

新基建背景下新工科高等数学教学改革探讨

孙 辉, 蔡光程, 徐建新, 姜 麟, 方郁文, 孙 莹

昆明理工大学, 云南 昆明

收稿日期: 2022年11月10日; 录用日期: 2023年1月5日; 发布日期: 2023年1月12日

摘 要

新基建背景下, 以新工科复合创新型人才为培养目标, 打造新工科高等数学教学新模式刻不容缓。本文从教学方式、教材、专业需求方面深入研究了目前新工科高等数学教学中存在的问题, 通过具体的应用案例探讨新工科专业课程与高等数学课程的内在紧密联系, 深刻认识到教学内容面临的问题和挑战。本文提出了高等数学教学改革方案和教学内容改进建议。教学方式方面应充分利用先进的教学手段, 加强过程化考核, 达到精准教学的目的, 重视教师的专业背景与学生专业需求的合理配置; 教学内容方面强调高等数学教学应与新工科专业内容有机结合, 合理安排高等数学知识结构, 深入挖掘凝练思政元素, 并将其潜移默化融入教学中, 从而适应新基建对新工科人才的培养模式。

关键词

新基建, 新工科, 高等数学, 教学改革, 人才培养

Discussion on the Reform of Advanced Mathematics Teaching in New Engineering under the Background of New Infrastructure

Hui Sun, Guangcheng Cai, Jiangxin Xu, Lin Jiang, Yuwen Fang, Ying Sun

Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan

Received: Nov. 10th, 2022; accepted: Jan. 5th, 2023; published: Jan. 12th, 2023

Abstract

Under the background of new infrastructure, it is urgent to build a new mode of teaching higher mathematics in new engineering with the objective of cultivating new engineering composite and innovative talents. This paper discusses the close connection between new engineering courses and higher mathematics courses through specific application cases, deeply recognizes the prob-

lems and challenges faced by the teaching contents, and proposes the reform plan of higher mathematics teaching and the improvement of teaching contents, emphasizing that the teaching of higher mathematics should be organically combined with the contents of new engineering courses, reasonably arranges the knowledge structure of higher mathematics, and pays attention to the professional background of teachers and the professional needs of students. It is suggested that higher mathematics teaching should be organically integrated with the content of new engineering majors, the knowledge structure of higher mathematics should be reasonably arranged, and the professional background of teachers should be reasonably allocated with the professional needs of students, so as to adapt to the cultivation mode of new engineering talents in new infrastructure.

Keywords

New Infrastructure, New Engineering, Advanced Mathematics, Teaching Reform, Talent Cultivation

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

近几年新基建(新型基础设施建设)被提出并得到国家层面的重点支持[1]。新基建领域异常青睐新工科专业培养的相关人才。以大数据、人工智能、5G等领域为代表的新基建智能工程引领了数字经济发展方向。培养高质量的新型工程科技人才,为高速发展的经济提供保障是亟待解决的问题。

目前,地方高校是培养新基建所需求的新工科人才的重要基地。新基建不仅带动数字经济发展获得经济利益,更是为高校发展带来历史性的机遇。高等数学是高校教育非常重要的基础课程,对高等数学课程的教学改革是满足新工科专业需求并培养卓越工科人才的基础。如何实现复合创新型新基建人才的培养,使高等数学更好地服务于新工科专业,是高等数学教学改革的重要目标。在教学方式、教学方法、教学手段、考核方式等多角度多方面进行改革,充分利用高等数学的交叉学科属性[2],真正地让高等数学课程对专业课程的学习更具有指导性作用,最重要的是提升学生学习高等数学课程的积极性和兴趣,协助专业问题分析,建立对事物认知的基础框架,使工程中的判断和选择更具有科学性和准确性。

2. 新工科高等数学课程教学现状

目前,教师在制定授课计划时基本沿用传统高等数学的教学内容框架。教学手段存在局限性,大部分时间用于基础性概念地解析、大量习题地训练,偏向于数学思想和方法。在授课的过程中重视并强调逻辑性和理论性的讲授,缺乏更新和增加新工科背景下各专业领域中应用案例的分析,不能及时有效的让所学高等数学知识和专业知识相互融合。

