

新工科背景下高等数学课程分类与分层体系研究

肖翠娥, 丁 倩, 梁丹丹

湖南城市学院, 理学院, 湖南 益阳

收稿日期: 2024年5月11日; 录用日期: 2024年6月10日; 发布日期: 2024年6月17日

摘 要

本文从新工科建设的内涵出发, 指出高等数学课程教学现状及问题, 提出高等数学课程分类与分层的理论基础、指导思想、具体措施, 探索了高等数学三三三分层教学模式, 创新了最优组合教学策略, 构建了多层考核评价模式。

关键词

新工科, 高等数学, 分类分层体系

Research on the Classification and Hierarchical System of Higher Mathematics Courses under the Background of New Engineering

Cui'e Xiao, Qian Ding, Dandan Liang

College of Science, Hunan City University, Yiyang Hunan

Received: May 11th, 2024; accepted: Jun. 10th, 2024; published: Jun. 17th, 2024

Abstract

Starting from the connotation of the construction of new engineering disciplines, this article points out the current situation and problems in teaching higher mathematics courses, proposes the theoretical basis, guiding ideology, and specific measures for the classification and stratification of

higher mathematics courses, explores the three-three-three layered teaching mode of higher mathematics, innovates the optimal combination teaching strategy, and constructs a multi-layer assessment and evaluation mode.

Keywords

New Engineering, Higher Mathematics, Classification Hierarchical System

Copyright © 2024 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. 新工科建设的内涵

在 2016 年 2 月的国际工程联盟大会上,中国正式加入国际本科工程学位互认协议——《华盛顿协议》,这标志着中国高等工程教育实现从“跟跑”到“并跑”的历史性跨越。自 2017 年 2 月起,教育部积极推动“新工科”建设,陆续推出了“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”,旨在探索出引领全球工程教育的中国模式与经验。随着新经济的发展,其特征包括新技术、新产业、新业态和新模式,产业结构的升级与新旧动能的转换,以及国家重大战略如工业 4.0、工业互联网和中国制造 2025 的提出,都对新工科建设提出了迫切需求。教育部副部长吴岩提出:新工业革命加速进行,新工科建设势在必行。

新工科不仅涵盖了新兴的工科专业,也包括了工科领域的新要求[1]。其核心在于“立德树人”,以应对变化、塑造未来为建设理念,通过继承与创新、交叉与融合、协调与共享等途径,培养具备国际竞争力的多元化、创新型卓越工程人才[2]。这一变革的实质在于应对现代社会的快速变化和未来的不确定挑战,为社会的可持续发展和建设未来新型产业提供强大的人才保障。因此,高等教育改革需要具备深远的战略眼光和国际视野,以应对当前的机遇与挑战,为新工科人才的多元结构与复合能力特征提供创新的交叉融合育人体系。

2. 高等数学改革现状与教学问题分析

2.1. 高等数学改革现状

鉴于新工科背景下对高等数学课程提出的全新要求,魏淑清等人针对创新人才培养理念,以及高等数学课程体系结构与教学内容设置,提出了“高等数学 + 创新 + 应用”的高素质应用型人才的教学目标[3]。在培养应用型人才的理论指导下,我国地方高校对“高等数学”教学进行了一系列改革探索。例如,榆林学院针对工科专业高等数学课程的教学现状及存在的问题,展开了一系列教学改革实践[4]。合肥师范学院提出了基于“模块化”的应型本科高校高等数学翻转课堂教学模式[5],太湖学院则提出了高等数学分层教学方案[6]。

2.2. 高等数学教学问题分析

高等数学作为新工科专业的基础课程,始终承担着训练学生数理能力,培养学生科学思维方式,为专业课程夯实理论基石的重大任务。以工业智能和互联网行业为引导的新工科背景下,高等数学教育必须做好与工科专业的衔接,为专业服务。注重学生思维的提升,注重人文情怀的渗透,育人为先[7]。

