

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2011.02.024

· 教学研究 ·

# 面向国际一流大学的信号与系统课程教学模式研究

刘永祥, 吴京, 黎湘

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 信号与系统是大学本科理工科专业的一门重要技术基础理论课程, 其基本特点是利用数学工具来分析科学研究和实际过程中的问题, 包括数学推导及分析、物理概念揭示以及计算机仿真实验。本文从教材、教学、考核及与计算机实验等四个方面总结了国外一流大学的信号与系统课程特点, 并分析了信号与系统课程在内容和教学模式上的发展趋势, 最后结合国内的基础, 给出了信号与系统教学的具体建议。

**[关键词]** 信号与系统; 教学模式; 创新; 计算机实验

**[中图分类号]** G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2011)02-0077-03

## Research on the Teaching Mode of Signal and System with the International Top Universities in View

LIU Yong-xiang, WU Jing, LI Xiang

(School of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Signal and system is an important fundamental course for undergraduates of engineering. Its aim is to analyze the problems in research and application by means of mathematical tools including mathematical deduction, physical concepts and experiments with computer. An analysis of signal and system course in international top universities is presented, including the text books, teaching methods, examination and experiments with computer, as well as the developing trends in contents and teaching mode. Some suggestions about teaching mode are provided based on the analytic result and domestic actualities.

**Key words:** signal and system; teaching mode; innovation; experiment with computer

### 一、引言

信号与系统是大学本科理工科专业的一门重要技术基础理论课程, 其基本特点是利用数学工具来分析科学研究和过程实际中的问题, 包括数学推导及分析、物理概念揭示以及结合计算机实验。从内容上看, 该课程以高等数学、复变函数和基本电路等为背景知识, 承接数字信号处理、通信原理和自动控制等与计算机结合紧密的课程, 在电子与电气工程学科中承上启下, 地位十分重要。

国外大学在电子系列课程设置中(包括计算机专业), 对信号与系统课程教学十分重视, 在教学内容上, 侧重概

念与计算机实验, 但更加注重贴近学科发展前沿; 在教学模式上不断创新, 培养模式更加科学合理, 对于国内教学水平的提高和学科发展有很大的借鉴意义。本文通过分析一些国外大学信号与系统教学情况及学科发展情况, 结合国内实际提出一些意见。

### 二、国外一流大学信号与系统课程特点分析

表1以麻省理工大学、牛津大学及斯坦福大学等国外知名高校为例<sup>[1,2,3]</sup>, 分析其信号与系统课程的教材、教学、考核及计算机实验等方面的特色及经验, 以期对国际一流大学的信号与系统教学有全面的了解。

表1 国外一流大学信号与系统课程情况比较

学 校	课程目的	教 材	教学模式	考核方式
麻省理工大学	介绍连续和离散信号与系统的基础知识, 使学生具备分析、设计线性时不变系统或滤波器的能力	《Signals and Systems》 A. V. Oppenheim and A. S. Willsky, 1997	每周2个课时授课, 2个课时复习课, 周一、周二共2个课时助教辅导	小测验40%, 期末测试40%, 习题、实验、助教评分20%

**[收稿日期]** 2010-06-12

**[作者简介]** 刘永祥(1976-), 男, 河北唐山人, 国防科学技术大学电子科学与工程学院副教授, 博士。

续表 1

学校	课程目的	教材	教学模式	考核方式
牛津大学	熟练掌握连续和离散信号与系统, 为数字信号处理做准备	《Signal Processing and Linear Systems》, B. P. Lathi, 1998	每周4个课时授课, 1个课时习题讨论课, 2个课时辅导课。讨论课分组进行。	作业20%, 第一期中考试20%, 第二期中考试20%, 期末考试40%, 附加作业(选做)5%
斯坦福大学	培养对连续和离散信号与系统的认识, 熟悉频域, 会用计算机执行基本的信号处理过程	《Signals and Systems》, A. V. Oppenheim and A. S. Willsky, 1997	每周3个课时授课, 2个课时辅导, 每周都开设谈论课, 讨论习题, 时间不定。	作业10%, MATLAB实验10%, 期中考试30%, 期末考试50%

