

基于 BOPPPS+FC 模式的离散数学教学创新与实践 ——跨校修读与国际学术互认（ISEC）项目背景下的教学改革

邵慧燕

大连工业大学基础教学部，辽宁 大连 116034

摘 要： 离散数学是以离散对象的结构和关系为研究内容的数学若干分支的总称，是一门概念多、定理多、理论性强、实践性强且高度抽象的学科基础课，在计算机专业体系中占据基石性地位。通过近五年的研究与实践，本文提出了 BOPPPS+FC 的教学模式，重构“课前导学—课中互动—课后拓展”的教学流程，整合智慧树平台的东北大学优质课与超星平台自建课资源并形成互补的跨校修读资源体系；结合国际学术互认课程（ISEC）项目，采用多元化教学评价体系，培养具有自主学习与终身学习能力与创新能力、明辨性思维与批判性思维和国际视野的未来新兴产业需要的高素质复合型“新工科”人才。

关 键 词： BOPPPS+FC 模式；跨校修读学分；国际学术互认课程（ISEC）项目；多元化评价体系；创新型人才培养

Innovation and Practice of Discrete Mathematics Teaching Based on BOPPPS+FC Model —Teaching Reform in the Context of Inter-School Study and International Academic Recognition (ISEC) Projects

Shao Huiyan

Department of Basic Teaching, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034

Abstract： Discrete mathematics is a general term for several branches of mathematics that study the structure and relationships of discrete objects. It is a fundamental subject with multiple concepts, theorems, strong theoretical and practical aspects, and a high degree of abstraction. It occupies a foundational position in the computer science system. Through nearly five years of research and practice, this article proposes the BOPPPS+FC teaching model, which reconstructs the teaching process of "pre-class guidance, in class interaction, and post class expansion", integrates the high-quality courses of Northeastern University on the Smart Tree platform with the self built course resources of the Chaoxing platform, and forms a complementary cross school learning resource system; Combining with the International Scholarly Exchange Curriculum (ISEC) program, adopting a diversified teaching evaluation system, we aim to cultivate high-quality composite "new engineering" talents with self-learning and lifelong learning abilities, innovation abilities, critical thinking and critical thinking, and international perspectives that meet the needs of future emerging industries.

Keywords： BOPPPS+FC mode; Cross school credit study; International Scholarly Exchange Curriculum (ISEC) Program; Diversified evaluation system; Cultivation of innovative talents

引言

AI 时代，计算机专业的学生应具备的核心能力包括 AI 与机器学习相关技术能力、数据处理与分析能力、跨领域知识融合能力、持续学习与创新能力、团队协作与沟通能力。离散数学中的数理逻辑、集合论、图论等知识，是理解和学习 AI 与机器学习算法的基础；关系代数和数据结构知识，实现数据的高效存储和检索；离散数学的逻辑思维能力有助于学生在学科竞赛时快速分析问题，设计出合理

基金资助：本文为 2021 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究优质教学资源建设与共享项目和大连工业大学校级教育教学改革研究项目（JGLX2023049）的阶段性研究成果。

作者简介：邵慧燕（1980.12-）大连工业大学基础教学部教师，硕士研究生，讲师，现从事离散数学、高等数学等课程教学和指导学生数学建模竞赛。

的解决方案,提升创新能力和解决实际问题的能力。因此,离散数学对于培养学生将来的职业素养起到至关重要的作用。随着高等教育国际化进程加速,跨校修读与国际学术互认(ISEC)项目成为提升教学质量的重要途径。传统教学模式难以适应培养学生能力的多样化需求,实现知识内化与能力培养的双重目标。本文以培养计算机专业学生的核心能力为中心,创新BOPPPS+FC的教学模式,依托智慧树平台上跨校修读课程的在线教程、互动问答和学习习惯评定和国际学术互认课程(ISEC)项目提供的硬件和软件,重构“课前导学—课中互动—课后拓展”的教学流程^[1],并建立与增加的教学环节匹配的多元化课程成绩评定方式,最终实践证明该教学模式有利于培养学生具备数据思维、深度思考、解决问题能力、创新思维和国际视野。