目前高等数学教学过程仍存在诸多问题,比如:一,课程容量大、课时短,老师们常想着加快学习进度,这会影响到课堂的教学质量和效果;二,教学班级人数过多,无法适应学生的个性化差异;三,使用相对统一的教学进度与教学内容,很多教师仍采用“满堂灌”的单一讲授教学方式,学生被动参与,师生之间的交流较少;四,高等数学的教学内容和高中数学知识的交叉重叠现象日益突出,例如高中数学出现了高等数学中的向量、导数等,知识之间深浅不一,中学知识和大学知识的衔接性变差,使学生在大学高等数学的学习中似懂非懂。

在当前的高等数学教学中,存在一部分学生因教学内容难度过低而感觉“吃不饱”,同时也有一部分学生因难度过高而“吃不了”。此外,教学过程的单调枯燥已导致学生的学习兴趣逐渐丧失,他们过于依赖死记硬背和公式套用,缺乏迁移能力,这对培养他们的核心素养和思维能力构成了严重障碍,甚至影响了优秀拔尖人才的快速成长。现有的高等数学教学理念、内容和方法已无法适应当前经济转型发展和新工科建设的迫切需求。因此,对高等数学进行科学的分类与分层教学显得尤为迫切和重要。

3. 高等数学课程分类与分层理论基础与指导思想

3.1. 理论基础

早在我国春秋时期,孔子就提出“因人而异,因材施教”的教学原则[8],提倡在教学中通过对学生的“察言而观色”,根据不同学生的智力差异、才能特点、性格特征、学习能力等选择不同的教学方法,对学生进行有针对性的教学,扬长避短,促使学生综合素质全面发展。

现代的“掌握学习理论”和“最近发展区”理论均为分层教学的实施提供了坚实的理论基础。美国著名教育家和心理学家布卢姆所倡导的“掌握学习”理论[9],其核心在于强调在充足的教学时间与适宜的教学条件下,每位学生均具备掌握和理解所学知识的潜能。尽管学生在学习能力、学习速率以及学习动机等方面存在差异,但这些差异在适当的教学环境下将变得微不足道。与此同时,前苏联心理学家维果茨基提出的“最近发展区”理论[8]则指出,学生的发展可分为两个层面:一是现有水平,即学生当前已具备的解决问题能力;二是潜在水平,即学生通过教学可以达到的能力。教学活动的设计应聚焦于学生的最近发展区,以激发其学习的积极性和潜能。而分层教学正是实现这一理念的有效手段,旨在从学生的差异性出发,引导他们共同达到预定的学习目标。

3.2. 指导思想

在新高考模式下,专业招生组合模式越来越多,导致同一专业的本科生数学基础差异显著。高等数学课程分类分层既可以解决学生数学基础差距较大的问题,同时又可以满足学生个性化、专业化发展的要求。

首先,充分尊重学生的个性化差异,对学生进行合理有效的分层;其次,以专业发展的实际需求为引导,对高等数学教学内容进行分层,在教学过程中,教师不仅考虑学生高中数学知识的储备量,而且考虑数学知识各部分内容的内在联系,并有计划、有目的地设计,合理取舍。

4. 高等数学课程分类与分层的具体措施

4.1. 高等数学教学分类的具体措施

高等数学课程主要由一元和多元函数的微积分、极限和连续、空间解析几何、微分方程、无穷级数几部分构成。按照高等数学教学目标,根据全国研究生考试数学分类情况及专业发展需求,将理工类专业高等数学分为A、B、C三大类,如表1:

Table 1. Specialty application of advanced mathematics course
表 1. 高等数学课程专业适用情况

课程名称	适用专业
高等数学 A	物理力学类、通信工程类、电气类、电子信息类、自动控制类、测绘类、土木工程类、能源动力类、机械类、交通运输类等、冶金工程、交通运输类、船舶类、航空宇航类、计算机类、智能科学类、机器人学、软件类、大数据类等。
高等数学 B	生物工程类、环境工程类、化学工程类、材料科学类、人文地理类、轻工类、农林类、地质资源与地质工程、矿业工程、石油与天然气工程等。
高等数学 C	经管类、物流类等。

