·教学改革·

“翻转课堂”在生物医学工程专业《数字信号处理》综合性实验教学中的应用

桑林琼　王莉　粘永健　乔梁　张静娜　张晔　李鹏岳　王倩楠　邱明国
陆军军医大学生物医学工程与影像医学系医学图像学教研室，重庆　400038
通信作者：邱明国，Email：qiumg_2002@sina.com

【摘要】 “翻转课堂”作为一种新的“以学生为中心”的教学模式，可以充分发挥教与学两方面的优势。本课程按照“翻转课堂”教学模式重新设计教学过程，让学生通过主动学习构建自己的知识体系，并以小组形式自主完成包含生物医学信号的采集、分析和处理3个阶段的实验设计。结果表明，新的教学模式能够充分激发学生的学习兴趣，不仅有助于加深学生理解数字信号处理的理论知识，而且在实践的过程中也培养了其团队协作及自主学习的能力。这种教学模式对于生物医学工程专业的《数字信号处理》课程的综合性实验教学的开展有一定的参考作用。

【关键词】 翻转课堂；　生物医学工程专业；　数字信号处理；　综合性实验
【中图分类号】 R318
基金项目：陆军军医大学教育改革研究课题（2019A05、2019B11）；重庆市高等教育教学改革一般项目（203559）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20201104-01175

Application of "Flipped Classroom" in comprehensive experiment teaching of *Digital Signal Processing* for biomedical engineering specialty

Sang Linqiong, Wang Li, Nian Yongjian, Qiao Liang, Zhang Jingna, Zhang Ye, Li Pengyue, Wang Qiannan, Qiu Mingguo
Teaching and Research Section of Medical Imaging, College of Biomedical Engineering and Imaging Medicine, Army Medical University, Chongqing 400038, China
Corresponding author: Qiu Mingguo, Email: qiumg_2002@sina.com

【**Abstract**】 "Flipped Classroom" is a new kind of "student-centered" teaching model, which can give full play to the advantages of both sides of teaching and learning. According to this teaching model, we redesigned the teaching process, in which the students studied by themselves and built their own knowledge system. Moreover, each of them took part in three stages of experimental design including digital signal collection, analysis and processing in groups. Results have shown that this model can fully stimulate students' learning interest, not only helps students to deepen understanding of digital signal processing theory knowledge, but also strengthen the ability of autonomous learning and team collaboration. The teaching model maybe have certain reference function in comprehensive experiment teaching of *Digital Signal Processing* course for biomedical engineering specialty.

【**Key words**】 Flipped Classroom; Biomedical engineering; Digital signal processing; Comprehensive experiment
Fund program: Research Project of Educational Reform of Army Medical University (2019A05, 2019B11); General Project of Higher Education and Teaching Reform of Chongqing (203559)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20201104-01175

《数字信号处理》作为生物医学工程专业的一门核心的专业基础课程，以《高等数学》《信号与系统》等基础课程为前导，后续有《医学图像处理》《生物医学信号处理》等专业课程，在整个课程体系中占有重要位置。该课程的教学目的是使学生具备基本的医学与工程技术相结合的研究能力。相比《信号与系统》等前期课程，《数字信号处理》课程具有较强的临床实践性。由于该课程理论性强、内容

抽象晦涩[1]，导致学生普遍反映学习枯燥、难度较大，难以将理论知识与解决实际中的生物医学信号问题联系起来。因此，学生学习的积极性不高。

本课程的实验教学可以对理论教学起到有益的辅助作用。陆军军医大学开设的《数字信号处理》的实验教学分为基础性实验和综合性实验。基础性实验包括离散时间信号的表示与基本运算、有限长序列的傅里叶变换等；综合性实验则包括 FIR 滤波器、IIR 滤波器的设计及实际应用。在传统的实验教学中，教师通常先用 25~30 min 介绍本次实验的目的及涉及的函数，然后直接给出一段采集好的信号，让学生自行完成实验任务。这种教学有两个弊端：①学生可以自行查找函数的用法，传统的教学不仅浪费了学生宝贵的课堂时间，而且还阻碍了其自主思考能力的培养；②学生只是机械地按照教师给出的信号处理方法完成实验任务，既不理解生物医学信号本身的特征，也不清楚所采用方法的具体意义。因此，应对《数字信号处理》课程的实验教学进行改革，让学生真正参与实际生物医学信号的采集、分析及处理，不仅可以提高学生的学习兴趣，对提高学生的培养质量也非常重要。