2.1. 教学理念陈旧,教学模式单一

传统的高等数学教学主要是“以教师为中心”,其弊端是不能真正做到“因材施教”。“一支粉笔、一个教案、一个统一的教学计划”,利用这三个“一”完成整个高等数学课程教学计划。这种教学方式使得学生不能明确理解所学课程如何解决实际问题,同时,由于自身认知程度的限制,不能深刻意识到高等数学课程对新工科专业学习的重要性,造成对课程缺乏兴趣,甚至产生畏难心理。

2.2. 高等数学学习和新工科的专业需求脱节

对高等数学任课老师而言,大多数教师不涉及各具体学科的研究背景。忽视了因专业不同对高等数学知识体系侧重点不同,而造成高等数学教学内容与新工科专业需求脱节问题。除传统的工程技术领域之外,近年来新工科专业发展领域和新技术驱动的传统工科专业升级,都对专业人员的知识和能力方面提出了更加多元化的需求。从学生的角度看,即使老师在教学过程中结合专业应用实例进行讲解,由于学生的培养方案设计时没有考虑到学习高等数学知识时还没有接触到案例所涉及到的专业课内容,而对所列举的专业案例缺乏认识而不能深入理解和应用。等到专业课学习用到相关知识时,却因为前期没有深入理解相关的高等数学基础知识而难以理解专业课内容,从而陷入这种不良循环。高等数学的学习与工程应用的脱节,导致了教学效果与质量不足以支撑新工科专业人才的培养目标。

2.3. 教材适应性和专业针对性不强

目前高等数学教材大部分都采用本科生适用的普通教材[3][4],教材的普适性并不能体现出不同专业的特色[5]。对教材进行改革不是一个人的事情,要团队合作,纵观全局,了解整个新工科专业的背景,创建新形态教材。教材应打破纸质教材的局限,更新补充实际案例,增加视觉动态插图,增强教材的吸引力和表现力,根据学生的个体发展需要对内容进行扩展,加强育人功能。

3. 新基建背景下新工科高等数学改革建议

高等数学教学改革的基本原则应突出高等数学对专业培养的作用,以专业为导向进行改革。教学过程中应包括不同专业的应用实例,以提高学生的学习兴趣。以教师为主导的课堂要慢慢过渡到“以生为本”的教学理念,形成以学生为主体,师生平等的学习氛围。根据学科差异性,灵活构建适应性强的满足不同类型学生发展的课程体系。建议细化基础课程,突出知识点,做到结构化、简化。加强实践课,突出学生的知识应用能力与实践操作能力的培养,从而建立新的课程体系。在教学内容改革建议部分,本文对高等数学教学内容提出了具体的改革建议。

3.1. 以“专业”为导向,优化课程内容

本文通过案例对新工科专业涉及到的高等数学知识进行举例分析,从而更好地认识不同专业对高等数学的需求差异性。5G 技术的基础专业课通信原理、信号与系统等课程涉及到傅里叶变换;新能源专业课程高等传热传质、工程热力学等课程常用到泰勒展开式和微分方程;AI 人工智能中涉及到的深度学习方法-最速下降法用到了梯度的概念。从以上几个方面分析高等数学在不同专业中的具体应用,通过案例引导学生,使学生能够深入地理解并能应用到自己的专业中,学以致用。

3.1.1. 高等数学在通信原理和信号与系统中的应用

通信原理,信号与系统等课程是理工科大学电子信息科学与电力系统及自动化等专业学习的必修核心课程[6]。中国的 5G 技术让许多国家都振奋不已,已然走在了世界的前沿,推动着电子信息技术、基础设施建设以及国防力量建设的发展。傅里叶变换在通信和信号系统中是非常重要的概念,它的主要目的是把研究对象从时域转换到频域,然后进一步演化其规律。傅里叶变换是由傅里叶级数推导演化而来的。傅里叶变换[4]是由傅里叶级数推导演化而来的。傅里叶级数和傅里叶变换对应的函数分别是周期性和非周期性的,实质上是把信号表示成信号叠加的形式。傅里叶级数公式:

设 $x(t)$ 周期为 T 的周期函数,且:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t), n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

右端级数可逐项积分, 则有:

$$\begin{cases} a_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt \\ a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos nw_0 t dt \quad n = 1, 2, \dots \\ b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin nw_0 t dt \end{cases} \quad (2)$$

