

# 科研训练融入《生物统计学》课程教学实践研究

## ——面向毕业论文实验设计的任务链式改革

曾 静, 赵业军\*

武汉东湖学院护理与健康管理学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年1月27日; 录用日期: 2026年2月26日; 发布日期: 2026年3月4日

### 摘 要

为解决《生物统计学》课程中知识会算但难以用于科研的突出问题, 本研究以科研训练-课程学习-毕业论文应用贯通为目标, 构建并实施了科研训练融入式教学模式。该模式将数据收集与管理、图表规范与可视化、科学前沿与文献汇报、统计推断与实验设计训练嵌入课程全过程, 形成了“问题提出-文献证据-实验设计-数据获取-统计分析-图表表达-学术写作与汇报”任务链条。教学实践表明: 学生能够在毕业论文阶段将课程知识点(如方差分析、假设检验、正交试验设计、线性回归分析等)直接用于实验的设计与数据处理; 同时在教师指导下形成科研成果, 包括撰写论文、立项省级大学生创新创业实践项目等。研究结果表明, 以科研真实流程为主线构建可操作的训练模块与评价体系, 能够有效提升《生物统计学》课程知识向科研实践的迁移水平, 并强化学生的科研产出能力。

### 关键词

生物统计学, 科研训练, 数据收集, 科学前沿汇报, 毕业论文

# A Study on Incorporating Scientific Research Training into the Teaching Practice of Biostatistics Course

## —A Task-Chain-Based Reform for Enhancing Undergraduate Thesis Experiment Design

Jing Zeng, Yejun Zhao\*

School of Nursing and Health Management, Wuhan Donghu College, Wuhan Hubei

\*通讯作者。

## Abstract

To address the prominent issue that knowledge in the Biostatistics course often remains applicable only to calculations rather than practical scientific research, this study aimed to integrate scientific research training, course learning, and thesis application into a cohesive framework. An embedded scientific research training teaching model was constructed and implemented. This model incorporates data collection and management, standardized graphing and visualization, exposure to scientific frontiers and literature presentation, as well as training in statistical inference and experimental design throughout the entire course. It forms a task chain encompassing “question posing, literature evidence, experimental design, data acquisition, statistical analysis, graphical presentation, academic writing and presentation”. Teaching practice has demonstrated that students could directly apply course knowledge (e.g., ANOVA, hypothesis testing, orthogonal experimental design, linear regression analysis) to the design and data processing of their graduation thesis experiments. Furthermore, under instructors' guidance, students achieved scientific research outcomes, including manuscript writing and securing provincial-level Undergraduate Innovation and Entrepreneurship Practice Program grants. The findings indicate that constructing operable training modules and evaluation systems around authentic research processes can effectively enhance the transfer of Biostatistics knowledge to scientific practice and strengthen students' ability to produce research outputs.

## Keywords

Biostatistics, Scientific Research Training, Data Collection, Frontier Science Reporting, Undergraduate Thesis

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

在生命科学与医学研究日益依赖数据驱动的当下, 生物统计学已成为一门辅助工具演变为科学发现与证据构建的核心课程。特别是在生物学与生物医学等领域, 从微观机制探索到宏观疗效评估, 在复杂因素、有限样本及干扰背景下, 研究者普遍面临实验设计、数据解读与科学推断等多重挑战。这使得《生物统计学》课程的教学目标, 不应止于传授公式代入计算与统计软件操作, 而更应致力于培养学生的核心科研能力, 即如何将统计思维系统地嵌入从问题提出到结果呈现的完整研究过程中, 尤其是为其完成高质量的毕业论文及未来科研工作奠定坚实基础。

然而, 传统的讲授-练习-考试教学模式往往使得学生对《生物统计学》产生工具化与碎片化的片面理解。大量教学实践与研究指出[1]-[3], 如学生虽能熟练计算推断统计值( $u$  或  $t$ ), 却在面对真实的毕业论文实验时, 难以将具体的研究问题转化为可检验的假设实验设计; 在数据收集、管理、可视化及结果表述等环节也常出现不规范、不匹配的问题。课程学习与科研实践衔接不足, 导致学生难以将统计知识转化为可操作的研究能力, 从而影响科研素养的有效建构及其迁移应用。

针对这一普遍困境, 国际生物统计教育与国内医学统计学教学改革已呈现出明确的融合趋势: 强调通过真实数据驱动、项目式学习(PBL)以及课程化科研训练(Course-based Undergraduate Research

