

数信融合专业常微分方程课程教学改革的思考与探索

尹 淦, 李亚玲

浙江科技大学理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年10月1日; 录用日期: 2025年10月28日; 发布日期: 2025年11月5日

摘 要

本文结合我校常微分方程课程开设专业人才培养目标, 详细介绍了如何通过理论结合实践, 线下线上混合, 构造多元化教学体系, 助力数信结合、理工融合的高素质创新型人才培养目标的实现。

关键词

数信融合, 常微分方程, 课程思政, 问题驱动, 混合式教学

Thinking and Exploration of Teaching Reform in Ordinary Differential Equations Course for Major Integrating Mathematics and Information

Gan Yin, Yaling Li

School of Science, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou Zhejiang

Received: October 1, 2025; accepted: October 28, 2025; published: November 5, 2025

Abstract

This article, in alignment with the talent cultivation objectives of the majors offering ordinary differential equations course in our school university, provides a detailed introduction to how to integrate theory with practice, blend offline and online teaching methods, and construct a diversified teaching system, thereby achieving the cultivation of high-quality innovative talents who combine mathematics and information technology, and integrate science and engineering.

文章引用: 尹淦, 李亚玲. 数信融合专业常微分方程课程教学改革的思考与探索[J]. 教育进展, 2025, 15(11): 306-313.
DOI: 10.12677/ae.2025.15112037

Keywords

Integration of Mathematics and Information, Ordinary Differential Equations, Ideological and Political Education in Courses, Problem-Driven, Blended Teaching

Copyright © 2025 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

教育部于 2018 年发布了《教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》[1]。意见指出“人才培养是本，本科教育是根”“要全面落实立德树人根本任务，准确把握高等教育基本规律和人才成长规律”。作为人才培养的重要一环，课程教学应如何适应瞬息万变的数字经济和社会发展，如何对接人才培养新目标，如何在实践中不断革新与深化教与学的新模式，是需要持续考虑的重要问题。近年来，教学理念与模式频繁面临着冲击与挑战。学生主体特性发生了很大变化，新旧教学成效的反差让我们深刻体会到传统的教学模式已经无法适应新生代的发展需求。前几年疫情的产生则进一步催化了线上教学的大规模实施。随之而来的是对混合式教学模式的各种探索、推进与创新。

课程教学是需要因校、因专业、因人而异的。2025 年 1 月，中共中央、国务院印发了《教育强国建设规划纲要(2024~2035 年)》[2]。纲要强调高校改革发展的分类推进，明确立足定位的差异化发展，打造不同赛道的特色化办学模式。课程教学自然应与学校定位和专业培养目标紧密结合、相生相促，应是灵活的、完备的、理论联系实践的。

2. 课程背景

2.1. 课程特色与目标

常微分方程是我校数学类专业及大数据类专业的核心专业课程。它不仅是数学类专业后续课程的必备基础之一，也是联结微积分理论与实际应用的重要桥梁之一。我校课程开设专业的人才培养更加侧重于数学理论 + 实践的交叉应用，而不是传统的数学专门型人才。通过对课程的学习，使学生掌握常微分方程的基本概念、理论和方法，并能发挥自主创新意识，将其灵活运用于实际应用。因此，需要改变以往数学类专业的教学模式，在理论和应用之间找最契合学生主体的支点，发挥优势，突出价值引领。

数字化时代高等教育呈现出教学目标复杂化、学科迭代高速化、知识传播便捷化、学习时间碎片化等特征[3]。死记硬背机械式学习早已不适用于当下需全面发展的大学生，墨守成规式单声道教学亦无法契合当今以学生为中心的人才培养理念。如何让课程定位精准对接国家、区域发展需求和人才发展需求，课程内容紧密联结科学与技术发展，教学方式方法助力高效课堂与深度拓展，评价考核体系实现持续改进与实践的长效良性循环，是我们课程改革长期探索与努力的方向；如何在教学中体现自身特色，发挥专业优势，突出培养亮点，打造高质量特色课程，是我们为之不懈努力的目标。

