理统计》课程教学改革研究

万忠义

西南交通大学希望学院基础部, 四川 成都

收稿日期: 2026年3月9日; 录用日期: 2026年5月7日; 发布日期: 2026年5月15日

## 摘要

随着人工智能、大数据云计算这类新技术不断更新, 我国高等教育的数字化教学转型节奏正在加快。理工科和经济管理类专业都开设有《概率论与数理统计》这门核心基础课, 传统的教学模式已经难以适应当前社会对创新型、应用型人才的培养需求。本文的研究工作主要包含有: 梳理《概率论与数理统计》课程教学中的现存问题, 搭建的整体框架, 在智能教学资源建设、个性化学习路径设计、数据驱动评价体系构建、智慧教学平台应用这些方面开展实践探索和研究。通过为期两学年的准实验研究(采用“前测-后测”非等组设计, 并辅以协方差分析), 结果表明, 实验组课程平均成绩显著高于对照组, 及格率上升12个百分点, 学生整体满意度达88.3%, 学生的学习积极性和自主学习能力有了明显的提升。相关研究成果可以作为同类核心数学基础课程数字化教学改革的理论参考和借鉴。

## 关键词

《概率论与数理统计》, 数字化教学, 教学改革, 智慧教育, 实践研究

# Research on Teaching Reform of “Probability Theory and Mathematical Statistics” Course under Digitalization Background

Zhongyi Wan

Department of Basic Sciences, Southwest Jiaotong University Hope College, Chengdu Sichuan

Received: March 9, 2026; accepted: May 7, 2026; published: May 15, 2026

## Abstract

With the continuous advancement of technologies such as artificial intelligence, big data, and cloud

computing, China's higher education sector is accelerating its digital transformation in teaching methodologies. Core foundational courses like "Probability Theory and Mathematical Statistics" are offered across STEM disciplines and economics management programs, yet traditional teaching approaches struggle to meet contemporary demands for cultivating innovative and application-oriented professionals. This study focuses on: identifying existing challenges in teaching "Probability Theory and Mathematical Statistics", establishing an integrated framework, and conducting practical explorations in intelligent teaching resource development, personalized learning pathway design, data-driven evaluation systems, and smart teaching platform implementation. Through a two-year quasi-experimental study employing a "pre-test-post-test" non-randomized design supplemented by covariance analysis, results demonstrated that the experimental group achieved significantly higher average course grades than the control group, with a 12-percentage-point increase in pass rates and overall student satisfaction reaching 88.3%. Students also showed marked improvements in learning motivation and self-directed learning capabilities. These findings provide valuable theoretical references for digital teaching reforms in similar core mathematics foundational courses.

## Keywords

"Probability Theory and Mathematical Statistics", Digital Teaching, Teaching Reform, Smart Education, Practical Research

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高等院校的理工科、经济管理、医学等专业，都会开设《概率论与数理统计》这门核心基础课，它能帮助学生养成科学思维习惯，强化数据分析能力，锻炼逻辑推理和问题解决能力，这些作用其他课程无法替代[1]。同时，后续专业课程的学习以及开展科研、参与工程实践或是做数据分析工作，也都离不开这门课程的核心内容支持。过去很长时间，这门课的教学都是老师在课堂上单向讲授，学生大多只能被动接收知识，教学内容侧重理论推导和公式记忆，和实际应用场景结合不多，很难调动学生的学习兴趣 and 主动学习的动力，整体教学效果还需要改进。

从教育心理学视角审视，传统的概率统计教学存在明显的认知负荷失衡问题[2]。课程中大量的抽象概念、复杂公式和严谨推导，对于数学基础参差不齐的学生而言构成了较高的认知门槛。建构主义学习理论强调，知识不是被动接受的，而是学习者在一定的情境下，借助他人的帮助，利用必要的学习资源，通过意义建构的方式主动获得的[3]。此外，认知负荷理论指出，当学习材料的内在复杂性超出学习者的认知资源时，学习效果将大打折扣[4]。传统教学中大量抽象概念的同步呈现，无疑加重了学生的内在认知负荷。同时，自我决定理论也提醒我们，当学生的学习自主性、胜任感等基本心理需求得不到满足时，其内在学习动机将难以维持[5]。因此，改革传统的灌输式教学模式，构建以学生为中心的主动学习环境，成为提升教学质量的必然选择。