Experiences, CURE), 让学生在接近真实科研的情境中掌握完整的数据分析方法[4]-[7]。这些探索显著提升了学生的学习投入感、应用能力与满意度。但现有教学改革多侧重于案例分析或项目作业, 然而, 将数据规范、图表表达、文献驱动选题与实验设计分析(如多因素方差分析、正交优化)等关键能力系统拆解为可训练模块, 并与毕业论文产出建立可追踪的衔接机制, 仍缺乏可操作、可评价与可复现的一体化方案。

综上, 本研究立足于生物学及生物医学相关专业的实际需求, 提出并实施科研训练任务链式的《生物统计学》课程改革。本次教学改革旨在突破孤立案例教学的局限, 围绕科研真实流程系统构建“数据基础-图表规范-文献前沿-实验设计”四类训练模块, 实现课程产出与毕业论文实验模块(设计与数据处理)的直接对接, 从而在课程学习与真实科研实践之间建立可迁移的能力通道。

## 2. 基于科研能力生成的生物统计学课程改革路径与实践模式探析

### 2.1. 统计课程促进科研能力生成的研究路径

围绕统计课程如何促进科研能力生成, 相关研究主要形成三条路径:

#### 1) 探究式/真实数据导向的统计学习

探究式学习强调让学生围绕真实科学问题处理数据、解释结果, 帮助学生把统计推断理解为科学证据链的一部分, 而不是一组孤立公式。该路径在生命科学统计教学中被认为能改善学生对定量分析的理解与迁移能力[8] [9]。

#### 2) 项目式学习与项目化评价

PBL 通过一个学期一个项目组织学习, 使学生理解和/或掌握问题定义、数据处理、模型选择与报告撰写。近几年的生物统计课程实证研究表明: 用项目评估替代传统考试能提升学生学习表现与参与度, 尤其在应用分析与工具链能力方面更突出[10]。同时, 统计与数据科学教育领域也越来越强调让学生具备掌握完整数据分析能力, 即从数据整理到可视化再到解释与沟通。

#### 3) 课程化科研训练(CURE)与科学素养发展

CURE 把科研经验嵌入课程中, 强调学生参与研究问题、数据获取与数据结果表达, 并在多项研究中显示能提升学生科研相关能力与学习收益[6] [11]。在国内, 关于生物学统计学融入科研项目、文献导向混合式教学等改革研究同样表明: 当统计学习与科研任务耦合时, 学生的科学素养、学习兴趣与应用能力更易获得提升。然而, 以上研究对具体训练内容(如数据收集、图表处理、文献前沿汇报等)的系统描述仍相对不足, 且缺乏以毕业论文等终端成果进行贯通式验证的证据链。

### 2.2. 本课程在教学实践中的突出问题

在多年教学与毕业论文指导中, 我们发现传统《生物统计学》教学在毕业论文实验应用层面存在若干突出问题, 主要包括:

1) 统计知识向实验设计的迁移不足。学生在课堂情境下可完成标准化题目, 但在真实研究任务中往往不能将研究问题操作化为可检验假设, 并据此完成实验设计; 其主要薄弱环节集中在因素-水平构建、随机化与重复策略、对照设置以及统计方法与数据结构的适配性判断等方面。

2) 数据收集与整理能力薄弱。学生在数据记录与整理方面缺乏规范意识, 例如变量含义与单位说明不清、分组与编号不统一、缺失数据与异常数据处理随意、实验批次与测量条件记录不完整, 导致后续统计分析难以复核, 结论解释也容易缺乏边界。

3) 图表表达不规范、结果叙述缺乏连贯性。学生在论文中常出现图表与所用统计分析不一致、误差线类型与含义未说明、只报告显著性水平( $p$  值)而缺少效应大小、置信区间及其科学意义解释等问题; 相应地, 结果部分往往以罗列数值为主, 未能形成“主要结论-关键证据-适用范围与局限”的完整论证结构。

4) 缺少科学前沿与文献证据的有效牵引。尽管学生对仿生学、生物学与生物医学等方向兴趣较高, 但课程学习中缺乏以文献为起点的系统训练, 即从文献中提炼研究问题、明确研究指标与分组变量、形成可执行的实验方案, 并通过统计分析给出回答与解释。由于这一学习路径不够完整, 学生往往难以将统计知识转化为面向真实科研任务的能力。

5) 课程评价偏重终结性考试。现行评价体系主要以计算题与选择题的正确性为核心, 难以全面呈现学生在科研情境中的综合能力发展, 尤其是数据获取与整理、图表规范表达、研究报告撰写、学术汇报以及团队协作等过程性能力。

