

基于FD-QM标准的离散数学课程的重构与实践^{*}

陈哲云

青岛理工大学信息与控制工程学院, 青岛 266520

摘 要 新工科建设提出要培养工程实践能力强、创新能力强的高素质复合型人才, 这对计算机类课程建设提出了新要求。离散数学作为计算机类专业的核心课程, 在教学中存在着学习目标不易测量、课程内容创新性不足、学习活动不够丰富、学业考评不够全面等问题, 而 FD-QM 标准作为具有中国本土特色的课程评审标准, 立足于学习目标与学习活动、课程资源以及学业考评协同一致的原则, 充分遵循学生需求, 对以上问题的解决提供了坚实的保障。对标 FD-QM 标准, 本校教学团队连续两个学年对离散数学课程进行了重构与实践, 从学习目标、课程内容、学习活动、课程资源、学业考评等方面进行了梳理和完善, 将教和学的各个环节紧密联结, 实现了“以学为中心”的一致性构建理念, 教学质量得到了进一步提高。

关键字 FD-QM 标准, 离散数学, 以学为中心, 一致性构建

Reconstruction and Practice of the Discrete Mathematics Course Based on FD-QM Standards

Zheyun Chen

School of Information and Control Engineering

Qingdao University of Technology

Qingdao 266520, China

zheyun@126.com

Abstract—The construction of new engineering disciplines proposes the cultivation of high-quality, interdisciplinary talents with strong engineering practical skills and innovative abilities, which presents new requirements for the development of computer science courses. Discrete Mathematics, as a core course for computer science majors, faces several challenges in teaching, including the difficulty of measuring learning objectives, insufficient innovation in course content, a lack of diverse learning activities, and inadequate comprehensiveness in academic assessment. The FD-QM standard, as a locally tailored course evaluation standard in China, is based on the principle of alignment among learning objectives, learning activities, course resources, and academic assessment, and it fully adheres to student needs, providing a solid guarantee for addressing these issues. In line with the FD-QM standard, our teaching team has restructured and practiced the Discrete Mathematics course over two consecutive academic years, refining and improving aspects such as learning objectives, course content, learning activities, course resources, and academic assessment. This has tightly linked all aspects of teaching and learning, achieving a consistent construction concept centered on learning, which has further enhanced the quality of teaching.

Keywords—FD-QM Standards, Discrete Mathematics, Centered on learning Consistency construction

1 引 言

Quality Matters 源于美国马里兰网络教育联盟, 是全球知名的在线教育质量保障机构^[1], 其研发的“QM 高等教育在线课程建设质量标准(第五版)”作为国际上评估和指导高等教育线上和线上线下混合式

课程设计的“黄金标准”, 已被大量研究证实了其有效性^[2]。

2015 至 2017 年, 复旦大学教师教学发展中心根据中国高等教育的实际情况与 Quality Matters 合作开发形成了具有中国本土特色的在线课程评审标准, 即 FD-QM(FuDan-Quality Matters) 标准。该标准反映“以学为中心”的质量观, 以课程持续改进为目标, 侧重于在线课程设计, 非常适用于高校基于 SPOC 平台的在线/混合式课程, 其多数核心标准也同样适用于 MOOC 平台课程以及纯面授课程。该标准坚持“以学

^{*}基金资助: 本文得到青岛理工大学校级教改项目“新工科背景下基于 FD-QM 标准的课程重构与实践——以离散数学为例”的资助, 项目号 F2022-024

生为中心”、“以产出为导向”，立足于学习目标与活动、课程资源与学业考评协同一致性原则，充分遵循学生需求、学生特质，重点关注学生能力培养、素养养成，最终提升学生的创新创业意识和学习实践能力^[1]。可以说，FD-QM 标准有效对接了新工科人才培养和国家一流课程建设的要求，不仅成为高校课程建设评审的标准，也为混合式课程重构和质量提升提供了依据^[2]。