4.2. 高等数学教学分层的具体措施

4.2.1. 基于学生基础差异进行分层

考虑到新高考模式下新入学的每个专业本科生高中数学基础差异显著，以选修课的形式在 大一第一学期开设高等数学预修课程，32 个学时，学完就进行考试，要求理工科专业中高考数学排名最后 5%且高考成绩不及格的同学必须参加学习并考试。加强高中数学知识的梳理，增加学生对后续高等数学课程的兴趣和信心。

4.2.2. 按照专业需求分层

在当前科技日新月异，创新能力亟待增强的国际环境中，高等数学课程在新工科人才培养通识教育中扮演着举足轻重的角色，它不仅致力于培养学生的抽象思维与逻辑推理能力，更锻炼其几何直观和空间想象能力，提升其数学运算和数学建模能力，旨在为学生后续课程学习提供坚实的数学基础，但每个专业需求的数学基础不一样，对照表 1，把高等数学内容按照专业需求分为理论基础部分、专业需求及应用部分、数学实验部分三大块，其中基础知识部分，是同一类理工科专业的学生必须学习的内容，专业需求及应用部分、数学实验部分是面向专业的，不同专业有不同选择，有较大的灵活性。

1) 理论基础分层[10] [11]

A 类专业的理论基础部分相对较难，要求较高，包括：一元函数微积分、常微分方程；空间解析几何、多元函数微分、重积分、曲线曲面积分、无穷级数。

B 类专业的理论基础部分与 A 类的理论基础部分基本相同，但相对较易，有一些知识点可以弱讲或不讲。比如第一学期，相对可略讲：极限的分析定义，柯西极限存在准则、函数间断点分类、函数图形的描绘、方程的近似解、特殊类型函数的积分、定积分的近似计算、广义积分。第二学期，相对可弱讲：曲线积分与曲面积分，二重积分的换元法、三重积分的柱坐标和球坐标、函数展开成幂级数、傅里叶级数可不讲。

C 类专业的理论基础部分与 B 类专业基础类似，要求更低。进一步删减三重积分、曲线曲面积分，另外再对一些内容适度通俗化，适当减少计算量。

2) 专业需求及应用部分分层

教师在高等数学教学过程中，不应过分拘泥于数学知识结构的连续性，而应灵活调整、合理增删教学内容，确保科学性和有效性，以适应新工科专业的培养需求。

针对 A 类中的电子、通信、电气、机械及自动控制等相关专业，补充加强复数、反三角函数、极坐标、三角变换、导数、微分、泰勒公式、傅里叶级数、傅里叶变换及拉普拉斯变换等知识点的教学。学习并运用三角函数的概念及运算，学生将能有效处理正弦交流电合成等问题。强化复数的概念及运算，将助力学生在“电工电子”等专业课程中更好地进行电路分析。利用导数解决瞬间电流强度问题，利用

微分解决专业课程中的误差分析问题,利用微分方程、定积分能够求出电路中的一些物理量[12]。

针对 *A* 类中物理类专业,可增加交流电路中电容器电流规律的推导、晶体管放大倍数的确定以及放大电路管耗与输出功率关系的例题和习题,对于土木类专业,考虑到制图的需求,督促学生熟练掌握空间解析几何、曲线曲面积分等内容[4] [13]。

针对 *A* 类中计算机、智能科学、软件工程、大数据类专业,弱化曲线积分、曲面积分教学,加强空间解析几何中的向量、矩阵、行列式、线性方程组的教学,加强定积分、微分方程、代数方程求根等一些数值计算的方法。强化补充傅里叶变换、拉普拉斯变换等知识点的教学。强化补充一些数学思想,及数学建模的一些基本技能和“分析、评价、改进模型”的方法[4] [13]。

