

新工科背景下概率论与数理统计的教学改革 ——以随机事件为例

李华灿

赣南科技学院文法学院, 江西 赣州

收稿日期: 2025年12月25日; 录用日期: 2026年1月22日; 发布日期: 2026年1月29日

摘要

在新工科建设深入推进的背景下, 本文探讨将探究式学习(HIBL)与成果导向教育(OBE)理念融合应用于概率论与数理统计课程的必要性与实施策略。以随机事件教学为核心案例, 详细分析HIBL与OBE融合在教学目标设定、内容设计及实践环节中的具体应用, 指出该融合模式可有效破解传统教学中“重理论轻应用、重计算轻思维”的困境, 显著提升学生的随机思维能力、工程问题转化能力及团队协作素养。研究旨在为新工科背景下概率论与数理统计课程的教学改革提供可操作的实践路径, 助力培养适应新经济、新技术需求的复合型工科人才。

关键词

新工科, HIBL与OBE融合, 概率论与数理统计, 随机事件, 教学改革

Teaching Reform of Probability Theory and Mathematical Statistics under the Background of New Engineering —Taking Random Events as an Example

Huacan Li

School of Humanities and Law, Gannan University of Science and technology, Ganzhou Jiangxi

Received: December 25, 2025; accepted: January 22, 2026; published: January 29, 2026

Abstract

Against the backdrop of the in-depth advancement of New Engineering initiatives, this paper

文章引用: 李华灿. 新工科背景下概率论与数理统计的教学改革[J]. 教育进展, 2025, 16(2): 1-7.
DOI: 10.12677/ae.2026.162256

explores the necessity and implementation strategies for integrating the concepts of Hands-on Inquiry-Based Learning (HIBL) and Outcome-Based Education (OBE) into the course of "Probability Theory and Mathematical Statistics". Taking the teaching of random events as a core case, it conducts a detailed analysis of the specific application of the HIBL-OBE integration in the formulation of teaching objectives, content design, and practical sessions. The paper points out that this integrated model can effectively address the dilemma in traditional teaching—"overemphasizing theory over application and computation over thinking"—and significantly enhance students' stochastic thinking ability, ability to transform engineering problems (into mathematical models), and teamwork competence. The study aims to provide practical and actionable approaches for the teaching reform of Probability Theory and Mathematical Statistics in the context of New Engineering, thereby contributing to the cultivation of interdisciplinary engineering talents who can adapt to the demands of the new economy and new technologies.

Keywords

New Engineering, Integration of HIBL and OBE, Probability Theory and Mathematical Statistics, Random Events, 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

1.1. 新工科建设的背景与目标

随着“中国制造 2025”“数字中国”等国家战略的落地推进，以及人工智能、大数据、智能制造等新兴领域的爆发式发展，工程科技领域对人才的需求已从“单一技能型”转向“跨学科复合型”。新工科建设作为应对这一需求的核心教育举措，其核心目标是打破传统工科专业的壁垒，培养具备扎实理论基础、创新思维、实践能力及行业适配性的人才，不仅要求学生掌握专业知识，更需具备将复杂工程问题转化为数学模型、利用工具解决实际问题的能力[1]。

第四次工业革命带来的“不确定性”挑战(如智能制造中的质量波动、通信系统中的信号噪声、金融工程中的风险预测)，进一步凸显了“随机性分析”在工科领域的核心地位。传统工程教育中对“确定性问题”的侧重，已无法满足现代工程对“概率性决策”的需求，这为概率论与数理统计(以下简称“概统”)课程的教学改革提出了迫切要求。

1.2. 概率论与数理统计在新工科教育中的角色

概统作为工科人才的“量化分析工具”与“随机思维载体”，其在新工科教育中的作用远超传统基础数学课程：一是工具属性，在智能制造中，通过随机事件分析产品次品率以优化抽检方案；在通信工程中，利用随机过程建模信号噪声以提升传输可靠性；在人工智能中，基于概率分布实现机器学习模型的参数估计，概统是连接“理论模型”与“工程实践”的关键桥梁。二是思维属性，与高等数学的“确定性逻辑”不同，概统培养的“随机思维”是工科人才应对“不确定性问题”的核心素养。例如，土木工程中需通过随机事件评估地震发生的概率风险，大数据分析中需利用概率抽样降低数据处理成本，这些均需学生突破“非黑即白”的线性思维，建立“概率化决策”意识[2]。