在教材内容方面, 各大学大致相同, 主要包括信号与系统的基本概念、连续时间系统和离散时间系统的时域和频域分析、傅里叶变换、拉普拉斯变换、Z变换、系统函数和状态变量分析等。课程的总体学习目的是使学生对连续和离散信号与系统的基本概念有所了解, 具备分析、设计线性系统和滤波器的能力, 为数字信号处理、通信原理、自动控制原理等课程的学习打下基础。

在教学方式方面, 灵活多样, 目的是充分调动学生的主动性和创造性。作为本科阶段的必修课, 以已有的高等数学、线性代数、复变函数以及电路知识为基础, 面向实际应用, 因此需要教学方式灵活多样, 摆脱单一的教师上课、学生通过做作业、考试来掌握所学知识的教学模式, 在教学安排上专门设置习题讨论模块和教师指导模块, 学生分组学习讨论, 提出自己的想法和不同的解题思路, 鼓励创新思维, 互相交流学习经验。授课教师每周安排固定时间固定地点进行指导, 及时解决学生在学习过程中遇到的问题。以牛津大学为例, 每周7个课时中, 4个课时授课、1个课分组讨论、2个课时解答疑问。要吸收消化丰富的课堂内容, 需要讨论课、辅导课和课后自主学习等步骤达到, 为营造集体学习、互帮互助的学习氛围, 学生每3到5人被分为一个学习小组, 这样既降低了个人学习难度, 也可以促进交流与合作, 达到更好的学习效果。

在成绩考核及评价方面, 成绩评定注重考查学生多方面表现, 评分标准全面, 对学生掌握知识情况进行全面了解和公平评判, 既能够提高教学的质量水平, 也能够督促学生用心学习。一般从多个方面给学生打分, 包括平时作业提交情况、课堂表现、期中考试成绩和期末考试成绩, 其中作业又分为习题和计算机实验(主要是MATLAB)。以斯坦福大学为例, 学生习题成绩占总成绩10%, MATLAB实验成绩占10%, 期中考试成绩占30%, 期末考试成绩占50%, 即使是最重要的期末成绩, 也仅占总成绩的一半, 主要督促学生把学习放在平时, 避免平时不学考前突击, 无法牢固掌握所学知识。习题成绩打分严格, 作业每周提交一次, 迟交作业按迟交时间扣除相应分数, 在习题解答讨论过以后提交的作业不计分。另外, 麻省理工大学尝试采用双轨评分标准, 综合评估学生对知识的掌握程度。

在计算机实验方面, 重视MATLAB软件包在实验中的应用, 教材普遍配有MATLAB相关知识, 作业中MATLAB实验占很大比例, 动手实验以增加创造性和应用设计能力,

在斯坦福大学, 每周作业中都有需要MATLAB解决的问题, 并且学校大部分电脑都可以供学生免费使用MATLAB软件, 可见学校对MATLAB在该课程教学中的重视。MATLAB具有强大的绘图和数学运算功能, 通过简单的语句, 可以把抽象不易理解的概念可视化, 便于直观理解, 提高学生认识和学习的积极性。例如在时域分析中求解卷积问题时, 由于涉及信号的翻转、移位及分段确定积分限等过程, 特别是对于形式复杂的信号, 求解过程麻烦, 容易出错, 利用MATLAB中的conv函数可以方便得到信号卷积结果, 并得到直观的绘图表示。在这个过程中, 增强了学生的编程仿真能力, 为后续信号处理、通信原理以及自动控制等后续与计算机实验紧密相关的课程学习奠定了基础。

### 三、信号与系统课程的发展趋势分析

信号与系统这门学科自产生以来不断处于发展之中, 尤其是伴随信息技术的革命性进步, 信号与系统的内涵越来越丰富, 并在各高新技术领域得到应用, 如雷达、遥感、通信、语音处理、图像处理等。随着信号与系统的内容、内涵、表现形式、应用前景等不断发展, 其教学模式、教学理念也应与时俱进、不断创新。