“离散数学”是我校计算机专业基础理论课程，在 2022 年被认定为校级混合式一流课程。在 2019-2021 学年中连续 3 个学期对课程的教学内容、教学模式和教学方法等多方面进行了改革，有效促进了教学质量的提升。本着持续改进的原则，在 2022-2023 两个学年又按照 FD-QM 标准将课程进行了科学化、系统化的设计与实践，为进一步培养高质量计算机专业人才培养奠定基础。

2 FD-QM 标准解读

FD-QM 标准共有 8 个大类和 33 个二级指标，其中，“学习目标”“学业考评”“课程活动”3 个大类指标共包含 13 个二级指标，是整个标准体系中的重点评审内容，这也是本次课程重构重点关注的三个要素。

表 1 呈现了这 8 个大类标准及以上 3 个主要大类指标的 13 个二级指标。8 个大类标准中，遵循“一致性”构建原则，所有的要素都要围绕“学习目标”来设计，各主要要素之间对准一致。

3 课程现状

2019-2021 学年，课程主要探讨对分课堂融合混合式教学模式在教学中的具体应用和效果，旨在增强学生的学习动机，使学生的学习转向过程性学习、个性化学习、合作性学习、问题化学习，促进学生综合能力的提升^[4]。这个阶段主要解决了以下具体问题：

- (1) 增加了课堂互动性，能及时发现学生的困惑点；
- (2) 基本消除了作业抄袭现象，增强了学习连贯性；
- (3) 加强了师生间的有效沟通，能及时反馈学习效果；
- (4) 丰富了课程评价方式，形成了有效的过程性评价。

2022-2023 学年，课程改革重心主要聚焦于构建课程目标、学习活动和测评之间的一致性，即 FD-QM 标准所提出的“一致性构建”核心原则，让学生明确自己应该学什么、怎样学，以及达到怎样的标准。对照 FD-QM 标准，拟解决的问题如下：

- (1) 从学习者角度制定可衡量、可测试的学习目标。

学习目标是课程设计的基石，陈述学生在课程结束时将获得的学习成果，比如他们能够知道什么或能够做什么等。在课程开始时，教师通常会给出课程的内容、教学方式、考核要求等方面的介绍，但极少会从学习者的角度给出详细的、可衡量的学习目标，尤

其是单元目标，使得学生在学习过程非常被动，无法清晰地了解自己每堂课结束后应该达到的目标。所以，在课程教学伊始就要在课程概述中向学生清楚说明本课程的整体设计情况，让学生了解自身在课程学习中可以学到什么、得到怎样的指导。主要包括本课程的内容、教学方式、考核要求、学习目标等要素，明确学生必须遵守的课程规则和学习课程所必备的学科知识、技能、技术等条件。特别的，学习目标的制定一定是可衡量的，要从学习者的角度，以学生可接受、能理解的方式表达，使用具体、明确的动作术语解释学生应该掌握的知识技能。

- (2) 以提升学生的实践创新能力为目标，优化课程体系。

围绕课程总目标，对课程内容进行重新设计，除去基础知识，课程所提供的教学内容更应以提升学生解决问题的能力为目的，突出高阶性、创新性和挑战度。

- (3) 围绕学习目标，丰富学习活动，调动学生参与的积极性。

一套有效的学习活动能够帮助学生实现教师所期望的学习目标，从而实现有效教学。按照 FD-QM 标准要求，课程学习活动设计要充分体现学生的互动和主动学习环节，使学生的学习更加投入和持久，并有助于学生达到课程既定的学习目标，引导学生主动学习。

- (4) 提供更细致精准的学业考评，全面衡量学习效果。

学生的学业考评不是单一的期末考试成绩，而是覆盖课程教学全过程的综合评定。按照 FD-QM 标准要求，需要明确课程的评分规则，用书面形式清晰表述课程成绩如何计算的方法，包括课程各部分的点数、百分比和权重。

