融入应用背景与PBL模式的《定性理论》课程教学改革研究

李燕，左文杰，周峰，张敏，张凤荣
中国石油大学（华东）理学院，山东青岛
DOI：10.62836/jer.v4n11.1531

摘要：《定性理论》是应用数学、控制科学、生物数学等专业的核心课程，具有理论抽象、逻辑严密、应用性强的特点。针对当前课程教学中普遍存在的教材体系陈旧、古今理论衔接不畅、理论讲授与实际应用脱节、课堂教学模式单一、考核评价体系固化、学生科研创新能力培养薄弱等问题，本文提出一套以“教材内容重构、教学模式创新、考核体系优化” 为核心的立体化教学改革方案。课程依托优质外文教材资源，梳理古典定性理论核心内容，自然融入现代理论成果，强化物理系统、生物种群演化、传染病传播等实际应用背景；引入问题导向学习（PBL）教学模式，构建“问题驱动、学生主体、教师引导”的启发式课堂；摒弃单一期末应试模式，建立报告、讨论、辅导、考试相结合的开放式全过程考核体系。教学实践表明，改革能够有效降低课程学习门槛，激发学生学习主动性，提升学生理论应用与文献探究能力，实现从应试培养向创新型科研能力培养的转变，可为同类数学理论课程教学改革提供参考。
关键词：定性理论；PBL 教学；教材建设；多元化考核；教学改革

Research on Teaching Reform of《Qualitative Theory》Integrating Application Backgrounds and the PBL Model

Yan Li, Wenjie Zuo, Feng Zhou, Min Zhang, Fengrong Zhang
College of Science, China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong

Abstract: *Qualitative Theory* is a core course for majors in applied mathematics, control science, and biomathematics, characterized by abstract theory, rigorous logic, and strong applicability. In response to the prevalent problems in current course teaching, such as outdated textbook systems, poor connections between classical and modern theories, disconnection between theoretical instruction and practical application, monotonous classroom teaching models, rigid assessment and evaluation systems, and weak cultivation of students' scientific research and innovation abilities, this paper proposes a three-dimensional teaching reform plan centered on "reconstruction of textbook content, innovation of teaching models, and optimization of the assessment system." Relying on high-quality foreign-language textbook resources, the course sorts out the core content of classical qualitative theory,

*基金项目： 2024年中国石油大学（华东）研究生教育教学改革项目“基于学习能力和科研能力提升的《定性理论》的教学探索”（编号：YJG2024035）；2025年中国石油大学（华东）研究生教育教学改革项目“培育高阶思维，提升关键能力，塑造情感价值，构建经典力学的数学方法教学新模式”(编号：YJG2025061)。
作者简介：李燕（1980.03-），女，汉族，山东省乳山市，理学博士研究生，副教授，研究方向：微分方程定性理论。

naturally integrates modern theoretical achievements, and strengthens practical application backgrounds such as physical systems, biological population evolution, and infectious disease transmission. It introduces the Problem-Based Learning (PBL) teaching model to build a heuristic classroom featuring “problem-driven, student-centered, and teacher-guided” instruction. Abandoning the single end-of-term examination model, it establishes an open, whole-process assessment system combining reports, discussions, tutoring, and examinations. Teaching practice shows that the reform can effectively lower the threshold of course learning, stimulate students’ learning initiative, enhance students’ abilities in theoretical application and literature exploration, and realize the transformation from exam-oriented training to innovative research ability cultivation, thereby providing a reference for the teaching reform of similar mathematics theory courses.