2.2. 本文主要内容

本文基于课程开设专业特色，从四个方面讨论了我们在常微分方程教学改革中的具体探索和尝试。首先，以课程思政为引子，融入中国元素，通过传染病模型的建立与分析，详细展示了如何在课程教学中自然融入思政元素，达到育人的价值目标。其次，结合实际教学情况，对标两个需求展开说明了如何

对教学内容进行重要且必要的重组和优化。然后, 围绕课堂教学、线上平台以及第二课堂, 分别讨论了课程教学以及教学的方式和方法进行的不断思考、改革和创新。之后, 探讨了考核、评价与反馈以及改革成效。最后, 讨论了研究的局限与反思。

3. 课程教学改革与实践

3.1. 思政元素与课程教学有机融合

常微分方程课程的价值引领目标体现在两方面: 其一, 深化四个“自信”, 增强民族自豪感, 养成求真务实、积极进取的品格和刻苦钻研的科研精神; 其二, 促进个人成长和团队协作的生态融合, 提升综合素养[4]。我们特别强调思政融入教学的自然丝滑性, 避免生搬硬套, 讲大道理。在课程的每一个模块, 都可以结合不同案例进行展开, 如学科或领域的发展史、杰出科学家的成长史、某个重要成果的历史性突破, 或者某个现实中的特殊事件与科学发展的关联等等。其中不乏许多中国元素, 值得我们借鉴和引入, 厚植学生家国情怀, 涵养学生进取品格。

接下来, 将以课程第一章中微分方程应用讨论课——传染病模型为例, 详细展示如何将课程思政融入常微分方程的教学之中。

以大家有过共同经历的新冠疫情作为情境导入, 与学生展开交流, 引导学生思考其本质是要描述传染病的传播过程, 需要分析受感染人数、康复人数、再感染人数的变化, 预报传染病高潮时刻的到来, 以及预防传染病蔓延的手段等。量随着时间的变化率在数学上就是导数, 学生会逐渐意识到此问题的描述需要用到微分方程。

面对问题的极度复杂性, 一个很自然的途径是对问题先进行简化。假设总人数 N 保持不变, 区分易感染者和未感染者, 忽略出生、死亡、医疗等其它所有因素的影响。受感染者和健康者比例分别为 $i(t)$ 和 $s(t)$, 每个病人每天有效接触人数为 λ , 且使接触的健康人致病, 初始时刻受感染人数为 i_0 。则在 $[t, t + \Delta t]$ 时间内受感染人数的变化量为

$$N(i(t + \Delta t) - i(t)) = N(\lambda s(t))i(t)\Delta t,$$

于是可得 $di/dt = \lambda is$ 。结合 $i(t) + s(t) = 1$ 可得 **SI 传染病模型**

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \lambda i(1-i) \\ i(0) = i_0 \end{cases}.$$

此模型的建立运用的是微元法, 可借此进一步与学生探讨整体与局部、有限与无限的辩证性, 鼓励学生勇于冲破局限, 培养创新意识[5]。

此方程为可分离变量方程, 学生已系统训练过求解方法, 可让学生自己找到问题的解

$$i(t) = \frac{1}{1 + (1/i_0 - 1)e^{-\lambda t}}.$$

请同学们思考并指出: (1) 此解描述了怎样的变化过程? (2) 是否合理? (3) 如果不合理, 原因是什么? (4) 怎样改进?

通过这些问题的分组讨论, 对解进行分析讨论。当 $t = \lambda^{-1} \ln(1/i_0 - 1)$ 时, di/dt 最大, 此时刻即为传染病的高潮时刻。从解的表达式亦可得出, 降低日接触率 λ 可延迟高潮时刻的到来。通过对解的渐近分析, 发现当 $t \rightarrow \infty$ 时, $i \rightarrow 1$ 。这意味着所有人都将被感染! 这显然仍然不合理, 因为病人是可以治愈的。而改进的方式就是增加考虑的因素, 治愈率。