- (5) 精选课程资源，满足学生需求。

课程资源为学生提供实现既定学习目标所需的信息和资源。课程资源不仅仅局限于教材，还应包括教师自创的资源，以及多媒体和网上平台中的相关资料。

4 基于 FD-QM 标准的课程重构与实践

- (1) 以学为中心，明晰教学设计，确立学习目标

在学期开始给学生下发一份“课程导学”，内容包括课程目标、课程简介、教学方式、作业及提交要求、作业评分规则、学习资源、考核办法、教师简介、教学周历等，并在课堂上面对面进行导读解释，让每一位学生清楚这门课程的特点和要求，保证学生畅通学习。表 2 主要给出教学方式、作业及提交要求、作业评分规则、学习资源、考核办法等，表 3 给出了小论文的评分量表。

基于 FD-QM 标准制定了离散数学的课程学习目标，并给出了相应的学习计划，如表 4 所示（由于篇幅所限，只给出命题逻辑模块的展示）。按照布鲁姆目

标分类法,在描述学习目标时,从“记忆、理解、应用、分析、评价、创造”六个层面选取可观察、可测量的行为动词来制定,清晰表达了教师希望学生能够执行的具体行为。

(2) 以提升学生的实践创新能力为目标,优化课程体系。

在新工科背景下,我校计算机科学与技术专业离

表1 FD-QM标准结构

大类标准	解释
1. 课程概况	在学习开始时就向学生讲清楚课程的整体设计
2. 学习目标	从学生角度描述课程结束后的应知应会以及情感、态度、价值观的变化
	2.1 学习目标应从学习者角度加以描述,是一系列可测量的学习成果。
	2.2 课程学习目标反映在课程各单元的设计中。
	2.3 明确解释学习目标与课程活动之间的关系。
	2.4 学习目标符合课程类型和水平。
3. 学业考评	评估学生在实现既定的学习目标或掌握能力方面取得的进步
	3.1 学习测评能衡量学习者是否达到规定的学习目标。
	3.2 明确说明该课程成绩的评定规则。
	3.3 为学习者提供评估其学习行为和产出成果的具体标准,并说明与评分的关系。
	3.4 测评应多种多样,循序渐进,符合课程的类型和水平。
	3.5 课程应提供多次有益的反馈让学习者了解自己的学习进展。
4. 教学材料	教材帮助学生达到既定的学习目标或能力
5. 课程活动	支持学生的互动和参与,体现主动学习,使学生学习更加投入和持久
	5.1 学习活动有助于学习者达到课程既定的学习目标。
	5.2 学习活动为学习者提供互动机会,引导主动学习。
	5.3 明确说明教师答疑以及作业反馈等规划。
	5.4 明确规定学习者互动的要求。
6. 课程技术	支持学生实现课程目标或能力
7. 学习支持	学校所提供的学习成功必不可少的支持服务
8.课程制作	充分考虑学习资源无障碍获取的可能性,吸引学生都能阅览并参与到所有课程内容和学习活动中,轻松地浏览课程各部分内容,并与之互动

散数学的重新设立的课程目标有两个:一是能够利用离散数学的概念、理论与方法识别、表达计算相关的复杂工程问题,学会为计算类复杂工程问题进行形式化描述、建立数学模型;二是培养学生的独立思考与创新能力,学会对课堂所学理论知识进行扩展,能够利用本课所学知识分析工程实际问题或针对某些应用背景探讨所学知识的局限性^[6]。在以往的教学,离散数学常常被认为是一门纯数学课程,一般遵循“定义-定理-证明-习题”的数学课程方式进行教学,忽视了课程的计算机专业课程特性,与上述目标相去甚远。所