一、BOPPPS+FC 教学模式概述

(一) BOPPPS 模式

BOPPPS教学模式是一种以学习目标为导向,以学生为中心的教学设计方法,将教学过程划分为六个环节,即导入(Bridge-in)、目标(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)和总结(Summary)^[2];强调学生在教学活动中的主体地位,引导学生积极参与教学过程,提高教学效果。

(二) FC(翻转课堂)模式

东北大学创建的离散数学跨校修读课程的在线教学视频,完成超星平台上自建课章节小测等基础知识,课堂则主要用于师生之间、学生之间的互动交流、问题解答、项目实践等活动,以达到更好的教学效果,培养学生的综合能力。

(三) BOPPPS+FC 教学模式的协同优势

将BOPPPS模式与FC(翻转课堂)模式二者融合应用于离散数学教学,能有效激发学生的学习兴趣,提升学习效果,达成“1+1>2”的教学成效。以“2.5谓词演算的推理理论”为例(如图1),进行阐述。

导入(Bridge-in)课前:教师在自建课章节PPT里引入著名的苏格拉底三段论,引发学生思考,为什么用第一章命题逻辑推理不能证明其正确性?课中:应用Python语言(与计算机专业课程联系)将命题符号化,说明命题逻辑推理的局限性。目标(Objective)课前:教师在自建课章节PPT里,依据布鲁姆分类法,明确阐述本节课的教学目标,“培养学生熟识谓词的推理理论,学习推理和证明过程,会用推理规则证明论题;具备抽象思维和逻辑推理等解决复杂问题的能力,同时培养学生的好奇心和钻研科学的精神”。课中:课堂开始,教师再次强调目标,帮助学生回顾预习时对目标的理解,同时说明课堂互动和深入学习中围绕这些目标需要重点掌握的部分,如谓词逻辑的四个推理规则的内容和应用注意事项。前测(Pre-assessment)课前:借助超星平台自建课的章节小测,题型是选择题、判断题等,例如:选择推理规则或判断推理过程的错误步骤。课中:课堂上依据智慧树和超星平台的统计数据,总结前测结果和存在的问题。参与式学习(Participatory Learning)+翻转课堂(Flipped Classroom):1.线上投票确定苏格拉底三段论的正确性,线下不同观点的学生辩论。2.重构苏格拉底三段论类似的论题,分组讨论其正确性。3.通过超星平台选人,将学生分组,上台体会一个

悖论的思政案例。应用EI规则,解决悖论,培养学生的好奇心和钻研科学精神。应用超星平台抢答功能,给三个逻辑推理过程纠错,以练代讲、生讲师评。后测(Post-assessment)课中:发布论题证明逐步升级的随堂练习,分组讨论、组内帮学。课后:超星平台上布置难度递增的证明题和程序设计的项目式分组作业,例如:小组合作开发一个正能量的逻辑推理系统;在项目实施过程中,学生需要分工协作,共同完成需求分析、方案设计、代码编写或模型构建等工作,培养团队协作和解决实际问题的能力。总结(Summary)课中:鼓励学生自主总结,分享自己在课前预习和课堂互动中的收获、遇到的问题及解决方法。教师对学生的总结进行补充完善,强调重点知识和关键证明思路,梳理知识体系,将本节课内容与离散数学整体框架以及计算机专业后续课程(如数据结构、算法分析等)的联系进行拓展,引导学生进一步思考离散数学知识的广泛应用。课后:利用学习通班级群聊(私信)线上辅导、掌握学生思考内容并个性化答疑。