Keywords: qualitative theory; PBL teaching; textbook development; diversified assessment; teaching reform

1 引言

定性理论是不依赖于方程显式解的求解过程，通过稳定性、极限环、奇点分析等定性方法刻画动态系统的演化规律，是连接纯数学理论与工程技术、生命科学、公共卫生等应用领域的重要纽带。在新工科、新文科建设背景下，高校数学类专业课程不仅需要夯实学生的理论基础，更需要突出能力导向、应用导向和创新导向，培养学生发现问题、分析问题与解决实际问题的科研素养。

传统《定性理论》课程教学长期沿用经典教学范式，教学痛点较为突出。在内容层面，多数国内教材偏重古典理论推导，公式定理密集、叙述偏于抽象，现代定性理论内容不足，且缺少面向物理、生物、传染病动力学的应用案例，学生难以建立直观认知与应用思维。在教学层面，课堂多以讲授式为主，以知识灌输为中心，学生被动接受知识点，自主探究、文献阅读和创新思考环节缺失。在评价层面，课程考核过度依赖期末闭卷考试，重记忆、轻思维，重结果、轻过程，导致学生应试倾向突出，科研意识与动手能力难以得到有效训练，与新时代创新型、应用型人才培养目标不相匹配。已有研究指出，《定性理论》课程普遍存在理论与应用割裂的教学困境，亟需开展教学模式与课程内容重构。

针对以上问题，本文立足课程定位与学情特点，围绕教材内容优化、PBL 问题驱动教学实施、全过程多元考核重构开展系统性教学改革，着力打通“古典理论—现代拓展—实际应用”的知识链条，构建可落地、可推广的理论类数学课程育人新模式。本文整体教学改革框架如下**图1**所示。

2 传统课程教学存在的主要问题

2.1 教材内容结构单一，理论与应用割裂

现有主流中文教材内容体系相对固化，教学重心集中于古典定性理论的严谨推导，知识点偏向理论化、形式化，内容晦涩、可读性较弱。国内经典教材如张芷芬等《微分方程定性理论》奠定了古典定性理论的教学框架，但对现代生物数学、传染病动力学等交叉方向涉及较少[1]；马知恩、周义仓的著作虽然结合常微分方程稳定性理论介绍种群模型，但面向前沿传染病模型的定性案例仍有待拓展[2]。一方面，教材对现代定性理论的前沿进展收录较少，古典理论与现代理论过渡生硬，知识体系更新滞后；另一方面，课程应用场景介绍严重不足，缺少物理动态系统、生物种群演化、传染病传播模型等典型工程与民生案例[3]。学生在学习过程中只能机械记忆定理与结论，无法理解定性分析方法的应用价值，学习兴趣不高、知识迁移能力不足，难以实现学以致用。