人工智能、大数据、云计算、物联网这些技术是数字化教学的核心支撑，用这些技术开展数字化教学时，会把整个教学流程全方位往智能化方向调整，能给学生精准推送合适的教学资源，智能诊断他们的学习状态，用科学方式评价教学效果，还能靠数据支撑教学决策[6]。行业标准先后出台，给教育数字

化转型奠定了能力框架和实施规范[7]。现在开展《概率论与数理统计》的数字化教学改革研究，不管是理论层面还是实践层面，价值都比较大。

为了给高校数学基础课程的数字化教学转型提供可复制、可推广的经验，笔者会先找到数字化教学技术和概率统计课程深度融合的可行办法，再搭建符合当代人才培养要求的教学模式，最后开展教学实践看看改革的实际效果。

## 2. 课程教学现状与问题分析

### 2.1. 教学内容与实际需求脱节

在《概率论与数理统计》这门课程的传统教学中仍存在着一些不足，一是把太多精力放在理论推导和公式背诵上，二是教材内容更新缓慢，三是和实际应用场景的联系比较弱。这些问题让学生没法把学到的知识和现实中的问题关联起来，搞不清这门课的实用价值，学习动力也提不起来。作为一门实践性较强的学科，概率统计的理论发展始终与实际需求紧密相关，在金融风险控制、医疗统计分析、工程优化设计、基因组数据分析等诸多领域都有广泛运用[8]。然而，当前的教学模式仍以经典理论为核心，很少引入贝叶斯推断在机器学习中的应用、蒙特卡洛模拟在工程优化中的实践、随机过程在金融建模中的具体案例等现代应用内容，这使得学生难以真切体会到该学科的时代价值与实际意义。

### 2.2. 教学方法单一，课堂互动不足

当前课程主要的教学方式为“板书 + PPT”的传统模式，教师全程单向讲授知识点，学生处于被动听取，课堂上没有设计足够的互动环节，学生参与的积极性很低。这类教学形态没法贴合不同基础水平学生的学习需求，也无法及时摸清学生的学业状态。不少学生反馈，上课的时候跟不上老师的讲课进度，课后复习找不到切入点，学习上的困难越积越多，最后陷入恶性循环。

对学生个体差异的忽略，也是教学方法单一的一种表现同一个班的学生，数学基础、学习能力、兴趣爱好都有不同，但传统教学用统一标准要求所有人，没办法针对不同学生的特点开展有区别的数学教学基础弱的学生，通常跟不上课堂的教学节奏，而学有余力的学生，会觉得所学内容太简单，得不到有难度的学习机会学生当中出现的“吃不饱”和“赶不上”的明显的矛盾，很大程度上限制了教学效果的提高。

### 2.3. 教学评价方式滞后，反馈不及时

在传统《概率论与数理统计》教学评价体系中，期末考试通常被作为核心评估环节，其考试成绩占比往往超过 70%。然而，这种考核模式难以全面反映学生的学习历程及能力的发展变化。同时，现有的考核模式也缺乏对学生学习行为的持续追踪与即时反馈机制，导致教师无法基于学生的实际情况灵活调整教学策略，学生也难以精准识别自身薄弱点以便进行针对性提升。同时，采用“一考定成绩”的评价方式，容易使学生平时疏于学习，仅在考前集中突击复习，致使知识掌握不扎实，综合能力提升有限。究其核心，问题在于形成性评价的缺失[9]。这种评价要求在整个学习过程中持续收集学习信息，并及时实现师生双向反馈。而在传统教学模式下，师生之间的信息传递存在障碍，教学优化缺乏数据支撑，使得评价无法发挥诊断与导向的作用。

## 3. 数字化教学改革框架设计

针对上述问题，本研究构建了数字化教学改革框架“资源 - 平台 - 评价”三位一体的数字化教学改革框架，从教学资源建设、学习方式变革、评价体系重构三个维度系统推进课程改革[10]。

### 3.1. 构建多元化智能化教学资源库

以智慧教学平台为基础,本文搭建起一套多元教学资源体系,具体包含课程视频、虚拟实验、案例库、习题库、知识图谱。微课形式被用于课程视频制作,单个知识点被拆解为5至10分钟的短视频,每个视频仅围绕一个核心概念或方法,学生可利用碎片化时间完成学习。为了增强教学的直观性和趣味性,本文制作视频时结合了真人出镜、动画演示和软件操作三种方式。现在,本文已经完成120多个微课视频的制作,这些视频覆盖了全部教学内容,总时长超过20小时。