其中 T -周期, w_0 -基频, $w_0 = \frac{2\pi}{T}$ 。

$x(t)$ 的傅里叶系数为 a_n, b_n , $x(t)$ 为傅里叶级数。引入复指数的形式来表达傅里叶级数, 因为引入复数之后, 会让数学表达变得十分简洁。

由欧拉公式: $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ 导出傅里叶级数的复指数形式为:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} e^{-jnw_0 t} dt \cdot e^{-jnw_0 t}, n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$

当周期为无穷大周期时:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi} \left[\int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-jw t} dt \right] \cdot e^{jw t} dw, n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

则 $x(t)$ 的傅里叶变换为:

$$x(w) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-jw t} dt \quad (5)$$

另外, 图像处理技术目前在工程中广泛应用, 傅里叶变换分析在图像处理中非常有用[7], 可以用在图像增强、去噪、特征提取、图像压缩等方面。傅里叶变换原理是 5G 技术的基本理论支撑之一。高等数学知识和相关专业相结合在课堂上得到实践应用, 会大大提升学生的学习兴趣和学习效果。

3.1.2. 高等数学在新能源工程中的应用

国家提出双碳政策, 扎实做好碳达峰、碳中和各项工作。优化产业结构和能源结构, 大力发展新能源, 推动资源节约高效利用是减少碳排放的重要手段。工业互联网能够大幅度提升系统数据分析处理的能力, 为传统的新能源行业进行智能化升级提供技术, 比如工业数据分析与管理、工业智能、新能源数据的深度数据挖掘等。传热学是建筑环境、能源应用和动力工程等能源类必备的专业课之一。对传热问题的应用和分析涉及到大量的高等数学知识。例如, 对传热方程进行泰勒展开等。在建立传热模型时, 利用微分思想根据能量守恒定律建立设定微元的能量方程。

泰勒级数展开公式:

$$f(x) = \frac{f(x_0)}{0!} + \frac{f'(x_0)}{1!} (x-x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x-x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x-x_0)^n + R_n(x) \quad (6)$$

其中: $f(x)$ 的 n 阶导数为 $f^{(n)}(x)$, $R_n(x)$ 为泰勒展开式的皮亚诺或者拉格朗日余项。对于 x 附近的 $x+dx$, 取一阶泰勒展开时有:

$$f(x+dx) = f(x) + \frac{f'(x)}{1!} (x-x_0) \quad (7)$$

x 方向上流入微元体的热量为:

$$\phi_x = -\mu \frac{\partial T}{\partial x} dydz \quad (8)$$

$$\phi_{x+dx} = \phi_x - \mu \frac{\partial \phi_x}{\partial x} = \phi_x - \frac{\partial}{\partial x} \left(-\mu \frac{\partial T}{\partial x} dydz \right) dx \quad (9)$$

其中 ϕ_{x+dx} 就是通过泰勒展开式所得到的。

工业生产中各种余热资源的回收再利用, 可以提高现有能源的高效合理利用, 高中低低温余热回收用以有效帮助国家减少资源短缺问题, 换热器是非常重要的换热设备[8]。

对流换热计算中的积分: 冷热流体在换热器内释放或吸收热量, 传热关系式: $Q = kA\Delta t$ 中的温差用对数平均温差 Δt_m 表示, Δt_m 是换热面上冷热流体温差的积分平均值, $\Delta t_m = \frac{1}{A} \int_0^A \Delta t_x dA$, 取换热器中的面积微元 dA , dA 两侧冷热流体的温度变化为微分方程:

$$d(\Delta t) = dt_1 - dt_2 = - \left(\frac{1}{qm_1 c_1} - \frac{1}{qm_2 c_2} \right) d\phi = -\mu d\phi = -\mu dA \Delta t \quad (10)$$

利用可分离变量法可以求解方程(10)得到其对数平均温差。

直接接触式换热器在中低温余热回收领域被广泛应用。在直接接触式换热器中, 用 AD 方法求解出气泡之间的平均距离[9], 从而来演化和量化气泡的混合均匀性和平均体积换热系数的关系, 其中 AD 法的核心模型就是:

$$E(X) = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2} dx dy du dv \quad (11)$$