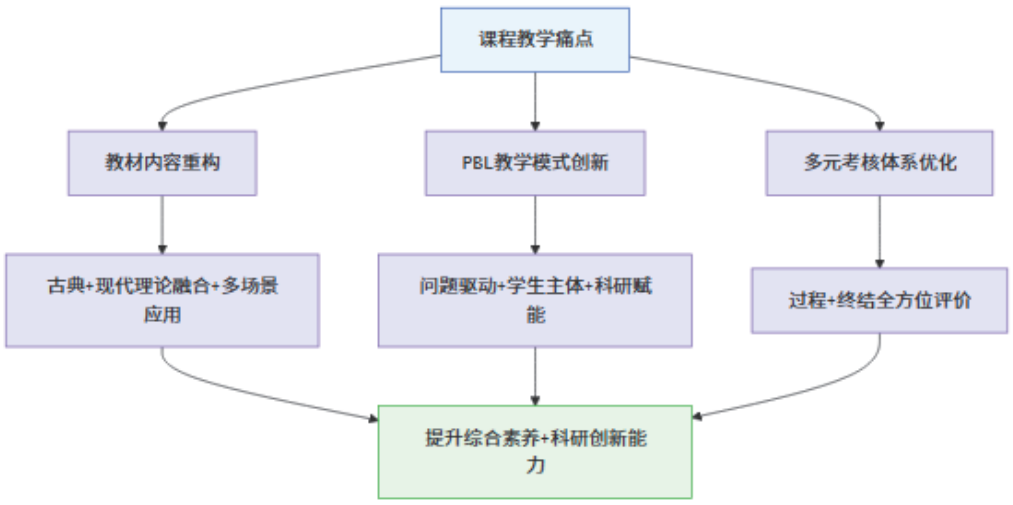


图1. 课程整体教学改革框架

表1. 传统教学与改革后教学核心对比

对比维度	传统教学模式	改革后教学模式
教材内容	内容陈旧、偏重古典理论，古今衔接生硬，无实际应用案例	精选外文教材，古今理论自然衔接，融入物理、生物、传染病应用场景
教学方式	单向灌输式教学，教师主导、学生被动学习，无探究环节	PBL 问题驱动教学，学生主体、教师引导，侧重自主探究与研讨
考核方式	单一期末闭卷考试，重记忆、轻能力、无过程评价	报告 + 讨论 + 辅导 + 考试，全过程、全方位多元评价
育人目标	侧重知识记忆，培养应试型学生	侧重能力培育，培养创新型、科研型学生

2.2 教学方法固化，学生主体地位弱化

传统课堂普遍采用“定理讲授-公式推导-例题演练-习题巩固”的教学模式，教学过程标准化、机械化，缺少问题引导、课堂研讨与自主探究环节。教师主导全部教学流程，学生被动接收知识，缺乏独立思考与主动探索的空间。该模式虽能保证理论知识的系统性传递，但难以锻炼学生的问题拆解能力、逻辑推演能力和创新思维。PBL教学模式在数学类研究生课程中被证实能够有效激发学生自主探究能力[4]，而传统定性理论课堂缺少此类探究环节，不利于培养学生自主学习与科学研究的基本素养。

2.3 考核方式单一，人才培养导向错位

传统课程考核以终结性考试为唯一评价依据，考核内容聚焦公式记忆、定理默写、常规题型计算，侧重考查学生应试能力。全过程学习状态、课堂思考、文献调研、综合探究等能力无法体现在成绩评价中。单一的考核机制导致学生形成“考前突击、考完即忘”的功利化学习习惯，缺乏持续深度学习与科研探索的动力，难以培养文献检索、课题梳理、报告撰写等初级科研能力。构建全过程多元化考核体系是解决理论数学课“重结果、轻过程”问题的有效路径[5]。为直观凸显传统教学的弊端与改革必要性，如**表1**梳理了传统教学与改革后教学的核心差异。

3 课程教学改革总体思路

本次教学改革坚持“内容提质、模式赋能、评价育人”的总体思路，围绕课程三大核心短板精准发力。在教材内容上，依托优质外文教材资源重构教学内容，兼顾古典理论严谨性与现代理论前沿性，突出多学科应用背景；在教学模式上，全面推行问题导向的PBL教学法，以问题牵引学习、以探究替代灌输，强化学生自主学习与创新意识培养；在考核评价上，构建过程性与终结性相结合的开放式多元考核体系，将报告撰写、课堂讨论、师生辅导、考试等纳入综合评价，实现知识、能力、素养

一体化育人。

4 教学改革具体实施策略

4.1 精选外文教材资源，重构理论与应用融合的教学内容体系

教材是课程教学质量的核心保障。相较于国内教材，优质外文经典教材普遍具备图文丰富、逻辑清晰、叙事流畅、由浅入深的特点，能够完整呈现定理的提出背景、演化过程与适用场景，更适合用于循序渐进开展理论教学。本次改革不再局限于单一中文教材，而是精选适配度高、通俗易懂、体系完整的外文教材作为核心参考资料，Murray的《Mathematical Biology I: An Introduction》是生物数学领域经典外文参考书，书中包含大量动态系统稳定性、奇点、斑图等定性理论相关案例，适合作为课程拓展阅读材料[6]，结合国内教学大纲要求进行内容筛选、整合与本土化优化。

在理论体系构建上，坚持“夯实古典、衔接现代”的原则。一方面严谨系统讲授定性理论的经典核心内容，保证课程理论体系的严密性与完整性，夯实学生专业基础；另一方面适度引入现代定性理论的拓展内容，实现古典理论到现代理论的自然过渡，弥补传统教材内容陈旧、知识断层的缺陷。