这次改革最突出的地方,就是引入了虚拟实验平台。这个平台包含随机模拟、数据可视化、概率分布交互演示等多项实用功能,学生调整不同的参数后,就能观察概率分布的具体变化规律,原本抽象的统计概念也就变得直观易懂了。拿中心极限定理的讲解来说,学生通过平台开展模拟实验,能看到样本均值的分布,会随着样本量的增多逐渐接近正态分布,这样就能搞懂定理的核心内涵。我们搭建的案例库,收录了50多个来自金融风控、医疗统计、质量管理等领域的真实案例,每个案例都包含问题背景、数据描述、分析过程和结论讨论,能让课程的应用性和实践性得到增强。

资源建设的各项内容中,还有个做得比较好的部分,就是搭建知识图谱。本文先把课程里各个知识点的逻辑关系理清楚,再搭建出覆盖概率论与数理统计所有核心概念的知识图谱,帮学生建立系统化的知识框架。这套知识图谱会呈现知识点的先后学习顺序,同时标注每个知识点的难度等级和重要程度,这些都能成为个性化学习推荐的结构化知识基础。

### 3.2. 实施个性化自适应学习路径

为了给学生提供个性化学习推荐,本文借助学习分析技术,先收集学生的多项学习行为数据,像视频观看时长、习题完成情况、测试成绩、学习路径这些,再用机器学习算法分析学生的学习特点,搭建起包含知识水平、学习风格、兴趣偏好等不同维度的学生画像。拿到学生画像的信息后,系统会先匹配学生的知识水平、学习风格、兴趣偏好等维度,再给学生推送合适的学习资源,布置对应的学习任务。

学生基础不扎实的话,系统就给他们推前置知识复习视频、基础练习题这些巩固内容;要是学生已经吃透现有知识还有余力,系统就给他们进阶案例分析、学术前沿介绍这类拓展内容。系统还能根据学生的答题情况动态调整题目难度:连续答对的学生,后续遇到的题目会逐步变难;答错较多的学生,系统会降低题目难度,还推送相关知识点的复习材料。这种针对不同学生定制的学习安排,能保证每个学生都在自己的“最近发展区”内获得最佳学习效果。从理论层面看,该设计精准回应了认知负荷理论的要求——通过知识图谱将复杂知识结构化,降低内在负荷;通过自适应推荐按需呈现内容,控制外在负荷;同时,尊重学生个体差异并提供选择权,也契合了自我决定理论中对自主性心理需求的满足。

自适应学习系统的核心功能,全靠一套基于项目反应理论的智能选题算法来支撑。这套算法先获取学生能力水平的估算结果,再从题库里挑出信息量最大的题目,完成学生的能力评估和学习诊断。针对学生知识掌握的状态,系统会用知识追踪模型不断更新估算结果,给个性化学习路径规划提供精准的决策依据。

### 3.3. 建立数据驱动的多元评价体系

修改“一考定成绩”传统模式,构建过程性评价与终结性评价相结合的多元评价体系。通过智慧教学平台实时采集学生的学习行为数据,包括视频观看时长、习题完成情况、课堂互动参与度、讨论区发言质量等,形成全方位的学习档案。各项评价指标及其权重如表1所示。

**Table 1.** Course grade composition and evaluation indicators**表 1.** 课程成绩构成及评价指标

评价维度	权重	具体指标
过程性评价	40%	视频学习完成度、作业完成情况、课堂互动参与度
阶段性测试	20%	章节测试、期中考试
实践应用	15%	案例分析报告、虚拟实验完成度
期末考核	25%	期末闭卷考试

基于大数据分析，系统能够及时发现学习困难学生并向教师发出预警，便于教师进行针对性辅导。预警指标包括：连续一周未登录学习平台、作业完成率低于 50%、测试成绩连续下降等。同时，学生可以通过学习仪表盘实时查看自己的学习进度、能力雷达图和成绩预测，实现自我监控和自我调节，培养自主学习能力。