以在这样一个背景下,对课程内容进行重构,逐渐形成“理论知识、案例实践、应用研究”三层次的课程体系,如表5 所示。

(3) 围绕学习目标,丰富学习活动,调动学生参与的积极性。

学习活动的设计对激发学生的全面主动学习起到至关重要的作用,它主要包括学生与教师的互动、学生与学习内容的互动、学生与同伴的互动。基于对分课堂,本课程采用线上线下混合式教学模式,各类学习活动如图 1 所示^[7]。

根据FD-QM标准,表6给出了本课程中所设计的

学习活动及其对各类学习目标的支持。同时,为了更全面地从知识、能力和价值三个方面描述学习目标,笔者采用了学习目标的有意义分类法,即核心知识、学以致用、触类旁通、人性纬度、志趣情怀和学会学习。

以对分课堂^[5]为基本教学模式,本课程将上述学习活动穿插于学习的各个环节,通过启发式讲授、互动式交流、探究式讨论等方式,将课堂内外联动、线上线下融合,同时充分利用各类信息技术,有效促进了学生的互动和主动学习,达成了学习目标。

(4) 实行学业考评过程化,全面衡量学习效果。

在2022-2023学年,学业考评过程化考核主要分为四部分:作业20%,章节测试20%,小论文10%,期末考试50%,这是对2019-2021学年过程化考核^[4]的优化,即取消了线上学习部分,包括线上学习进度、线上测试等,而增加了线下章节测试和小论文的撰写考查环节。将线上测试改为线下考试,主要考虑到离散数学

是一门数学类课程,课程逻辑性强,学习难度大,通过严格的阶段性考试可以及时检测学习效果和学习目标达成情况,对学生的主动学习有较好的促进作用。增加小论文撰写考查环节,目的在于拓展课程学习的深度和广度,使学生能在所学知识之外找到与本课程相关的应用主题,完成对知识“从哪里来,到哪里去”的闭环学习。

通过对主要学习活动的测评标准制定,第一,它可以引导学生朝着预定目标努力;第二,帮助教师及时了解学生学业方面的情况,对学生在实现学习目标上作出客观评估,并据此给出学生后续学习的建议;第三,测评在某种程度上对教师和学生具有监督和激励功能;第四,在测评过程和反馈测评结果的过程中,能够促进教师和学生之间有相互的接触、沟通和交流,能够看到他人的长处和不足,也能够注意自己的长处和不足,从而有利于测评者和被测评者进行相互学习、取长补短、共同进步。

表 2 课程导学

教学方式	1.每次课有15~30分钟的讨论答疑及抽查环节,主要进行作业的讨论、修改、问题答疑和作业抽查等,由小组轮流提供上次课的作业参考答案(小组一般以宿舍为单位)。 2.讲课方式为精讲,以知识框架、重点和难点为主,大约40~50分钟。 3.在课中会根据教学情况发布课随堂测验,可以是前测、中测或后测,主要目的是评估当前阶段的学习效果。
作业及提交要求	1.作业内容:《离散数学习题册》、学习记录和帮问题。 2.每周交一次作业。 3.将批改后的作业拍照,在规定时间内提交至超星学习通。 4.不允许补交。
作业评分标准	1.每次作业满分为10分。 2.书写认真、清晰(3分) 3.学习记录知识点完整(2分) 4.有批改痕迹(用红色笔批、改)(3分) 5.所做题目基本正确(2分)
学习资源	1.学习通提供主讲教师的录课视频,可帮助预习和复习。 2.中国大学慕课中电子科技大学录制的《离散数学》。 https://www.icourse163.org/course/UESTC-1002268006?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcassjg_ 3.更多离散数学内容,可参看《离散数学及其应用》(Kenneth H.Rosen著)。 4.学习通提供练习题库,可用作学习效果检测。
考核办法	1.期末最终成绩=作业成绩*0.2+章节测验*0.2+期末成绩*0.5+小论文*0.1 2.章节测验共3次,分别是“数理逻辑”、“集合与关系”和“图论”,每次100分,采用闭卷方式、在本章内容结束后进行。 3.小论文共1篇,在课程结束后,围绕离散数学的应用性就某一个专题撰写小论文。(表3给出小论文评分量表)