在应用体系拓展上，重点强化课程的多学科应用背景。结合学科交叉特点，针对性增加物理系统动力学分析、生物种群竞争与演化规律、传染病传播动力学模型定性分析等贴近科研与实际的教学案例，将抽象的奇点分析、稳定性判定、极限环理论融入真实问题场景。粪口传播传染病模型是生物数学方向典型科研案例，Capasso & Paveri-Fontana建立的经典霍乱模型以及后续关于粪口模型诸多的自由边界问题的研究，均可作为课程PBL研讨与课程报告选题素材[7]，让学生理解理论方法的实用价值，有效激发课程学习兴趣，培养理论联系实际的思维习惯。

4.2 推行PBL问题导向教学法，打造启发式探究课堂

为改变灌输式教学弊端，本次改革将PBL问题导向教学法全面融入课堂教学，确立“问题为基础、学生为主体、教师为引导”的启发式教学范式，将课程教学目标从“知识传授”转向“能力培养”。PBL教学的核心价值在于以问题驱动学习全过程，通过梯度化、探究性、前沿性问题设计，调动学生学习主动性，培养学生自主学习能力与科研创新意识。已有实践表明，PBL模式应用于生物数学课程能够显著提升学生建模与定性分析能力[8]。

高质量的问题设计是PBL教学落地的关键。教师需要在熟练掌握本课程知识体系与学科前沿的基础上，融通物理、生物、公共卫生等交叉学科内容，结合教学重难点与学生学情，制定针对性的课堂讨论提纲、课后探究题目与前沿研讨主题。课堂以真实问题、科研问题、应用问题为切入点，引导学生自主查阅中外期刊文献、梳理研究脉络、开展小组研讨、完成成果展示，教师全程负责引导答疑、节奏把控、点评升华，实现寓教于乐、因材施教。如选取粪口传播传染病动力学模型设计PBL探究课题，以“判断传染病流行与否”作为驱动问题。学生分组检索经典与前沿文献，建立传染病动力学微分方程组，运用定性理论求解平衡点、判定平衡点稳定性，解释系统动力学行为的公共卫生意义，对比常微分模型与自由边界模型的定性差异，最终完成报告与课堂展示。教师依托研讨环节引导学生自主运用奇点、稳定性等课程核心知识，在解决实际科研问题的过程中内化定性理论方法，实现理论知识、文献能力与科研思维一体化训练。通过常态化PBL教学训练，学生能够逐步掌握文献检索、问题分析、逻辑推理、团队协作的基本方法，科研创新意识得到持续培育，彻底改变被动听课、机械刷题的学习模式。

4.3 构建全方位开放式考核体系，实现全过程育人评价

为扭转单一应试评价的弊端，本次改革构建“报告+辅导+讨论+考试”四位一体的全方位开放式考核模式，实现过程性考核与终结性考核有机结合、知识评价与能力评价并重。新考核体系更加关注学生的学习过程、思维过程与创新过程，突出

科研素养与综合能力的培养。

课程报告是过程考核的核心环节。选题聚焦学科前沿与交叉应用问题，涵盖传染病传播模型定性分析、生物种群动态系统稳定性研究、工程控制系统定性探究等方向，引导学生自主查阅文献、整理研究现状、归纳核心方法、撰写课程报告。该过程完整模拟了基础科研的训练流程，能够有效培养学生文献调研、信息整合、学术写作的初级科研能力。

课堂讨论与师生辅导作为常态化考核内容，重点评价学生课堂参与度、问题思考深度、小组探究贡献度。终结性考试弱化机械记忆类题目，增加综合性、应用性、探究性试题，重点考查学生理论理解能力与问题应用能力。多元化考核体系有效强化了师生双向互动，倒逼学生开展主动学习、深度思考，推动学生从“考试能手”向“具备创新意识与实践能力的科研后备人才”转变，形成良性教学互动生态。本次改革构建的立体化教学实施流程如下**图2**所示。

5 改革拟解决的关键教学问题

5.1 解决教材内容陈旧、古今理论脱节、理论应用分离问题

通过精选外文优质教材、整合中外教学资源、重构课程知识框架，有效弥补传统教材现代理论缺失、逻辑生硬、可读性弱的短板。在保证古典理论严谨讲授的基础上平滑过渡现代理论内容，同时融入多领域应用案例，构建体系完整、深浅适度、理论扎实、应用丰富的课程内容体系，从源头上提升课程教学质量。

