

面向创新能力提升的《模糊数学》课程教学改革研究

折延宏

西安石油大学理学院, 陕西 西安

收稿日期: 2023年6月10日; 录用日期: 2023年7月6日; 发布日期: 2023年7月13日

摘要

本文结合石油工程领域特征与研究生人才培养目标, 以《模糊数学》课程为切入点, 从课程教学内容、教学体系、教学模式、教学方式等方面进行教学改革探索, 旨在使《模糊数学》课程的相关知识与学生研究方向做深度融合, 全面提高《模糊数学》课程的教学质量, 为数学与石油工程等学科的交叉融合探索出一条具有创新价值的教学改革研究新途径。

关键词

模糊数学, 教学模式, 教学内容, 教学体系

Research on Teaching Reform of Fuzzy Mathematics Oriented for Innovative Capability Enhancement

Yanhong She

Department of Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an Shaanxi

Received: Jun. 10th, 2023; accepted: Jul. 6th, 2023; published: Jul. 13th, 2023

Abstract

Combining with the academic feature of petroleum engineering discipline and the objective of our postgraduates' cultivation, the present project aims to conduct a research on teaching reform of *Fuzzy Mathematics* from four aspects, that is, teaching content, teaching system, teaching pattern and teaching method, with the intention of mixing together the teaching content and the research

direction of graduate students. By doing so, we aim to improve the teaching quality of *Fuzzy Mathematics* and provide a possible way to combine mathematics and petroleum engineering in the process of teaching reform.

Keywords

Fuzzy Mathematics, Teaching Model, Teaching Content, Teaching System

Copyright © 2023 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

《模糊数学》是许多理工科院校都开设的一门数学类公共课程。该门课程的教学目标是使学生掌握模糊数学的理论知识和使用相关知识处理模糊现象的基本思维方法及基本技巧, 为学生进一步从事科学研究与实践应用提供新的数学工具。通过该课程的学习, 使研究生掌握崭新的思维方法, 打破以二值逻辑为基础的传统思维, 在传授知识的同时, 通过各个教学环节逐步培养学生的抽象概括能力、自主学习能力、科学研究及创新能力, 同时培养学生综合运用所学知识分析并通过相关数学模型的建立与运用进而解决实际问题的能力。

根据前期调研, 目前理工科院校的《模糊数学》课程主要是为研究生开设。由于大部分学生在本科、硕士阶段都没有学习过相关内容, 课程教学面临着生源复杂、学科基础知识和能力差异大等问题。此外, 作为一门数学类课程, 其本身具有一定的抽象性, 部分内容定理多、公式多, 需要进行严格的理论推导证明, 对工科学生的理解带来了一定的困难。加之目前绝大多数模糊数学教材的内容设计与研究生所在的学科之间的内在联系还不是很紧密, 相关的应用型案例较少, 这在一定程度上对模糊数学的授课质量带了一定的影响。鉴于模糊数学已在模式识别、机器学习、决策分析、综合评判、信息检索、石油勘探等理工类学科中有广泛的应用, 因此, 关于该门课程教学改革方案的深入探讨与研究显得很有必要, 对提升研究生培养质量以及实现数学与不同学科之间的交叉融合具有重要意义。

《模糊数学》课程在我校主要是面向博士研究生开设, 博士研究生们的学科方向是石油工程, 做好《模糊数学》课程的教学改革, 对于提升人才培养质量, 促进学科交叉等都有积极的促进作用。以下从三个方面分别介绍我们在此方面所做的一些探索性思考与教学改革实践。

2. 《模糊数学》课程教学改革的必要性

2.1. 《模糊数学》教材现状分析

据作者前期调研, 面向研究生开设《模糊数学》课程的石油类高校主要包括中国石油大学(华东)、西南石油大学、陕西省内的高校包括西安理工大学、西安建筑科技大学、西安石油大学等高校。国内其他高校如四川大学、武汉理工大学、华北电力大学等也相继为研究生开设了《模糊数学》课程。例如: 四川大学根据学科需要, 面向电力电子与电力传动、机械制造与自动化专业硕士、博士研究生开设了《模糊数学及其应用》课程。中国石油大学(华东)面向计算机技术、软件工程领域工程的硕士研究生开设《模糊数学》课程为专业基础课。中国石油大学(北京)面向一级学科国家重点学科油气田开发工程、油气井工程及油气储运工程专业研究生开设学位课程《模糊数学》。由此可见, 越来越多的理工科院校为研究生