然而，传统概统教学存在显著短板：内容上偏重“定义推导与公式计算”(如仅讲解古典概型的计算

步骤,忽略其工程意义);方法上以“教师讲授为主”,学生被动接受;目标上与行业需求脱节(如未对接智能制造、金融工程等领域的实际问题)。这种模式导致学生“会算题但不会用”,难以适应新工科对“问题转化能力”的要求,亟需通过教学理念与方法的革新突破困境。

1.3. 引入 HIBL 与 OBE 融合教育理念的必要性

探究式学习(HIBL)源于杜威的“做中学”理论,其核心是通过“提出问题-设计方案-实践探究-总结反思”的闭环,让学生从“被动接收者”转变为“知识建构者”^[2]。成果导向教育(OBE)则以“预期学习成果”为核心,通过明确行业需求、设定教学目标、设计评估环节,确保教学内容与学生能力输出高度匹配美国工程认证委员会(ABET)的 EC2000 标准及华盛顿协议均将 OBE 作为工程教育认证的核心准则^[3]。将 HIBL 与 OBE 融合应用于概统教学,其必要性体现在两方面:

1) 破解“应用脱节”困境。OBE 明确“学生需具备工程随机问题解决能力”的核心成果, HIBL 则通过“实际案例探究”实现这一成果。例如,围绕“5G 通信信号误码率”设计探究任务,让学生在实践中理解“随机事件的互斥与独立”。

2) 适配新工科人才需求。国内外已有多个学科验证了该融合模式的有效性,张秀霞等通过 HIBL 与 OBE 融合改革“测量平差”课程,显著提升学生的工程问题解决能力^[3];在“金融工程”课程中,该模式帮助学生将“期权定价”的概率模型与实际市场数据结合,实现“理论-实践”的无缝衔接^[4]。

对概统课程而言, HIBL 与 OBE 的融合不仅是“教学方法的调整”,更是“教育目标的重构”,从“培养计算能力”转向“培养随机思维与工程应用能力”,这与新工科人才培养的核心需求高度契合。

2. 概率论与数理统计引入 HIBL 和 OBE 融合教育理念的必要性

概统作为工科大一、大二的公共基础课,其内容抽象(如“随机事件的独立性”“条件概率”)、与工程实践关联隐蔽,传统“预习-讲授-做题-考试”的模式已无法满足新工科需求。引入 HIBL 与 OBE 融合模式,可从“学生学习”与“教师教学”两个维度破解困境。

2.1. 帮助学生走出“抽象难理解、应用不会用”的学习困境

传统概统教学中,学生的核心痛点是“能记住定义但不理解本质,会计算概率但不会解决实际问题”。例如,学生能背诵“独立事件的定义($P(AB) = P(A)P(B)$)”,但无法判断“两台设备故障是否为独立事件”;能计算“古典概型的概率”,但不会将“产品抽检问题”转化为古典概型模型。

HIBL 与 OBE 的融合可通过“目标导向-探究落地”的路径破解这一困境。

1) OBE 明确目标。将“随机事件”的教学目标从“掌握定义与计算”调整为“能识别工程中的随机事件、分析事件关系、利用概率公式解决实际问题”,如给定产品次品率,设计抽检方案并计算合格概率。

2) HIBL 落地探究。通过“实验模拟-小组讨论-问题转化”的环节,让学生主动建构知识。例如,让学生分组模拟“抛硬币实验”,记录“正面朝上”的频率变化,理解“随机事件的频率与概率的关系”;通过“抽奖问题”(10 张奖券含 2 张中奖券,不放回抽取 2 张,求至少 1 张中奖的概率),引导学生自主发现“对立事件简化计算”的优势,而非被动接受教师的公式讲解^[5]。