近年来，诸多教师将源于美国的翻转课堂（flipped classroom 或 inverted classroom）理念用于教学的改革[2]。实践证实该教学模式相比于传统的教学，更能调动学生学习的积极性，也能将宝贵的课堂时间用于学生与教师之间、学生与学生之间的交流和探讨，有利于培养学生发现问题、分析问题及解决问题的能力，充分发挥教与学的优势。结合本校《数字信号处理》课程的教学设计，本文将翻转课堂应用于《数字信号处理》实验教学中，让学生由“被动学习”变为“主动学习”，以增强学生学习的积极性，提高学生的工程实践能力。

1　“翻转课堂”教学模型

“翻转课堂”对传统教学进行了颠覆性的变革[2-4]，其教学过程一般可按照时间顺序分为课前预习、课中交流及课后总结 3 个阶段[5]。在课前预习阶段，学生通过观看教师借助在线教学平台发布的教学视频、查找文献等多种方式进行主动学习，从被动接受知识转变为主动获取知识。这样不仅激发了学生的学习兴趣，而且在课堂交流阶段，能使其更专注于与教师交流其发现、解决问题的过程，有利于强化对知识的理解掌握[6]。教师根据在课堂交流阶段反映出的问题，课后进一步查阅资料，完善和改进实验设计，最大限度地提升学习效果。与传统教学相比，“翻转课堂”中教师和学生在教学活动中的地位发生了改变，教师从教学的主导者变为了教学过程的引导者，而学生则成为了教学活动的主体。学生不仅需要自己主动学习相关知识，还要自主总结归纳个人的知识体系[7]。因此，教师只需引导好教学过程的有序进行，而学生则需要从源头切实提高学习积极性，合理规划学习过程，从而保障教学目标的实现。

2　基于“翻转课堂”的综合性实验的教学设计

2.1　概述

《数字信号处理》课程的综合性实验有两个：FIR 滤波器和 IIR 滤波器的设计及实际应用，每个实验有 4 个学时。根据本校生物医学工程专业的培养目标，为了与实际的生物医学信号相联系，在传统的教学中，教师通常会提供一段预采集的脑电信号或者心电信号；然后让学生利用设计的 FIR 或者 IIR 滤波器进行处理，分析滤波前后信号在时域和频域的变化；最后，学生记录实验过程并撰写实验报告。然而，这样的教学接受度不高，并且强行将理论应用于工程实践，达不到培养学生解决实际问题的能力。对于需要深入学习和调研的内容，翻转课堂将是一种非常好的模式[8]。因此，本研究以 FIR/IIR 滤波器的设计及应用为例，探索“翻转课堂”在综合性实验教学中的应用。

2.2　教学实施

“翻转课堂”在“FIR/IIR 滤波器的设计”实验教学中的实施过程分为课前、课中及课后 3 个阶段，各个阶段的具体构建见图 1。

2.2.1　课前阶段

教师和学生的主要工作分别为：教师准备教学视频及教学资源，学生则要自学相关知识，同时教师和学生要共同参与生物医学信号的采集。教师在该阶段可充分利用智慧教学平台（如爱课堂、雨课堂等）提前发布教学视频，布置实验任务。刘艳[9]把雨课堂作为翻转教学平台，开展了翻转教学实践，取得了令人鼓舞的效果。在该课程中，教师利用科室自主研发的闭环式线上教学信息系统发布教学资源和实验任务。由于在“翻转课堂”教学模型中更重视课前预习的效果，因此教师和学生之间应通过 QQ、微信等方式建立学习群，并就自学中遇到的问题随时交流反馈，确保课前预习效果。特别是，在这一环节中，考虑到与工程实践相结合，要求学生自己采集信号用于后续的分析处理。这样就将数字信号处理课程中的信号采集、信号分析及信号处理 3 个部分有机地结合了起来，从而帮助学生理解了数字信号处理的过程。

