

工科复变函数与积分变换课程建设与实践

李红

(华中科技大学 数学与统计学院 湖北, 武汉 430074)

摘要: 主要介绍工科类复变函数与积分变换课程的教学改革, 着重探讨了从教学理念创新-数学实验单元的引入-教学载体创新-教学模式提升的有关概念、模式、应用以及相关内容的内涵外延, 基于复变函数与积分变换课程作了深入而实际的研讨和总结, 有效提高了教学主客体的互动效果, 在创新现代化分析数学教学模式方面进行了极有价值的探索。

关键词: 教学理念; 复变函数与积分变换; 数学实验单元; 教学载体

复变函数论随着其学科领域的不断扩大而发展成为一门庞大的数学分支, 其经典的理论与方法给数学的许多分支提供了一类重要的解析工具^[1]。在数学分析领域内, 总是不断地产生出诠释这门古老学科经典解析理论的新应用。在自然科学和各种工程领域, 在物理学、信号处理等学科的研究方面均有着广泛的应用。尤其在工科院校的有关专业课程体系中, 作为电路分析、信号与系统以及自动控制原理等后续专业课程学习的必备数学工具, 其价值和重要性不言而喻。目前各高校普遍将复变函数与积分变换课程设置为工科各专业的一门重要必修课。然而, 受各专业学科课程结构所限, 复变函数与积分变换课程的实际授课时数往往较少, 如何在有限的课时内让学生既能掌握其理论和方法, 又能了解其知识在各专业方面的应用, 为后续专业课程的学习打下一个良好的数学基础? 无疑有许多现实问题需要解决, 许多陈旧的模式需要摒弃, 许多过时的观念需要更新。通过长期、持续地探索与实践, 我们在转变教学理念、重构教学课程结构、改进教学手段和考核方法等方面。取得了一些卓有成效的教研成果, 形成了比较系统完整、协调有序的复变函数与积分变换课程教学模式。

一、提升现代化教学理念创新教学模式

新时期的教学理念一般有三个新的特征: 其一, 注重教学主客体的整体动态平衡; 其二, 注重持续提升教学载体的综合技术含量; 其三, 注重教学主体受教的延续效应。故其相应的教学模式、教学载体也各有其内涵和特点, 尤其是第一种新特征, 包含了四个方面的内涵: 一是课程总体知识架构与各授课单元的主次结构协调; 二是课程整体性知识内容与课程重点知识内容的互动协调; 三是课程基础性理论知识与应用性实用知识的有机协调; 四是课程辅助性教学实验与主导性教学内容的计划协调。这“四个协调”是我们通过探索和实践提升现代化教学理念的主要内容和要求。

为适应知识创新、素质教育的教育新时代要求, 高等学校教育工作者亟待转变教学观念, 更新教学模式, 调整教学关系, 转变教师职能, 以新的教育理念进一步推动教育改革的发展与深化。显然, 复变函数与积分变换课程的教学也不例外。由于现行复变函数与积分变换教材的基本框架是经典的, 没有包含其最新的研究内容, 所以可

以适当地溶入现代数学的观念和方法。现代数学的内容首先是现代的数学思想,用现代数学发展的眼光,结合科研经验和授课对象的需求,对教学内容进行调整,强化与其他学科的联系。例如,在自动控制专业中,应用复变函数中的方法与拉普拉斯变换对信号处理时的传递函数进行理论分析,以及应用拉普拉斯变换对线性系统进行理论分析等、在电子信息专业中,融入解析信号的概念,结合当今研究瞬时信号和非平稳信号的频率或者频谱含量的演变^[2],说明解析函数是一个非常坚实的理论基础,并演示积分变换在信号处理方面的应用(图1给出了傅氏变换在信号去噪中的应用)。该课程的课堂教学不仅仅是抽象的定义和定理的证明,更重要的是应该让学生在课堂上学到数学的方法、思想和精神,以便在以后的学习和工作中,能够利用所学的知识解决实际问题,并受用无穷。正如温家宝总理所信奉的一句话“教是为了不教”,不在于老师是一个多么伟大的数学家或文学家,而是老师能给学生以启蒙教育,教他们学会思考问题,然后用他们自己的创造思维去学习,终身去学习^[3]。

