

“N-Two-N”教学模式的构建及在本科有机化学教学中的探究实践

李万梅*, 欧阳娅妮, 章鹏飞

杭州师范大学材料与化学化工学院, 杭州 310036

摘要: 基于立德树人的核心目标, 探索了本科有机化学教学的新思路, 从提高教师引导作用、提升学生自主学习能力、优化评价考核方式等方面进行了探索与研究。本研究以CDIO-BOPPPS协同教学模式为指导思想, 引入CDIO理念创新教学设计构思, 借鉴BOPPPS模式改革教学过程, 结合多种教学法和多种评价方式, 构建一个“N-Two-N”一体化的课堂教学体系。本文阐述了“N-Two-N”一体化模式的落实过程以及该教学模式的优点和取得的成效。

关键词: “N-Two-N”模式; CDIO-BOPPPS协同教学; 立德树人; 教学方法; 有机化学

中图分类号: G64; O6

Construction of “N-Two-N” Teaching Model and Its Exploration and Practice in Undergraduate Organic Chemistry Teaching

Wanmei Li*, Yani Ouyang, Pengfei Zhang

College of Materials and Chemistry and Chemical Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China.

Abstract: Based on the core goal of establishing morality and cultivating people, this paper explores a new idea of organic chemistry teaching for undergraduate students, and explores and studies it from the aspects of improving teachers' guiding role, enhancing students' autonomous learning ability, and optimizing evaluation and assessment methods. Taking CDIO-BOPPPS collaborative teaching model as the guiding ideology, combining various teaching methods and various evaluation methods, an “N-Two-N” integrated classroom teaching system has been constructed. The CDIO concept was introduced to innovate the teaching design conception, and the BOPPPS model was combined to reform the teaching process. The CDIO-BOPPPS collaborative teaching was promoted by a variety of teaching methods and evaluation methods. This paper describes the implementation process of the “N-Two-N” model and the advantages and achievements of the teaching system.

Key Words: “N-Two-N” model; CDIO-BOPPPS collaboration teaching; Strengthening morality; Teaching method; Organic chemistry

立德, 就是坚持德育为先, 通过正面教育来引导人、感化人、激励人; 树人, 就是坚持以人为本, 通过合适的教育来塑造人、改变人、发展人。立德树人是深化教育改革创新本质要求, 也是推动教育事业蓬勃发展的主要动力。

收稿: 2023-04-03; 录用: 2023-06-02; 网络发表: 2023-06-09

通讯作者, Email: liwanmei@hznu.edu.cn

基金资助: 浙江省教学改革项目(jg20220477); 浙江省高等教育学会2023年度高等教育研究课题; 2020年度浙江省线上线下混合式一流课程

1 本科有机化学教学的现状

有机化学是杭州师范大学国家一流本科专业建设点化学和高分子材料与工程专业及应用化学和制药工程专业的专业基础核心课程,是理工科受众较广的一门课程。有机化学课程在大学二年级开设,经过前导课程无机化学的学习,学生有了一定的化学学科基础。该课程的学习效果将直接影响后续课程的学习,起着重要的承上启下的作用。可见,有机化学的教学目的不仅仅是让学生掌握有机化学知识,更重要的是培养学生科学的思维方法和严谨的科学态度。因此,如何使学生在有限的学时内掌握有机化学的精髓、提高化学素质是需要长期关注和探讨的课题。作为有机化学授课教师应从教学方式、手段、考核方法等方面进行改革^[1,2],结合杭州师范大学材料与化学化工学院多年来在有机化学课程教学改革方面得出的经验教训,引入了新的教学模式,使得枯燥乏味的有机化学反应和机理教学内容变得生动形象,引人入胜,显著提高有机化学教学质量。

2 “N-Two-N”模式的构建背景

CDIO概念最早由美国MIT(麻省理工学院)于20世纪末提出,秉承建构主义的教育理念,以学生为中心,以丰富的学习经验建构学生的知识体系。CDIO分别代表构思(Conceive)、设计(Design)、实施(Implement)、运作(Operate)^[3]。CDIO教学模式秉承建构主义的教育理念,以学生为中心,以丰富的学习经验建构学生的知识体系。它的核心是知识和能力培养的一体化要求,注重培养综合素质,强调能力培养的针对性,在教学目标、教学方法和考核方法等设计上的一体化要求使得知识、能力和素质的培养成为有机整体。目前已有包括美国、瑞典、丹麦、芬兰、法国、南非、新加坡、中国等国在内的20多所大学加入到CDIO合作计划中,该模式应用于金融^[4]、信息^[5]、教育^[6]、食品^[7]、建筑^[8]、医学^[9]等众多领域。但是该模式易标准化、形式化、教条化和僵硬化,学生易忽略理论,陷入学习的迷雾之中。