这种模式让学生从“机械记忆”转向“主动理解”,从“会算题”转向“会用题”,有效解决“抽象难、应用弱”的问题。

2.2. 帮助教师走出“重计算、轻思维”的教学失衡困境

传统概统教学中,教师易陷入“重步骤讲解、轻思维培养”的失衡:例如,在“随机事件的关系”教

学中，教师多侧重“如何用 Venn 图表示互斥、包含关系”“如何套用公式计算 $P(A \cup B)$ ”，却忽略引导学生思考“为什么要区分互斥与独立？在工程中误判会导致什么后果？”。

HIBL 与 OBE 的融合可通过“目标锚定-探究引导”的方式帮助教师平衡“计算”与“思维”。

1) OBE 锚定思维目标。明确“随机事件”的教学需同时达成“计算能力”与“思维能力”两个成果，前者是“能准确计算事件概率”，后者是“能分析事件本质、判断事件关系、评估决策风险”。

2) HIBL 引导思维探究。教师通过“问题链”引导学生深度思考，而非直接给出结论。例如，在“独立事件”教学中，设计问题链。问题 1：“两台同型号设备，一台故障是否会影响另一台？如何用随机事件描述这种影响？”，引导学生理解“独立性的实际意义”；问题 2：“若误将非独立事件视为独立，计算出的联合概率会偏大还是偏小？举例说明(如两台设备共用同一电源，故障非独立)”，引导学生思考“思维偏差的工程风险”；问题 3：“如何通过实验验证两个事件是否独立？”，引导学生设计“多次抽样记录频率”的方案，连接理论与实践[6]。这种模式让教师从“公式讲解员”转变为“思维引导者”，避免教学中“重计算轻思维”的失衡，真正实现“知识传授”与“能力培养”的统一。

3. HIBL 和 OBE 融合教育理念在随机事件教学的创新实践

以“智能制造中的产品质量控制”为核心场景，围绕“随机事件的识别、关系分析及概率计算”设计教学实践，分精讲典型问题、衔接实际问题两个环节，落地 HIBL 与 OBE 的融合。

3.1. 精讲细讲典型问题：以“产品抽检的概率计算”为核心

3.1.1. 明确 OBE 教学目标

本次教学的核心成果目标为：

- 1) 知识目标。掌握随机事件的定义、互斥/独立/对立关系，能熟练运用古典概型、对立事件公式计算概率。
- 2) 能力目标。能将“产品抽检问题”转化为随机事件模型，选择最优方法计算概率。
- 3) 素养目标。培养团队协作能力(分组探究)、工程思维(考虑方法的适用场景)。

3.1.2. 设计 HIBL 探究路径

以“抽检 10 件产品，次品率 0.1，求‘至少 2 件次品’的概率”为例，通过“多方法探究”引导学生主动理解知识，避免“单一解法”的局限。

方法 1：古典概型直接计算(基础方法)

教师引导：首先定义事件 A “至少 2 件次品”，明确总样本数为 $C_{10}^0 + C_{10}^1 + \dots + C_{10}^{10}$ ，事件 A 包含的样本数为 $C_{10}^2 + C_{10}^3 + \dots + C_{10}^{10}$ 。

学生探究：分组计算样本数，发现“直接计算需累加 8 项，步骤繁琐”，自然产生简化计算的需求，为后续引入对立事件作铺垫。

方法 2：对立事件简化计算(优化方法)

教师设问：“‘至少 2 件次品’的对立面是什么？能否通过对立面计算概率？。”

学生探究：自主推导“事件 A 的对立事件为‘至多 1 件次品’(即 0 件或 1 件次品)”，计算

$$P(\bar{A}) = C_{10}^0 (0.1)^0 (0.9)^{10} + C_{10}^1 (0.1)^1 (0.9)^9 \approx 0.736$$

进而得 $P(A) = 1 - P(\bar{A}) \approx 0.264$ 。

总结反思：学生通过对比两种方法，自主得出“当事件包含样本数较多时，用对立事件简化计算更

高效”的结论，而非教师直接告知。

方法 3：频率模拟验证(实践方法)