5.2 解决课堂教学模式固化、学生自主与创新能力培养不足问题

依托PBL问题驱动教学模式，打破教师单向讲授的传统格局，充分发挥问题对学习过程的引领作用。倒逼教师提升交叉学科储备、问题设计能力、课堂组织能力与教学把控能力，通过精准的问题设计与课堂引导，充分调动学生主动性，持续培养学生自主学习、独立思考、文献研究与科研创新能力。

5.3 解决考核评价单一、育人导向片面、科研素养训练薄弱问题

通过开放式多元考核改革，改变“一考定成绩”的单一评价机制，将科研报告、课堂研讨、日常辅导、期末考核纳入综合评价体系。以前沿性、应用性选题牵引学生主动查阅文献、开展探究学习，让学生在课程学习中完成基础科研能力训练，纠正应试化学习倾向，树立能力为本的育人导向。

6 改革成效与展望

本次教学改革从教材内容、教学模式、考核体系三个维度完成系统性优化，有效破解了定性理论课程理论抽象、学用脱节、课堂沉闷、评价单一等教学难题。改革实施后，课程知识体系更加科学完整，课堂氛围更加活跃，学生学习积极性显著提升，不仅能够扎实掌握定性理论核心方法，还能够熟练结合物理、生物、传染病等实际问题开展定性分析，文献检索、学术写作、创新思考等科研素养得到系统训练，课程整体育人质量明显提升。

未来将持续深化课程教学改革，动态优化外文教材本土化适配内容，实时更新学科前沿应用案例；进一步细化PBL问题梯度设计，完善小组探究、课题展示、成果互评的教学机制；细化多元考核评价指标，实现能力评价精细化、科学化。同时推进课程教学与科研深度融合，依托课程探究课题引导学生参与科创训练、学科竞赛与基础科研项目，持续提升学生的创新实践能力。

7 结语

《定性理论》课程教学改革是新时代数学类课

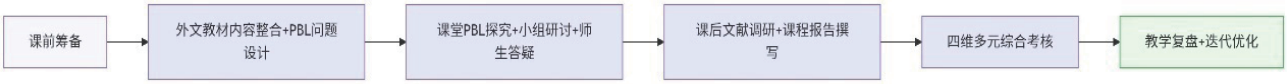


图2. 课程改革教学实施流程

程落实创新育人、能力育人的必然要求。通过外文教材赋能内容建设、PBL模式激活课堂生态、多元评价优化育人导向，构建了“理论夯实、应用突出、问题驱动、全程育人”的新型教学体系，有效平衡了理论严谨性与教学通俗性、知识传授与能力培养、课堂学习与科研训练的关系。本次改革能够有效激发学生学习兴趣与创新潜能，为高校同类理论性较强的数学课程教学改革提供可行的实践参考。

参考文献

[1]张芬,丁同仁,黄文灶,等.微分方程定性理论[M].北京:科学出版社,1985.

[2]马知恩,周义仓.常微分方程定性与稳定性方法[M].北京:科学出版社,2001.

[3]马知恩,周义仓,王稳地等.传染病动力学的数学建模与研究[M].北京：科学出版社,2004.

[4]胡文瑾.PBL教学模式在计算机类研究生实验教学中的应用研究[J].现代职业教育,2018(1):106-107.

[5]谷雅娟.新工科背景下高等数学多元化过程考核体系的构建与实践研究[J].教育进展,2026,16(3):583-589.

[6] Murray J D.Mathematical Biology I: An Introduction[M]. 3rd ed.New York: Springer, 2002.

[7] Capasso V, Paveri-Fontana S L. A mathematical model for the 1973 cholera epidemic in the European Mediterranean region [J]. Revue d’épidémiologie et de santé publique, 1979, 27(2):121-132.

[8]杨志远.PBL教学法在生物信息学课堂教学中的应用[J].科教导刊-电子版(下旬),2020(8):188,190.

Copyright © 2026 by author(s) and Global Science Publishing 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