开设《模糊数学》课程。

开设了《模糊数学》课程，自然要根据研究生的学科特点及研究方向开展有指向性的教学。从硕士研究生的层次来看，我国人才培养类型结构也在不断得到优化，从“十三五”到“十四五”，我国不断加大对专业学位人才培养的力度，专业学位招生比例已经超过 60%；正加大力度推进专业学位博士研究生的培养，招生比例达到 14.4%。硕士专业学位研究生教育以职业性和应用性为导向，所以在教学方式上也强调理论学习和职业技能培学方式相结合，将课堂讲授、研讨与案例学习等多种形式贯穿到教学过程中。然而，在目前的研究生教学中，传统的课堂灌输式的教学方式仍然处于主导地位。从现有的模糊数学教材来看，传统的《模糊数学》教材多以理论推导为主，其特点是定义、定理较多，理论性强，抽象度高。近年来，陆续有面向实践应用领域的《模糊数学》教材出版，例如：华中科技大学谢季坚和刘承平^[1]出版了一部应用性较强的优质教材，系统阐述了模糊数学思想方法及其在人才选拔、工程管理及施肥方案评价等工程领域的应用，颇受科研工作者和研究生的青睐。肖盛燮，王平义，吕恩琳等人出版了《模糊数学在土木与水利工程中的应用》一书^[2]，通过土木和水利工程示例剖析，力图将基本原理与方法引入实际应用领域。李士勇编写的《工程模糊数学及应用》阐述了模糊数学在模糊决策、模糊故障诊断、模糊自动控制等应用领域中的基本原理与方法^[3]。

我校是西北地区唯一一所石油石化为特色的多科性普通高等学校。学校学科特色鲜明，学科门类较为齐全，具有从本科、硕士研究生到博士研究生完整的人才培养体系。从 2020 年开始，我校开始面对博士研究生开设《模糊数学》课程，共设 2 学分，32 学时。由于多数博士生在其本科与硕士阶段并没有学习过模糊数学相关知识，在实际授课过程中，既需要讲授基本的理论知识，又需要讲授与其研究方向相关的应用案例，选择一本适合石油工程学科特色的模糊数学教材尤为重要，然而，在已有的《模糊数学》教材中，与石油工程结合的似乎并不多见，相关的应用案例更是少见。

2.2. 《模糊数学》在石油工业领域的研究现状分析

石油工业是由地质勘探、钻井、油气开发、油气集输及加工等环节构成的一个十分复杂的系统。在这个复杂系统中，存在着大量的随机性和模糊性信息，这些都是模糊数学应用的前提。随着模糊数学的发展，模糊数学已被应用于我国油田开发的各个环节，具体包括石油安全评价、优选油田开发方案、油气田开发、测井综合解释等等^[4]。

除了石油工业之外，在石油地质领域，模糊数学也有很多的有很多现象是模糊的，如沉积岩样的沉积相、复杂岩性、圈闭含油气性、含气面积断层封闭性等。当需要定量的角度解决这些地质问题时，就需要数学与地质的结合，然而经典数学又不太适合分析、处理地质学中的这类模糊问题，因此应用模糊数学的方法定量分析、研究、处理地质学中的模糊现象，再将其编制成专用软件，可以减少地质工作者的劳动强度，提高工作效率，尤其是使研究结论更加符合地质实际，为油气勘探服务。近几年来，模糊数学在地学上的应用也日趋深入。如在复杂岩性、岩相识别、储层含油气性评价以及勘探有利区优选等方面都取得了不错的成果。例如，有学者利用模糊数学来判别复杂岩性，有学者利用模糊数学进行盆地勘探有利区优选，等等。

2.3. 《模糊数学》的授课模式现状分析

传统的《模糊数学》课程教学，“数学理论味道偏浓、理论脱离实践”等问题普遍存在，应大力加强理论知识与工程应用背景的深度融合。首先，以工程应用为背景，优化教学引入环节。介绍《模糊数学》课程的基本思想、方法与理论知识的同时引入工程应用案例，从而拓宽学生的知识视野，提高学生的学习兴趣及创新意识。其次，开展讨论课实践教学环节。针对博士研究生的具体研究方向，布置大作

业, 要求研究方向相近的研究生自主形成小团队, 选择与专业相关程度高的模糊数学理论及其应用成果作为报告课题, 在课堂上进行汇报交流和讨论, 学习相关知识的最前沿应用。通过“文献研读、小组讨论、课题汇报”等方式, 调动学生学习的主动性和积极性, 引导学生进行学术研究与探讨, 克服了传统教学以教师为中心的不足, 使课堂成为了师生交流、互动和研讨的平台。