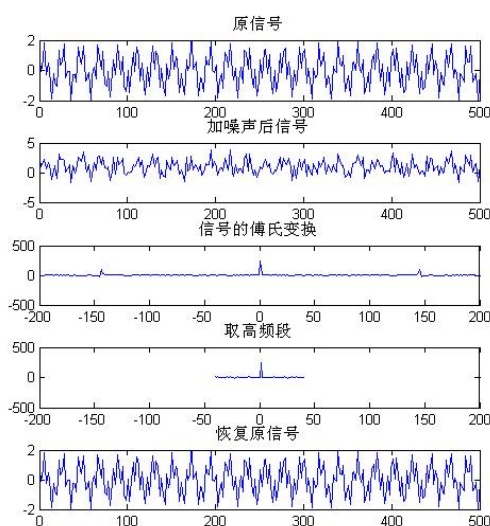


图 1 傅氏变换在信号去噪中的应用

二、创新课程结构引入数学实验单元

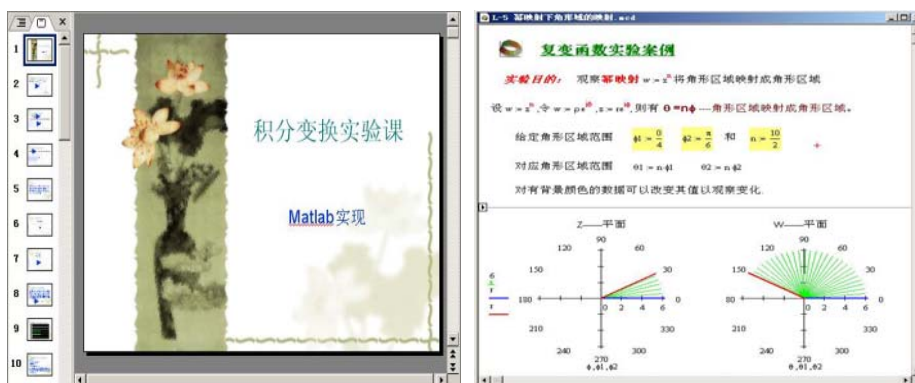
由于复变函数与积分变换课程既是一门理论性较强的课程,又是解决实际问题的强有力工具^[1]。在我们的教学过程中如果偏重于强调其系统性与知识性,学生有可能过于重视数学公式推导、数学理论的论证和数学结论的学习而忽视数学素质与能力的培养,甚至客观上助长理论脱离实际的教学氛围。一方面使复变函数与积分变换这门课程过多呈现其抽象、枯燥,繁琐的计算和推理的一面,使学生望而生畏,极易造成畏难情绪;另一方面又对学生的受教心理产生误导,使其被动且被迫地投入对这门学科的系统性、知识性内容的学习,从而根本无暇顾及对这门学科本质的全面了解,更无法体会到这门学科在数学分析领域内所能展示的独特“数学的美”。这种状况的产生和长期存在,追根寻源,究其所以,是由于我们陈旧的教学模式和过时的课程体