针对 *B* 类中化学类专业可删减级数,强化微分方程教学,补充微积分学在化学方面的实际应用题。地理类专业可加强空间解析几何、微积分的近似计算、等高线、等势面、最小二乘法等内容,利用微分方程建立有关模型等题目,淡化级数、曲线积分与曲面积分等内容[13]。

针对 *C* 类中经济类专业,可适当简化初等函数的极限、微分和积分的计算,适当补充经济函数、市场均衡及盈亏平衡、边际与弹性、经济最优化、总经济量函数、销量预测与成本分析、银行复利与分期等内容[14]。

3) 数学实验与数学建模分层

在新工科高等数学教学中,应全面培养学生数学建模能力,确保课程内容不仅包含扎实的理论知识,而且包含能够体现学生所学专业实际问题的数学建模案例。数学实验与数学建模分层旨在实现高等数学教学内容与工科专业学习的紧密结合,让学生深刻体验学科知识的交叉融合,进而激发他们对高等数学学习的兴趣,并提升学习效果[15] [16]。

适当补充数值方法,数学软件相关知识,开设数学实验模块,指导学生运用所学知识和相关软件(如 Matlab 软件, R 软件)建模、分析和解决工程问题,增强学生解决工程实践问题的能力。把常规数学实验部分分为以下 10 个模块[10]: ① 函数作图、极限计算; ② 导数、高阶导数、隐函数及参数方程的导数计算; ③ 一元函数极值的计算; ④ 不定积分的计算; ⑤ 定积分的计算; ⑥ 向量的运算、空间曲线的绘制; ⑦ 多元函数作图、求极值; ⑧ 二重积分、三重积分的计算; ⑨ 线性微分方程的解析解和数值解; ⑩ 无穷级数与幂级数求和。根据专业需要,学生可选择 6 个左右模块进行数学实验,既解决复杂的手工计算,同时还体验利用软件来理解和检验数学思想,掌握数学学习的新方式。

4.2.3. 构建高等数学三三三分层教学模式

1) 教学对象分层[8]

教师根据学生高考数学成绩、课堂回答问题情况、作业分析情况等主要因素,开学初期,制定分层策略,学生自愿报名,老师协调,对学生采用班内分层教学的模式,按照学生能力水平划分为:强、中、差三个层次,并分别编排为 *A* 层、*B* 层和 *C* 层。

2) 教学目标分层

根据学生数学能力的不同,将学生划分为三个层次,从而精细制定高等数学的教学目标,包括基础性、提高性和发展性三个层次。通过采用多样化的教学方式,如小组合作、个别指导等,从浅入深,逐步推进,确保学生逐步理解和掌握高等数学知识,实现教学目标。这一循序渐进的教学方法有助于学生融会贯通高等数学知识,提高学习效果。

3) 练习与实践分层

以学生的学习目标为导向,将作业练习题细化为容易、中等、困难三个层级,旨在为学生提供更为丰富的选择空间。对于学习基础较为薄弱的学生,建议从基础性的简单练习题入手,逐步提升至中等难

度；而对于学习基础扎实的学生，则可以直接从中等难度的题目开始练习，并向更高难度的题型挑战。

在实践教学方面，对于 A 层学生，我们将采用竞争性评价方式，以重能力、促发展为原则，鼓励学生积极参与数学竞赛、数学建模大赛等教学实践活动，通过竞争来促进学生的自主发展。对于 B 、 C 层学生，我们将采用激励性评价方式，明确指出学生的努力方向，鼓励学生运用所学的数学知识进行社会调查，或应用数学知识解决某个专业问题，或撰写数学学习论文报告，以提高学生的问题分析能力和问题解决能力，激发其不甘落后的精神，鼓励他们逐步向 A 层递进。

教师将根据不同层次学生的学习能力，设计出层次多变、角度新颖、形式多变的研究性问题，逐步引导学生深入探究，扩大学生的参与率，提高成功率。通过这种方式，让学生享受发现的乐趣，享受成功的喜悦，从而逐步增强他们对学习数学的兴趣。