此外, 传统考核方式只注重理论知识考核、不注重实践和科研能力考查的不足之处, 实现从知识考核到能力考核的有效转变。传统课程的教学大纲设置该门课程的总评成绩由期末试卷成绩、平时成绩和大作业成绩三部分组成, 考核方式单一, 无法综合评定学生的实践创新能力、科研能力和自主学习能力, 而这几种能力恰恰是研究生教育不同于本科生教育的最大差别之一。此外, 目前已有的《模糊数学》教学改革也主要是面向本科生或者硕士研究生开展的([5] [6] [7] [8])。

综上, 无论在教材方面、模糊数学在石油工程的应用方面以及目前的授课模式来看, 开展面向石油工程学科的《模糊数学》课程教学改革显得尤为重要。基于我校博士研究生的学情状况, 本项目以提升学校一流创新型人才培养质量为目标, 从教学内容、教学模式及课程考核方式三个方面对《模糊数学》课程进行深化教学改革, 使学生可以创造性地运用模糊数学知识解决相关专业领域的前沿问题。

3. 《模糊数学》课程改革的主要内容

鉴于学科特色与学生实际现状, 我们主要从教学内容、教学模式及课程考核方式三个方面对《模糊数学》课程进行教学改革。

在教学内容方面, 我们从学校博士研究生的学情出发, 从如下三个方面对教学内容进行了拓展。首先, 注重传统模糊集理论与最新理论研究成果的结合。传统模糊数学方法主要包括模糊综合评价、模糊聚类、模糊模式识别等内容。近些年来, 国内外学者在模糊集理论研究方面取得了诸多研究成果, 提出了诸如二型模糊集、区间值模糊集、犹豫模糊集等理论与方法([9]), 在讲授传统方法的同时融入最新研究成果, 可有效开阔学生的视野, 扩充知识面。其次, 注重模糊数学方法与数据分析方法的有效融合。当前, 我们已进入以大数据为特征的智能信息时代, 以机器学习方法为代表的大数据分析与处理方法相继提出, 并在智慧油田等领域有着广泛的应用。通过将模糊数学方法与机器学习方法相结合, 已产生了诸如模糊神经网络、模糊支持向量机、模糊决策树等数据处理方法([10]), 在本课程研究中, 我们编写了融合模糊数学方法与数据分析方法的最新成果, 并介绍了相关应用案例。最后, 注重基础理论与石油工业应用的结合。在此方面, 通过咨询校内外相关专家, 遴选了若干极具代表性的模糊数学在石油工业领域的应用案例, 将其融入到课堂讲义中, 并制作了相关的 PPT, 从而拓宽学生的知识视野, 提高学生的学习兴趣及创新意识。

在教学模式改革方面, 鉴于有限的授课学时, 我们通过压缩理论课讲授时间, 采用“文献研究、分组讨论、课题汇报”等 PBL 与翻转课堂相融合的教学新模式, 用以提升学生的实践创新能力。首先, 在授课前授课教师需要提前了解学生的研究方向, 了解课程相关知识与学生专业研究领域的结合点, 以及学生期望通过学习《模糊数学》能够解决的科学问题。根据与学生前期的摸底交流, 有针对性地查阅相关资料, 特别是与具体应用相关的最新文献, 结合最前沿的研究问题进行启发式讲授。其次, 在教学引入方面, 积极探索以工程应用为背景的教学引入环节。紧密结合模糊数学在石油工程领域的应用案例, 采用启发式教学方法, 通过将应用场景所需的知识加以抽象、引申, 自然过渡到相应的基础知识讲解中。例如在讲解模糊模式识别时, 我们可以从石油勘探决策、油气评价等学生感兴趣的实例讲起, 然后一步步引导出这些实例所用到的基础知识。一方面培养了学生学习知识的兴趣, 让他们有目的地去学习, 另一方面也启发学生从模糊数学的视角思考与自己科研方向相关的学术问题, 了解模糊数学的最新发展动态, 达到双赢的效果。最后, 在教学设计方面, 积极鼓励学生通过课前的文献调研以及小组研讨的方式