推行多元评价体系后，考核模式不再单一，学生也从只盯着考试结果，转向重视日常的整个学习过程。学生平时在学习上的付出，会因为加入了过程性评价得到及时反馈与肯定，学习的主动性也会提升。积累的评价数据能为教学优化提供重要依据，帮助教师做出有实际支撑的教学调整。

## 4. 教学实践与效果分析

### 4.1. 研究设计与实施过程

本次研究采用“前测 - 后测”非等组准实验设计，研究对象是某高校 2023 级和 2024 级的理工科专业学生。286 名 2023 级学生被划归对照组，采用传统教学模式；312 名 2024 级学生被划归实验组，采用数字化教学模式。为控制历史效应等干扰因素，两组学生在同一学期由同一教师团队授课，且教学内容、教学大纲保持一致。对比两组学生的入学数学成绩(前测)、专业分布等情况，经独立样本  $t$  检验，两组前测成绩无显著差异( $t(596) = 0.72, p > 0.05$ )，说明他们具备可比性。在分析后测成绩时，本研究采用单因素协方差分析，以入学数学成绩为协变量，排除初始差异对结果的潜在影响。为期两个学期的教学改革，覆盖了《概率论与数理统计》的全部教学内容。

在研究分析环节，本文结合量化数据与质性资料，采用的是混合研究法。具体来看两类资料的构成，量化类有学生成绩、平台使用数据、问卷调查结果等，质性类则有学生访谈记录、教师反思日志、课堂观察笔记等。为让研究结论既可靠又有效，本文会对多源数据开展三角验证。

### 4.2. 学生学习兴趣与主动性提升

教学改革落地后，笔者开展问卷调查收集学生反馈。回收的数据显示，85% 的学生觉得数字化教学模式让自己学习兴趣提升，78% 的学生称自己更乐意主动学习，82% 的学生表示当前学习效果更好。学生每周人均访问智慧教学平台资源 3.5 次，较改革前提升 120%。学生每人每学期使用虚拟实验平台的平均时长为 12 小时，对这类交互式学习工具的接受度比较高。

对比两组学生的自主学习情况，实验组有 76% 的学生能完成课前预习，比对照组的 42% 高出很多；实验组课后及时复习的学生占 68%，对照组这一比例只有 35%。卡方检验结果显示，两组在课前预习和课后复习行为上的差异均达到统计学显著水平( $\chi^2(1) = 71.23, p < 0.001$ )。数字化教学模式能让学生更主动地学习，还能帮他们养成好的学习习惯，这从两组数据的差异里就能看出来。再看学生使用平台的时间分布，晚上 8 点到 10 点是使用高峰，学生更愿意利用课余时间开展自主学习，和传统课堂学习能形成不

错的互补。为进一步揭示“为何有效”，本研究对学生访谈记录、课堂观察笔记等质性资料进行了系统的主题分析。分析结果归纳出三个核心主题：1) 可视化与交互性降低了认知门槛：学生普遍反馈，“虚拟实验让抽象公式‘活’了起来”，“反复看视频让我能按自己的节奏消化难点”；2) 即时反馈与个性化推荐增强了学习掌控感：“系统推送的题目刚好是我没掌握的，做对了很有成就感”，“成绩预测让我知道自己哪里需要加强”；3) 数据预警促进了精准帮扶：教师日志中提到，“系统预警让我能及时发现跟不上的学生，并给予针对性辅导”。这些发现从学习者视角印证了数字化教学模式的内在作用机制。

### 4.3. 课程成绩显著提升

我们把实施数字化教学改革的实验组，和用传统方式教学的对照组学生期末成绩比一比，会发现推行新教学模式后，课程的教学质量确实有了提升。具体数据显示，实验组的课程平均成绩是 81.6 分，比对照组的 72.3 分高出 9.3 分。以入学数学成绩为协变量的协方差分析结果显示，组别对期末成绩的主效应显著( $F(1,595) = 48.36, p < 0.001, \eta^2 = 0.075$ )，表明在控制了初始差异后，数字化教学模式仍显著提升了学生学业表现。及格的学生占比也从 82% 升到 94%，涨了 12 个百分点。另外，成绩的分布情况也更合理，90 分以上的学生占比从 8% 提升到 18%，80 至 89 分的学生占比从 25% 提高到 38%。推行这种教学改革后，基础薄弱的学生成绩有了进步，成绩优异的学生也能进一步提升自身水平。两组学生成绩分布对比如图 1 所示。