其中 $(x, y), (u, v)$ 是单位正方形内任意两点, $E(X)$ 是单位正方形内任意两点之间的平均距离。 $E(X) \approx 0.5214$ 时, 说明单位正方形上分布的点是均匀的。运用此方法, 通过图像处理把采集到的气泡图像二值化, 找到每个气泡的质心点, 如图 1 所示, 求出任意两个质心点的平均距离, 从而判断气泡的混合均匀性以及混合效率和换热效率的关系, 如图 2 所示, 其中 \bar{h}_v 为平均体积换热系数, $\bar{\delta}$ 是平均绝对误差。由图 2 可以直观得到 \bar{h}_v 和 $\bar{\delta}$ 成负相关关系, 负相关系数为 -0.8246, 为高度负相关。

在求解这个四重积分时就用到极坐标变换、积分区域和被积函数都关于斜 45° 对称等求积分的方法, 简化四重积分为二重积分。这些方法在高等数学求积分的教学中常用的方法。

3.1.3. 高等数学在 AI 机器学习算法中的应用

人工智能(AI)是智能主体的研究与设计, 当前人工智能应用面极其广泛, 主要应用在金融贸易、医药、交通运输、远程通讯等方面。机器学习[10]是人工智能的分支, 深度学习是机器学习的常用方法。算法的训练过程分为前向传播和反向传播。前向传播是训练样本从网络的输入层开始, 逐层通过中间层, 再通过损失函数得到误差。反向传播是将这个误差逐层地沿原路反向传递回去, 目的是在下次前向传播时得到的误差值比前一次小。这个算法的理论基础就用到凸优化方法, 最常用的就是梯度下降法。梯度下降法就是沿着梯度最大(也就是误差值下降最快)的方向前进寻找误差最小的那个点(损失函数的最小值), 用到的知识点是偏导数和迭代。梯度在单变量函数中表示的是函数的微分即在某点处切线的斜率, 在多变量函数中是一个有方向的向量, 梯度的方向即函数在某定点处上升最快的方向。

梯度:

$$\nabla = \frac{df(\theta)}{d\theta} \quad (12)$$

若函数 $f(\theta)$ 是凸函数, 利用梯度下降算法可以优化。梯度下降法计算公式:

$$\theta = \theta_0 - \delta \nabla f(\theta_0) \quad (13)$$

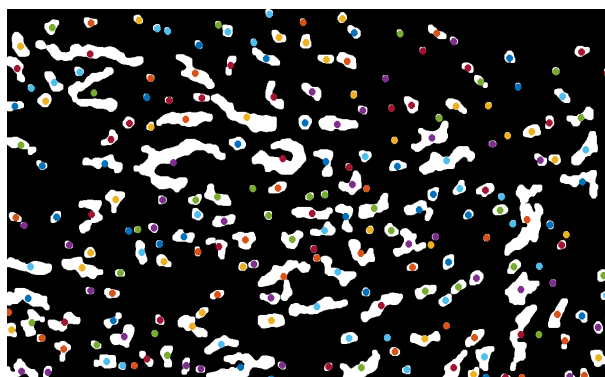


Figure 1. Diagram of the Bubble image centroid

图 1. 气泡图像质心点

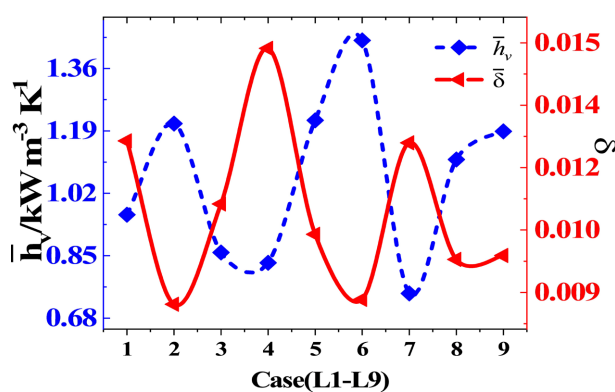


Figure 2. Diagram of the mean volume heat transfer coefficient and mean absolute error