考虑到前期知识储备的差异，可能无法保证每位学生都能独立完成数字信号处理的全过程。因此，课程实施时采用小组方式进行，一般 3 ~ 4 名学生为一组，且必须明确各成员的工作。同时，既为

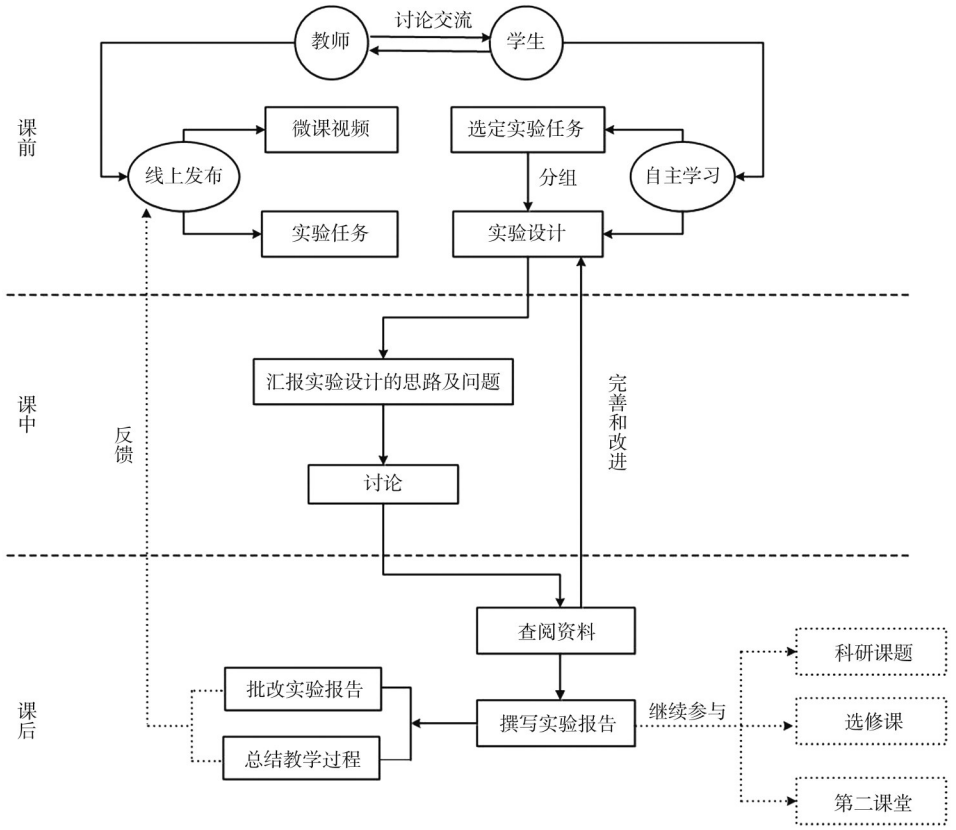


图1　“翻转课堂”教学模式

了避免各小组课程内容有较大重复，也为了让学生多了解几种生物医学信号，在选择课程设计题目时，尽量根据教研室的科研平台，多选择一些生物医学信号（如脑电信号、心电信号、功能近红外信号）供学生选择。