基于 SI 模型, 增加考虑日治愈率 μ 。若传染病无免疫性, 由微元法可得 $[t, t + \Delta t]$ 时间内受感染人数的变化量为

$$N(i(t + \Delta t) - i(t)) = \lambda N s(t) i(t) \Delta t - \mu N i(t) \Delta t,$$

于是可得 **SIS 传染病模型**

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \lambda i(1-i) - \mu i \\ i(0) = i_0 \end{cases}.$$

记接触数 $\sigma = \lambda/\mu$, 即一个感染期内每个病人的有效接触人数, $1/\mu$ 为感染期。

若传染病有免疫性, 则病人治愈后即移出感染系统, 称为移出者。总人数 N 不变, 病人、健康人和移出者的比例分别为 $i(t)$, $s(t)$ 和 $r(t)$, $i_0 + s_0 \approx 1$ 。由微元法可得

$$\begin{aligned} N(i(t + \Delta t) - i(t)) &= \lambda N s(t) i(t) \Delta t - \mu N i(t) \Delta t \\ N(s(t + \Delta t) - s(t)) &= -\lambda N s(t) i(t) \Delta t \end{aligned},$$

从而可得 **SIR 传染病模型**

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \lambda si - \mu i \\ \frac{ds}{dt} = -\lambda si \\ i(0) = i_0, s(0) = s_0 \end{cases}.$$

此模型与 SI 模型的显著不同是无法直接求出解析解, 无法像之前一样分析。此处会穿插几分钟互动研讨, 与同学们进行想法的碰撞, 借此引导学生面对困难迎难而上, 不回避, 不退缩, 培养积极进取的研究态度。

可通过相平面 $s-i$ 分析解的性质。消去 dt , 模型转化为

$$\begin{cases} \frac{di}{ds} = \frac{1}{\sigma s} - 1 \\ i|_{s=s_0} = i_0 \end{cases},$$

可得相轨线

$$i(s) = (s_0 + i_0) - s + \frac{1}{\sigma} \ln \frac{s}{s_0}, \quad (s \geq 0, i \geq 0, s + i \leq 1).$$

通过对相轨线的细致分析, 可知当 $s_0 > 1$, $i(t)$ 先升后降至 0, 这对应了传染病会蔓延; 当 $s_0 < 1$, $i(t)$ 单调递减至 0, 说明传染病不会蔓延。而传染病不蔓延的条件是 $s_0 < 1/\sigma$ (阈值), 这说明可通过提高阈值或降低 s_0 (即提高 r_0 , 对应群体免疫) 实现。提高阈值则可通过降低日接触率 λ 或提高日治愈率 μ 达到, 二者则对应了卫生和医疗水平。进一步地, 还可估计被感染人数, 这里不再赘述。

通过让学生共同参与到上述逐次递进的建模过程和分析, 一方面, 让同学们直接捕获到数学思维解决问题的框架形成, 直观感受到团队协作获取知识的愉悦感, 体会到积极向上、孜孜不倦的求知精神, 以问题驱动的模式实证常微分方程应用的重要性和广泛性; 另一方面, 结合疫情过程中科研工作者们日以继夜的不懈努力, 由此展开社会责任感和使命感的探讨, 与同学们达成价值认同, 增强爱国之情、强国之志[6]。

3.2. 内容优化与培养目标全面对接

常微分方程课程包含的知识内容较多, 具备明显的实用特色, 其中有很多的实际例题, 对后续课程也是有较为显著影响的。面向不同专业和不同学时的课程教学, 不可能用统一的标准和手段去实现。因地制宜, 因材施教, 才可能真正做到发挥专业优势, 突出课程特色。

基于课程开设专业数学 - 信息交叉融合的专业特色, 以及数学理论、数据分析、创新开拓并重的培养目标, 我们要在课程教学中优化重组教学内容, 构造理论+实践框架, 革新教学思路。内容上理清主次, 分层次构造框架, 在有限的学时中既要保障课程本身的经典必修模块, 又要顾忌到学以致用终极目标。理论、实践之间的交叉融合能拓宽边界, 促进学生有效整合理论知识和就业技能, 迎接未知的挑战[7][8]。

