

看见统计学：AI赋能概率论核心概念的动态可视化教学研究

刘倩

西安电子科技大学数学与统计学院，陕西 西安

收稿日期：2026年5月22日；录用日期：2026年6月23日；发布日期：2026年6月30日

摘要

概率论与数理统计是高校数学与统计学核心课程，概念抽象、逻辑严谨、公式复杂。传统课堂教学难以实现教学过程的直观化、过程化，缺乏与学生的有效互动。本文以生成式AI工具豆包为技术支撑，依托HTML、JavaScript、Canvas构建跨平台动态可视化网页应用，选取概率论中依概率收敛与数列收敛、泊松分布与指数分布、二维正态分布及其边缘、条件分布三大教学难点，设计可交互、可调控、可模拟的动态演示系统，实现抽象概念“看得见、摸得着、可探究”的教学革新。实践表明，这种模式可以有效降低认知难度、强化概念辨析、提升学生学习兴趣与思维深度，为新时代概率论课程的数字化、智能化教改提供可复制的实践路径。

关键词

概率论，动态可视化，豆包，HTML交互应用，教学改革

Seeing Statistics: AI-Enabled Dynamic Visualization Teaching Research on Core Concepts of Probability Theory

Qian Liu

School of Mathematics and Statistics, Xidian University, Xi'an Shaanxi

Received: May 22, 2026; accepted: June 23, 2026; published: June 30, 2026

Abstract

Probability Theory and Mathematical Statistics serves as a core compulsory course for mathematics

文章引用：刘倩. 看见统计学：AI赋能概率论核心概念的动态可视化教学研究[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 1554-1561.
DOI: 10.12677/ae.2026.1661291

and statistics majors in institutions of higher education. Nevertheless, its highly abstract concepts, rigorous logical reasoning and intricate mathematical formulas pose major challenges to conventional teaching, which struggles to visualize and contextualize the teaching process and lacks effective interaction with students. Supported by the generative AI platform Doubao, this study develops cross-platform dynamic visual web applications via HTML, JavaScript and Canvas. Targeting three key difficult teaching contents—convergence in probability and sequence convergence, the linkage between Poisson distribution and exponential distribution, and two-dimensional normal distribution along with its marginal and conditional distributions. We construct an adjustable, interactive and simulation-based dynamic demonstration system. This innovative approach enables abstract probabilistic concepts to be visualized, operable and exploitative. Practice shows that this teaching mode can effectively reduce cognitive difficulty, strengthen conceptual discrimination, and enhance students' learning interest and thinking depth. It provides a replicable practical path for the digital and intelligent teaching reform of Probability Theory courses in the new era.

Keywords

Probability Theory, Dynamic Visualization, Doubao, HTML Interactive Application, Teaching Reform

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

在教育数字化转型与新工科、新文科建设深度推进的背景下，概率论与数理统计作为高校数学类核心基础课程，既是培养学生随机思维、数据处理能力与科学建模素养的关键载体，也是连接数学理论与各专业实践应用的重要桥梁[1][2]。随着人工智能、大数据技术在教育领域的深度融合，传统概率论教学模式已难以适配现代化人才培养需求，课程教学改革迫在眉睫。

人工智能技术与可视化教学理论不断发展，为破解概率论抽象概念教学难题提供了坚实的技术支撑与理论依据。从技术基础来看，动态交互可视化技术、AI 智能建模与模拟技术、数据实时技术的成熟，能够实现概率论核心概念的动态化、直观化呈现，精准构建随机过程模拟、分布形态动态演变、收敛过程可视化交互模型，将抽象的公式、定理转化为可操作、可观察、可交互的动态画面[3]。同时，程序设计以简化界面布局、简化交互操作、分层呈现信息以及强化知识关联为准则，在动态模拟过程中同步标注数理定义等内容，引导学生将视觉现象与课本理论相结合，提升有效关联认知负荷，实现深度学习。

传统教学以板书、PPT 静态呈现，缺乏动态过程、交互操作、对比辨析，学生易“记公式、忘本质”。本研究立足概率论课程教学实际痛点，以 AI 技术为核心赋能手段，以动态可视化为教学改革切入点，围绕数列收敛与依概率收敛、泊松分布与指数分布、二维正态联合边缘条件分布三大核心概念，开展系统化教学改革研究。以三大难点为案例，用豆包生成交互式 HTML 网页应用，实现四个功能：动态过程演示、参数实时调控、对比可视化以及数据与图形联动。

