

混合教学模式在药学专业分析化学实验课程中的实践研究

张娟¹, 马艳艳¹, 潘聪洁¹, 雷敬卫^{2,*}, 纪永升¹, 麻秋娟¹, 谢彩侠²

¹河南中医药大学药学院, 郑州 450046

²河南省高校中药质量控制与评价工程技术研究中心, 郑州 450046

摘要: 分析化学实验是药学相关专业的必修课程。在分析化学实验教学中应用线上线下混合模式, 主要包括教学分析、教学过程、学习评价, 即全面分析教学内容、教学目标、学习资源及学生学情, 构建“课前实验预习-课中实验教学-课后实验总结”三阶段相承接、线上线下相融合的教学过程, 采用线上线下全过程性的学习评价方式。通过反思整个教学过程, 分析探讨混合教学模式的应用优势及存在问题。

关键词: 分析化学实验; 混合教学; 线上线下; 药学

中图分类号: G64; O6

Practical Research on Blended Teaching Mode in Analytical Chemistry Experiment Course for Pharmacy Major

Juan Zhang¹, Yanyan Ma¹, Congjie Pan¹, Jingwei Lei^{2,*}, Yongsheng Ji¹, Qiujian Ma¹, Caixia Xie²

¹ College of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China.

² Henan Engineering Technology Research Center of Quality Control and Evaluation of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China.

Abstract: Analytical chemistry experiment is a fundamental and compulsory course for pharmacy major. Online and offline blended teaching mode is designed and applied in analytical chemistry experiment course. The mode includes teaching analysis, teaching process and learning evaluation, specially, (1) a comprehensive analysis of the experimental content, teaching objectives, learning resources and students' learning status; (2) a well-structured teaching process integrating three interconnected stages — pre-class experiment preparation, in-class experiment teaching, and post-class experiment review — merging both online and offline elements; and (3) application of the whole-process evaluation method. Through reflecting the entire teaching process, the application advantages and challenges of the blended teaching mode are discussed.

Key Words: Analytical chemistry experiment; Blended teaching; Online and offline; Pharmacy

分析化学实验是药学相关专业的必修课程, 为高年级药学综合实验提供知识和技能基础, 一般与分析化学理论课程并行开展, 独立设置学分。学生通过学习本门课程, 能够掌握各种分析化学方法的基本实验知识和操作技能, 提高分析解决实际问题的综合能力, 培养严谨认真、实事求是的科学素质, 为以后相关科研和工作打下坚实基础^[1-5]。因此, 分析化学实验课程在药学专业人才培养中具有非常重要的基础支撑作用。

收稿: 2024-03-11; 录用: 2024-05-28; 网络发表: 2024-09-09

*通讯作者, Email: ljwyxy2010@163.com

基金资助: 2023年度河南省本科高校研究性教学项目(研究性教学视野下药学专业基础课程双线融合模式设计与实践研究)

传统分析化学实验课程一般采用“学生课前写预习报告、教师课堂讲授或演示、学生分组实验、课后书写实验报告”的模式开展教学。传统模式下,分析化学实验教学主要存在以下问题:(1) 学生预习主动性不强。预习时,大多学生仅对着实验指导书抄写一遍,不能深入理解实验原理,对实验流程缺乏整体把握,对操作规范缺乏正确认识。(2) 教师课堂讲解和演示一点而过。为保证学生具备充足时间进行自主实验,教师只能压缩讲授时间,或仅演示关键实验操作。线下课堂的简单灌输和被动接受不能很好地帮助学生内化实验知识,提升实验技能。(3) 学生实验“照方抓药”。由于预习不充分,多数学生只能机械重复实验流程,无暇顾及操作规范和实验现象。(4) 学生缺乏对实验过程的主动反思和药学应用的思维拓展,实验报告内容大同小异。为提高教学质效,保证人才培养质量,分析化学实验传统教学模式亟待改革。