在讲述各章节内容时, 所谓的分层次在三方面得以体现。一方面, 根据内容的种类, 可以将其分为理论部分和应用部分, 前者是关于方程解法的经典内容, 后者则是数学建模的实际应用, 这是学生对所学知识的高阶拓展。另一方面, 考虑到课时限制, 根据学生的学情和需求, 可以将教学内容分为情境导入, 基础知识, 选学知识以及拓展知识。最后, 基于内容属性和时空考虑, 可以将教学内容划分为线上部分和线下部分。线上部分内容的放置可以与教学目的相结合。若以思政为目的, 可以准备与内容相关的科学家事迹或科技创新实例。若以预习为目的, 可以安排较为简单的且对后续有延伸意义的内容, 既能让学生对课堂学习有个基本的准备, 又能无缝衔接到章节后面的内容。若以开拓学生思维为目的, 则可以放置一些拓展内容, 或者是与本章节课堂教学相关的数学建模实例, 辅以思考题。线下部分既要包含本章节重点内容, 又要能对接学生的高阶需求。

例如, 对一阶线性微分方程理论, 可将分离变量方程作为导入内容, 一阶线性微分方程作为必须主讲内容, 伯努利方程作为互动内容, 里卡蒂方程作为选学内容, 相关人口模型或生态模型作为拓展内容。

3.3. 教学模式与师生协作相待而成

在课程教学中, 学生学习的积极性、主动性程度是我们要考虑的重要一环。以往传统的教学模式缺少师生互动, 以教师单音道模式单向输出为主, 完全不适应当下所面临的情况。教学的多元化、多维度展开是重要且必要的。我们通过线上线下混合式教学, 以及理论学习与第二课堂实践融合式教学相结合的教学模式, 将课堂教学延展至课堂内外交互式、协同式、参与 + 互动式教学, 突出课程实用特色[9]-[11], 见图 1。

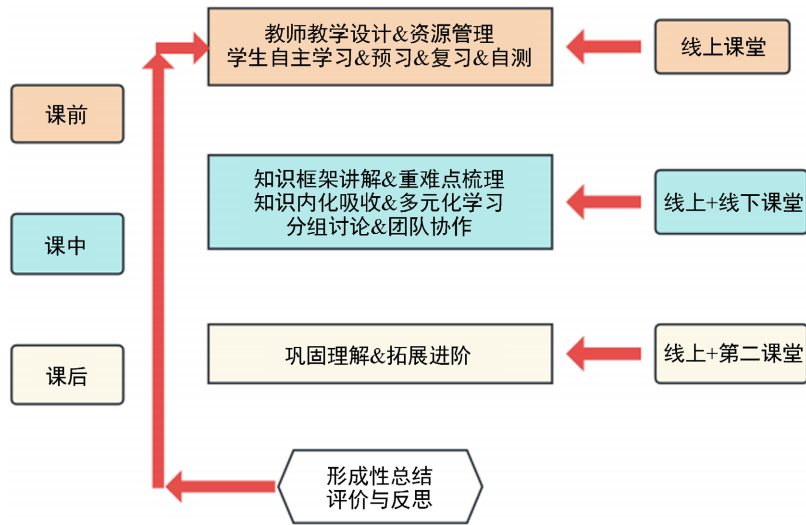


Figure 1. Curriculum teaching framework
图 1. 课程教学框架

课堂教学增加师生互动占比,灵活运用启发式、互动式、分组讨论等方式进行教学,结合教学内容,与线上模块连接呼应,进行层层递进式设计,既给基础好的同学提供一定发挥和挖掘的空间,也给基础薄弱的同学保障足够思考和稳固的时间。例如,在之前的教学中,我们曾经以马尔萨斯人口模型为例对课程内容进行了初步引入。之后在讲解一阶微分方程理论的内容时,可以继续此选题,引导学生进一步思考建模之后的求解问题,从而逐步自然过渡到可分离变量型微分方程的求解。在一轮课堂练习讨论巩固之后,继续抛出可化为可分离变量方程的不同方程,进行分组讨论,再共同沟通交流彼此的想法。这样,在一节课中我们可以设计穿插不同主题进行互动。设计应体现前后的承接连贯性,以及知识由浅入深的层层递进。



