

成果导向的离散数学线上线下混合式课程建设*

王丽杰 戴波

电子科技大学计算机科学与工程学院
成都, 611731

摘要 针对离散数学课程和大一新生的特点,以国家级线上一流课程为基础,提出了一种基于成果导向的离散数学线上线下混合式课程建设思路和实施方案。此方案主要以提高课堂效率为抓手,结合现代信息化教学工具,以及精心设计的课堂练习和讨论,达到强化学习迭代和知识内化的目的。本校的实践数据表明这种方式具有很好的效果,适合大范围的推广。

关键字 混合式教学, 成果导向, 离散数学

Outcome Oriented Online and Offline Hybrid Course Construction of Discrete Mathematics

Lijie Wang

School of Computer Science and Engineering
University of Electronic Science and Technology of China,
Chengdu 611731, China
ljwang@uestc.edu.cn

Bo Dai

School of Computer Science and Engineering
University of Electronic Science and Technology of China,
Chengdu 611731, China
daibo@uestc.edu.cn

Abstract—According to the characteristics of discrete mathematics courses and freshmen, based on the national first-class online course, this paper puts forward an idea and implementation scheme for the construction of a hybrid online and offline discrete mathematics course based on outcome orientation. This plan mainly focuses on improving the classroom efficiency, combining modern information teaching tools, as well as carefully designed classroom exercises and discussions, to achieve the purpose of strengthening learning iteration and knowledge internalization. The practice data of our school shows that this method has a good effect and is suitable for large-scale promotion.

Keywords—Hybrid teaching, outcome oriented, discrete mathematics

1 引言

在2021年12月第十二届新华网教育论坛上,教育部高等教育司司长吴岩表示,要全力抓好高校教育“新基建”。其中,混合式教学要成为今后高等教育教育教学新常态,这是学习技术与教学教育的有机融合,是一场新的学习革命^[1]。目前,很多学校和课程都开展了线上线下的混合式教学建设和实践,取得了不少成果^[2-5]。

对于离散数学课程而言,理论性很强,知识点和概念比较多,逻辑关系也较为严格。从而在进行线上线下混合式课程建设的时候,学生的线上学习效果尤为重要。同时,由于这是一门计算机相关专业的基础课程,面向的学生通常是大一新生,刚从高中进入大

学,仍习惯教师的单向教学灌输方式,自学能力和学习习惯尚待养成,需要更多的辅助和监督。因而,离散数学课程的线上线下混合式教学的设计,应考虑到这些因素,才能得到理想的教学效果。本文以电子科技大学建设的国家级线上一流课程为基础^[6],具体探讨了基于成果导向的离散数学课程线上线下混合式教学的教学理念和教学设计方法,并给出了本校进行教学实践的效果。

2 线上慕课概况

为了响应国家中长期教育改革和发展规划纲要提到的建设开发优质的数字化教学资源和网络在线学习课程的要求,自2015年起,我校专设经费开展了专门针对大规模在线开放课程的建设支持工作。离散数学是我校首批支持建设的慕课课程之一。为了保证课程的建设质量,所有知识点均进行了重构,课件和视频资源也全部重新开发。课程于2017年10月上线,至今

*基金资助:电子科技大学校级教学改革项目
(2020HHKC0026)

已累计10次开课,图1给出了课程的基本选课情况。截止2022年7月,总选课人数超过20万人,总体评价星级4.8,受到了包括在校大学生和教师等在内的各类社会学习者的欢迎。该课程2020年获得了第一批国家级线上一流课程的认定,具备较好的开展混合式教学的基础。

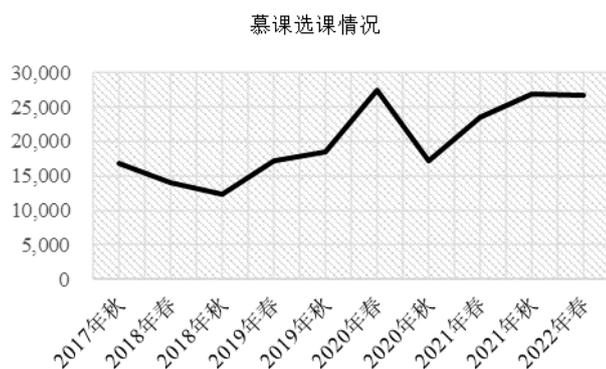


图1 离散数学慕课选课情况

3 混合式教学设计

3.1 问题分析与改革目标

混合式教学是将线上学习与线下课堂结合起来的一种深层次学习方式,能够深入培养学生的学习兴趣和学习习惯,达到更好的学习效果。对于离散数学课程而言,实施混合式教学目前面临的主要问题为:

(1) 离散数学是一门数学课程,涉及大量新知识和新概念以及新的方法,完全自主的话,相当一部分学生会感觉难度很大。

(2) 课程面向的学生为大一新生,其高中阶段的学习方式是以教师为中心的模式,若要培养学生的自学能力和学习习惯,需要一定的督促和协助。

(3) 目前已有部分课程实施混合式教学,其学习效果虽然很好,但往往伴随着非常大的精力投入,学生会感到负担很重,因而不适合大面积推广。

(4) 教学资源是有限的,高校的教学班主体仍然是大班,而一般的混合式教学方法主要适合小班教学,大班通常难以开展。

针对这些问题,我们的改革目标是从提升课堂效率出发,探索一种轻量级,不额外增加学生负担,适合各类班型,也更适合大面积推广的线上线下混合式教学模式。

3.2 教学准备活动

进行线上线下混合式教学,第一个问题是要确定线上线下的内容安排,这个应该是非常灵活的。由于离散数学课程通常面向新生,其自学能力尚待养成,线上学时不能安排过多,因而以选择大纲中较为容易理解的知识点作为线上学习内容,培养其自学能力。线下教学主要强调知识点的理解和总结,而对于较难理解的内容则会在课堂上进行讲解和组织讨论,实时解答学习过程中的问题。表1给出了一种可能的线上线下教学安排示例。可见,关于线上学习内容的安排,考虑到了学生的接受能力,不是一步到位,采用循序渐进的方式,内容从浅到深、时间从最初的1个学时逐步增加。

表1 线上线下学习内容安排示例

章节	线上学习内容	线上学时	线下学习内容	线下学时
第一章 集合论	集合的运算	1	集合定义、特殊集合、集合间关系、集合的运算定律、无限集	3
第二章 计数基础			排列组合、容斥原理、鸽笼原理	2
第三章 命题逻辑	命题公式和真值表、联结词完备集	2	命题符号化、命题公式的分类和等价、范式、推理理论	8
第四章 谓词逻辑	自由变元与约束变元、前束范式	2	谓词符号化、谓词公式及其分类和等价关系、推理理论	6
第五章 证明技术			数学归纳法等常用证明方法	1
第六章 二元关系	关系的定义和表示, 闭包定义及运算	3	关系的运算、关系的性质	6
第七章 特殊关系	其它次序关系(拟序、全序和良序)	1	等价关系, 偏序关系	4
第八章 函数	函数的定义和性质	2	函数的运算	2
第九章 图	图的概念、定义、表示和分类, 子图与补图, 图的同构, 结点的度数, 握手定理	4	通路和回路, 连通性, 最短通路算法	6
第十章 树	无向树的基本定义和性质, 生成树和最小生成树	2	有向树的基本概念, 遍历, 最优树和哈夫曼算法	3
第十一章 特殊图	欧拉图, 偶图	3	哈密顿图、平面图	3

接下来要确定使用的现代化信息教学工具，包括但不限于以下方面：

(1) 在线慕课平台：

慕课的主要服务对象是海量的社会学习者，他们的学习动机、心智发展和知识背景有非常大的差异^[7]。为了达到更好的普及学习效果，我校建设的这门离散数学慕课在内容和难度上做了一定程度的折衷。而在面向本校学生进行教学时，情况则显著不同。本校学生群体的知识基础和学习动机大致相当，而且由于是学历课程，对学生的学习要求也更高，因而需要对慕课内容进行相应的补充。如果使用其它高校的慕课，也可能需要进行课程内容的裁剪或调整。因而，需要基于在线慕课平台，如中国大学MOOC或学堂在线等，建立适合本校使用的小规模在线课程（SPOC）。同时，慕课中原有的作业和测验频率无法适应本校的课时安排，也需要进行重新设计，从而完美配合课堂进度。

(2) 课堂教学工具：

为了完成课堂教学互动，需要有智慧教学工具的支持。考虑到教学过程中会遇到各类网络和服务器拥塞的情况，我们主要使用了慕课堂和雨课堂两种广泛应用且成熟的产品。其中，慕课堂是中国大学MOOC开发的一款针对线上线下一体化的轻量级智慧教学产品，不但能够覆盖课堂教学互动的需要，还可以便捷快速的与慕课结合。但慕课堂不支持在线直播功能，因而需要配合成熟的腾讯会议软件来使用。而雨课堂是由清华大学在线教育办公室研发，一线教师全程参与的智慧平台。最大优点是可以和PPT课件完美结合，同时也具有完善的直播以及课堂互动和统计功能。实际教学过程中，可根据当期情况灵活选用。