表 3 小论文评分量表

选题与定位 (15%)	1.专业性: 确保论文主题是离散数学的一个分支或相关主题。 2.创新性: 尽可能探讨一个新颖的问题或提出一个独特的视角。 3.适当性: 题目应与课程内容紧密相关, 并适合于小论文的篇幅和深度。
研究材料 (30%)	1.理论依据: 使用严谨的数学理论作为分析的基础。 2.实例分析: 通过具体的例子来说明理论的应用。 3.数据准确: 确保使用的数学数据和结论准确无误。
结构与内容 (30%)	1.引言: 明确地介绍论文的主题、目的和结构。 2.主体: 逻辑清晰地展开论证, 包括定理的叙述、证明以及相关讨论。 3.结论: 总结研究成果, 明确指出研究的意义、局限以及可能的后续研究方向。
引用与参考文献 (5%)	1.规范引用: 正确引用所有参考文献, 使用统一的参考文献格式。 2.学术诚信: 避免抄袭, 对所有引用的内容给出明确的出处。
语言与风格 (10%)	1.清晰性: 使用清晰、准确、简洁的语言来表达数学概念和论证过程。 2.专业术语: 正确使用离散数学的专业术语和符号。 3.格式一致: 遵守一致的格式标准, 包括字体、标题、图表、公式等。
呈现与格式 (10%)	1.图表清晰: 如果使用图表或图形, 确保它们清晰并且有助于理解内容。 2.公式编辑: 公式应使用适当的数学公式编辑器编写, 保证其规范性和准确性。 3.格式: 标题为三号、宋体, 正文为小四、宋体, 1倍行距。 4.字数: 大约1500-2000。

表 4 课程学习目标及学习计划 (命题逻辑模块)

周次	课次	教材对应章节	学习目标
第1周	1	1.1命题与联结词	1. 阐释命题的概念。 2. 描述五个逻辑联结词的定義并列出真值表。 3. 总结命题符号化的方法。 4. 比较“排斥或”和“兼容或”并举例说明。
	2	1.2命题公式及其赋值 2.1 等值式	1. 阐释命题公式的概念。 2. 举例说明如何给命题公式赋值 (解释)。 3. 举例说明命题公式的三种类型。 4. 给出真值表法的步骤并分析其作用。 1. 说出公式之间等值的定义。 2. 列举并背诵16组基本等值式。 3. 阐释等值演算的方法和步骤。 4. 分析等值演算法可以解决哪类实际问题。
第2周	1	2.2 析取范式与合取范式	1. 阐释文字、简单析取式、简单合取式、析取范式、合取范式等概念。 2. 分析极小项、极大项的定义以及与成真赋值、成假赋值的关系。 3. 给出求主析取(主合取)范式的方法 (包括真值表法)。 4. 能够应用主析取范式求公式的成真赋值、成假赋值。 5. 判断公式的类型、判断两个公式否等值。 6. 能够用主析取范式解决实际问题。
	2	2.3 联结词完备集 3.1 推理的形式结构 3.2自然推理系统P	1. 阐述联结词完备集的概念。 2. 能够在指定完备集上进行命题公式的构造。 1. 列举推理形式结构的以下两种形式。 (1) $(A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_k) \rightarrow B$ (2) 前提: $A_1 A_2 \dots A_k$ 结论: B 2. 能够使用不同的方法判断推理是否正确。 3. 牢记P系统中各条推理规则的内容及名称。 4. 列举构造证明法的三种形式, 并分析其各自适用的条件。 5. 会将日常生活中、社会活动中、科学领域中的某些推理形式化, 即写出符号化形式的前提、结论, 并能判断推理是否正确, 对于正确的推理能在P系统中给出证明。