BOPPPS教学模式最初是由加拿大英属哥伦比亚大学教学与学术发展中心提出来的,依据认知理论和建构主义,强调以学生为中心的教学理念,对课堂教学过程分解成前后衔接的六个模块:导入(Bridge-in)、教学目标(Objective)、预评估(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory learning)、后评估(Post-assessment)和总结(Summary)^[10]。该模式通过六个连贯模块构成了一整套完整且细致的教学过程。BOPPPS教学模式具有应用性广泛、可操作性强、教学设计完整精致、学生参与度高、及时反馈、针对性强等优点,其中结构完整、教学互动和反馈是其突出特点,对教师教学过程的实施具有重要的参考价值。该模式在国外主要应用于医药教育^[11]、口腔组织病理学^[12]、生理教育^[13]、保健与管理教育^[14]等学科的教学实践中,在国内该模式的应用更为宽泛,在护理^[15]、生物化学^[16]、食品^[17]、学前教育^[18]、细胞学^[19]、农学^[20]、计算机^[21]、数学^[22]、英语^[23]、管理学^[24]等众多领域中都有报道。然而其也存在一些明显不足,BOPPPS教学模式的授课时间限定在15 min内,相对于传统的45 min一节课,其教学时间较短。且该模式关注的重点是如何使学生在课堂上最大限度地掌握知识,相对忽略了对学生综合能力的培养。

CDIO和BOPPPS是国内外得到广泛认可的两种教学模式,都是以学生为中心的教学理念,都达到了充分调动学生学习自主性、激发学生学习兴趣的目的。CDIO模式注重能力培养容易忽略理论知识,相反,BOPPPS模式注重知识结构的学习容易忽略综合能力的培养。因此,CDIO和BOPPPS两者教学模式具有相同的理念和一致的目标,且能互相弥补不足。然而两者协同融合的研究报道甚少^[25,26],为此我们在有机化学教学中构建了基于CDIO-BOPPPS协同教学模式并结合多种教学法和多种评价方式的“N-Two-N”教学模式,教学效果得到了明显提升。

3 “N-Two-N”模式的具体应用分析

在有机化学教学中协同融合CDIO和BOPPPS两种教学模式,集两者优点于一体,有利于充分调动学生的学习积极性和自主性,提高学生课堂的互动率。同时,为了让两种教学模式兼容且可控性

强,提出了N种教学方法的协同使用。不同教学环节采用不同教学法结合使用,既能丰富教学形式,也能提高学生学习兴趣。为了匹配两种教学模式协同的完整性,我们提出了N种评价方式共同应用,更能体现教学评价的综合性、公正性、多元性,能从多方面了解学生动态,给学生一个最公正公平真实的评价。

3.1 C-O (Conceive-Objective): 构思-教学目标

基于学生的培养方案,综合课程的三维教学目标(图1),本着“十四五”规划的要求,围绕着立德树人中心,采用了基于CDIO-BOPPPS协同模式结合多种教学法和多种评价方式一起使用的策略,构思了一个“N-Two-N”一体化的课堂教学体系,应用在本科有机化学教学中。



图1 三维教学目标

3.2 D (Design): 设计

我们在本科有机化学教学中设计了一个“N-Two-N”一体化的课堂教学体系(图2),Two代表CDIO和BOPPPS协同教学模式,第一个N代表多种教学法,第二个N代表多种评价方式,“N-Two-N”代表以CDIO-BOPPPS协同教学为基础结合多种教学法和多种评价方式的教学体系,CDIO-BOPPPS协

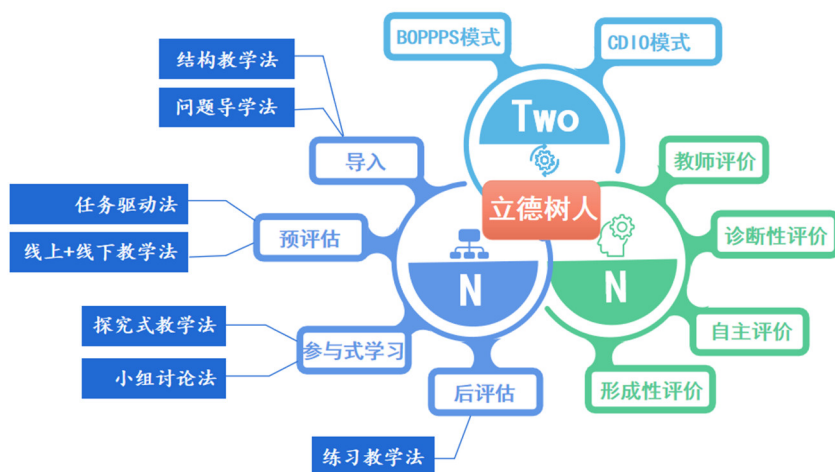


图2 “N-Two-N”一体化教学模型

同教学模式提供教学设计理念,多种教学法和评价方式为其提供支撑和助力,以达到充实和完善该教学模式的目的。BOPPPS模式分为六个步骤,CDIO分为四个过程,六个步骤和四个过程相互渗透、相互支撑、相互补充。教师可以从这十个方面来设计教学内容、评价和修改教学过程。