制造成的。

随着新时期教学理念的创新和现代化技术手段的不断进步,在长期教改探索实践的基础上,我们一改复变函数与积分变换课程无实验的旧模式,创建了融专项课程教学与数学实验于一体的新型授教模式。主要特点是既强调整体架构的系统和谐,又注重单元内容与整体的内在关联;既强调课程的基础性,又注重该学科的前瞻性应用发展;既强调学科理论的严谨、经典,又注重该门学科内在的“数学的美”,同时在新的课程体制中要求要具有教学韵律。具体而言,就是要把“数学的美”通过体现教学韵律、新的教学实验课程体制的实施来感染、促动教学主体的主动性关注以及积极回应,从而避免“数学课堂教学变得枯燥、乏味”。提高教学主客体的互动质量和教学相长的时效性。在教学实践中,我们在复变函数与积分变换课程的课程设置结构中增加了富有教学韵律的动态数学实验计划。既有贯穿课程全过程,要求提纲挈领,把握整体架构的主旋律,也有循序渐进、小步节奏的狐步舞曲,再借助现代综合教学载体的声、光、色、画面等技术,使课堂教学与数学实验在进程中互助互补;在充满色彩、富有韵律的教学、实验计划进行中,使学生体会到“数学的美”和教与学的美妙韵律。事实证明,在复变函数与积分变换课程体制中引入数学实验单元。对培养学生综合运用数学知识、分析和解决实际问题的主动意识,培养学生的创新精神和实践能力等有着重要的意义。

引入复变函数与积分变换课程实验单元,创新教学模式的目的是为了提高学生学习这门专业学科的积极性,克服学生对充满抽象、枯燥,繁琐的计算和推理特征的复变函数与积分变换课程的畏难心理,提升学习兴趣,从而有助于从根本上提高学生对该学科的应用意识,并培养学生用所学的理论知识和计算机技术去认知、解决实际问题的能力。在复变函数与积分变换课程的实验中,由于计算机的引入和数学软件的应用,为这门数学学科的思想与方法注入了更广泛的内容,使学生摆脱了繁重、乏味的数学演算和数值计算,促进了同其他学科之间的结合。此外,有利于学生在教、学相长中发现数学的美,展示数学理论的实际应用,从而促使他们去做更多的创造性工作。近年来,全国大学生数学建模竞赛的兴起,就是培养大学生“应用数学解决问题”能力的积极而有效的尝试。受到大学生们的热烈欢迎和教育界的充分肯定。因此,开设复变函数与积分变换课程的实验课可以说是为学生提高数学应用能力的又一次教学改革。

我们在复变函数与积分变换课程的课程设置方面做了初步的尝试,学生普遍反映良好。我们认为,实验内容的设计直接关系到实验教学活动的效果,一定要兼顾整体架构的系统和谐和单元内容与整体的内在关联;在遵从课程理论的严谨性的同时,通过数学实验着重体会该门学科的“数学的美”。同时,教学内容要尽量和学生专业相关,以便于他们在真切体验该课程功用的过程中举一反三、推陈出新。



(a) 积分变换实验课课件 (b) 保形映射实验课课件

图 2 实验课教学软件举例



图 3 复变函数与积分变换网络平台

基于此，我们将数学实验教学分为基础实践篇与研究实践篇。其中基础实践篇旨在利用计算机及软件的数值功能和图形功能展示课程的基本概念和结论，使学生能直观地了解课程内容，加强对基本概念和结论的认识与理解，力求通过学生自己的观察、设计、归纳、总结，亲历解决问题的全过程来激发学生的学习兴趣，调动学生学习积极性，增强学习效果，促进学生学习能力发展。研究实践篇是把课程的基本概念、基本理论和基本方法应用到具有物理背景和工程背景的实际问题中，主要体现“理论+计算+实验”的科学研究过程。为了实验教学的顺利开展，我们还制作了与之配套的教学软件（见图2）。此外，我们正在尝试在数字化网络平台（见图3）上建立网络数学实验室以解决教学时间少的限制等相关问题。