表 5 分层次的课程内容体系

教学模块	教学内容
数理逻辑	理论知识：命题逻辑符号化；范式与真值表；等值演算；推理证明
	案例实践：电路设计问题，推演判断问题，命题演算的计算机实现
	应用研究：自然语言处理中句子的表示方法和自动机问答推理方法；二难推理的应用
集合与关系	理论知识:集合的基本概念和运算;关系的定义及性质；闭包；等价关系与偏序关系
	案例实践：等价关系中的分组问题；偏序关系中的拓扑排序问题；用关系的运算解决图中道路问题 等
	应用研究：关系运算在社交网络中的应用
图论	理论知识：无向图与有向图；图的连通性；图的矩阵表示；特殊图及其判定； 无向树与根树；生成树；最优二元树；图论基本算法
	案例实践：中国邮递员问题；旅行商问题；存储器轮及布鲁因序列；绿色健康城市规划问题
	应用研究：地图的表示方法；二叉树在搜索法中的应用；平面嵌入的设计方法
代数系统	理论知识：代数系统的运算及其性质；群的相关概念及性质；子群；循环群
	案例实践：麻花辫问题；密码学问题
	应用研究：用逻辑门构造乘法器

课中阶段

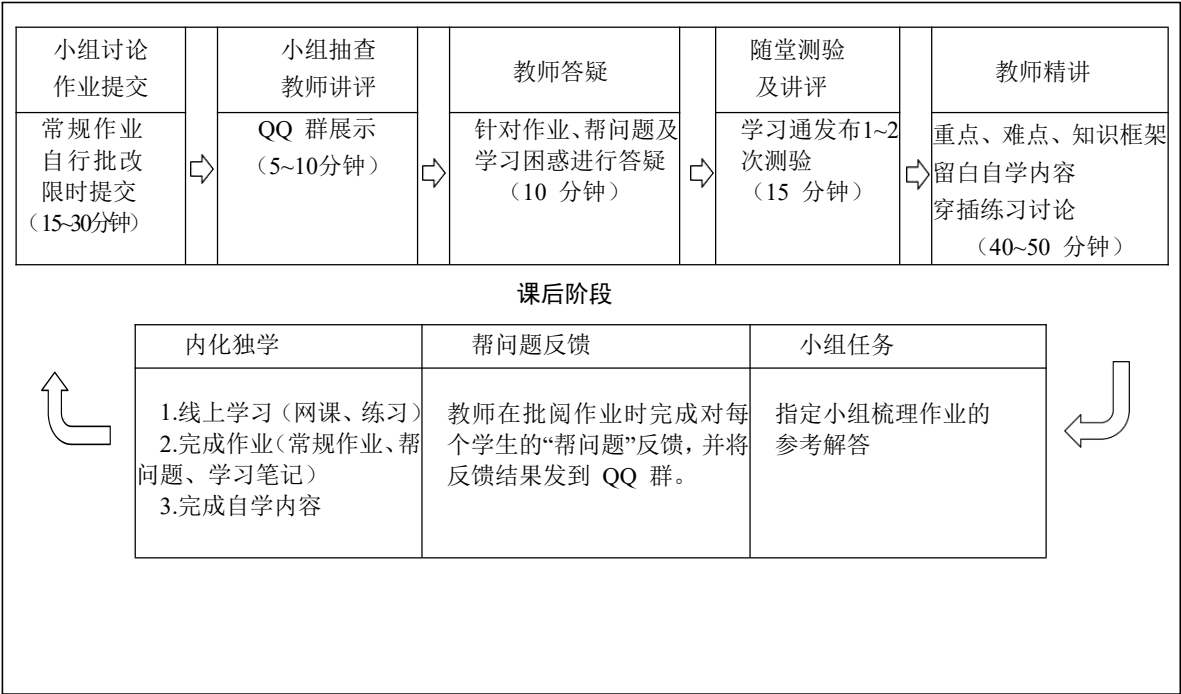


图 1 基于对分课堂的学习活动及流程

表 6 学习活动及其与学习目标之间的关系

学习活动 \ 学习目标	核 心 知 识	学 以 致 用	触 类 旁 通	人 性 维 度		志 趣 情 怀	学 会 学 习
				自 己	他 人		
小组讨论（作业）	√	√	√	√	√	√	√
自批改作业与限时提交作业	√		√	√			√
小组抽查作业与教师点评	√	√	√	√	√	√	√
教师答疑	√		√	√	√		√
随堂检测及讲评	√	√	√	√			√
教师精讲	√						
课中练习与讨论	√	√	√	√	√	√	√
网课学习	√						√
线上练习	√	√	√	√			
完成作业	√	√	√	√		√	√
完成自学内容	√	√	√	√		√	√
查看帮问题反馈	√	√	√	√	√	√	√
课后小组完成任务					√		√

表 7 期末问卷反馈

对你帮助最大的教学辅助环节是什么？	教师课堂答疑（26人）
	课堂小组讨论（26人）
	章节测试（11人）
	随堂检测（12人）
	自批自改作业（8人）
	课程导学（5人）
对你帮助最大的学习资源是什么？	老师录制的网课（37人）
	小组成员（23人）
	蜂考、b站、Chatgpt、慕课等其它网络资源（17人）
	学习笔记（16人）