随着现代信息技术不断融入教育领域,混合教学模式在诸多专业教学中得到了广泛应用^[6-10]。混合教学模式是线上网络教学与传统课堂教学的有机融合,兼具“线上”和“线下”的双重优势,也是教学资源、教学方式和教学情境等多重要素的融合,既能全面体现学生自主学习的“中心”地位,又能充分发挥教师教学的“主导”作用^[11-13]。以我校专业课程教学改革为背景,在药学专业分析化学实验课程中积极探索构建混合教学模式,并将其应用于教学实践过程。通过介绍混合模式在分析化学实验教学中的设计与实践,思考探析实践路径和存在问题,以期为同类课程教学改革提供参考和借鉴。

分析化学实验混合教学模式如图1所示,包含教学分析、教学过程和学习评价三个环节。

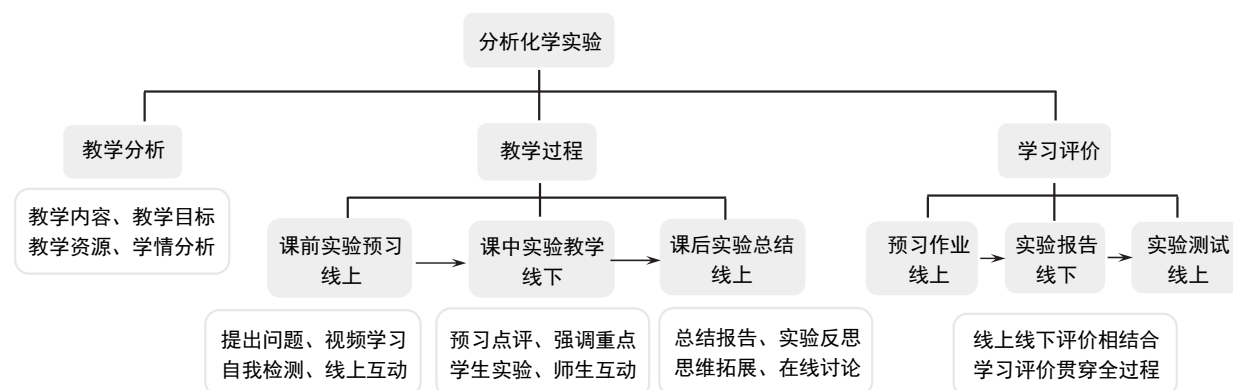


图1 分析化学实验课程混合教学模式设计

1 教学分析

全面分析教学内容、教学目标、教学资源及学情,为精准掌握教学实施的基点和切入点、合理设计教学模式、顺利开展教学实践提供基础支撑。

1.1 教学内容分析

药学专业分析化学实验同步于分析化学理论课程,开设于大二年级第一学期,以高等中医药院校实验实训特色教材《基础化学实验》为指导教材。药学专业分析化学实验课程共30学时,包括电子分析天平称量练习、酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、电位滴定等相关实验项目,以相关药物的含量测定为基础,均为中国药典收录内容。

1.2 教学目标分析

知识和能力目标: 通过分析化学实验,学生准确掌握基本实验操作技能与实验数据处理方法,深入理解各种分析方法原理,运用所学知识指导实验过程,具备分析和解决实际问题的能力。

情感和价值目标: 通过实验操作以及数据分析,增强对“量”的深入理解,体会分析数据“可靠性”与“准确性”的科学意义,培养严谨认真、实事求是的科学作风与坚持探索的科学精神。

融入课程思政要素：滴定过程中，指示剂颜色的变化是我们肉眼观察到的实验现象，但是引起这种现象的本质原因是什么，这需要我们透过现象，根据所学知识探寻本质，运用唯物辩证法和科学思维分析和解决实际问题。

1.3 教学资源分析

混合教学模式下，教学资源不再局限于教材和书本。教师可精心选择丰富的网络教学资源，也可针对不同的教学环节及相应的教学目标，自主创作多媒体课件、灵活设计学习任务、合理建设在线测试题库、精心录制教学视频及实验操作影像，以满足专业教学的实际需要和学生个性化的学习需求。将以上教学资源通过智慧教学平台向学生在线推送，帮助学生实现课前预习充分有效、课堂实验心中有数、课后反思及时深刻，真正做到知原理、会操作、懂分析、善总结。