3.3 I-P (Implement-Preassessment): 实施-预评估

教学过程的实施是本文研究的重点内容。本研究采用诊断性评价的方式来进行预评估。诊断性评价是指在教学活动开始前对学生的知识、技能以及情感等状况进行的预评估^[27]。通过这种预评估我们可以了解学生的知识储备情况和课前预习情况,为实现因材施教提供依据。我们先进行诊断性评价(图3),在预评估环节采用线上+线下和任务驱动法相结合的教学方法。在课前教师会在慕课、钉钉等网络平台上发布视频、课件、文献等预习任务,学生通过线上的预习和线下的课堂学习来巩固所学内容。我们通过课前在网络平台上发布每章节相关的考核任务来进行诊断性评价,如表1所示(表1为列举的一些例子)。学生们要先完成相应的预习任务后才能进入诊断考核环节,通过预习任务驱动学生自学。学生完成平台的考核任务后,慕课平台系统将根据学生的完成率和正确率进行系统

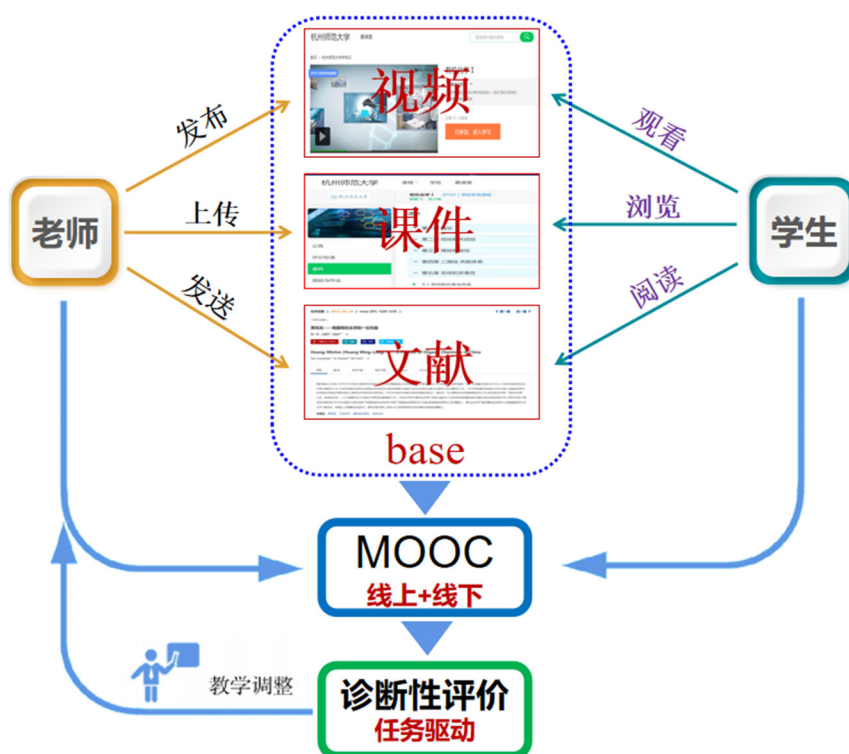


图3 诊断性评价的教学模型

表1 诊断性评价考核方法实例

编号	慕课平台(MOOC)发布的考核任务
MOOC-1	卤代烃有哪些常用的制备方法
MOOC-2	烯烃能发生哪些化学反应
MOOC-3	比较正丁醇和正丁烷的沸点高低,并加以解释
MOOC-4	醇属于酸性还是碱性物质
MOOC-5	芳香烃主要发生的是亲电取代反应还是亲电加成
MOOC-6	为什么酯类物质在酸性条件下能水解

打分,得到一个系统评价,该结果将进入学生成绩的最终总评中,成为学生该课程成绩中的一部分。学生在完成本章节预习后对于本章节内容有了基本的了解和认知,通过慕课平台上发布的任务可以启发学生自主学习和用化学思维解决问题的能力,同时通过慕课平台的反馈情况可以帮助教师了解学生的认知发展规律和学习的个体差异性,进而对教学内容进行及时的调整。