图 2. 平均体积换热系数 \bar{h}_v 和平均绝对误差 $\bar{\delta}$ 的关系

其中, θ_0 是自变量参数, δ 是学习因子, θ 是更新后的 θ_0 。

梯度下降法的必备量为特征、步长、假设函数、损失函数。目前由梯度下降法推广得到多种其他下降法, 例如随机梯度下降法、批量梯度下降法等。

新工科专业课程中的案例在高等数学教学过程中渗透, 逐步实现学生对抽象数学的直观理解, 让学生深刻理解从基本概念到实际应用的全过程, 从而调动了学生的学习积极性并激发学生的学习动力, 为专业技能的学习打下坚实的基础。精确定位教学目标, 根据教学目标进行教学设计, 丰富教学方法, 打造生动课堂, 不同专业要有不同的教学目标和教学设计。

3.2. 数学建模思想和高等数学相互融合

高等数学课程的理论基础性, 决定了要找一个应用性较强的课程来充分发挥它的作用, 而数学建模课程可以提高学生主动获取知识的能力, 旨在培养学生应用、实践和创新方面的能力。因此将数学建模思想融入到高等数学教学过程中是十分必要的。通过对教材进行分析处理、引导知识应用、组织教学内容教学方法等手段有效的将数学建模思想融入到高等数学的教学过程中。通过数学实验和数学建模教学, 让学生通过解决具体的案例, 不仅熟练掌握高等数学知识点, 而且可以弥补学生在数学运算能力方面的局限性。培养和提高学生计算机软件方面的应用能力, 最重要的是让学生利用数学方法解决实际问题而获得成就感, 调动学生的学习积极性。在新工科专业开设数学建模课程, 可以很大程度上提升高等数学课程的应用效果。

数学建模课程的众多案例中基本都用到了高等数学中的基本知识点[11][12]。人口模型和传染病模型中用到了泰勒展开式和微分方程模型；报童模型中，有一步关键的求解就用了变上限积分求导的方法。经济问题中边际收入和边际支出使用了拉格朗日条件极值方法建模等。数学建模是搭建理论和实践的桥梁，在高等数学课程中融入数学建模思想可以提高新工科学生通过建立数学模型解决实际问题的能力，为培养优秀的新工科人才起到至关重要的作用。

3.3. 多手段融合，加强过程化考核

打破传统的单纯的线下教学方式，通过线上线下式混合教学，组建雨课堂、QQ 课堂、学习通、中国 MOOC 优质课程的自主学习等方式，构建数字化教学资源。运用新型的教学工具和手段，课前推送微课、PPT 等优质资源，引导学生预习，课堂中开展积极有效互动活动。利用现代信息技术和教学内容的相互融合，促进新工科高等数学教学与时俱进。例如雨课堂[13]，课前、课上、课后使用雨课堂，很好的实现了教师对全周期教学过程中的数据采集，从课前预习、课堂互动、课后作业、过程化考核等层面，帮助教师分析课程数据，量化分析学生的学习情况，达到精准教学的目的。

以昆明理工大学 2021 级土木工程专业某班级为例，充分利用雨课堂平台进行思政元素深入挖掘，在国家法定假日，重要纪念日等给学生推送相关公告，跟学生亦师亦友，在雨课堂平台沟通讨论；让学生当老师，针对重要知识点，让学生通过录视频讲授的方式上交雨课堂；加强过程化考核，每个章节加入章节测试，针对学生存在的问题，及时精准强化讲授和辅导，如图 3 所示，对多元函数微分法及其应用进行章节测试，总计 25 道选择题，通过雨课堂导出学生测试数据，得到每个题目的准确率，其中第 8 题准确率最高为 91.3%，说明学生对多元复合函数求偏导数知识点掌握较好，第 20 题准确率为 52.1%，说明学生对曲面方程的切平面方程知识点掌握欠缺，如图 4 对章节测试准确率进行统计分析，通过直方图可知，准确率近似服从 $\mu = 0.76, \sigma = 0.1$ 的正态分布。

为了提高学生学习的自主性并且全面考核教学质量和学习成效，采取有效的过程化考核方式，将原来只在学期最后的期末考核合理的分散到整个学习过程中。对过程化考核，可以采取具有连续性层次性阶段性测试方案来执行，可以是分章节测试、分知识点测试等方式，采取阶段考核淘汰补考制，如果前一个阶段测试没有通过，必须补考通过后，才可以参加下一阶段测试等方法。过程化考核的目的是让学生明确学习目标同时要注重学习过程，稳扎稳打，提高学生学习的效率和教师的教学效果。