2. AI 驱动的动态可视化设计框架

AI 驱动的概率论核心概念动态可视化设计框架以科学性、交互性、对比性、轻量化为核心原则，在教学呈现与技术实现之间建立精准平衡。一方面，要求可视化内容严格契合数学定义、分布性质与极限

逻辑，确保每一处动态演示都与理论本质一致，避免对学生产生概念误导；另一方面，交互性通过参数滑块、启停动画、分步演示与一键重置等功能，赋予学生自主调控变量、观察过程变化的主动权，让抽象概念在操作中具象化。最终，通过对比性，将易混淆概念(如数列收敛与依概率收敛、泊松分布与指数分布)并排呈现，同步展示参数变化下的形态差异，帮助学生直观辨析核心区别。这种动态可视化设计，浏览器可直接打开运行，既降低课堂部署门槛，也方便学生课后自主探究。

设计框架的实现流程遵循“指令驱动 - 代码生成 - 优化验证 - 场景落地”的完整路径：首先完成提示词设计，精准明确教学目标、交互功能、可视化形式与布局风格，为 AI 生成代码提供清晰指令边界；其次依托豆包等大语言模型自动生成包含 HTML 结构、JS 交互逻辑、Canvas 绘图与公式渲染的完整前端代码，快速实现核心可视化效果；随后进入调试优化阶段，重点修正数值计算精度、优化动画流畅度、调整界面美观度，确保教学演示的稳定性与易用性；最终通过生成网页链接或二维码完成课堂部署，支持教师课上实时演示、学生课下自主探究，实现教学场景的全覆盖与教学效果的延伸。

3. 三大核心概念动态可视化案例设计与实现

3.1. 案例一：依概率收敛 vs 数列收敛(辨析型可视化)

数列收敛与依概率收敛本质上存在确定性收敛与随机性收敛的本质差异，传统教学仅通过公式推导、文字定义讲解，学生极易混淆两者的收敛逻辑、收敛条件与极限意义，无法理解随机现象中收敛的概率内涵。

3.1.1. 教学难点

数列收敛(确定性): $\forall \varepsilon > 0, \exists N, n > N \Rightarrow |a_n - a| < \varepsilon$ 对所有项成立；

依概率收敛(随机性): $\forall \varepsilon > 0, \lim_{n \rightarrow \infty} P(|X_n - c| < \varepsilon) = 1$ 允许例外，仅概率趋于 1；

认知混淆: 学生常将“概率趋于 1”等同于“所有样本都收敛”。

3.1.2. 可视化功能(HTML 网页)

双图并列: 上 = 数列收敛(确定性)；下 = 依概率收敛(随机序列)；

ε 滑块: 同步调整 ε ，观察 N/P 的变化；

动画控制: n 逐步增大，动态描点；

视觉编码: 数列：蓝点全部落入 ε 带；

依概率: 红点(例外点，概率渐小) + 蓝点(落入带内)；

数值面板: 实时显示 ε 、N、P ($|f_n - p| > \varepsilon$) 的数值。

3.1.3. 可视化功能基础概念辨析对比提示词

请生成一个可直接运行的 HTML 网页，实现概率论中频率依概率收敛与数列收敛的动态可视化对比，满足以下要求：

- 1) 页面分为上下两部分，上侧展示数列收敛动态过程，下侧展示依概率收敛动态过程；
- 2) 加入参数 ε 调节滑块、动画开始/暂停/重置按钮，可实时调节参数并观察收敛变化；
- 3) 数列收敛：展示确定性数列趋近于常数的过程，所有点均落入 ε 邻域内；
- 4) 依概率收敛：展示随机序列趋近于常数的过程，标注例外点，试验总次数 N 可指定数值，真实概率 p 可指定数值，显示当前频率、偏差 $|f_n - p|$ 、当前频率是否超出 $|f_n - p| > \varepsilon$ 、累计超出次数、概率近似值 $P(|f_n - p| > \varepsilon)$ ；
- 5) 为了提高程序运行速度，设置加速倍数输入框；
- 6) 页面简洁清晰，标注数学定义，代码注释完整，无外部依赖，浏览器直接打开即可运行。