3.4 I-B (Implement-Bridge-in): 实施-导入

课堂导入是一节课的开端,开端的成功往往可以达到事半功倍的效果。本着启发性和创新性的教学原则,在课堂导入的时候我们采用问题导入法,来激发学生的思考和对知识的回顾^[28]。课堂的一开始使用问题调动学生的化学思维,让学生尽快进入上课学习状态。有机化学是一门基于结构的课程,因此在导入环节我们可以采用结构法和问题导学法相结合的教学方法,基于化合物的结构来进行提问,启发学生,让学生通过观察化合物的结构来回答问题。有特定官能团的化合物的结构尤为重要,不同的官能团能发生不同的化学反应。因此我们可以从化合物的官能团入手提问(图4),学生可以从官能团的结构特征受到启发(图5),例如,醇含有羟基,学生看到羟基就会想到可以生成醚、酯、卤代烃、酮、醛等化合物;看到酯基就能想到可以发生水解反应;看到羧基就能想到可以发生脱羧反应和还原反应;看到双键就能想到可以发生亲电加成反应、氧化反应、还原反应和取代反应等等。

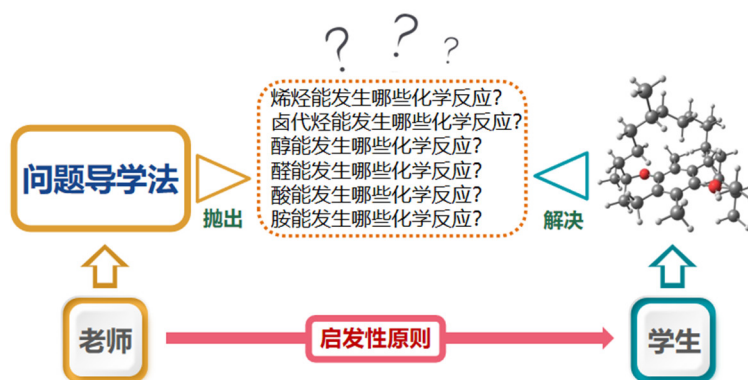


图4 问题导学法教学模型

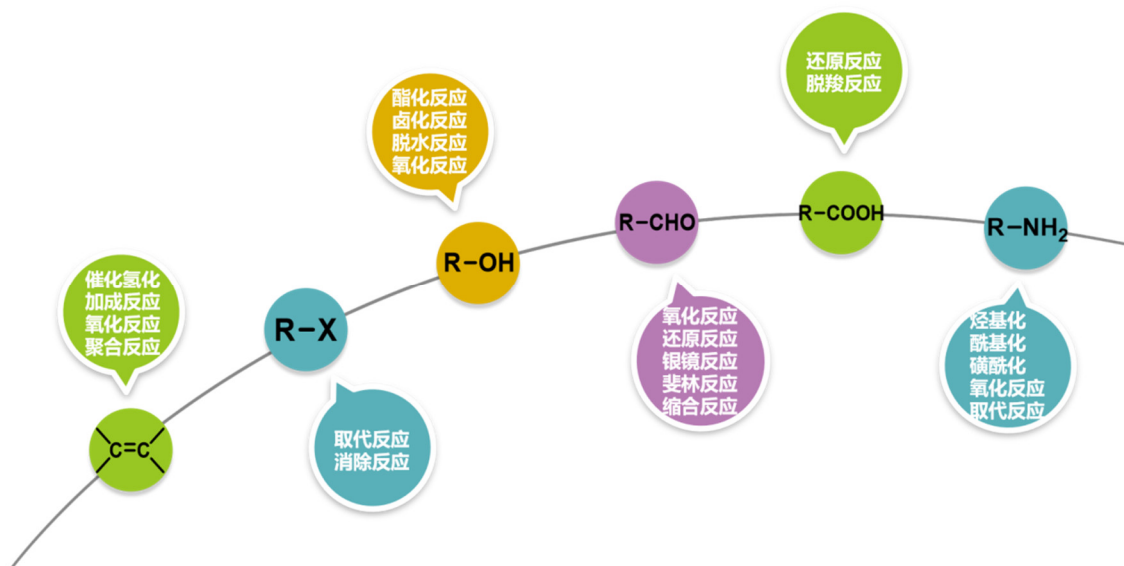


图5 结构法教学模型

3.5 I-P (Implement-Participatory learning): 实施-参与式学习

上课是教学过程的核心环节。素质教育要求改传统讲授式教学为师生互动式教学，凸显学生在教学过程中的主体地位^[29]。常用的互动式教学的方法为问答法，该教学法虽然本质属于学生参与式的教学方法，但是该方法形式过于单一枯燥，没有新颖性，不能调动学生的积极性，而且目前的课堂现状为大部分学生不愿意主动举手回答问题，加上问答法只能照拂到少数学生，大部分学生的主体地位还是没有发挥出来，这些局限性无疑不利于该教学法的实施效果。因此我们选择以讨论法作为参与式教学的核心方式，联合发现、探究等多种教学法使用。讨论法就有效避免了问答法的缺陷，将学生分为若干个小组讨论，这样每个人都可以参与到互动中来，每个人都是主体。