4.2.4. 创新最优组合教学策略

巴班斯基的教学形式最优化理论[8]指出，在传授不同深度的新材料或进行练习演算时，临时分组教学形式是适宜的；而针对复杂且信息量大的新教材，集体讲授则更为恰当。强调通过因材施教的方式，确保每个学生都能达到其当时的最佳学习成效。

1) 对教学形式进行最佳组合

为了更有效地提高学生的学习水平，将每次的授课内容分为基础、应用和提高三个层次，制定最佳的教学方式组合。在教学形式上，引入课堂抢答、分组竞赛以及学生授课等多种活动，旨在通过这些富有创新性的教学方式，激发学生的学习兴趣，增强他们的光荣感和成就感，从而提升学生的学习体验和收获。

2) 加强小组合作学习指导

为了确保 C 层同学能够在适宜的学习环境中取得进步，将他们合理地分配到各个学习小组中。每个小组都有指定的同学提供及时的帮助和支持，确保他们在团结友爱的氛围中稳步成长。我们深知，“亲其师而信其道”的道理，因此，我们强调教师与学生之间应建立起基于相互信任和尊重的深厚友谊。这种融洽的师生关系不仅能够激发学生的学习积极性，促进他们学习目标的实现，同时也将显著提升我们的教学效果。

3) 注重对 C 层同学的转化

所谓的 C 层学生，通常指的是数学基础较为薄弱的学生。这类学生在学习数学时，往往受到多种非智力因素的影响。例如，他们可能缺乏科学有效的学习方法，导致学习效果不佳；或者他们在学习过程中缺乏自主性，难以持续有效地投入学习；此外，一些学生还可能因为自卑心理而自我放弃，对数学学习失去信心。

然而，根据布卢姆的教育理论，只要提供适当的学习环境、充足的学习时间以及必要的教学支持，绝大多数学生都能够学好每一门课程，达到预设的教学目标。因此，针对 C 层学生，我们应当特别关注他们的学习动机和学习目的，努力激发他们的学习兴趣。

在实际教学过程中，可以通过实施鼓励性教学策略，帮助学生建立自信。例如，在课堂提问时，我们应当设计一些简单明了的问题，让 C 层学生有机会回答，并及时给予他们正面的反馈和鼓励。当学生回答错误时，我们应当避免指责，而是耐心地引导他们分析问题，帮助他们找到正确的答案，从而培养他们的解题能力和自信心。

4) 及时进行层次的合理调整

经过多轮阶段性检测，旨在深入了解和掌握学生的学习状况。基于这些数据，教师将协助学生更加准确地定位自身的学习层次，并引导他们适时调整目标层次，以激发其追求更高目标的动力。此外，对

于那些原本设定了较高目标层次但未能实现的学生,我们将开展思想工作,以减轻他们的心理压力,帮助他们以更加积极的心态面对学习挑战。

5. 构建多层次的考核评价模式

构建多层次考核标准[17],不再将考试成绩作为唯一的评判标准,可以选择灵活的形成性评价方式。形成性评价方式,可以是提问、课堂练习,也可以是竞赛、课后作业、测验、小论文等形式,根据实际情况确定权重。

对于平时成绩,可分层次考核:对A层学生,根据参与数学竞赛、数学建模大赛等情况进行综合评定;对B、C层学生,根据社会调查报告质量,或应用数学知识解决某个专业问题完成质量,或撰写数学学习论文报告质量,给予评价。

对于期末考试评价,也可分层次考核。一是期末考试A、B、C试卷上体现多个选做的应用题,学生根据专业不同选择不同的应用题,由此引导教师和学生将数学知识与专业知识进行有效结合,促进数学在专业中的应用融合,同时让学生认识到数学在生活中所起的作用,真正体会了学以致用学习理念,为学生的持续学习提供了动力;二是进行不同的考试比重评价,对于参加了数学预修课程学习的同学,将其数学预修课程成绩计入平时成绩,占比为20%,平时成绩与期末成绩比重为6:4,其他同学为4:6。