3.1.4. 动态可视化结果

对数列收敛与依概率收敛这两类收敛性完成了动态比对，结果如图 1 所示。

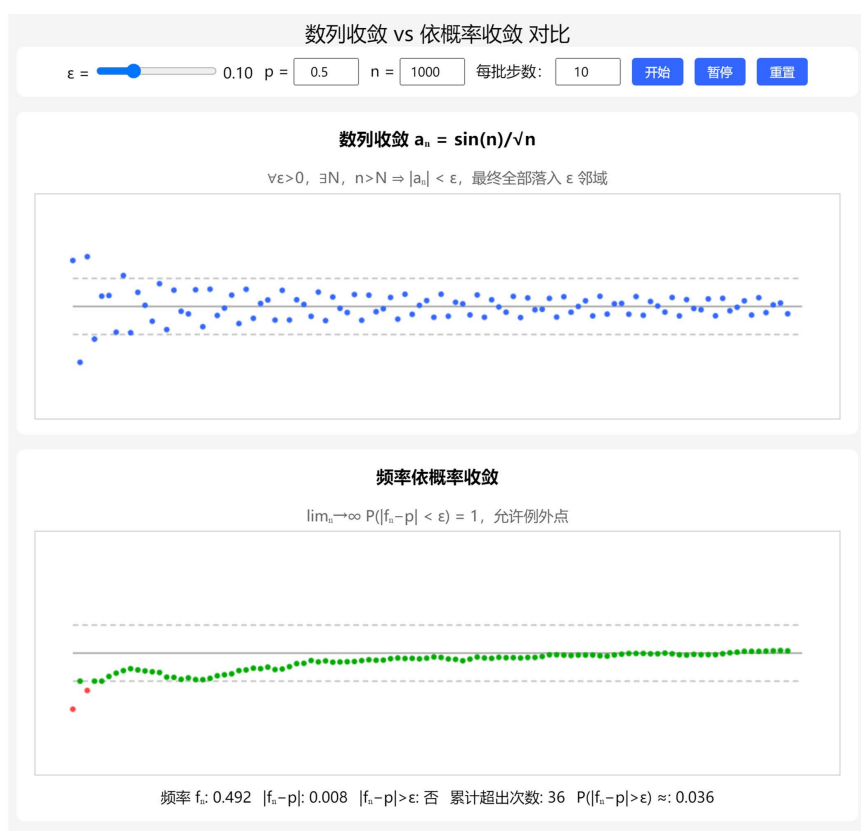


Figure 1. Comparison between sequence convergence and convergence in probability
图 1. 数列收敛与依概率收敛对比

3.1.5. 教学价值

直观辨析：一眼看懂“确定性所有项”vs“随机性例外概率趋零”；

过程理解： ε 越小， N 越大、例外概率越小；

破除误区：明确依概率收敛 \neq 样本轨道逐点收敛。

3.2. 案例二：泊松分布与指数分布(关系型可视化)

泊松分布与指数分布作为描述随机事件发生规律的核心分布，二者存在紧密的内在关联，传统教学割裂分布定义、公式与应用场景，学生难以把握分布的几何特征、参数意义及相互转化关系，无法建立完整的分布认知体系。

3.2.1. 教学难点

对偶性：泊松(单位时间事件数) \leftrightarrow 指数(事件间隔)为同一泊松过程的两面；

无记忆性： $P(X > s + t | X > s) = P(X > t)$ ，学生难理解“已等待不影响剩余”；

参数 λ ：速率参数，同时控制两个分布的形态。

3.2.2. 可视化功能(HTML 网页)

二联面板：

泊松分布(离散柱状): $\lambda =$ 单位时间平均次数;

指数分布(连续曲线): $\lambda =$ 速率, 均值 $= 1/\lambda$;

λ 滑块: 同步改变两分布形态;

无记忆性演示: 截取 t_0 后段, 分布形状不变;

统计量实时显示: 均值、方差、理论值/模拟值对比。

3.2.3. 一维随机分布关系类提示词(泊松分布与指数分布)

请生成一个独立运行的 HTML 网页, 实现泊松分布与指数分布的联动动态可视化, 核心功能如下:

- 1) 页面包含三个模块: 泊松分布柱状图、指数分布概率密度曲线;
- 2) 设置 λ 参数滑块, 同步调节两个分布的形态, 实时显示均值、方差理论值;
- 3) 加入无记忆性演示按钮, 直观展示指数分布无记忆性特征;
- 4) 标注两个分布的定义、公式;
- 5) 居中主标题: 泊松分布与指数分布联动可视化, 且坐标标签齐全;
- 6) 代码采用 HTML + JavaScript + Canvas 实现, 格式规范, 运行流畅, 适配电脑端展示。

3.2.4. 动态可视化结果

对泊松分布与指数分布的关系完成了联动可视化, 结果如图 2 所示。

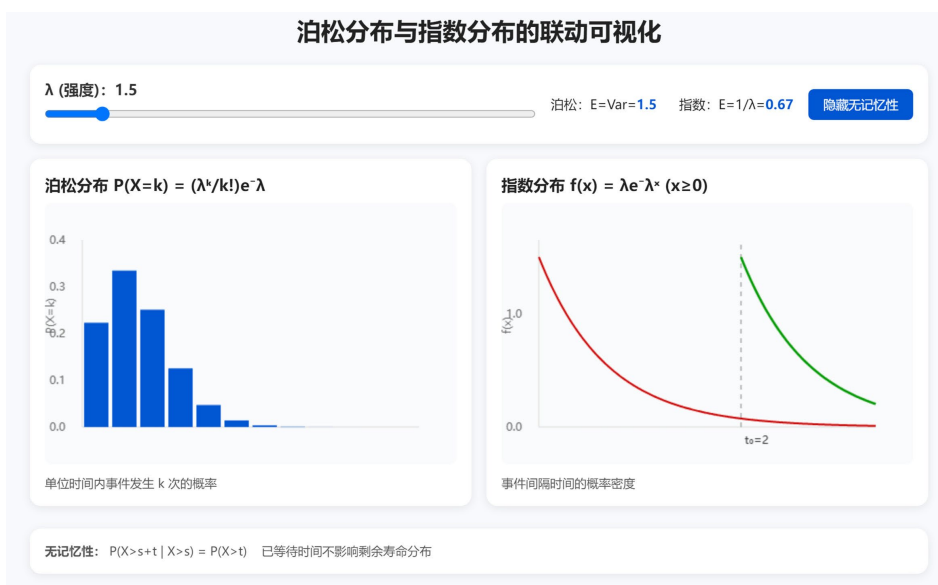


Figure 2. Linked visualization of Poisson distribution and exponential distribution

图 2. 泊松分布与指数分布的联动可视化

3.2.5. 教学价值

关系贯通: 建立“间隔 - 计数”的直观联结;

形态感知: λ 小 \rightarrow 指数陡、泊松右偏; λ 大 \rightarrow 趋于正态;

性质直观: 无记忆性通过图形平移不变性直接呈现。

3.3. 案例三: 二维正态分布(联合 - 边缘 - 条件, 多维可视化)

二维正态联合、边缘、条件分布的教学过度依赖解析公式推导, 忽视几何意义的阐释, 学生只能机械记忆公式, 无法理解三维空间中分布曲面的形态变化、不同分布间的逻辑关联, 难以将抽象解析表达

式与直观几何意义对应，最终导致学生对核心概念的理解停留在表层，缺乏随机思维构建与知识应用能力，制约了概率论课程教学质量的提升与育人目标的实现。

3.3.1. 教学难点

五参数： μ_x 、 μ_y 、 σ_x 、 σ_y 、 ρ ，几何意义抽象；
联合→边缘：积分降维的几何直观缺失；
条件分布：切片正态、均值线性、方差常数，公式难理解。

3.3.2. 可视化功能(HTML 网页)

三维曲面 + 等高线：联合密度动态旋转；
参数滑块： μ_x 、 μ_y 、 σ_x 、 σ_y 、 ρ 实时调控；
边缘分布：X/Y 方向投影曲线(正态)；
条件分布：拖动 $Y = y_0$ 切片，显示 $X|Y = y_0$ 的正态曲线；
 ρ 效应： $\rho = 0 \rightarrow$ 独立； $\rho \rightarrow \pm 1 \rightarrow$ 线性相关。