参与式学习是基于诊断性评价的结果来开展的(图6)，在参与式学习环节我们采用了讨论法和探究法相结合的教学方法。我们利用课堂最后半小时针对慕课平台上发布的任务进行分小组讨论，让学生参与课堂，由教师引导学生共同探究这些问题的答案。作为一名本科生需要用高阶思维解决问题，不能仅仅只知道答案，还需要更深层次地理解和探究问题，要从“是什么，做什么”向“为什么要这样做”转变。因此我们会从化合物的结构入手，让学生自己去发现化合物结构的特点并推测化合物的化学性质以及可能发生的化学反应，根据化学反应进一步探究其机理。例如表1中MOOC-3，是因为正丁醇结构中有氢键，氢键具有缔合作用，所以低级醇的熔点和沸点比碳原子数相同的碳氢化合物的熔沸点高得多，因此正丁醇的沸点比正丁烷高。例如表1中MOOC-4，是因为醇分子中具有羟基结构，醇羟基的氧有两对孤对电子，氧利用孤对电子与质子结合形成烺盐，所以醇具有碱性。在醇羟基中，由于氧的电负性大于氢的电负性，因此氧和氢共用的电子对偏向于氧，氢表现出一定的活性，所以醇也具有酸性。例如表1中MOOC-6，因为酯类化合物中含有酯基官能团，酰基和烃氧基之间的键容易断裂，所以酯类化合物在酸性条件下能够发生水解反应。

由学生自己探究反应机理有助于提升学生的创新思维和分析探究问题的能力，学生自己亲身体验反应机理的探究有利于课堂知识的吸收和消化，让学生体会理论知识的实际应用性。自主探究的反应机理和标准反应机理的对比可以帮助学生对自己有一个清楚的认知，让学生看清自己的实际学习结果与理想结果之间的差距，让学生拥有学习的动力，激发学生努力学习。基于自己探究的反应机理和标准反应机理的对比，学生给自己做出一个自主评价来检验自己的学习成果，该部分的自主评价也将进入最终的总评中，成为学生该课程的成绩中的一部分。

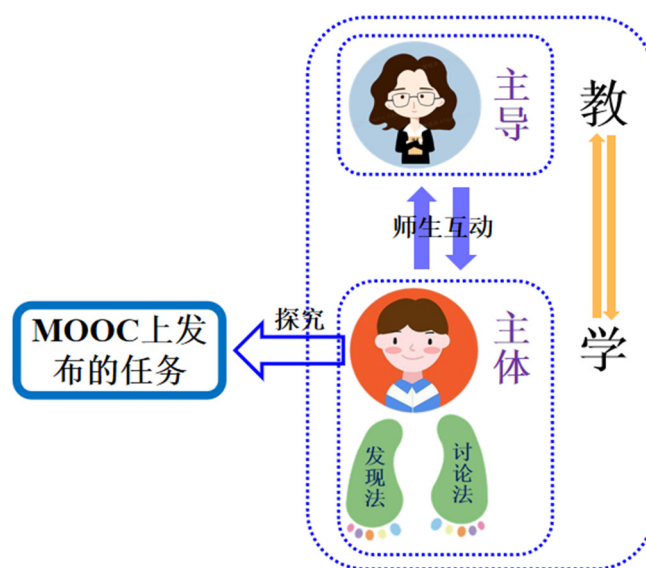


图6 参与式学习的教学模型

3.6 I-P (Implement-Postassessment): 实施-后评估

后评估的实施过程我们采用的是形成性评价的方式。形成性评价是在教学过程中采用非正式考试或单元测试的形式来检测学生的学习状况^[30]。本着形成性评价的形式和巩固性原则,我们采用练习教学法来对学生进行形成性评价。我们会针对当日所学内容以各种形式来发布练习题,例如电子版习题汇编、练习题小程序、慕课平台、学习通等。学生完成练习题后,教师会安排课代表汇总及批阅学生的课后练习并且得到一个分数,该分数将进入学生成绩的最终总评中,成为学生该课程成绩中的一部分。通过形成性评价我们可以及时掌握学生的学习效果和学习状况,对学生的学习效果做一个简单的评估,让教师可以随时了解学生对于知识的掌握程度,获得教学过程中的连续反馈进而调整教学计划、改进教学方法。通过形成性评价,也可以让学生对自我有个清楚的认知,让学生了解自己的学习效果,借以肯定或修正自己的学习方式。因此是一个一举两得的方法。