(3) 即时通讯软件：

微信或QQ群是普遍实用的即时通讯软件，由于其实时沟通的特性，现在也广泛应用于教学实践。在混合式教学过程中，主要可利用微信或QQ群完成的教学环节包括：分享课件或教学资料、布置和批改作业、展示作业的完成情况、通知、搜集同学的意见和反馈。其中，一个重要的方面就是进行“群营销”。当然，这种营销并不是为了售卖商品，而是为了培养兴趣和保证教学效果。其中最重要的是保证群的热度，教师要定期在群内发布学生的优秀作业或课程相关的信息，鼓励学生在群内发言讨论，活跃气氛。教师在群内也不要过于严肃，需及时呼应学生的讨论。

对于以上的工具，教师要在学期开始前进行预演练习，做到能够熟练使用其各项功能，尽量避免上课的时候出现因为软件不熟悉而降低教学体验的状况。然后是教学设备的准备。如果可能需要在在线教学，那

么除了常规的摄像头和麦克风外，还可以配备手写板，这对于数学类课程教学非常方便。

最后就是教学资料的准备。除了常规的多媒体课件之外，还要准备测试，习题、讨论和作业等。这些内容需要先期准备好，且要根据智慧教学工具的要求进行编辑和设置。例如，若使用慕课堂平台，则需要创建班级，导入学生名单，设置每一节课的备课内容（包括练习、讨论、问卷等）。

3.2 教学过程及考核方式

混合式教学过程及考核方式的构成如图2所示。

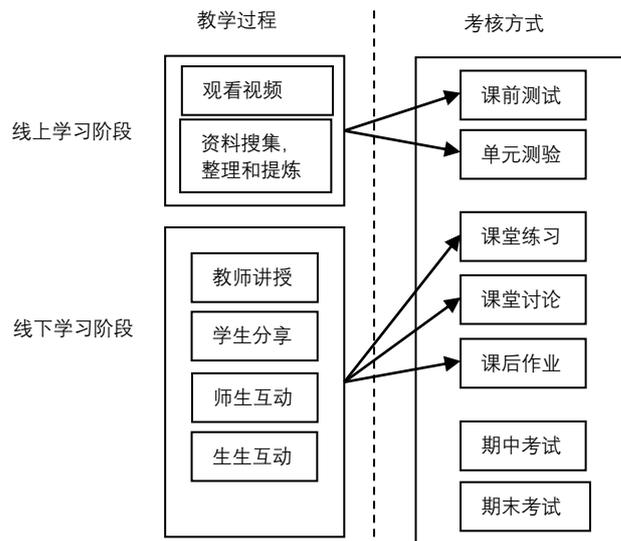


图 2 混合式教学构成框架

主要的在线学习方式就是通过SPOC进行视频学习，并通过智慧课堂提供的问卷来查看学生的学习理解情况。然后通过讨论区或班级群来反馈和解决疑问。特别典型以及具有共性的问题会收集起来在线下课堂进行集中讲解或讨论。

线下课堂组织基于成果导向教育（OBE）开展。这是一种被国际教育界广泛认可的教育理念，且非常适合计算机等工程类相关专业。OBE强调的是专业技能成果，人人都可以学好，学生是学习的主体，而教师的任务则是组织和促进教学活动的正常展开，引领、辅导和参与学生的学习活动。这一点和线上线下混合式教学的内涵是一致的。本课程按照OBE的思想，将教学大纲中的教学目标合理的分解为若干知识点，每个知识点有明确的产出，并有针对性的设定该知识点的考核办法。课程组将每个知识点的课堂练习分为基础性练习和进阶性练习。选择、填空、判断等客观题通过慕课堂软件收集结果，并进行有针对性的讲解，主观题由助教负责结果收集。由于每一个知识点学完即进行测试，且测试的情况反映到最终成绩中，所以学生的课堂专注程度得到很大的提高。在课堂讨论方面，

讨论内容一般分为两个类别，一类是与知识点相关的拓展，另一类是课程学科相关的通识内容。

讨论方式根据内容不同可以个人或小组方式来进行，并计入平时成绩。另外，课程组也关注学生学习效果的保持，通过每一章教学完成后的单元测验（通过SPOC完成）以及用思维导图对每一个较完整的知识系统进行内容小结来温故知新。