3.3.3. 多维随机分布类提示词(二维正态分布)

请生成 HTML 网页，实现二维正态分布联合分布、边缘分布、条件分布的动态可视化，功能要求：

- 1) 展示二维正态分布三维曲面图、等高线图，支持鼠标旋转查看视角；
- 2) 设置 μ_x 、 μ_y 、 σ_x 、 σ_y 、 ρ 相关系数调节滑块，实时改变分布形态；
- 3) 增加边缘分布投影展示、条件分布切片展示功能，点击/拖动即可查看对应分布曲线；
- 4) 标注二维正态分布五参数含义、边缘分布与条件分布结论；
- 5) 代码完整无报错，可视化效果清晰，适合课堂教学演示。

3.3.4. 动态可视化结果

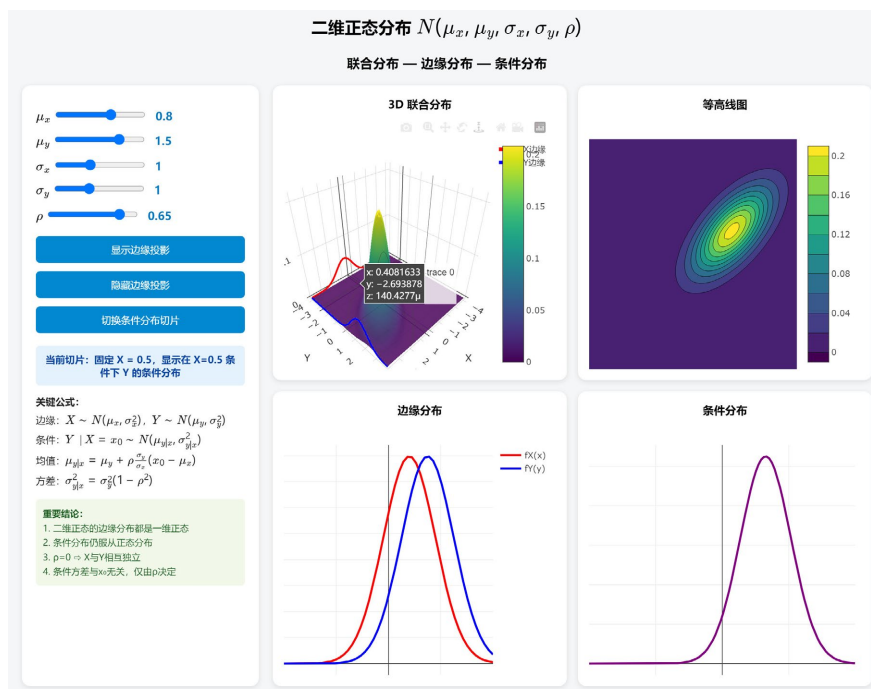


Figure 3. Dynamic visualization of joint, marginal, and conditional distributions of the bi-variate normal distribution
图 3. 二维正态分布联合分布、边缘分布、条件分布的动态可视化

对二维正态分布的联合分布、边缘分布和条件分布完成了动态可视化，结果如图 3 所示。

3.3.5. 教学价值

几何 - 代数统一：参数 \leftrightarrow 曲面形态 \leftrightarrow 公式对应；

降维直观：边缘 = 积分投影，条件 = 截面切片；

性质可视化：条件正态、线性回归、方差恒定一目了然。

4. AI 赋能概率论可视化教学的优势与劣势

相较于传统人工模拟教学模式而言，AI 赋能概率论可视化教学模式具备高效运算、高精度仿真、动态交互三大核心优势，完美适配概率论随机性、极限性、抽象性的学科特点，有效解决了传统教学的痛点问题。在运算速度与场景迭代效率层面，优势最为突出。以数列收敛与依概率收敛的概念对比为例，对于海量样本迭代、无限次试验模拟，传统教学中，教师手工计算、Excel 迭代绘图或基础编程模拟，单次千次样本迭代、多参数调试往往需要数分钟，且无法快速切换样本量、收敛参数、随机变量分布类型。而依托 AI 算法与算力支撑，可实现毫秒级运算响应。同时支持实时调整误差阈值、样本容量 n 、随机扰动系数等核心参数。在课堂教学中，可快速完成多组对照试验，如同步展示 $n = 100$ 、 $n = 10,000$ 、 $n = 100,000$ 三种样本规模下的收敛曲线差异，让学生直观观察“样本量越大，收敛效果越稳定”的核心规律，大幅提升课堂教学的节奏与知识密度，解决了传统教学无法展示极限动态过程的核心难题。