### 3. 科研训练在《生物统计学》课程中的具体融入方式与实施过程

本课程将科研训练纳入《生物统计学》的常规教学环节, 将其作为统计知识学习与应用的主线而非额外负担。课程采用“一个研究主题贯穿一学期”的组织方式, 引导学生围绕仿生学、生物学或生物医学领域的真实问题提出研究假设, 在课堂与课外任务中依次完成数据获取与整理、图表制作与结果表述、统计分析与结论解释, 并在学期末将课程成果整合为可直接用于毕业论文核心实验的实验方案与数据分析材料。为提升学生在真实研究情境中的运用能力, 课程从数据训练、图表与写作训练、文献前沿汇报三方面同步推进, 并设置面向毕业论文实验的专题指导环节, 帮助学生将课堂学习落实到具体实验设计与数据处理之中。

#### 3.1. 数据获取与标准化: 在数据规划中嵌入统计方法

在课程前 1~2 周不急于讲统计检验, 而是先训练学生获得“可用于分析的数据”。学生以小组为单位在仿生参数优化、生物材料比较、生物医学检测/生物信号分析中选题, 并将兴趣问题具体化为可检验假设, 明确测量指标、分组(或因素-水平)、重复次数与数据记录方式, 提交可执行的数据获取方案。为避免后期“数据表不规范导致无法分析”, 课程统一规定数据整理要求: 指标含义与单位必须写清, 分组编号与命名规则统一, 关键实验条件(如批次、日期、仪器/培养条件)记录完整; 对漏测与明显异常数据给出处理说明; 同时保留原始记录与整理后的分析数据, 并注明整理步骤。教师结合典型错误案例说明: 单位/条件缺失、记录口径不一致会直接影响组间比较或回归结果的可靠性。在此基础上, 统计方法与研究需求同步引入: 需要比较两组/多组差异时再讲假设检验与方差分析, 涉及多因素优化时再讲正交设计。课堂练习以小组真实数据为对象, 要求说明方法选择依据、主要结论及其适用范围, 使统计学习直接服务于毕业论文的数据处理与论证。

#### 3.2. 图表化与统计报告: 通过图表工作坊进行递进式训练

课程将“图表制作与结果表述”作为贯穿全学期的训练任务, 以解决毕业论文中常见的图表不规范、结果段写不清、结论缺乏依据等问题。每讲授一种统计方法, 学生必须用本组数据同步完成对应图表与结果段, 做到图表、统计方法与文字结论一致。课程每两周开展一次图表工作坊: 学生携带图表初稿到课堂, 先用三句话说明该图回答的研究问题、对应的比较/分析、误差线与显著性标记含义; 教师按统一清单逐项点评并示范修改, 重点检查图形是否匹配数据特点、误差线类型与样本量是否标明、坐标单位与实验条件是否完整、图注是否写清统计方法与检验参数、显著性标注是否与实际比较一致。学生当堂修订, 课后提交修订版及简要说明。通过反复训练, 学生逐渐学会用图表与文字支撑结论, 而非仅罗列  $p$  值, 并在教师指导下实现分层提升: 基础薄弱者先补齐规范要素, 基础较好者进一步强化多组比较解释与结论边界说明。

#### 3.3. 批判性文献研读: 以统计学视角解读科学前沿

课程设置科学前沿汇报的目的不是单纯扩展知识面, 而是训练学生用统计视角阅读仿生学、生物学

与生物医学文献: 研究设计能否支撑结论、分组与重复是否合理、统计方法是否与数据结构匹配、图表与结论是否存在过度解读等。实施中, 每组完成两轮汇报。第一轮为快速汇报: 选取近 3~5 年与本组方向一致的论文, 用 1 页 PPT 讲清研究问题、关键指标与实验结构, 并指出至少 1 个统计处理要点或疑问(如为何采用 ANOVA、是否需要配对设计、是否应报告效应大小等)。第二轮为深度汇报: 复现论文中的 1 张核心图(基于补充数据、公开数据或同结构数据), 并提出 3 个如果我是审稿人会追问的问题, 给出依据与初步判断。课堂讨论与评分重点放在问题是否可检验、证据呈现是否完整、统计解释是否谨慎。该训练促使学生将文献中的实验设计与统计表达方法用于毕业论文关键实验的方案制定与数据分析, 减少凭经验选方法、只报告 p 值等常见问题。