过程考核对学习促进作用如何？	作用非常大（51人）
	有作用（43人）
与其它类似课程相比，你觉得本课程在教学方面最大的不同是什么？	课堂参与度高，小组合作学习多（26人）
	作业提交和答疑方式（25人）
	章节测试非常严格，难度大（11人）
	鼓励自主学习，注重学习过程（10人）
	少PPT，多板书（9人）
	从问题引入，开放式教学，教学方式灵活（6人）

5 结束语

围绕学习目标，依据FD-QM标准对课程进行一致性构建，本课程连续在2022和2023两个学年进行了实

践，教学效果良好，除了被认定为2023年校级课程之外，学生方面的反馈也很积极，表7列出在2023学年第二学期进行的期末问卷中反馈较多的结果（共95人参与了问卷，问卷方式为自主填写，将相似反馈结果归

结到一起)。

由以上问卷反馈结果可以看出,学生对围绕学习目标所设置的各项学习活动均有较好的反馈和评价,且在最后的期末综合评价中优秀率得到极大的提升,不及格率仅为4.20%,学习效果良好,学生学习的主动性得到了充分的调动。由此可见,在标准化的课程评审原则的指导下,课程建设的科学性得到了很好的保障,每一个教学环节和内容的设计都有法可依、有章可循,在课程设计中能够集中精力抓主线,紧紧围绕学习目标,利用学习活动为抓手,以学业测评为检测手段,将教和学的各个环节紧密联结,实现了“以学为中心”的一致性构建理念。

参考文献

- [1] 钱玲,赵燕燕.以教师专业发展为核心的网络课程质量保证体系——美国Quality Matters 核心竞争力及启示[J].开放教育研究,2018(5):30—38+72.
- [2] 丁妍,范慧慧,苏永康,阿茹娜,刘翼婷.混合式课程教学设计质量与倾向的研究——以全国30门获奖混合式课程为例[J].电化教育研究,2021(1):107—114.
- [3] 万建香,聂高辉,王岳龙.基于FD-QM的《计量经济学》课程设计与改革[J].南昌教育学院学报,2019(4):76—82.
- [4] 陈哲云,李兰.基于对分课堂的混合式教学模式——以离散数学为例.计算机教育,2022(8):25-29
- [5] 张学新.对分课堂:中国教育的新智慧[M].北京:科学出版社,2016.
- [6] 蒋宗礼.培养计算机类专业学生解决复杂工程问题的能力[M].北京:清华大学出版社,2018.
- [7] 王丽杰,戴波.成果导向的离散数学线上线下混合式课程建设[J].计算机技术与教育,2022-10(5):67-70.