每个小组采集一种生物医学信号，通过学习教学视频或者查找文献了解该信号的频率范围，引导学生根据采样定理设置采样频率，即采样频率大于信号最高频率的2倍。接着，学生对采集到的信号进行离散傅里叶变换分析其频谱，并通过学习教师发布的教学视频分析该信号及混杂信号的频率特征。比如，脑电信号的频率在0.5~100 Hz，往往混有工频干扰、眼电、肌电等伪迹信号的影响；而功能近红外信号是为了探测大脑活动时氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白浓度的变化情况，二者的变化频率为0.03~0.1 Hz，同时在信号中不可避免地掺杂了生理噪声，如呼吸及血管代谢噪声等；心电信号的频率则为0.05~100 Hz，信号比较微弱，并合并有肌电、呼吸、工频干扰等。最后，根据信号频谱分析的结果，设计FIR/IIR滤波器对混杂信号进行滤波处理。由于整个过程耗费时间比较久，教师在第一次实验课后，就要安排学生开始信号采集环节及信号分析阶段。

2.2.2　课中阶段

各小组依次展示信号处理的过程，从信号采集阶段采样频率的设置、信号的频域特征分析，到FIR/IIR滤波器的参数设计，重点阐述小组成员在该实验设计过程中的思路及遇到的问题。然后，教师引导学生针对课程设计思路和遇到的问题展开充分讨论，如对脑电信号的预处理包括去除基线漂移、工频干扰等。接着根据信号的频率范围采用带通、低通滤波器等进行预处理。而功能近红外信号预处理的难点为运动伪迹的成分较为复杂，很难有效去除。特别是，观测的生物医学信号中混杂的生理噪声的频谱与功能信号的频谱可能存在重叠。这时教师可以拓展课外知识，如样条插值、小波滤波、主成分分析等，引导学生思考如何改进实验设计以达到更好的效果。经过课堂上的充分讨论，学生不仅对所学知识有了更深理解，还可以实现知识的拓展。

2.2.3　课后阶段

课后阶段，学生主要根据课堂上讨论的内容完善其实验设计，撰写实验报告，并进一步在网上查询相关资料，完善和提升学习效果。教师的工作则是评价学生的学习效果，认真总结整个教学过程，收集学生表现出的问题，如在课前预习阶段，某些学生没有观看教师发布的教学资源，对知识理解不透彻，导致实验设计的思路不清晰。教师通过梳理课前、课中阶段的教学实施情况，跟踪并监督构建

个人的知识体系的情况，能够及时获取在整个学习过程中的学习情况及掌握程度，对教学过程进行调整和优化，找出有待提高的环节，在后续教学中进一步完善。

2.3 实施效果分析

该教学模式实施后，得到了学生的热情反馈，由于其参与了数字信号处理的3个阶段，极大地提升了学习的主动性和兴趣。课程结束后，教学组要求学生在闭环式线上教学信息系统中匿名填写问卷调查，便于进一步完善教学过程，结果发现学生都认为该教学模式非常有价值。其主要表现为：有助于提高学习兴趣，有助于提高参与度，技术实现与课程知识有交集等。特别是，课程结束后学生主动询问是否开设有生物医学信号类的第二课堂，并积极参加教学组承担的相关课题研究。同时，通过问卷调查也发现一些不足，有部分学生认为不利于教师实时了解情况，并且无法及时反馈困惑。为此，在今后的实施中，应及时在实验过程中按照数字信号处理的3个阶段进行讲评和总结，并充分利用闭环式线上教学信息系统的交互平台，让学生以匿名形式提问和反馈困难，有利于大家畅所欲言，更好地解决实验过程中发现的问题。

3 讨论

“翻转课堂”在数字信号处理综合性实验实施后，学生能感受到自主完成一项实践项目所带来的成就感，学习兴趣得到极大提升。学生由于参与了数字信号处理的信号采集、信号分析及信号处理的各个环节，对数字信号不仅有了直观、全面的认识；而且为了不断完善实验设计，学生在不断提出问题、解决问题的过程中，团队协作能力也得到了培养。

“翻转课堂”教学的成功实施需要多个教学环节有机融合，如教学资源的在线发布平台、师生之间的交流、教师对整个教学过程的监管及教学效果的评价机制等。其中，教师能力和评价制度对“翻转课堂”教学的成功实施有着非常重要的作用。