1.4 学情分析

分析化学实验同步于分析化学理论课程，开设于我院药学相关专业大二年级第一学期。学生通过提前开设的无机化学实验基本练习，已初步了解了滴定过程，但是对规范操作要点缺乏深入认识。我校药学专业理论课程应用线上线下混合教学模式^[7]，为实验课程开展混合式教学提供了实践经验。通过调查，药学专业99%以上学生拥有智能手机或电脑，对各类教学平台及软件的使用较为熟练。实验室、图书馆、微机房、智慧教室等场所实现校园网络全覆盖，为学生提供了便利的网络学习条件。基于以上分析可知，学生具备知识和能力基础，在线学习环境不断完善，分析化学实验课程开展线上线下混合式教学具备充分条件。

2 线上线下相融合的教学过程

融合式教学并非“线上”和“线下”的简单叠加，也不仅仅是在传统教学中简单加入一些信息技术手段。融合式教学将不同认知目标的知识配置到不同的教学形式中，有机整合线上和线下两种教学模式，使二者相互承接、密切关联、互通助力，实现线上线下教学效能最大化，从而真正提升教学效果和教学质量^[14,15]。

2.1 融合前端分析，合理设计课前实验预习

有效预习是实验顺利进行的基础。混合教学模式下，充分融合前端分析结果，以全面分析教学内容、明确教学目标、了解学生学情为基础，在线推送丰富多样的预习资源和恰如其分的预习任务，加强学生课前预习指导，为线下实验过程做好充分准备。分析化学实验的预习内容主要包括课程视频、预习作业、课前检测三个模块。其中课程视频由教师精心录制，包含实验内容讲解与基本实验操作，以学习包形式在线发布。例如，“氢氧化钠(NaOH)标准溶液的配制与标定及苯甲酸药物的含量测定”包含“滴定管的使用”“酸碱滴定操作”和“实验注意事项”三个短视频，每个视频时长3-6分钟。学生可反复观看、自主学习，教师在线查看学习进度，提醒学生及时完成。

分析化学实验的预习任务设计如表1所示。预习任务的形式主要为线上视频观看、思维导图完善、实验流程设计、线上话题讨论等。教师需依据实验内容及其特点，合理设置预习任务的类型及其实施方式。例如，“NaOH标准溶液配制与标定及苯甲酸药物含量测定”以滴定分析概论及酸碱滴定理论为知识基础，同时又为后续滴定实验提供操作技能及数据分析基础。该实验内容基础性强，所含知识点和操作要点多。思维导图能够帮助学生建立知识链接，加深知识理解^[16]。因此，课前，教师通过在线发布思维导图，如图2所示，启发学生联系理论知识，引导学生思考实验问题，帮助学生建立实验认知结构和思维框架。再例如，“乙二胺四乙酸(EDTA)标准溶液配制与标定及中药明矾含量测定”实验过程中加入试剂较多，步骤较为繁琐。针对这一特点，预习任务则以实验流程设计为主要形式。通过绘制实验流程图，学生能够主动思考实验内容，进一步明确和把握整个实验过程。教师选出优秀设计，如图3所示，给予学习评价奖励，并在线推送，为其他学生提供参考，提高预习效果。

表1 分析化学实验预习任务设计

实验项目	特点	预习任务及实施方式
天平称量实验	基础性强, 注重规范操作, 培养称量习惯	观看线上视频, 了解电子分析天平构造, 预习直接法和减量法称量的步骤及注意事项
NaOH标准溶液配制与标定及苯甲酸药物含量测定	酸碱滴定: 注重滴定操作规范, 为后续滴定实验提供操作基础	在线发布思维导图和实验视频。复习酸碱滴定管的使用方法及酸碱滴定操作
EDTA标准溶液配制与标定及中药明矾含量测定	配位滴定: 采用两种滴定方式, 实验过程中加入试剂较多, 实验步骤较复杂	发布小组作业, 在线提交实验流程设计图, 明确试剂加入顺序和目的。教师予以评价
硝酸银标准溶液配制与标定及溴化钾药物含量测定	银量法: 使用两种不同的指示终点方法, 需理解指示终点的原理和滴定条件的选择	在线讨论: 吸附指示剂法和铬酸钾指示剂法的原理及滴定条件的控制
高锰酸钾标准溶液配制与标定及双氧水含量测定	氧化还原滴定: 滴定速度的控制较为特殊; 实验中需使用吸量管准确移取溶液	发布实验视频, 复习吸量管规范使用方法; 在线讨论: 滴定时如何控制滴加速度及其原因?
醋酸电位滴定	电位滴定: 通过绘制滴定曲线, 确定滴定终点, 数据处理较为繁琐	小组讨论, 初步设计数据表格, 思考如何绘制完整的滴定曲线