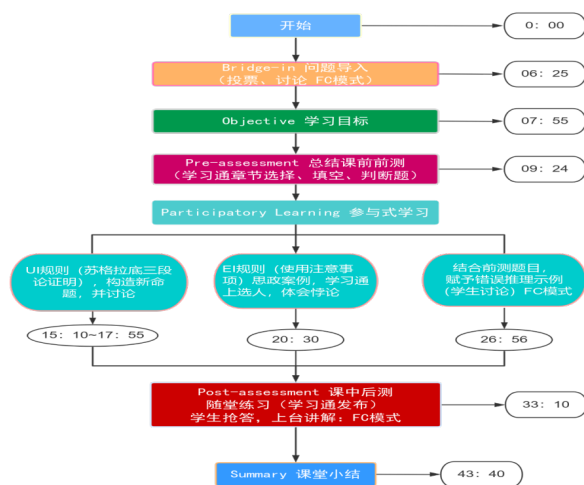


图1 2.5谓词演算的推理理论(BOPPPS+FC)的教学设计

二、跨校修读学分项目和国际学术互认课程(ISEC)项目的影响力

(一) 跨校修读学分项目

2016年1月,中共辽宁省委高等学校工作委员会、辽宁省教育厅联合下发《省教育厅(省委高校工委)2016年工作要点》,明确强调“推进基于精品开放课程、在线学习平台的跨校修读课程、学分互认工作”^[3]。本校离散数学课组,自2020年开始,

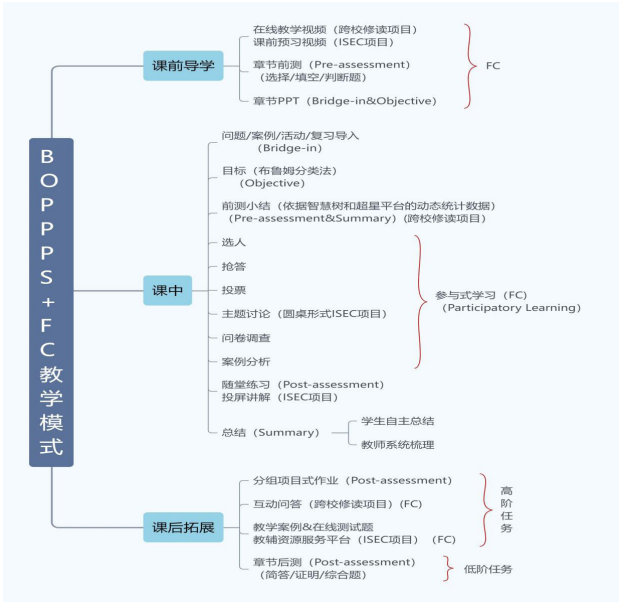
精选东北大学胡明涵副教授团队建设的优质离散数学跨校修读课程，连续五年完成跨校修读任务，参加跨校修读的学生人数分别为96、205、205、305、238。

（二）国际学术互认课程（ISEC）项目

国际学术互认课程项目（International Scholarly Exchange Curriculum），简称 ISEC 项目）应运而生。该项目是国家留学基金委联合国外知名高校及国际教育专家，遵循国家 2010-2020 年国家中长期教育发展规划纲要“通过教育国际化，深化高等教育改革”的指导思想，针对国内本科院校提供的系列教育国际化支持方案的启动项目^[4]。从 2012 年推行至今，10 多年来全国已有三十多所高校加入^[5]。本校于 2022 年参加该项目，目前两个年级，共 155 人，完成离散数学课程的修读。

（三）二者对 BOPPPS+FC 教学模式的助力

跨校修读学分项目为 FC 模式提供课前的在线高质量的教学视频；智慧树平台依据学生学习每次学习的时长和学习的频次确定学生的学习习惯分数，有效监控学生翻转课堂前期准备；跨校修读平台上与外校同修一门课学生间的互动问答，有利于拓展学生们知识交流的深度和广度，为 BOPPPS 模式的参与式学习提供知识储备。国际学术互认课程（ISEC）项目要求 EMI 教学，是指使用英语作为媒介教授非英语学科，采用的教材是全英文的《离散数学及其应用》，[美]Kenneth H.Rosen 编，机械工业出版社影印的。此教材修订频次高，出版商提供相应教辅资源服务平台，内容丰富，包括授课课件、电子书、课后题答案及题库等，为 FC 教学提供许多案例和测试题。ISEC 项目要求 30 人左右的小班授课，学校为每个班级提供专属的圆桌智慧教室，配套硬件先进且齐全。教师可以应用录制设备录制 FC 课前的预习视频，操作简单且效果较好。Wi-Fi 信号非常好，教师在开展 BOPPPS 模式的参与式学习时，投屏无卡顿；学生触屏讲解清晰明了。小班授课也为 BOPPPS 模式的后侧分组作业提供汇报展示的机会。依托两个项目，重构“课前导学—课中互动—课后拓展”的教学流程如图 2 所示。