3.7 O-S (Operate-Summary): 运作-总结

根据教学构思和设计,在教学过程的运作中进行教学总结。本文提出了多元评价来进行教学总结,有一个公正又全面的评价体系对检验学生的学习情况至关重要。学生在课堂活动中占据主体地位,教师在对学生进行评价时主要就是针对学生课堂表现和对知识掌握程度的检验,因此,教师评价占评价的主体地位。本文提出的多元评价主要包括四个方面的评价:教师评价、诊断性评价、自主评价和形成性评价(图7)。教师评价的内容是多元化的,教师评价不仅仅包括教师对学生知识素养的评价,例如课堂表现、出勤率、课后作业完成情况、期中考试和期末考试,还包括对学生思想素养的评价,例如思想品德、道德品质、心理健康、价值观。诊断性评价是在课前阶段,学生完成慕课平台上的任务后,慕课平台给出的评价。自主评价是在课堂互动中学生通过对自主探究的反应机理和标准反应机理的对比给自己做出的评价。形成性评价是学生通过完成教师发布的课后练习得到的分数评价。四种评价分别占不同的比例(总比例为100%),学生的总评为各评价的分数(百分制)乘以相应的比例的总和。在高校课堂的评价系统中,各种有效的评价手段都可以被应用到实际的课堂教学中,素质教育提出不应以分数作为评价学生的唯一标准,因此,全体高校教师要充分利用好多元评价体系,引导大学生树立正确的人生观和价值观,补充和完善学校的评价体系^[31,32]。



图7 多元评价体系模型

4 学习效果

为了探究“N-Two-N”教学模式的有效性和可行性,我们在同一学年两学期期间连续进行对照教学,对实施班和对照班的教学效果进行分析。在有机化学I的教学过程中我们对1、2、3班实施了“N-Two-N”教学模式(实验组),4、5班则未实施(对照组),并对5个班学生的期末综合评价进行了对比(图8a),并分析了各班级学生的期末等级分布情况(图9a)。有机化学II我们在1、2、3、4班有机化学课堂上实施了“N-Two-N”教学模式,将5班作为对照组。并将实施了“N-Two-N”教学模式的1、

2、3、4班和未实施“N-Two-N”模式的5班学生的期末综合评价进行了对比(图8b), 分析了下学期各班级学生的期末等级分布情况(图9b)。

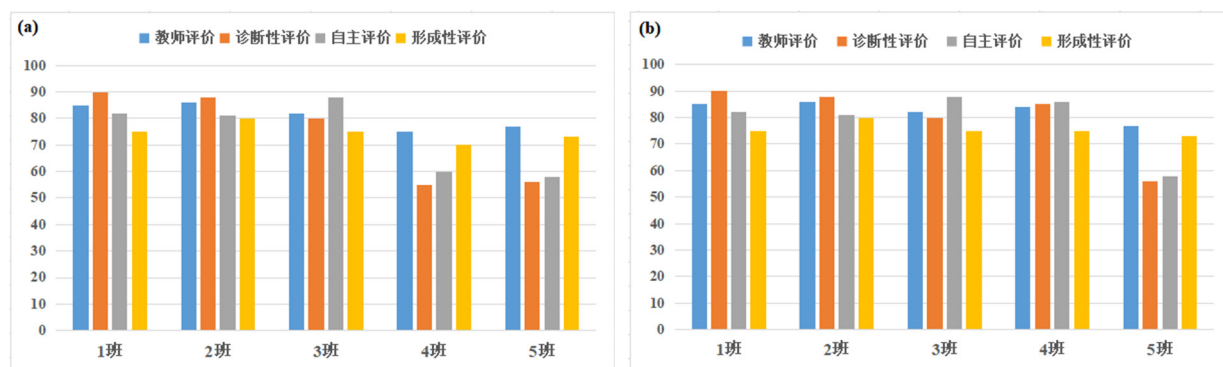


图8 (a) 上学期1、2、3班(实施)和4、5班(未实施)期末综合评价对比图;

(b) 下学期1、2、3、4班(实施)和5班(未实施)期末综合评价对比图

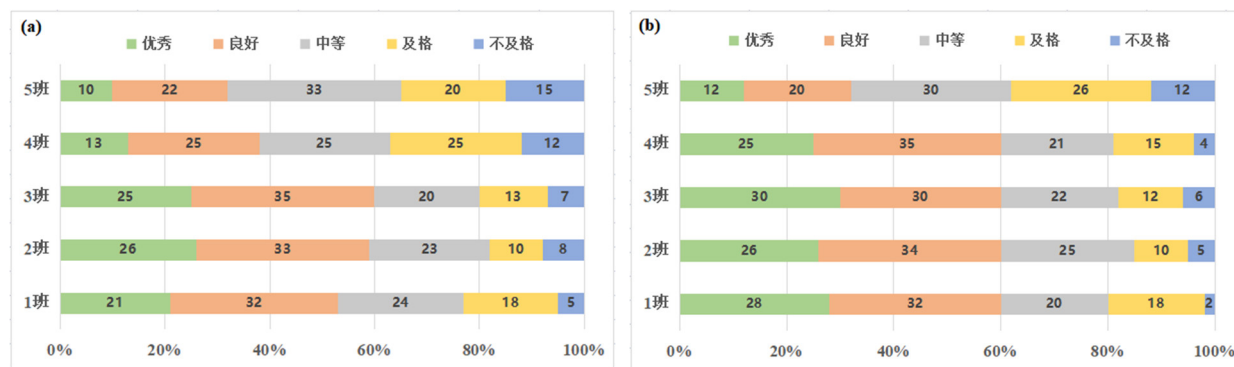


图9 (a) 上学期1、2、3班(实施)和4、5班(未实施)期末等级分布情况图;