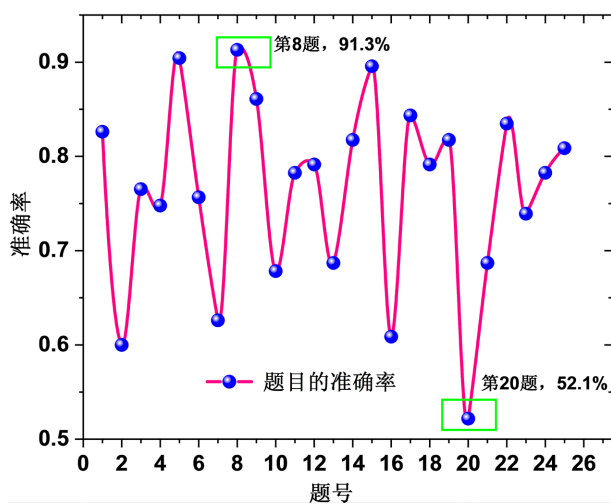


Figure 3. Diagram of the chapter test accuracy
图 3. 章节测试准确率

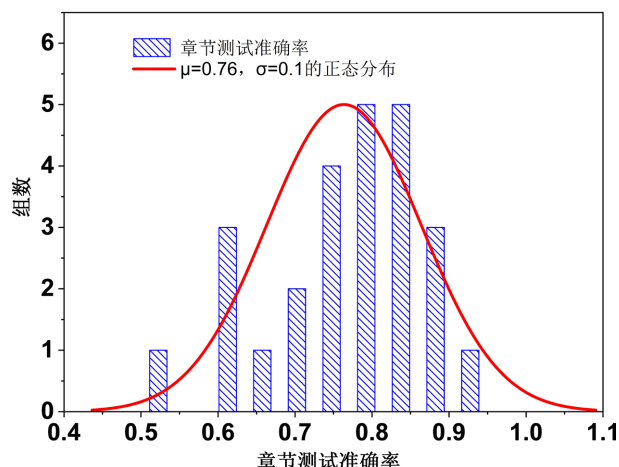


Figure 4. Diagram of the chapter test accuracy histogram

图 4. 章节测试准确率直方图

4. 对高等数学教学内容和教学方式的几点建议

4.1. 关于教学内容侧重点的建议

传统的高等数学教学在应用所学知识解决本专业的实际问题方面有所欠缺。所以在教学内容方面，本文立足新基建创新人才的培养，寻求数学实际应用与严格数学演绎之间的平衡。根据需求，关于高等数学课程内容偏向性改革提出以下建议：

1、淡化技巧性极限运算，强化积分定义的极限运算，不动点迭代；2、淡化三大中值定理的技巧性证明，强化泰勒定理内涵介绍；3、淡化复杂函数的导数运算，加强数值积分思想的渗透；4、淡化技巧性比较强的不定积分计算，强化积分思想的以用；5、淡化多元函数极限存在性定理的证明，强化方向导数和梯度的概念在实际中以用；6、强化拉格朗日函数构造的思想、方法及应用；7、淡化无穷级数收敛的技巧性证明，强化数值逼近思想；8、淡化微分方程解析解的求法，强化微分方程数值解的求解和数学建模应用。

以上八点关于教学内容的建议，在教学过程中，如果能够有效的根据建议改变教学侧重点，对新工科高等数学的教学会有比较好的效果。一方面可以提高老师的专业素质，拓宽教学思路，另一方面，学生可以学到对自己有用的知识，提高学习高等数学的自信心。

4.2. 高等数学教学改革要深入挖掘思政元素

在知识传授过程中陶冶情操，从教学内容中凝练思政，并将其潜移默化融入教学中[14] [15]。结合曲率的概念了解卫星发射变轨问题；利用多元函数极值问题与当前的国家重大战略节能减排优化生产相结合，并教导学生发扬勤俭节约的中华民族的传统美德，自觉履行节能减排义务；结合微分方程的学习了解传染病模型的发展和控制，通过中国对疫情的有效控制，深刻体会到中国抗击疫情的效率和中国人民的团结一致，文化自信是众志成城、团结一致共同抗击新冠疫情的重要因素。充分利用课程思政育人，打造“思政数学”教学方法，培养更多优秀的新工科人才，从而为国家的新基建做贡献。