Figure 2. Online teaching platform course
图 2. 线上教学平台课程

课堂教学之外,运用线上课程平台(图 2),将教学知识点分章节进行模块化处理,拍摄了 80 个完整覆盖课程体系的短视频,共计 831 分钟左右,每个视频时长 10~15 分钟,方便学生不同时间、不同场景进行预习或者复习,稳固所学内容。我们也会在平台提供更多的扩展资料,以思政和知识延伸拓展为目的,供学生自主选择,更加有利于突出层次化教学。同时,平台还有作业、笔记、测试、考试、讨论区等模块,既能够提供一个高效的沟通反馈平台,激发学生的学习兴趣 and 自觉性,方便教师实时掌控学生的学习和掌握情况,及时对教学内容和方法做出适当的优化和调整。与短视频配套的完整教学课件平台线上课程已运行到第 10 期,累计访问 369,028 次,累计选课 1047 人次,互动 4493 次。

第二课堂方面,教师团队全程参与数学建模及创新项目指导,课程建设与人才培养相结合,鼓励学生参与各项创新实践活动,打造多元化、层次化、个性化培养模式。以数学建模特色培训的形式,穿插行业专家讲座,针对不同领域的实际问题,设计模拟题目,进行组队实训,提升学生学习的主动性和参与度。通过团队协作讨论,整合思路,制定框架,分析问题,建立模型,求解模型,分析与预测等。这样既能培养学生数学思维,又能提升其实践、创新能力,助力知识与技能目标的高度达成。

3.4. 过程考核与持续改进长效贯通

为保障教学的持续改进,我们改变以往单一的考核和评价体系,增加过程性考核占比,打造多元化考核和多维度评价模式。过程性考核包括思政效果、考勤、作业、互动参与度、小组互评、线上测试与讨

论等, 重点体现不同阶段、不同维度学习过程的达成度。通过对接在线学习、在线测试、及在线讨论等, 引入线上考核评价、线下互动评教、达成度评价等多阶段、多元化评价, 对评价反馈进行持续完善, 努力实现教学 - 反思 - 实践、课前 - 课中 - 课后的循环提升。

从近两年的成绩看, 采用了线上线下混合式教学的班级及格率保持在 88% 以上, 75% 以上的同学分数在 60~89 之间, 80 分以上的学生数量在 28% 以上, 整体成绩有了明显提升, 见图 3。

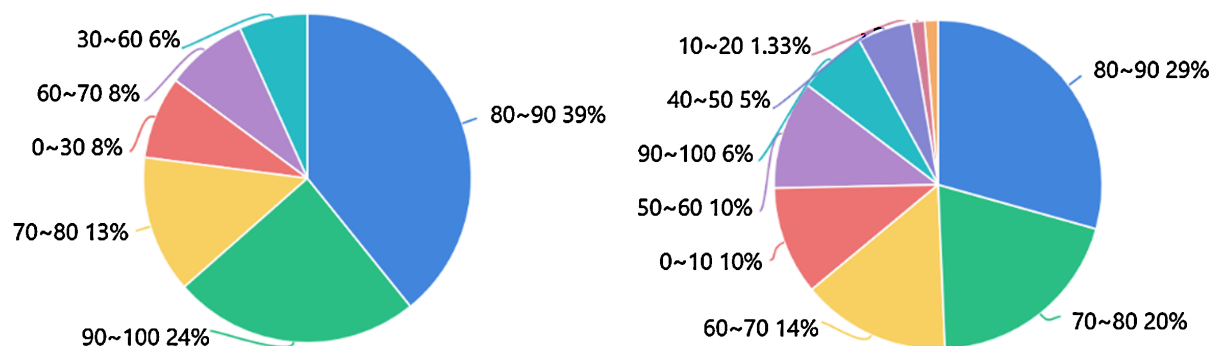


Figure 3. Course grades in the past two years

图 3. 近两年课程成绩

通过近几年课程的理论学习与实践拓展, 学生获各类数学建模竞赛多项奖项。学生通过线上讨论区、钉钉群等各种方式实时交流课程学习中存在的问题或建议, 学习主动性和积极性有实质性提升, 学习参与度和目标达成度都有所增加。