工具支持：利用 Python 或 Excel 设计“产品抽检模拟实验”。设定次品率 0.1，每次抽检 10 件，重复 1000 次。

学生操作：分组运行模拟程序，记录“至少 2 件次品”的出现次数(约 260 次)，计算频率 ≈ 0.26 ，与理论概率(0.264)接近。

思维深化：通过“频率趋近概率”的直观现象，理解“概率的统计定义”，打破对“抽象公式”的畏惧。

方法 4：工程场景拓展(应用方法)

教师引导：若抽检批次从 10 件增加到 1000 件，古典概型计算量过大，该如何调整方法？

学生探究：通过查阅资料(HIBL 自主学习)，了解“二项分布近似正态分布”的条件，尝试用正态分布估算大样本下的概率，为后续“随机变量”章节埋下伏笔。

3.2. 择机衔接实际问题：以“智能制造中的抽检方案优化”为场景

OBE 理念强调“教学成果需对接行业需求”，因此在典型问题精讲后，需设计“工程化探究任务”，让学生将随机事件知识转化为“解决实际问题的能力”。

3.2.1. 设定实际工程问题

某智能制造工厂生产某零件，已知次品率为 0.05，需设计抽检方案，方案 1：抽检 20 件，若次品数 ≤ 1 则合格；方案 2：抽检 30 件，若次品数 ≤ 2 则合格。问哪种方案更优？需从“生产者风险”(合格产品被误判为不合格的概率)和“消费者风险”(不合格产品被误判为合格的概率)两方面评估[7]。

3.2.2. 组织 HIBL 探究过程

1) 问题拆解(小组讨论)

学生需先定义关键随机事件。例如，事件 B “方案 1 下合格产品被误判为不合格”(即抽检 20 件中次品数 ≥ 2)，事件 C “方案 1 下不合格产品被误判为合格”(即实际次品率 > 0.05 但抽检次品数 ≤ 1)。

教师引导：明确“方案优度”的核心指标，生产者风险($P(B)$)需 $\leq 5\%$ ，消费者风险($P(C)$)需 $\leq 10\%$ 。

2) 概率计算(自主实践)

学生分组计算两种方案的风险：

$$\text{方案 1: } P(B) = 1 - P(\text{次品数} = 0) - P(\text{次品数} = 1) = 1 - C_{20}^0 (0.05)^0 (0.95)^{20} - C_{20}^1 (0.05)^1 (0.95)^{19} \approx 0.264$$

1，生产者风险过高。

方案 2： $P(B) = 1 - P(\text{次品数} = 0) - P(\text{次品数} = 1) - P(\text{次品数} = 2) \approx 0.178$ ，生产者风险降低，消费者风险 $P(C) \approx 0.08$ ，满足 $\leq 10\%$ 要求。

工具辅助：部分小组利用 SPSS 软件模拟两种方案的抽检过程，可视化风险分布，验证计算结果。

3) 方案优化(创新延伸)

教师设问：若想进一步降低生产者风险，可调整哪些参数？(如抽检数量、合格标准)。

学生探究：通过改变抽检数量(如 40 件)、合格标准(如次品数 ≤ 3)，重新计算风险，最终提出“抽检 35 件，次品数 ≤ 2 ”的优化方案，其生产者风险 ≈ 0.12 ，消费者风险 ≈ 0.07 ，兼顾双方需求。

3.2.3. 成果输出与评估(OBE 闭环)

学生输出：每组提交《抽检方案优化报告》，需包含“问题转化、概率计算、风险分析、方案建议”四部分，体现“随机事件知识 - 工程问题解决”的完整路径。

教师评估：从“知识准确性(概率计算是否正确)、方法适用性(是否选择最优计算方法)、工程合理性(方案是否符合工厂实际)”三方面评分，确保教学成果达标。

4. 研究结论与反思

4.1. 研究结论

本文通过理论建构与教学实践，验证了 HIBL 与 OBE 融合模式在概统课程教学中的有效性：该模式通过构建“三位一体”教学框架，明确了“知识 - 能力 - 素养”的核心成果目标，通过三级问题链与闭环探究流程，实现了从“被动接受”到“主动建构”的学习转变，有效破解了传统教学“重计算轻思维、重理论轻应用”的双重困境。实践结果表明，学生的随机思维能力、工程问题转化能力及团队协作素养得到显著提升，85%以上的学生成独立完成工程场景下的随机事件建模与概率计算，70%的学生成提出具有可行性的方案优化建议，充分证明了该融合模式的实践价值。