(b) 下学期1、2、3、4班(实施)和5班(未实施)期末等级分布情况图

从1、2、3班(实施组)和4、5班(对照组)的期末综合评价对比中(图8), 我们发现使用了“N-Two-N”模式之后的班级, 学生的诊断性评价和自主性评价相对于没有实施的班级来说有较大提升, 而学生的教师评价和形成性评价则变化不明显。针对出现此差别的原因, 可能是“N-Two-N”模式提出的预评估和参与式学习做出的贡献。教师评价是教师对学生知识和思想素养的评价, 形成性评价是学生通过完成教师发布的课后练习得到的分数评价, 这两者是基于学生的理论基础、知识储备和身心发展, 要实现这些因素的质变比较困难。相比之下, 诊断性评价和自主评价的可变性较大, 而且“N-Two-N”模式提出的预评估和参与式学习可以精准对接这两个方面的评价, 因此该结果表明“N-Two-N”模式的预评估环节对提升学生对知识的了解程度有帮助, 能更好地辅助教师完成课堂教学任务。预评估能让学生更好地接受和消化课堂知识, 也证明了课堂互动的好处, 参与式学习能有效地改善学生的学习质量。

从图9可以看出“N-Two-N”模式能有效地提升学生的优秀率和良好率, 使用了“N-Two-N”模式之后的实施组班级的学生不及格率和及格率下降, 优秀率和良好率比例上升, 证明了该教学模式可帮助学生从不及格等级和及格等级跃升至良好等级和优秀等级, 进一步证实了该模式的可行性。

为了探究“N-Two-N”教学模式对“立德树人”教育任务的促进作用, 对上述5个班级有机化学I、II分别进行了综合能力测评, 结果如图10所示。立德树人包括人格培养、价值观塑造、学科知识、社交能力、创新意识等方面目标。每学期末由所有任课教师就人格品质、价值观、学科能力、

社交能力、创新意识五个目标对5个班级的整体情况进行评分,各个目标的满分为10分,各个目标所得的平均分为该班级该目标的最终得分。从图10a中可以看出,1、2、3班(实施)的五个目标的评分都要高于4、5班(未实施),从图10b中可以看出,4班经过实施了一学期的“N-Two-N”教学模式,五个目标的评分都有所提升,表明该教学模式的实施对“立德树人”工作具有一定的助推作用,在一定程度上达到了培养学生综合能力的目的。但是从图中也可以明显看出创新意识的进步空间还有很大,所以我们还应继续研究该模式在创新意识方面的发展。