4. 研究的局限与反思

通过以上四方面, 浅谈了我们如何结合专业培养目标和特色, 对常微分方程课程改革的一些探索与尝试。事实上, 在改革实施和推进过程中, 也面临着一些阻碍和困难: 第一, 在课程教学中, 根据学生个体基础差异和发展差异, 进行了层次化教学的设计, 但在实施过程中较难短时间达到预期的全方位成效。第二, 课堂教学的实时评价与反馈机制难以真正贯彻到位。这与教学班级的现实情况有直接关联, 人数众多, 课时有限, 很难在课堂上占用足够时间操作。第三, 教学团队的成长效率偏低, 究其原因, 或因教学任务繁重, 同时承担多门课程的教学, 没有足够的时间和精力潜心研究, 或因科研与教学的失衡。第四, 成果的共享与辐射关注度不够。

基于以上四点, 今后需要加大学生层次化的关注度, 完善现有教学模式, 针对学生主体, 在突出“取长”的同时, 关注“补短”; 针对班级人数众多, 难以在课堂进行实时评价反馈的现象, 探索更多的形式, 尝试线上 + 线下、分组、随机抽取等各种模式; 重组和优化教学改革分工, 建立交流制度, 鼓励教师多参与竞赛和项目, 提升自身思政和教学能力, 自然过渡到研究型教学; 加强校际交流与研讨, 尝试与兄弟院校建立稳定的资源共享和合作关系。除此之外, 还需深化课程思政的有效性和可靠性, 研究思政如何融入创新, 并加大运用现代化技术的力度, 深度打造智能化教学。

基金项目

《常微分方程》省级一流课程建设(无编号); 《常微分方程》国家级一流课程建设(无编号); 浙江省教育厅高校国内访问学者“教师专业发展项目”(FX2021041); 国家自然科学基金项目“基于卷积算子的稀疏反问题模型及算法”(12271133); 国家自然科学基金项目“自适应随机逼近方法的学习理论”(12471096)。

参考文献

- [1] 教育部. 教高(2018)2号. 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html, 2018-10-08.
- [2] 中共中央、国务院. 2025年第4号. 中共中央、国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024-2035年)》[EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html, 2025-10-19.
- [3] 李方一, 唐亚琴, 蒋科, 罗攀. 数字化时代高校课程教学改革思考[J]. 高等农业教育, 2024, 10(5): 101-109.
- [4] 教育部. 教高(2020)3号. 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.html, 2020-05-28.
- [5] 陈光霞, 李凤萍. 课程思政理念在《常微分方程》教学改革中的应用[J]. 高等数学研究, 2022, 25(1): 102-104.
- [6] 杨威, 陈怀琛, 刘三阳, 等. 大学数学类课程思政探索与实践[J]. 大学教育, 2020(3): 77-79.
- [7] Emms, K., Kersh, N. and Laczik, A. (2024) Fostering Practically Based Learning Spaces through Industry-Engaged Higher Education Models. *London Review of Education*, 22, Article 32. <https://doi.org/10.14324/lre.22.1.32>
- [8] Macfarlane, B. and Yeung, J. (2023) The (Re)invention of Tradition in Higher Education Research: 1976-2021. *Studies in Higher Education*, 49, 382-393. <https://doi.org/10.1080/03075079.2023.2237691>
- [9] 王振国. 本科院校《常微分方程》课程的教学改革与实践[J]. 教育理论与实践, 2015, 35(21): 56-57.
- [10] 袁锐. “常微分方程”课程线上线下混合式教学模式探析[J]. 教育教学论坛, 2020(38): 248-249.
- [11] 陈爱敏. 常微分方程核心课程教学改革[J]. 高教学刊, 2025, 11(5): 128-131.