3.1 “翻转课堂”教学对教师能力的要求更高

虽说教学的主体变成了学生，然而教师必须提前搜集与课程相关的教学资源，制作PPT、微课视频等，课前发布在线上教育平台中，并建立微信群与学生在线交流、答疑。此外，“翻转课堂”教学对教师的知识储备和对整个教学过程的掌控能力要求更高。这就需要教师不断地学习新技术、新方法，增加文献阅读量，了解生物医学信号处理技术的前沿进展，进一步提高其自身能力。

3.2 “翻转课堂”教学对学生的评价制度有待完善

当今学生是互联网的原住民，有调查显示，虽然学生用手机上网的时间很多，用来学习的时间却相当少[10]。尽管可以采用在线学习时长来督促其自主学习，却无法监管每个学生在线学习的效果。并且，在本课程中，是以3~4位学生为一个小组，虽然教师要求学生在课中环节每一个小组成员必须阐述其负责的工作及存在的问题，但是仍然无法避免少数学生坐享其成的现象。因此，在今后的教学中应进一步完善评价体系。

综上所述，“翻转课堂”在《数字信号处理》综合性实验教学中的应用，对于教师和学生来说，都是一种全新的挑战，有利于增强教与学两方面的趣味性和有效性。在今后的教学中，需不断完善课程设计的各个环节，制定更加合理、符合专业背景的课程实施方案及评价制度，进一步推广应用于该课程及后续课程的所有实验课的教学。总之，学生能够学有所成才是教师不断提升教学能力及改革教学模式的初心。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　桑林琼、王莉：提出论文构思、撰写论文；粘永健、乔梁：课程的教学设计；张静娜、张晔、李鹏岳、王倩楠：准备课程所需的素材、协助实施实验教学；邱明国：总体把关、审订论文

参考文献

[1] 闻辉，陈德礼，严涛，等. 数字信号处理课程的教学过程研究与探讨[J]. 教育现代化，2019，6(19)：243-244. DOI: 10.16541/j.cnki.2095-8420.2019.19.103.

[2] 赵俊芳，崔莹，郑鑫瑶. 我国高校翻转课堂的实践问题及对策研究[J]. 现代大学教育，2018(6)：89-93. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1610.2018.06.014.

[3] 刘盈，张镖，王丽丽，等. 基于翻转课堂-PBL的混合式“金课”教学：以“药物分析”为例[J]. 化学教育(中英文)，2020，41(20)：92-97. DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2019100112.

[4] 苏海红，林僖. 高校“翻转课堂”教学模式改革的探索和应用研究[J]. 上海管理科学，2020，42(5)：122-125. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9679.2020.05.020.

[5] 徐铭铭，房小红，赵亚琴. 高校翻转课堂教学质量评价体系的构建[J]. 中国林业教育，2018，36(5)：8-13. DOI: 10.3969/j.issn.1001-7232.2018.05.003.

[6] 覃子珍，龙映宏. 面向对象程序设计课程翻转课堂教学模式探索[J]. 计算机时代，2017(5)：60-63. DOI: 10.16644/j.cnki.cn33-1094/tp.2017.05.019.

[7] 王书林，张沥韦. 翻转课堂有意义的教学设计[J]. 教育导刊，2017(12)：59-65. DOI: 10.16215/j.cnki.cn44-1371/g4.2017.12.012.

[8] 魏永清，张波. 适用于翻转课堂模式的课程教学内容研究及实践[J]. 教育教学论坛，2020(41)：217-218.

[9] 刘艳. 雨课堂在高校《创新创业教育》翻转教学中的实践应用研究[J]. 高教学刊，2020(30)：34-36. DOI: 10.19980/j.cn23-1593/g4.2020.30.009.

[10] 戴艳. 高职院校大学生手机使用现状调查研究[J]. 产业与科技论坛，2019，18(14)：119-120. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5641.2019.14.059.

（收稿日期：2020-11-04）
（本文编辑：张学颖）