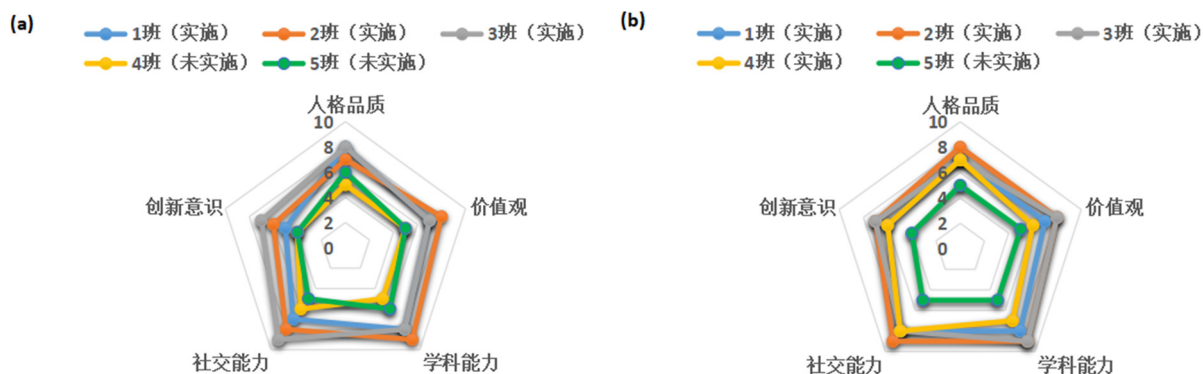


图10 (a) 上学期1、2、3班(实施)和4、5班(未实施)综合能力测评结果;
(b) 下学期1、2、3、4班(实施)和5班(未实施)综合能力测评结果

5 结语

基于立德树人的立足点,不仅要提升学生的学习质量,还要加强学生的综合实力,以适应新教学改革背景下新型人才的培养需求。这就需要教育者在教学过程中不断进行探索和创新,打破传统的教学方式。本文对基于CDIO-BOPPPS协同模式结合多种教学法和多种评价方式一起应用在本科有机化学教学进行了探索,构建了一个“N-Two-N”一体化的课堂教学体系。N种教学法和N种评价方式的联合使用充实了教学过程,使整个教学过程变得一体化、综合化、严谨化。研究证明,N种教学法、N种评价方式和CDIO、BOPPPS模式的高交互混合式教学不仅改善了教学效果,还提升了学生的综合能力,是一种可行的教学模式。但是该教学模式同样存在着体系结构复杂、应用范围尚未普及、教学任务繁重、对学生要求高等缺点,因此还需要广大教育者进一步摸索和探究。

参 考 文 献

- [1] 李万梅, 岳晓光, 欧阳娅妮, 章鹏飞. 化学教育(中英文), 2022, 43 (4), 33.
- [2] 李万梅, 欧阳娅妮, 章鹏飞. 化学教育(中英文), 2021, 42 (22), 81.
- [3] 杨光, 黄谦, 贺寒辉. 教育现代化, 2019, 6 (78), 19.
- [4] 汪可欣. 财会月刊, 2022, No. 17, 82.
- [5] 汪晓璐. 江苏教育研究, 2022, No. 18, 35.
- [6] 王也铭. 新课程研究, 2020, No. 36, 47.
- [7] 刘晓娟, 赵力超, 周爱梅, 曹庸, 刘欣. 食品工业, 2018, 39 (2), 255.
- [8] 张辛悦. 科教导刊, 2022, No. 17, 114.
- [9] 周彤, 宣玲, 王冬梅, 张晶, 张娜娜. 中华全科医学, 2022, 20 (9), 1569.
- [10] 姚婉清, 余能芳. 化学教育(中英文), 2022, 43 (18), 51.
- [11] Yang, Y.; You, J.; Wu, J.; Hu, C.; Shao, L. *J. Dent. Educ.* 2019, 83 (5), 567.

- [12] Wang, S.; Xu, X.; Li, F.; Fan, H.; Zhao, E.; Bai, J. *BMC Med. Educ.* **2021**, *21* (1), 540.
- [13] Badger, K.; Morrice, R.; Buckeldee, O.; Cotton, N.; Hunukumbure, D.; Mitchell, O.; Mustafa, A.; Oluwole, E.; Pahuja, J.; Davies, D.; *et al.* *BMC Med. Educ.* **2022**, *22* (1), 217.
- [14] Ma, X.; Ma, X.; Li, L.; Luo, X.; Zhang, H.; Liu, Y. *Adv. Physiol. Educ.* **2021**, *45* (2), 409.
- [15] 唐楠, 张宏晨, 王艳红, 燕芳红, 史素杰. 护理学杂志, **2022**, *37* (15), 77.
- [16] 胡莉, 李思强, 李恩中. 中国生物化学与分子生物学报, **2022**, *38* (10), 1426.
- [17] 陈启佳, 李雪梅, 李丹丹, 郑艳铭, 郝建雄. 食品与发酵工业, **2023**, *49* (15), 351.
- [18] 刘欣. 当代教育实践与教学研究, **2019**, (13), 42.
- [19] 高润池, 王晓燕. 中国细胞生物学学报, **2021**, *43* (11), 2186.
- [20] 张铁军, 李富翠, 杨珏婕, 郭旭生, 吴哲, 申玉华, 董世魁. 草业科学, **2022**, *39* (8), 1706.
- [21] 钟颖莉. 黑龙江教育(理论与实践), **2021**, No. 7, 74.
- [22] 燕扬. 大学教育, **2022**, No. 6, 40.
- [23] 赵颖. 大学, **2022**, No. 18, 117.
- [24] 许一平. 教育教学论坛, **2022**, No. 28, 155.
- [25] 翟凯, 程建华. 内蒙古教育, **2020**, No. 33, 51.
- [26] 马晓丽, 常青青. 轻工科技, **2021**, *37* (9), 146.
- [27] 周欣宇, 李尘, 潘春艳. 教育观察, **2019**, *8* (30), 135.
- [28] 许丹, 张展, 孙抗. 教育教学论坛, **2020**, No. 2, 148.
- [29] Li, W. M.; Ouyang, Y. N.; Xu, J.; Zhang, P. F. *J. Chem. Educ.* **2022**, *99*, 1855.
- [30] 岳荣铮, 张敬, 余婷, 曾锐, 左川. 中华医学教育探索杂志, **2021**, *20* (4), 373.
- [31] 崔婷婷, 王小莹, 王玉文. 教书育人(高教论坛), **2022**, No. 15, 101.
- [32] 卢雪琴, 徐莹, 刘仰光, 唐燕. 中国信息技术教育, **2022**, No. 16, 106.