三、引入高新技术创新教学载体

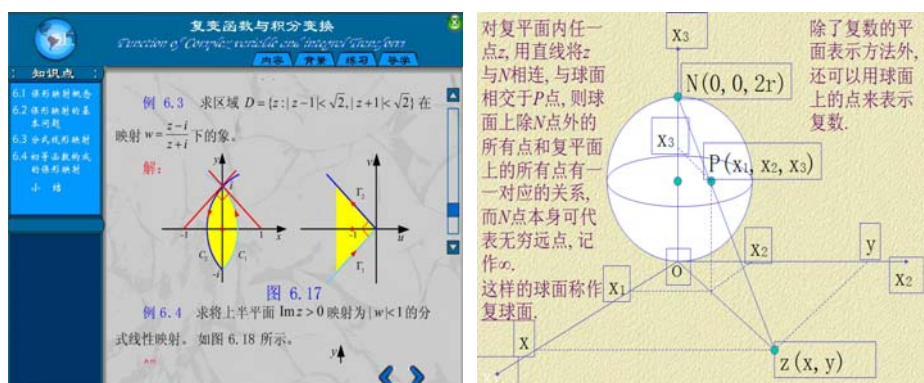
在本文第一节中曾指出，新时期教学理念的新的特征之一就是“注重持续提升教学载体的综合技术含量”。在我们的课程教学实践中，传统的教学载体已日渐被融入越来越多的现代化技术含量。传统的复变函数与积分变换课堂教学多采用常规讲授式，在知识呈现的手段上是单一的“黑板+手绘”的简单形式，在视觉上展现的是平

面、单色调的图形字符，在教学流程上表示的是缺乏互动的逻辑推演，在教学课程的设置上体现的是孤立的单体架构。而新的教学理念不可能通过使用传统的教学载体来实现。就比如在传统的教学载体应用中，再高明的教师也不可能在很短的时间内准确地画出多个函数的图像，更不可能在授课的流程中不断地复述相关联的基础知识和提示可派生出的各类推演结果，当然所谓直观印象就更谈不上。这是造成学生觉得数学难学，难以准确掌握数学概念，难以系统掌握数学理论知识的主要原因。

现代信息网络环境下，新技术的引进使高等院校教学载体的技术进步面貌一新，采用数字化网络平台辅助教学已成为新型教学载体的重要技术支撑。数学教学有了新的平台，为教学主客体的教学互动提供了可以实现新的教学理念的基础和机遇。尤其是在近年来学生人数不断增长，学校的教室、教师资源相对紧张的情形下，教师和学生之间面对面的交流、答疑辅导等传统教学互动环节越来越困难。有鉴于此，我们依托校园网，研制开发了复变函数与积分变换数字化网络教学平台来辅助教学，新教学载体的高技术含量使教学的互动性、实时性得以完全的实现，随时为学生排疑解难再也不是虚幻的理想。数字化网络平台拓展不仅在客观上补充了教学资源，为实现优质教学资源的共享提供了载体；而且将教师从超量级的重复性工作中解放出来，从而有更多的精力用以加强对学生学习行为的分析，更及时地掌握学生的学习动态，更有效地实时引导学生学习。优秀的教师还能够“以一当十”，跟踪学生学习情况并及时指导，以弥补教材单一、封闭型学习的缺陷。数字化网络平台还可以自动对学生的学习进行全程督导，并对教师的教学进程实时监控，使教学环节的控制变得简单而高效，大大提高了教学质量。