6. 结论

新工科建设的步伐日益加快,工科教育的改革创新显得尤为迫切。高等数学,作为工科专业学生不可或缺的基础课程,对工科专业的深入学习具有举足轻重的作用。本文立足新工科建设的核心理念,从新工科建设的内涵出发,指出高等数学课程教学现状及问题,提出高等数学课程分类与分层的理论基础、指导思想、具体措施,探索了高等数学三三三分层教学模式,创新了最优组合教学策略,构建了多层考核评价模式。通过优化课程内容、高效利用教学资源,旨在提升学生的学习效能,为培养具备国际视野、全面发展的优秀工程人才奠定坚实基础。

基金项目

湖南省普通高等学校教学改革研究项目立项资助:1)新工科背景下基于专业需求的高等数学课程分类与分层体系研究(编号:HNJG-2022-0985);2)以学科交叉融合为导向的“数学+”复合型人才培养研究(编号:HNJG-2023-1010)。

参考文献

- [1] 吴岩. 新工科:高等工程教育的未来——对高等教育未来的战略思考[J]. 高等工程教育研究, 2018(6): 1-3.
- [2] 聂存云, 陈晓玲, 刘光辉, 等. “新工科”建设中高等工程院校高等数学分层教学改革初探[J]. 湖南工程学院学报(社会科学版), 2018, 28(3): 105-109.
- [3] 魏淑清. 基于新工科背景下高等数学课程体系重构与教学内容改革的研究和实践——以北方民族大学高等数学课程教学为例[J]. 宁夏师范学院学报, 2021, 42(11): 5-9.
- [4] 高宏伟, 马崛, 李晓焱. 新工科背景下高等数学的教学改革探索与实践[J]. 榆林学院学报, 2021, 31(4): 79-81.
- [5] 黄浩, 余雪. 基于“案例+模块化”的应用型本科高校高等数学翻转课堂教学模式改革探讨[J]. 合肥师范学院学报, 2019, 37(3): 106-110.
- [6] 周铁丽, 孙曦浩, 董志强. 应用型本科高校高等数学分层教学研究[J]. 大学教育, 2020(1): 34-36.
- [7] 吴振英. 新工科背景下高等数学课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2022, 8(21): 144-147.
- [8] 张琳. 数学教学与模式创新[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2021: 154-156.
- [9] 乔桂娟, 李楠楠. 布卢姆“掌握学习”的理论释义与现实启示[J]. 教育科学研究, 2018(5): 53-57.

-
- [10] 张锐, 毛耀忠, 谢建民. 新工科理念下高等数学课程“模块化”教学实践研究[J]. 甘肃高师学报, 2021, 26(5): 46-51.
- [11] 吴果林, 李修清, 袁媛, 廖桂湘. 应用型本科院校“高等数学”模块化教学改革实践分析[J]. 桂林航天工业学院学报, 2020(2): 240-244.
- [12] 许文翠, 陈忠. 职业本科院校高等数学课程融合专业需求的教学改革研究——以机械类专业为例[J]. 教育学研究, 2023(7): 63-65.
- [13] 罗李平, 曾云辉, 吴雄韬. 解决高等数学教学问题的七点措施——以衡阳师范学院为例[J]. 高等数学研究, 2022, 15(1): 105-108.
- [14] 袁学帅. 基于经济类专业需求的高等数学教学改革探究[J]. 高等数学研究, 2021, 24(1): 120-123.
- [15] 黄云清. 基于新工科理念推进大学数学教学改革[J]. 中国大学教学, 2020(Z1): 28-31.
- [16] 肖翠娥. 数学技术、信息技术与职业技术融合成效及其展望[J]. 教育进展, 2012(2): 1-5.
- [17] 陈华喜. 地方应用型本科院校《高等数学》分层教学模式的构建[J]. 山东农业工程学院学报, 2018, 35(6): 175-176.