信号与系统的内涵不断拓展。随着信息技术的飞速发展, 信号不再是单纯由电路所产生的电信号, 声音信号、视频信号、图像信号以及网络通信过程中计算机产生的数据流, 都是现代意义上的信号; 系统的概念也不再拘泥于传统基于电路的系统, 一个电脑程序、一个硬件电路或是两者的结合都可以称为系统, 因此需要对信号与系统的概念和内涵不断进行修改和发展。从数学角度看, 由E. A. Lee, 和P. Varaiya用集合与函数的概念来定义信号<sup>[4]</sup>, 无论语音图像信号还是一帧数据, 都可以用一个具有合适定义域和值域的函数来定义, 从这个视角看, 系统可以定义为信号的函数, 其定义域和值域都是信号函数。

与计算机结合愈加紧密。由于数字计算机的快速发展, 信号与系统的研究重点向离散、数字方向转移, 因而也越来越多的跟数字信号处理相融合<sup>[5]</sup>。信号与系统和数字信号处理两门课程之间界限越来越模糊, 信号与系统主要研究信号经过线性时不变系统传输和处理所需要的基本概念和理论, 研究内容既包括连续时间方面也包括离散时间方面; 数字信号处理则是研究离散时间信号的处理方法, 其中利用了大量信号与系统中建立起来的基本概念和理论。

对比 1985 年 A. V. Oppenheim 版本和 2002 年 W. K. Edward 版本的信号与系统教材, 后者内容上除了信号与系统传统的概念和方法, 还包括了转移函数、控制应用、数字滤波器和控制器设计应用等数字信号处理课程的相关知识。

在教学模式上不断创新。目前已出现了信号与系统课程群建设的模式, 该模式是为了完善认知结构, 而将本专业或跨专业培养方案中若干门在知识、方法、问题等方面有逻辑联系的课程加以整合而成的课程体系<sup>[6,7]</sup>。例如, 信号与系统和数字信号处理都是电子类专业的重要基础课, 在内容上, 前者主要包括信号的时域、频域、复频域以及离散变换, 后者主要包括离散信号与离散系统, 是对前者的拓展。在教学内容上有多处重复, 造成教学资源的浪费, 也容易混淆学生的概念。通过开展课程群建设, 将这两门课融合进同一个课程群体系, 科学安排教学内容、分配课时, 立足于两门课的前后联系, 能够花更少的时间取得更好的效果。鉴于信号与系统课程的课程群建设是“信号与系统”课程教学的发展趋势, 深入把握这一点, 才能够推动教学方法和内容的不断创新, 与时俱进。

#### 四、我国信号与系统课程教学中的改革策略

在教材选取方面, 努力与国际接轨, 引进国外原版教材。采用英语教学的好处是紧密联系西方学科发展前沿, 让学生及时掌握最新的知识, 推动理解新概念新理论, 便于学生阅读国外相关资料, 扩宽视野, 同时也能够为以后在专业方向上往更深层次发展包括出国深造奠定一定的基础。信号与系统课程在国内发展时间较长, 形成了较成熟的学科体系, 为了推动国际交流, 培养学生阅读外文资料和撰写外文论文的能力, 应该积极开展英语教学的推广。另外, MATLAB 的操作界面和丰富的函数都是以英文为基础的, 如果能够以英文熟练掌握该课程内容, 对于 MATLAB 编程实验大有裨益。开展英语教学首先要引进外文原版教材, 比较经典的是由 A. V. Oppenheim 和 A. S. Willsky 编写的《Signals and Systems》, 目前已经出了两版, 国外很多知名大学都采用这本教材, 包括斯坦福大学、麻省理工大学等。由于信号与系统课程中, 涉及很多的概念和对比等, 使用英文教材要注意教学方法上的灵活性, 起步阶段可以采用外文教材(包括授课讲义)、中文讲授的方式, 循序渐进, 逐步增加英文讲授的比重, 最终过渡到全英文授课。当然, 英语教学对授课教师的英文表达能力要求很高, 一般应该有过国外留学经历<sup>[8]</sup>。