> 图2 基于 BOPPPS+FC 及跨校修读 +ISEC 项目背景下的教学流程

三、基于 BOPPPS+FC 教学模式的多元化评价体系

依托智慧树、超星平台，在跨校修读学分项目和国际学术互认背景下，基于 BOPPPS+FC 教学模式的教学效果，采用多元化评价体系，涵盖学生成绩、参与度、跨校协作能力等多项指标。考核形式包括形成性评价和期末考试，其中形成性评价包括课程表现、章节测验、分组作业、跨校修读和期中考试这五项，占总成绩的百分比分别是 5%(w_1)、10%(w_2)、5%(w_3)、10%(w_4)和 20%(w_5)；期末考试占比 50%(w_6)，能够更全面地评价学生的学习成果。丰富课程评价手段，推进评价趋向立体化。基于 BOPPPS+FC 教学模式的多元化评价体系如图 3，评分细则如下。

（一）课程表现（ P_1 ）

学生课程表现的考核形式包含三种：翻转课堂、课程互动和主题讨论，占该项目的百分比分别是 40%，40%和 20%。依据第三、五、七章翻转课堂分组汇报案例分析的情况，每次满分 100，三次翻转得分取平均值。课程互动由随堂练习、选人、抢答、投票、问卷调查五个环节构成。分布一次随堂练习、投票和问卷调查，完成并按时提交，记为 2 积分，不提交的记为 0，提交内容与题目无关，记为 -2 积分；完成一次选人、抢答并表现较好者记为 2 积分，回答不全面记为 1 积分；每学期将教学班最高分筛选出来，记为满分 100，其余学生按等级赋分，考核标准做到公平、合理。超星平台上的主题讨论，共 7 个主题讨论，有效回复一个讨论话题记为 14.3 分，满分 100。

（二）章节测验（ P_2 ）

章节测验包括每章节的课前前测和课后后测，前测的主要题型是选择、填空和判断题，后测主要是简答、证明和综合题；超星平台上 29 次章节测验，每次满分 100，29 次取平均值。

（三）分组作业（ P_3 ）

每学期 3 次分组作业，每次满分 100 分。主要是编写课程设计相关程序（例如：命题公式真值表程序设计，并判断该命题公式类型；给定表示定义在有穷集上的关系矩阵（至少 4 阶），求此关系的自反闭包、对称闭包，传递闭包，并用矩阵表示；利用求欧拉回路的算法编程，求已知图的一条欧拉回路等），录制程序运行视频、上传源代码，组长需要把程序设计过程中遇到的问题及克服方法写出来；组长依据组员表现，对其客观打分（30%），教师对分组作业综合评分（70%），3 次分组作业取平均分（不交作业者为 0 分）。

（四）跨校修读（ P_4 ）

跨校修读项目考核形式包括三个方面：学习进度、学习习惯和学习互动，占该项目的百分比分别是 80%，10%和 10%。智慧树平台均能提供数据量化指标。学习进度是指学生在线观看教学视频时长，满分 80，观看时长不足的学生，成绩等比例的减少。学习习惯是指学生有规律的观看教学视频，单日学习时长 25-30 分钟为宜，记为规律学习天数，连续规律天数 16 天以上学习习惯是满分。学习互动是指学生在智慧树平台发布问题或回答有效帖子，不发无意义帖、灌水帖、抄袭帖、重复帖、不当言论帖或回答字数少于 3 帖子；系统和平台工作人员审核有效，才能记录学习互动分。

（五）期中（ P_5 ）、期末考试（ P_6 ）

期中、期末考试主要考核学生的学习态度、基础知识、综合能力。期中试卷七道大题，16道小题，时长1个小时；期末试卷十二道大题，20道小题，时长一个半小时，线下考试，按照标准答案在唐云阅卷系统中批阅。