进行自主式学习,采取“课题汇报、分组讨论、教师点评、小组互评、小组自评”等 PBL 与翻转课堂相结合的教学新模式,引导学生了解该课程的工程与应用背景,了解《模糊数学》对于推动前沿科学发展的重要贡献,让学生了解“为什么学,怎样去学”,做到学习目标的清晰聚焦。在具体教学过程中,以目标为导向,注重理论学时与应用研讨学时的合理分配。在理论讲授时,注重实际背景的引入,避免过于繁杂的公式推导,在阐述其数学思想的同时结合应用案例予以讲解。在接近课程核心教学内容结束时,布置大作业,学生以小组为单位,选择与专业相关程度高的模糊数学理论及其应用成果作为报告课题,以 PPT 形式在课堂上汇报交流。

最后,在课程考核方式改革研究方面,课程的综合考评成绩采用平时成绩、大作业(课题报告)成绩和期末考试(闭卷)成绩相结合的方式进行。平时成绩由“平时作业、课堂考勤、课堂参与度”三项组成,占总评成绩的 30%;大作业(课题报告)占总评成绩的 20%;期末笔试成绩占总评成绩的 50%。其中,课题报告以小组为单位完成,学生可以自行分组,选择与专业相关程度高的课题项目,由教师认可后撰写报告统一进行汇报和答辩;考试成绩在期末考试完成后由教师阅卷后给出。通过以上方式,建立多维度的综合成绩考评机制,实现从知识考核到能力考核的有效转变,真正地实现 OBE 理念提出的“以学生为中心,以结果为导向”的教学目标。

4. 《模糊数学》课程改革的主要方法

4.1. 调查研究法

采用问卷调查、课后访谈等方式了解学生对于《模糊数学》这门课程的真正需求以及学习难点;同时通过走访其它高校、同行教师、专家交流等形式了解同类院校对于面向研究生的《模糊数学》课程设置模式和教学方法。真正地以学生需求出发,从教学改革的目标出发,结合我校创新人才培养方案构建真正适合博士研究生人才培养目标的《模糊数学》课程,从而实现教学质量的持续改进。

4.2. 目标导向法

目标导向法和 OBE 教育理念是一致的,它以项目的总体目标为出发点,指导整个项目的开展与实施。在本项目申报、开题、建设以及验收的整个过程中,项目组将紧紧围绕该项目的研究方向和目标,以学生的创新能力培养为出发点,设计课堂教学内容、布置课后作业、建设课程资源,引入 PBL 和翻转课堂相结合的新型教学模式。其全部过程要求教师必须明确教学目标,明确如何从博士研究生培养方案出发,培养学生的创新能力和科研能力,根据每个能力的培养要求配套相应的课程设计方案。

4.3. 总结归纳法

在课程改革的实施过程中,我们在开展和实施过程中的各个阶段都要进行阶段性总结和归纳,其目的在于紧密围绕学生需求,围绕项目立项目标,立足于项目申报的出发点,及时调整项目进度和项目安排,使得项目的建设开展紧密围绕着研究方向,不偏离总体目标,从而保质保量地完成。

5. 总结

本文介绍了我们在《模糊数学》教学中的一些改革措施,通过从课程教学内容、教学体系、教学模式、教学方式等方面进行教学改革探索,使《模糊数学》课程的相关知识与学生研究方向做深度融合,为数学与石油工程等学科的交叉融合探索出一条具有创新价值的教学改革研究新途径。

基金项目

西安石油大学西安石油大学研究生教育教学改革研究项目(2021-X-YJG-011)。

参考文献

- [1] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 第4版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
- [2] 肖盛燮, 王平义, 吕恩琳. 模糊数学在土木与水利工程中的应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [3] 李士勇. 工程模糊数学及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2015.
- [4] 张强, 孙新亚, 叶晔, 何坤, 张远, 郑伟. 模糊数学在石油地质中的应用综述[J]. 云南化工, 2019, 46(12): 132-134.
- [5] 李永明, 金雪莲. 模糊数学课程的教学改革探析[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2022, 24(2): 113-115.
- [6] 王叶. 浅谈模糊数学的教学改革[J]. 中外企业家, 2018(7): 120-121.
- [7] 韩正忠, 陈怡, 朱保叶. “模糊数学”教学改革创新之路[J]. 工科数学, 2001(6): 52-53.
- [8] 阎少宏, 杨爱民, 张艳娟. 新形势下《模糊数学》的教学改革与实践[J]. 数学学习与研究(教研版), 2009(6): 56.
- [9] 徐泽水, 赵华. 犹豫模糊集理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [10] 颜军. 模糊神经网络理论与实践[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2021.