本课程并不建议使用线上学习时间来作为考核依据，因为学习时间不能代表学习效果。通常我们会在线下课堂采用测试方式来检验线上学习的情况，这可以有效避免过多的作弊情况，更能够有效的督促学生完成线上学习内容。这些测试和线下课堂中进行的课堂练习中的客观题均使用智慧课堂软件收集，单元测验利用SPOC在线上进行。这两部分内容加上签到构成所谓的线上记录的学习成绩。因而本课程的成绩构成不能简单的划分为线上学习成绩和线下学习成绩，因为二者并不是绝对分开的，即使是线下课堂，我们依然使用智慧课堂软件来记录练习成绩，所以我们将学生的成绩构成分为线上平台记录的学习成绩和线下记录的学习成绩。其中线上平台记录的学习成绩包含签到、线上学习的测试成绩和线下课堂的客观题练习成绩、单元测验成绩。而线下记录的学习成绩：主要包含课后作业、线下课堂的主观题练习成绩和参与课堂讨论的情况。其中参与课堂讨论的主要的过程性考核指标包括：发言次数和发言质量，知识归纳和运用能力，资料收集和整理能力等。当然，卷面考试成绩（包括期中考试和期末考试）也会占一定的比例。

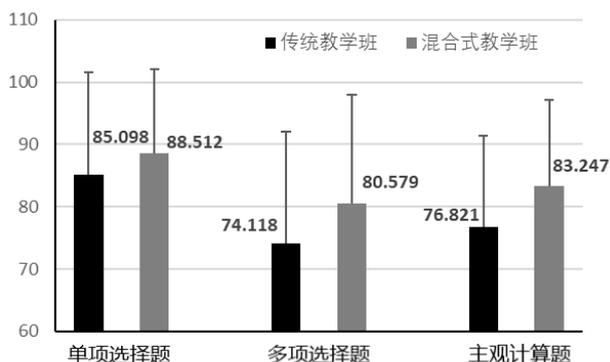


图3 混合式教学效果（期末试卷）

4 混合式教学实践效果

为了考察混合式教学的效果，我们针对期末考试试卷对比了混合式教学版和传统教学班的答题情况，如图3所示。两个班型的学生是自由选课的，人数基本

相当。我们选择了三种基本题型来进行评估，包括单项选择题、多项选择题和主观计算题。从图3可见，混合式教学在各类题型的平均分上都取得了3.4分到6.4分的进步幅度，尤其对于知识面广和综合性强的多项选择题及主观计算题而言效果更好。

另外，从学生的评教反馈来看，学生认为这种教学方式“激发了学习兴趣，掌握了基本理论和方法，增强了理论联系实际能力”，“让学习变得特别简单，清晰讲解清楚了各个知识点”，“使学生有明显学习获得感”，教师“善于使用数字化的教学、考核方法，激发同学们的学习热情”，“提供了丰富的线上教学资源，课堂参与度高”，从而“知识点在上课的时候很容易就能够掌握了”。

5 结束语

笔者阐述了一种轻量级离散数学课程线上线下混合式教学的实施方案，仅相当于把原来学生用于完成课后作业的时间用来作为线上学习时间，可行性更好，且更容易被学生接受。同时考虑了新生的特点，从培养学习习惯的角度进行课程建设，提高了课堂效率，每完成一个知识点就立刻进行练习，而且练习的成绩要计入最终成绩，学生必须全神贯注。这种方案也适合各种班型，即使是大班，实施起来也没有压力。从而，本方案从调动学生线下课堂的积极性出发，充分利用信息化教学工具，着重于提高原有课堂时间的利用效率，且又不增加学生负担，还有国家精品在线开放课程的资源以及成熟的测试和练习体系，实施起来阻力较小，适合于推广使用。

参考文献

- [1] 郭亚丽, 吴岩: 抓好教育教学“新基建” 走好人才自主培养之路 [EB/OL]. 2021-12-2. http://education.news.cn/2021-12/02/c_1211471188.htm
- [2] 张顺利, 黄文芝. 计算思维导向的离散数学混合教学模式研究[J]. 计算机教育, 2019(3):5.
- [3] 张叶娥, 张旭龙, 高云. 基于工程应用能力培养的离散数学教学改革[J]. 计算机教育, 2022(5):6.
- [4] 刘芳. 离散数学课程命题逻辑中的计算思维培养[J]. 计算机教育, 2021(4):4.
- [5] 赵文进, 罗卫星, 吴一尘. 基于MOOC的翻转课堂教学模式探索——以离散数学课程为例[J]. 计算机工程与科学, 2016(A01):135-138.
- [6] 王丽杰, 戴波. 离散数学慕课建设及OBE教学实践[J]. 计算机教育, 2019(4):4.
- [7] 蒋卓轩, 张岩, 李晓明. 基于MOOC数据的学习行为分析与预测[J]. 计算机研究与发展, 2015, 52(3):614-628.