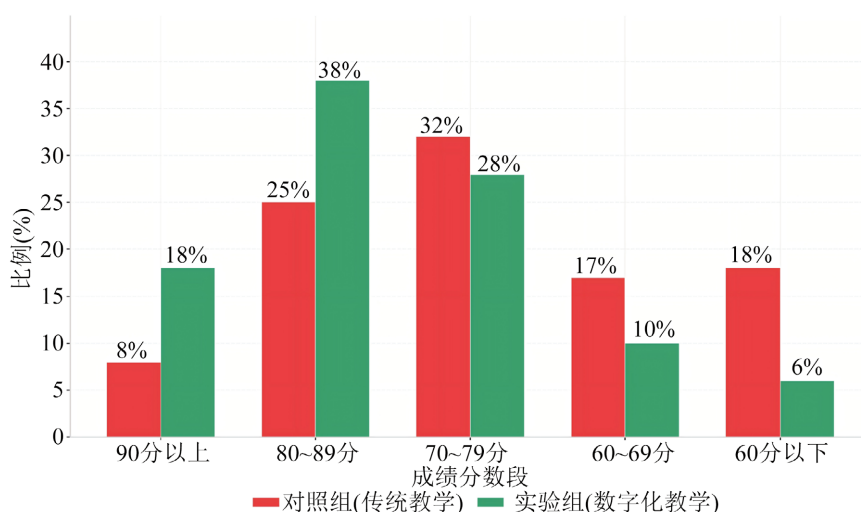


Figure 1. Comparison of academic performance distribution between the two groups

图 1. 两组学生成绩分布对比

学生成绩能提上来，本质是学习效率有了实际的改善。实验组学生的行为和表现都被平台记录了下来，他们针对重难点知识点的视频平均观看 2.3 次，靠重复观看解决了学习难点；期初习题正确率 58%，期末 76%，学生对知识的掌握程度有了提升。这些数据印证了数字化教学在促进深度学习方面的积极作用。

### 4.4. 学生满意度调查

学期末对实验组 312 名学生进行满意度调查，采用 5 点李克特量表进行测量。结果显示，学生对数字化教学的整体满意度达到 88.3%，其中对教学资源丰富度、学习便捷性、互动反馈及时性等方面的满意度均超过 85%。具体满意度数据如表 2 所示。

**Table 2.** Results of student satisfaction survey (N = 312)**表 2.** 学生满意度调查结果(N = 312)

评价项目	满意度	主要反馈
教学资源丰富度	91.2%	视频清晰、案例实用、习题针对性强
学习便捷性	89.7%	随时随地可学习、支持移动端访问
互动反馈及时性	87.5%	答疑响应快、反馈及时有效
个性化推荐	85.3%	推荐内容较准确、符合学习需求
虚拟实验体验	86.8%	直观易懂、增强理解
整体满意度	88.3%	愿意继续采用该模式

在开放式问卷中,学生给出了积极的反馈:“可以反复观看视频,直到理解为止”“系统推荐的习题很有针对性,正好是我薄弱的地方”“能随时查看自己的学习进度,很有成就感”“虚拟实验让抽象的概念变得直观易懂”。这些反馈表明,数字化教学模式得到了学生的广泛认可。

## 5. 存在问题与改进方向

数字化教学改革在各校推进后,已有积极变化,不过实际操作时,也出现一些问题,之后得在工作里持续优化。

有部分教师运用数字技术开展教学的能力还有不小的提升空间。学校开展了多轮培训,可还是有部分教师没法熟练操作智慧教学平台的高级功能,没法把平台的数据分析、智能推荐作用充分发挥出来,让教学效果打了折扣。之后要搭建长期稳定的教师培训体系,帮教师完善信息素养,增强数字化教学能力。

另外,教学资源需长期保持优化目前在用的微课视频,数量和质量都没法完全满足教学需求,有些知识点的视频讲解不够透彻,案例库的覆盖范围还得再拓宽。之后打算引入更多行业真实案例,特别是和人工智能、大数据等前沿技术相关的应用案例,增强课程的时效性和吸引力。

我们必须关注数据隐私和安全方面的问题。开展学习分析工作时,会采集并处理大量学生的个人数据,怎么既保护好学生隐私又充分利用这些数据,这是得深入研究的内容。接下来的工作里,我们会优化数据安全机制,搭建健全的学习数据管理制度,确保数据使用符合规定且没有安全风险。