## 4. 基于毕业论文分析的教改成效验证

### 4.1. 评价框架与样本描述

为评价科研训练融入《生物统计学》的教学效果, 本研究选取生物制药专业学生毕业论文作为终端证据, 统计学生在毕业论文中对《生物统计学》知识点的实际使用情况。具体做法为: 以毕业论文正文“材料与方法”“结果与讨论”部分为依据, 对每篇论文进行人工编码(多标签统计), 记录论文主要研究内容类别, 以及论文中出现的统计方法/知识点(如标准曲线与线性回归、假设检验、方差分析、正交试验等)。同一篇论文可对应多个知识点, 因此各知识点使用占比允许叠加。样本量记为 149(以本校生物制药 24、25 两届毕业论文为统计范围)。

### 4.2. 毕业论文研究主题分布特征

对生物制药专业毕业论文的主题进行归类统计, 结果如表 1 所示。总体来看, 毕业论文研究主题高度集中于目标产物的提取 - 分离 - 鉴别这一方向; 其次为细菌/病毒相关鉴别与检测; 其他方向占比较低。该分布清晰反映出学生科研训练与统计能力需求的主要场景: 一方面, 提取鉴别类研究普遍需要建立标准曲线与定量分析; 另一方面, 微生物鉴别与分子检测类研究更依赖差异显著性判断、多组/多因素比较。

**Table 1.** Distribution of research topics in graduation theses of biopharmaceutical major (n = 149)

**表 1.** 生物制药专业毕业论文研究内容分布(n = 149)

排序	篇数	占比
目标产物的提取 - 分离 - 鉴别(含量测定、纯度/结构表征)	96	64.4%
细菌/病毒相关鉴别与检测(含培养鉴别、分子检测、基因图谱/测序相关)	28	18.8%
其他(材料制备、化学检测等)	25	16.8%

### 4.3. 《生物统计学》知识点在毕业论文中的应用成效

在毕业论文的方法应用层面, 各统计知识点的出现频次与使用占比如表 2 所示。结果表明, 线性回归分析(涉及 96 篇, 占 64.4%)为最常用的方法, 主要用于含量测定与定量分析, 其高频应用与毕业论文研究主题高度集中于目标产物提取、分离与鉴别的特点相一致。假设检验(涉及 28 篇, 占 18.8%)位居其次, 主要用于组间差异比较与处理效果验证。对于涉及多组比较的研究, 部分论文采用方差分析(ANOVA)(涉及 9 篇, 占 6.0%)进行组间差异检验; 而在多因素工艺优化类研究中, 正交试验(涉及 104 篇, 占 69.8%)得到广泛应用, 反映出学生能针对复杂实验情境合理选择实验设计与统计推断方法。此外, 在细菌/病毒鉴别与测序相关论文中, 对测序数据统计解读(涉及 28 篇, 占 18.8%)的应用, 体现出学生对基因图谱/测序结果进行定量理解与解释的需求和能力。

**Table 2.** Usage frequency of Biostatistics concepts in graduation theses (n = 149)**表 2.** 《生物统计学》知识点在毕业论文中的使用占比(n = 149)

《生物统计学》知识点/方法	典型落地场景	涉及篇数	使用占比
线性回归分析	含量测定/定量检测、方法学验证(线性、拟合优度)	96	64.4%
假设检验	组间差异/处理效果验证(显著性判断)	28	18.8%
方差分析(ANOVA)	多组比较/不同处理条件比较	9	6.0%
多因素多水平: 正交试验	工艺参数优化(因素筛选、主次因素判断、最优组合验证)	104	69.8%
概率论与统计推断基础	测序数据统计解读(如比对置信度、聚类支持率等)	28	18.8%

注: 同一篇毕业论文可能同时使用多个统计知识点/方法, 故表中各项占比为分别统计结果, 允许叠加, 且总和不必为 100%。

#### 4.4. 教学成效的综合呈现

综合毕业论文统计结果及课程实施过程可见, 将数据获取与整理、图表规范表达、前沿文献汇报以及实验设计与统计推断等科研训练要素系统融入《生物统计学》, 能够在以下三个方面形成较为明确的教学成效。第一, 在毕业论文应用层面, 学生能够将标准曲线与回归分析、显著性检验、方差分析以及正交优化等方法用于实验方案制定与数据处理, 并以较规范的图表与结果文字完成呈现与解释。第二, 在科学前沿汇报层面, 学生的文献解读能够由内容复述转向方法呈现, 围绕研究设计、数据结构与统计处理提出针对性问题, 从而提升基于证据的分析与表达能力。第三, 在科研训练延展层面, 部分学生在教师指导下以课程训练成果为基础进一步开展研究工作, 并形成论文发表与项目立项等成果(如 EI 收录论文、省级大学生创新创业实践项目), 体现了课程学习对后续科研实践的支撑作用。