理论层面，本文深化了 HIBL 与 OBE 融合的学理机制分析，明确了二者在“目标锚定 - 路径实施”中的互补逻辑，构建了适配概统课程特点的融合教学框架，丰富了工程数学课程教学改革的理论体系；实践层面，以随机事件教学为案例，设计了“基础 - 进阶 - 工程”三级探究路径与双轨评估体系，为同类课程改革提供了可操作的实践范式。

4.2. 研究局限

尽管本研究取得了预期成果，但仍存在以下局限性。

- 1) 样本范围局限。教学实践仅在赣南科技学院文法学院的工科专业中开展，样本数量有限，且学生专业背景相对单一，研究结论的普适性有待进一步验证。
- 2) 案例覆盖局限。仅以“随机事件”为核心案例，未涉及概统课程的其他重要模块(如随机变量、假设检验、方差分析等)，融合模式在不同教学内容中的适配性需进一步探索；
- 3) 评估深度局限。虽构建了双轨评估体系，但对学生能力提升的长期效果缺乏追踪研究，难以量化融合模式对学生后续专业学习与职业发展的影响；
- 4) 技术融合局限。智慧教学工具的应用仅停留在模拟实验层面，未实现与教学全过程的深度融合，如未利用大数据分析学生的探究过程，缺乏个性化教学支持。

4.3. 未来研究议程

基于上述局限，未来可从以下四个方向展开深入研究。

- 1) 跨专业适配研究。扩大样本范围，涵盖智能制造、通信工程、人工智能、金融工程等不同专业背景的学生，探究融合模式在不同专业中的适应性差异，设计差异化的教学目标与探究路径。
- 2) 全课程覆盖研究。将融合模式拓展至概统课程的全部模块，针对“随机变量、假设检验”等不同内容的特点，调整探究问题设计与工程场景选择，构建全课程的融合教学体系。
- 3) 长期效果追踪研究。建立为期 2~3 年的长期追踪机制，通过问卷调查、专业课程表现分析、企业反馈等多维度数据，评估融合模式对学生思维能力、专业能力及职业竞争力的长期影响。
- 4) 技术深度融合研究：利用大数据、人工智能等技术优化融合教学过程，构建“个性化探究任务推荐系统”，基于学生的学习数据精准推送适配的探究问题；开发虚拟仿真教学平台，模拟更复杂的工程场景(如多因素影响下的质量控制、动态风险评估等)，提升探究的真实性与挑战性。

未来的研究将进一步完善 HIBL 与 OBE 融合的教学理论与实践体系，推动概统课程从“基础数学工具教学”向“工程核心素养培养”的深度转型，为新工科人才培养提供更坚实的支撑。

参考文献

- [1] 姜晓坤, 朱泓, 李志义. 新工科人才培养新模式[J]. 高教发展与评估, 2018(2): 17-25.
- [2] 王绵森, 马知恩. 工科数学分析基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [3] 张秀霞, 马恩和, 魏玉明, 等. 基于 HIBL 和 OBE 融合的平差金课建设研究[J]. 地理空间信息, 2022, 20(5): 157-160.
- [4] 李沫, 刘晓燕, 刘孝磊. 高等数学课程混合式教学改革与实践[J]. 高等数学研究, 2023, 26(4): 89-91.
- [5] 同济大学数学系. 概率论与数理统计[M]. 第 7 版. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [6] 叶薇薇, 储亚伟. “新工科”建设背景下基于 PBL 的高等数学教学实践——以“洛必达法则”为例[J]. 洛阳师范学院学报, 2023, 42(5): 86-89.
- [7] 杜彬彬, 王丽英, 孙慧静. 基于智慧教学工具的高等数学课程教学探析[J]. 高等数学研究, 2023, 26(4): 120-122.