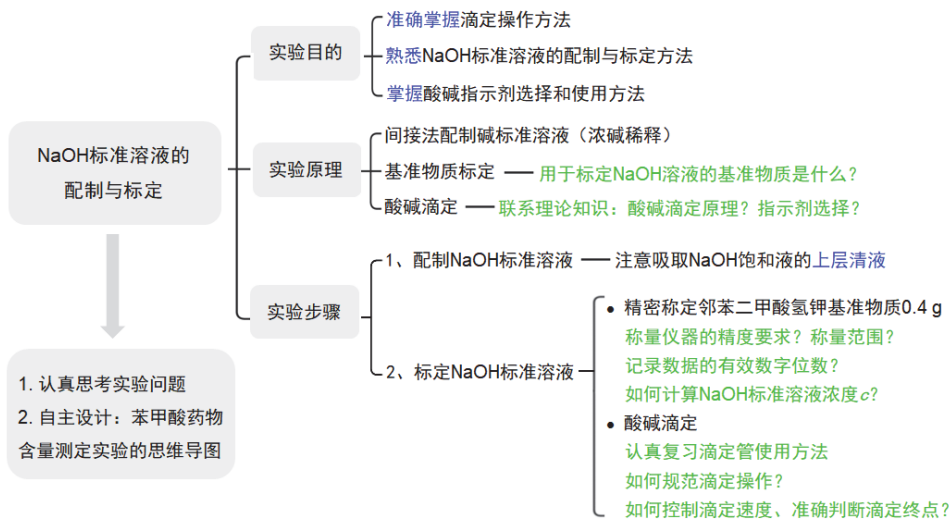


图2 实验预习思维导图

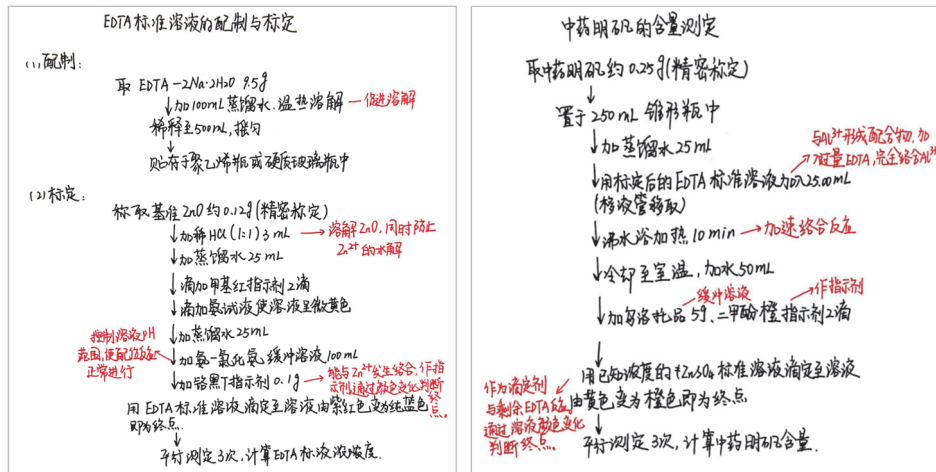


图3 学生设计实验流程图

对于课前检测模块,教师在准确把握教学目标和实验内容的基础上,合理设计线上测试题库。题库数量丰富,可设置为按照题目区块随机抽取,学生抽题重复性较低,能够保证检测效果。测试结束后可以得到统计分析结果。例如,统计结果显示,有超过一半的学生选择“减量法称量、溶解、定容”的方法配制NaOH标准溶液,可见学生对实际应用的浓碱稀释法并不熟悉。因此,教师设计线下课堂教学过程时,需引入这一问题的点评纠正,通过反馈线上预习问题,有效实现线上线下相融合。

2.2 融合线上预习,设计线下实验教学

线下实验教学充分体现“以学生为中心”,使用翻转课堂、演示、讨论等教学方式,引导学生完成知识内化,有效掌握实验技能,实现教学目标。以充分了解学生课前预习情况为基础,及时反馈线上学习问题,确定课堂教学起点,强调实验重点,解释实验难点,是线下实验教学有效融合线上学习的有效路径。