当然，AI 赋能概率论可视化教学会存在逻辑漏洞、精度局限、场景适配缺陷三大核心问题。若教学中不加甄别使用，极易误导学生形成错误的数理认知。例如部分 AI 动态模型在数列收敛模拟中，会因随机算法植入，出现少量数据点随机偏离极限值的错误画面；而在依概率收敛模拟中，可能出现“样本量无限增大后，完全无偏离样本”的理想化错误结果，违背了依概率收敛“始终存在小概率偏差”的数理定义。同时，AI 黑箱运算无法展示公式推导、逻辑推演过程，学生只能观察可视化结果，无法理解收敛背后的数理原理，易形成“重图像、轻逻辑”的浅层学习问题。

5. 教学实践与效果

AI 驱动的动态可视化教学模式构建了“课前 - 课中 - 课后”一体化实施路径：课前向学生推送纯前端网页应用，引导其提前预习抽象概率论概念，为课堂深度学习做好铺垫；课中采用教师演示、学生互动操作与小组讨论相结合的形式，让学生在亲手调节参数、观察动态变化的过程中，直观辨析易混概念的核心差异；课后布置探究性任务，如“改变参数观察分布形态变化”，推动学生将课堂认知转化为自主探究能力，实现知识的巩固与拓展。

该教学模式在实践中取得了显著成效。可视化工具将抽象的数学概念转化为可视、可操作的动态对象，有效降低了学生的认知负荷；通过同步对比易混概念(如数列收敛与依概率收敛、泊松分布与指数分布)，学生对核心概念的辨析能力显著增强；交互式体验激发了学生的学习兴趣，促使其主动探索、反复操作并自主发现规律；最终推动学生从“机械记忆公式”向“理解概念本质、联系实际应用”的思维模式转变，实现了思维深度的拓展。

在教学实践中，教师角色也完成了从“知识讲授者”到“认知脚手架设计师”的转型：教师不再是单向灌输知识，而是通过设计探究问题引导学生观察归纳，组织概念辨析活动深化认知，并依托 AI 可视化工具开展人机协同教学，在充分发挥技术赋能作用的同时，精准把握学生认知节奏，提升教学的针对性与有效性。

6. 总结与展望

本研究以豆包为 AI 工具、HTML 网页为载体，构建了概率论动态可视化交互教学系统，通过数列收

敛与依概率收敛对比、泊松分布与指数分布联动、二维正态分布联合、边缘及条件分布解析三大核心案例，全面覆盖了概率论课程中收敛性、重要分布、多维分布等核心难点，实现了抽象概念直观化、静态内容动态化、孤立知识关联化、被动学习主动化的教学目标，有效破解了传统概率论教学中概念抽象、理解困难、应用薄弱的痛点。依托 AI 代码赋能让教师无需复杂编程即可快速生成专业可视化应用，同时构建了辨析型、关系型、多维型三层次可视化范式以突破教学难点，并采用纯 HTML 设计实现跨平台、免安装、易共享的推广优势。

本研究将进一步拓展教学系统的覆盖范围，逐步纳入中心极限定理、大数定律、假设检验等核心模块，同时融入习题互动、错题诊断、学情分析等功能，构建更完整的教学闭环；最终目标是打造“AI+ 可视化 + 知识图谱”深度融合的概率论智慧教学体系，为高校数学基础课程的数字化、智能化改革提供可复制、可推广的实践方案，持续提升学生的随机思维素养与知识应用能力[4]。

基金项目

2025 年西安电子科技大学教育教学改革研究项目(B2316)。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 王帅, 龙坤岳, 龙平, 等. 基于可视交互理念的概率统计教学 App 设计研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2022, 34(22): 236-240.
- [4] 曹秀娟, 王言英, 鞠圣会. 新时代教育理念下的课堂教学实践探索——以“概率论与数理统计”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2021(11): 105-108.