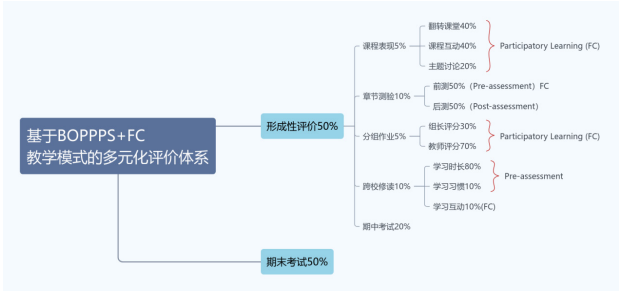


图3 基于 BOPPPS+FC 教学模式的多元化评价体系

四、基于 BOPPPS+FC 教学模式的应用成效

（一）学生学习效果显著增强

将 BOPPPS+FC 教学模式应用于离散数学课程已有五年，每年学生的评教成绩都是优秀，五个学期学生的成绩数据统计如下：2019 年未进行教学改革，本课程学生成绩的平均分 68.64，不及格率 18.92%；从 2020 年开展跨校修读项目后，进行基于 BOPPPS+FC 教学模式的教改，2020 和 2021 年本课程学生成绩的平均分依次为 70.17、75.6，分别上涨 2 个和 10 个百分点；不及格率依次是 14.13%、5.9%，分别下降 2.5 个和 69 个百分点。此教改项目实施后的近三年（2022，2023 以及 2024）本课程学生成绩的优良率依次是 11.33%、20.75%、29.25%，优良率每年提升约 9—10 个百分点，表明改革措施（如跨校资源共享、BOPPPS+FC 教学模式等）逐步被学生们接受，学习成绩显著提高。2022 年成绩优良率（11.33%）起点较低，可能正值改革初期，即师生适应

期；后续年份 2023 和 2024 年的快速提升（20.75%→29.25%）从“量变到质变”，说明教学模式已形成可持续优化机制。借助公式

$$\sum_{i=1}^6 \frac{w_i \bar{P}_i}{100} \quad (\bar{P}_i \text{ 是教学班各项考核成绩的均值})$$

课程目标达成度分别为 0.73、0.76、0.67、0.71、0.75（删除跟班重修和降级学生各项成绩数据后所得），五年平均达成度 0.724，处于中等偏上水平，整体接近预期目标 0.7。数据在 0.67–0.76 间波动，第三年显著下降（0.67），第五年回升至 0.75，多数年份达成度高于 0.7，表明此模式在提升学生参与度、自主学习能力方面有效。需通过精细化管理和动态调整增强稳定性。未来应扩展分析毕业生后续表现，验证课程目标与职业能力的关联性，并建立闭环反馈机制。

（二）学生综合能力和素养显著提升

在跨校修读和 ISEC 项目背景下，BOPPPS+FC 的教学模式有利于培养学生的数据思维、深度思考、解决问题能力和创新思维。平均每年每班学生在蓝桥杯全国软件和信息技术专业人才大赛中获国奖 2 项、省奖 3 项，在“和鲸杯”辽宁省普通高等学校本科大学生计算机设计竞赛中获省奖 2 项，在辽宁省普通高等学校大学生移动应用开发大赛获省奖 2 项；在全国大学生数学建模竞赛获省奖 6 项，在美国大学生数学建模竞赛获 H 奖及以上 2 项等。

五、结论

BOPPPS+FC 的融合模式有效解决了离散数学传统教学模式未能实现知识内化与能力培养的双重目标，通过跨校修读和 ISEC 项目的助力，实现了知识传递与思维训练的深度融合，拓展国际视野。未来可探索 AI 智能辅助的个性化学习路径，培养多元化、创新型卓越工程人才。

参考文献

- [1]于承敏, 姜东, 于承菊, 等. 基于 BOPPPS 教学模型的计算机网络课程线上线下混合式教学模式探索 [J]. 计算机教育, 2025(01): 193–197.
- [2]石碧瑶. 基于 OBE 理念的 Hadoop 大数据基础课程中 BOPPPS 和对分课堂教学模式的融合研究 [J]. 信息与电脑, 2024(19): 230–232.
- [3]姜以尊. 辽宁省跨校修读学分项目实践探索——以“财务分析”课程为例 [J]. 现代农业研究, 2018 (11): 98–99.
- [4]ISEC 项目办公室. 跨文化课程体系建设指南 [Z]. 2021.
- [5]刘清荣, 李景屿, 郭楠, 等. 国际学术互认课程本土化教学模式探究 [J]. 赤峰学院学报, 2023, 39(08): 86–93.