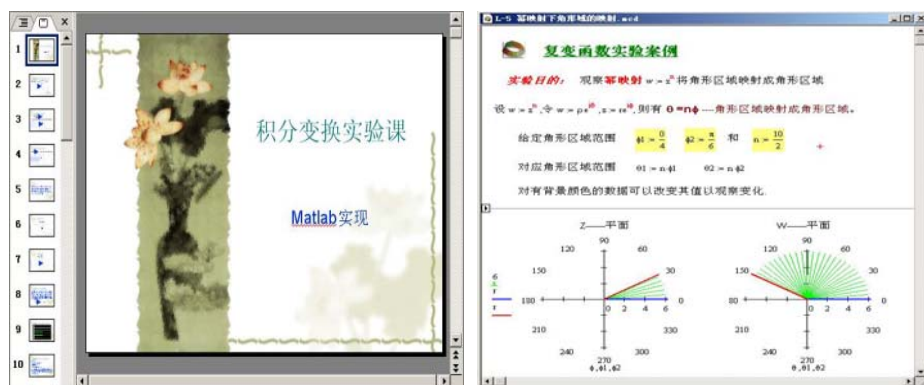
在我国，目前各类学校计算机的普及率提高很快，许多学校都配备了网络计算机教室。但实际上，真正在课堂上使用计算机辅助教学（Computer-Aided Instruction, CAI）的教师却不多，造成这种情况有许多原因，如有的教师对 CAI 持怀疑态度，或由于对新技术的陌生而不愿意尝试，或由于教学软件缺乏，现有的教学软件质量不高等。如何在数学教学中充分地发挥计算机的优势，已成为数学教育现代化和数学教改的现实课题。在课堂教学载体的采用上，考虑采用多媒体教学，结合课程特点，将传统教学模式的优点和运用多媒体教学模式的长处有机结合，实现优势互补。利用新型的教学载体探索继承传统教学精华，融合现代教育技术与理念，提升教学水平的新模式。以此为指导思想，我们开发了一系列复变函数与积分变换课程教学软件，用于辅助课堂教学（如图 4 所示），教学效果良好。特别地，Flash 该课件即实现了形式上的文字、图形与多媒体结合、结构上的线性与非线性的结合、理解上的抽象性与形象性的结合、教学时空上的课堂教学与课外教学的结合，为教师全时段地进行备课、授课，远程指导以及学生的自学提供了便利。此外，动静态结合的教学手段贯穿教学过程的各个环节。无论是对基础理论的详细讲述，还是对应的习题剖析等，动、静态结合的教学都能帮助学生强化基本概念和理论，开拓解题思路，提高分析问题的能力。特别地，该

课件还可以动态显示各种变换过程，给学生以直观印象，使得原本抽象的数学理论，变得具体、生动，增强了学习的趣味性，该课件曾荣获第九届全国多媒体课件优秀奖。



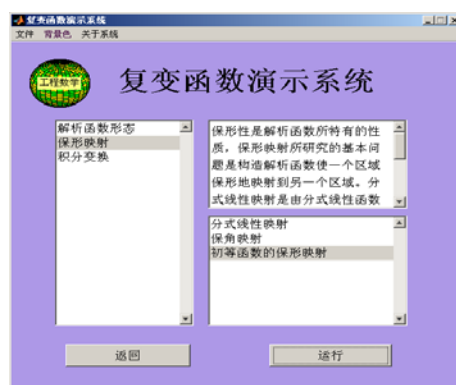
(a) Flash 课件

(b) PPT 课件



(c)积分变换实验课课件

(d) 保形映射实验课课件



(e) 复变函数与积分变换演示系统

图 4 教学软件

总而言之，创新教学载体是实现现代化教学理念、构建智能化新型教学系统的不可或缺的基本前提，是创新现代化教学模式的最重要的奠基石之一。

四、结语

俗话说，冰冻三尺非一日之寒。从创新教学理念到创新教学模式，我们仅仅在复变函数与积分变换这门极具个性色彩的学科上做了一点有益的尝试。我们深信，只要

我们敢于挣脱旧的传统教学模式的束缚，积极探索、勇于实践，复变函数与积分变换的教学一定能在培养学生创新能力方面得到预期的回报，并为其他专业课的学习和其他学科的深入探讨打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 李红, 谢松法.复变函数与积分变换(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] 【美】L.科恩 著 白居宪 译 时-频分析: 理论与应用 西安交通大学出版社 1998.
- [3] 温家宝,百年大计 教育为本, 温家宝在科教领导小组会讲话,2009,1,4, 中央政府门户网站 www.gov.cn

李红，博士，现担任华中科技大学数学与统计学院教授（博士生导师），近年来，主要从事逼近与计算、小波分析与信号处理、学习理论与模式识别等方面的研究。主持参加多项省教改课题，主编教材 4 册。2006 年获宝钢教育基金优秀教师奖，由其负责的复变函数与积分变换课程 2009 年被评为国家精品课程。