此外, 本改革贯彻“以学生发展为中心”的教学理念: 课程训练紧扣生物制药专业毕业论文的高频应用场景, 以标准曲线与线性回归等基础方法夯实数据处理能力与学习信心, 并在此基础上逐步引入方差分析与正交设计等进阶内容, 支持学生在更复杂实验情境中开展分析与论证, 从而使不同基础的学生均能获得可观察的能力提升与可直接应用的方法工具。

## 5. 总结

本研究聚焦生物制药专业学生在科研与毕业论文中统计方法应用不足的问题, 将科研训练系统融入《生物统计学》教学, 围绕数据获取与整理、图表规范表达、科学前沿文献汇报以及面向毕业论文实验环节的统计设计与推断训练, 构建“问题提出 - 数据获取 - 方法选择 - 图表呈现 - 结论解释”的教学流程。以毕业论文为终端证据的统计结果显示: 论文主题主要集中在目标产物提取与鉴别及细菌/病毒鉴别检测; 在统计方法使用方面, 标准曲线与线性回归最为常见, 假设检验次之, 方差分析与正交试验主要用于多组比较与多因素优化等复杂任务。上述结果表明, 科研训练融入后, 学生能够在毕业论文中更合理地选用并运用回归分析、显著性检验、方差分析与正交设计完成实验方案与数据处理, 同时提升文献汇报中基于证据的分析与表达能力, 并对科研项目开展与成果形成(如 EI 收录论文、省级大创立项)提供支撑。该教学模式以学生真实科研任务为导向, 有助于促进统计学习成果向科研实践的有效转化, 体现以学生发展为中心的教学理念。

## 基金项目

湖北省自然科学基金青年项目(2024AFB282); 教育部高校思想政治工作创新发展中心(武汉东湖学院)2024 年度专项研究课题一般项目(WHDHSZZX2024094); 武汉东湖学院教学研究课题重点项目(WD2506)。

## 参考文献

- [1] 赵静, 单雪松, 刘红羽. 生物统计学课程考核改革实践与思考——以吉林农业大学动物医学专业为例[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(1): 149-152.
- [2] 沈思鹏, 蒋涛, 柏建岭, 等. 生物医学数据挖掘课程虚拟仿真教学的实践与思考[J]. 中国卫生统计, 2025, 42(5): 786-789.
- [3] 史文聿, 凌毅, 毛同林, 等. 实用生物统计课程设计创新[J]. 生物学杂志, 2025, 42(1): 112-116.
- [4] Lutz, K.C., Young, S.G., Chambers, L. and Su, L.J. (2025) From Exams to Engagement: Evaluating Project-Based Learning in Introductory Biostatistics with R for Public Health Students. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, **12**, 1-15. <https://doi.org/10.1177/23821205251376539>
- [5] Ghaleb, M.M.S., Absamatov, A. and Afaneh, J. (2025) Comparative Study of Teaching Methods in Undergraduate Biostatistics Using Regression and ANOVA Techniques. *Letters in Biomathematics*, **12**, 67-77.
- [6] Park, C., McClure Fuller, M., Echevarria, T.M., Nguyen, K., Perez, D., Masood, H., *et al.* (2023) A Participatory Study of College Students' Mental Health during the First Year of the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Public Health*, **11**, Article 1116865. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1116865>
- [7] 王继莲, 卡迪尔·阿不都热西提, 李明源, 等. 应用型人才培养视角下的生物统计学教学改革探索与实践[J]. 生命的化学, 2020, 40(6): 969-972.
- [8] 符裕红, 汪学俭, 彭雪梅, 等. 基于知识图谱 + AI 辅助教学的改革与探索——以生物统计学课程为例[J]. 科教文汇, 2025(19): 99-102.
- [9] 周鹏, 朱紫菡, 钱立平, 等. 新工科视角下智慧课堂促进《生物统计学》深度学习的教学策略探索[J]. 三角洲, 2025(11): 157-159.
- [10] 董佩佩, 汪国海. 基于 R 语言技术的生物统计学课程教学改革与探索[J]. 科技视界, 2025, 15(19): 103-105.
- [11] 耿雪侠, 张旭, 张倩, 等. 科研反哺教学, 助力本科生创新能力培养的途径——以“肿瘤生物学及动物分子系统进化实验室”为例[J]. 淮北师范大学学报(自然科学版), 2023, 44(2): 93-96.