新基建背景下需要大量的新工科人才，以培养优秀的新工科人才为目标，对高等数学课程进行思政内涵式建设，搭建相应的教学平台，注重课程目标与专业要求紧密结合。如此，高等数学才能为新工科专业发展提供更好的服务，才能有效的为新基建培养合格人才。

5. 结论

1) 本文从教学方式、教材、专业需求方面深入研究了目前新工科高等数学教学中存在的问题, 探讨新工科专业课程与高等数学课程的内在紧密联系, 所以在讲授知识的过程中, 要把一本高等数学教材从一个知识点展开多维度的讲解, 主要包括案例分析、知识讲授、成果展示三个方面, 融入最新动态和研究成果或者在新工科领域的应用, 从而拓展学生视野, 启发学生思维, 把高等数学理论知识从“晦涩难懂”到“深刻理解”。

2) 高等数学的改革, 要集思广益, 建立以生为本, 以不同专业为基础的改革新体系。本文提出了高等数学教学改革方案和教学内容改进建议, 在教学方式改进方面应充分利用先进的教学手段, 加强过程化考核, 量化分析学生的学习情况, 达到精准教学的目的, 在教学内容方面强调高等数学教学应与新工科专业内容有机结合, 合理安排高等数学知识结构, 重视教师的专业背景与学生专业需求的合理配置, 深入挖掘思政元素, 从而适应新基建对新工科人才的培养模式。

3) 高等数学任课教师也要从陈旧的教学方式里面走出来, 不断创新, 与时俱进, 共建交叉学科。培养具备国际竞争力的复合型新工科人才, 从而满足新基建行业应用型人才的需求。为推进我国的新基建建设和发展打下坚实基础。

基金项目

昆明理工大学教学改革项目“新工科背景下《数学建模》课程思政内涵式建设探讨与实践”(2021KS058); 昆明理工大学教学改革项目“双碳背景下《新能源数据挖掘与分析》课程思政教学体系建设”(2021KS026); 云南省《高等数学》一流课程建设项目; 昆明理工大学校级《工科类高等数学》教学团队建设项目。

参考文献

- [1] 马玉, 侯艳丽. 综合智慧能源赋能“新基建”[J]. 能源, 2022(6): 36-40.
- [2] 屈泳. “新工科”背景下工程数学课程教学模式的改革与实践[J]. 中国轻工教育, 2021, 24(6): 1-6.
- [3] 同济大学数学系. 高等数学[M]. 第7版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 1-200.
- [4] 李建平, 朱建民. 高等数学[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2015: 1-200.
- [5] 王洋, 刘鹏飞, 王玉杰. 新工科数学类课程体系构建和教材建设[J], 2021, 29(3): 11-14.
- [6] 李苑青, 蒋宇飞, 肖涵, 等. 信号与系统实验中傅里叶变换的研究与实践[J]. 科技风, 2021(32): 68-71.
- [7] 李向荣, 王安敏, 周桂莲. 基于快速傅里叶变换的条纹图像处理研究[J]. 光学技术, 2007(S1): 171-172.
- [8] 黄峻伟, 王辉涛, 李鸿博, 等. 直接接触式蒸汽发生器传热性能分析[J]. 热能动力工程, 2016, 31(7): 15-21.
- [9] Sun, H., Li, Z., Wang, S., et al. (2022) Evolution and Quantification of Distribution Uniformity of Bubbles Using Computational Geometry. *Chemical Engineering Science*, **247**, Article ID: 116910. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2021.116910>
- [10] 吴自博, 王波, 陈清. 基于机器学习的调度操作行为挖掘与推荐技术研究及应用[J]. 电力系统自动化, 2022, 46(8): 181-188.
- [11] 李帅峰. 高等数学教学方法改革与数学建模思想培养的研究[J]. 课程教育研究, 2019(47): 162.
- [12] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2018: 1-400.
- [13] 陈茂华. 高校“雨课堂”混合式教学中学生在线学习与度影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
- [14] 周立新. 大数据背景下新建工科院校高等数学课程体系改革研究[J]. 高等数学研究, 2020, 23(4): 104-111.
- [15] 李梅英, 陈静, 马茜, 等. 高等数学课程的哲学思想与思政实践[J]. 军事交通学报, 2022, 1(6): 58-61.