在教学模式上, 重视启发式教学, 强调思维方法的学习。信号与系统课程特点就是公式多, 概念抽象, 学起来容易枯燥乏味, 因此需要在教学模式上创新, 不仅仅要掌握解题技巧, 更要让学生形成基本概念、思维方法, 启发新思维。考察国际一流大学的授课方式, 除了课堂时间, 在总的课时内会安排很多时间给学生进行实验、讨论、交流, 授课教师或指导教师每周在固定地点解答学生疑问, 鼓励发现问题, 发现新的解题方法和思路, 通过讨论甚至争论来吃透概念, 在交流中丰富思维方法。A. V. Oppenheim 曾说过“有些课程只是让学生不断的点头(nodding, nodding, ...), 而我们的讲课是让学生不断的思

考(thinking, thinking, ...)”<sup>[9]</sup>。作为工科专业的基础性课程, 强化计算机实验工具(MATLAB)的应用, 在实验过程中加深数学推导过程的掌握, 从实验结果中加深对物理概念的认识, 训练学生分析、设计系统的能力, 进而达到培养动手和主动思考的能力。另外在教学组织形式上可以多样, 如安排学生分组学习, 既可以促进学生之间交流学习经验、学习方法, 又可以培养团队协作能力。

在内容安排上, 要注重与领域的进展结合, 保证授课内容的时代性。信号与系统课程作为与诸多研究领域紧密相关的基础课程, 应该加强授课过程中的研究气息。目前高校中的重科研轻教学现象仍然存在, 或者科研与教学分离的管理体制一定程度上影响了在课程中培养学生科学研究的能力, 降低了大学阶段学习中的研究氛围, 针对该问题, 在新一轮的信号课程教学改革中, 已经在探索“案例教学”和“创新或科研成果在教学中的运用”等新型的教学与科学研究结合模式。国外大学普遍重视信号课程教学中的实验和课程设计等研究性学习内容, 除每周保证 3 到 4 个课时的授课时间以外, 还安排 2 个课时的时间专门用来课程辅导, 开放办公室或者指定教室, 及时帮组学生解决学习和实验中的问题, 尤其是对实验过程中的问题进行指导, 这在总课时中占很大比例, 这也反映出一流大学高度重视这种将知识掌握并利用的科研能力培养。

#### 五、结束语

一流大学拥有一流的学科和教育模式, 这也是一流人才培养的前提条件。本文以信号与系统这门本科理工科专业的基础课程为对象, 从教材、授课方式、考核办法及计算机实验等方面对国外一流大学进行分析, 并探讨了该课程的发展趋势, 以此为基础, 结合国内实际, 提出了该课程教育中的一些个人观点, 以期同行批评指正, 共同建设好这门重要的课程, 为提高学生的研究品质和创造性学习能力提供支持。

#### [参考文献]

- [1] A. V. Oppenheim and A. S. Willsky. Signals and Systems[M]. NJ: Prentice - Hall Press, 1997.
- [2] B. P. Lathi. Signal Processing & Linear Systems[M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- [3] 张峰, 项军能, 韩大鹏等 MIT 本科教学活动的若干特点及启示[J]. 高等教育学报, 2010(3):62-64.
- [4] E. A. Lee and P. Varaiya. Structure and Interpretation of Signals and Systems[M]. MA: Addison - Wesley Press, 2003
- [5] 张明键. “信号与系统”与“数字信号处理”课程内容的整合探讨[J]. 广东工业大学学报, 2007(6):164-165.
- [6] 郝慧艳, 郝利华, 王明全. “信号与系统”课程的教学改革与实践[J]. 机械管理开发, 2008(2):8-10.
- [7] 马赛, 李方能, 吴正国. 《信号与系统》课程群的建设与教学改革探索[J]. 高等教育学报, 2010(3):102-103.
- [8] 曹路. “信号与系统”课程双语教学的探讨和思考[J]. 学科建设与教学改革, 2009(2):110-112.
- [9] 王文渊. 信号与系统[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.