最后,谈及数字化教学的长效推进机制,目前仍存在优化空间,有待进一步健全完善。诸如智慧教学平台的日常运维、教学资源的持续迭代更新、教师的定期系统化培训等核心工作,都离不开稳定的经费保障与健全的制度支撑。学校可以把数字化教学改革放进教学质量工程的整体安排里,设立长期稳定的投入机制,让改革成果能不断深化,还能在更多教学场景中应用。

## 6. 结论与展望

《概率论与数理统计》课程数字化教学改革是高等教育数字化转型中的一项重要教学实践内容探索。本研究构建了“资源-平台-评价”三位一体的数字化教学改革框架,通过建设多元化智能化教学资源、实施个性化自适应学习、建立数据驱动的多元评价体系,有效解决了传统教学中存在的教学内容与实际需求脱节、教学方法单一、教学评价方式滞后等问题。为期两学年的准实验研究(采用前测-后测设计,辅以协方差分析)表明,数字化教学改革显著提升了学生的学习兴趣 and 主动性,在控制入学成绩差异后,实验组期末平均成绩仍显著高于对照组,课程平均成绩提高 9.3 分,及格率提升 12 个百分点,学生整体满意度达到 88.3%,得到了学生的普遍肯定。

数字化教学改革不是单一环节的调整,而是覆盖多方面的系统工作,得靠学校、教师、技术团队等多方一起配合推进。未来,人工智能技术的持续进步,尤其是大语言模型、知识图谱这类技术逐步成熟后,数字化教学就会展现出更智能、更贴合个人需求、更精准的特征。另外,本文要接着把教学改革往更深层次推进研讨工作,持续优化数字化教学模式,尝试落地人工智能助教、智能答疑系统等新技术,助力培育具备创新意识和实操能力的高素质人才。

展望未来,生成式人工智能技术的进步,给数字化教学找到了新的前进路径。靠大语言模型搭建的智能助教,能全天不间断给学生准备贴合个人需求的学习答疑服务;靠知识图谱搭建的智能导学系统,能帮学生规划最适合的学习路线,用多模态学习技术搭建的智能评测系统,能更全面地评定学生的能力成长情况。这些走在行业前列的技术跟课程教学环节的配合与结合,能推进数字化教学发展到更高水平,还能持续给高等教育质量提升注入动力。

## 基金项目

1) 西南交通大学希望学院第一批数智化教学改革项目“《概率论与数理统计》课程的数智化教学改革与实践研究”(西交希望[2025]137号); 2) 四川省现场统计学会项目“数字化背景下基于OBE理念的《概率论与数理统计》课程教学改革实践研究”(2024JG0221)。

## 参考文献

- [1] 陈丽, 郑勤华, 徐亚倩. “互联网+教育”: 知识观革命与关键机制探析[J]. 现代远程教育研究, 2023, 35(2): 3-12.
- [2] Sweller, J. (1988) Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, **12**, 257-285. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)
- [3] 何克抗. 建构主义——革新传统教学的理论基础[J]. 电化教育研究, 1997, 18(3): 3-9.
- [4] Paas, F. and Sweller, J. (2012) An Evolutionary Upgrade of Cognitive Load Theory: Using the Human Motor System and Collaboration to Support the Learning of Complex Cognitive Tasks. *Educational Psychology Review*, **24**, 27-45. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9179-2>
- [5] Deci, E.L. and Ryan, R.M. (2000) The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, **11**, 227-268. [https://doi.org/10.1207/s15327965pli1104\\_01](https://doi.org/10.1207/s15327965pli1104_01)
- [6] 祝智庭, 胡姣. 智能教育的发展趋势与关键特征[J]. 开放教育研究, 2022, 28(1): 13-25.
- [7] 教育部关于发布《教师数字素养》教育行业标准的通知[EB/OL]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-02/21/content\\_5742422.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-02/21/content_5742422.htm), 2022-11-30.
- [8] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [9] Black, P. and Wiliam, D. (1998) Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, **5**, 7-74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- [10] 杨现民, 骆娇娇, 刘雅馨. 数据驱动教学: 大数据时代教学范式的新走向[J]. 电化教育研究, 2022, 43(6): 5-13.