以“NaOH标准溶液配制与标定以及苯甲酸药物含量测定”实验为例,线下课堂中,首先对课前任务、评测结果及线上讨论进行点评分析。课前讨论结果显示,接近55%的学生虽然知道半滴操作,然而对于滴定过程中何时进行半滴操作、具体如何操作的认识比较模糊。半滴操作是保证测定结果准确度的关键实验技能,教师应于线下课堂中进行详细解答,并展示临近终点时的实验现象。通过演示半滴操作,帮助学生解决疑惑,提高实验技能的自我要求标准,体会滴定分析实验的严谨性,培养学生认真耐心的实验态度以及精益求精的科学精神。

通过课前预习,学生已基本掌握实验流程,教师在课堂中不需再重复讲解。但是,滴定实验过程中需要注意的地方较多,涉及的知识点较为琐碎。例如,滴定管检漏容易被忽略、读数时滴定管不竖直、吸量管使用不规范等都会引起较大误差。而仅仅依靠教师的灌输式讲解,并不能很好地引导学生关注和理解这些问题。可采用翻转课堂方式,以小组为单位,鼓励学生认真思考“滴定管的使用步骤如何,滴定时怎样规范操作?”,引导学生充分开展讨论,主动提出问题,有效解疑释结。教师及时点评,汇总问题,强调重点,解析难点。经过充分讨论,学生能够深入理解实验内容及注意事项,从而进一步完善实验知识体系,明确实验操作要点。

经过翻转课堂、互动讨论等教学过程,学生对实验的认识理解已较为全面深入,能够有条不紊地进入实践操作环节。基于对实验流程的透彻理解,学生在实验过程中能够及时意识到实验操作规范性,主动思考各种实验现象。通过引导学生观察滴定终点时溶液颜色的变化,启发学生联系所学知识探寻变色本质,将“透过现象看本质”的思政元素有机融入实验教学,培养学生运用唯物辩证法和科学思维解决实际问题的综合素养。实验操作环节也为师生互动和生生互动提供了充足时间和便利条件。根据多年教学经验发现,学生在滴定实验过程中较易出现滴定操作和数据记录不够规范、对实验现象思考不深入等问题。因此,教师需不断巡回指导,加强师生互动,及时纠正操作不规范现象,通过适时提醒,督促学生养成良好的实验习惯。以小组合作为基础,鼓励小组讨论,对照课前学习资源,进一步明确规范操作要点。巡回指导中,教师还需引导学生不断反思实验过程,总结成功经验,分析失误原因,如实记录实验数据,恪守学术道德,培养学生实事求是的科学态度和积极探索的科学精神。

2.3 融合线下课堂教学,反思实验过程,合理设计课后拓展

对线下课堂教学过程及时反思与总结,并在线反馈,加强互动,是合理设计课后实验拓展的基础,也是线上线下融合的有效途径。

实验完成后,教师及时总结实验过程中存在的问题并在线发布,如溶解基准物时用玻璃棒搅拌、滴定速度控制不当、滴定终点时溶液颜色较深、滴定管未取下进行读数等现象,教师将相关滴定操作视频发布至教学平台,鼓励学生对照和反思。通过总结和反思,学生分析实验数据,认真撰写实验报告并按时提交。教师从实验数据记录与分析、结果与讨论、书写与订正等方面给予批改和评价,及时反馈实验报告存在的问题,帮助学生及时检查与纠正。

紧密结合药学专业特点、实验教学目标及学生课堂实验情况,灵活设计课后任务,以拓宽学生

视野和思维。例如针对酸碱滴定实验，设置课后任务为“查询中国药典，了解哪些药物可以采用酸碱滴定方法进行测定”。以此为主题，在教学平台发布讨论话题，鼓励学生线上交流互动。通过完成课后任务，学生对阿司匹林等药物的测定原理及过程有了初步了解，思维不再局限于分析化学实验课程的基本内容，同时也为高年级药物分析“两步滴定法测定阿司匹林肠溶片的含量”实验提供了一定知识和实践基础。

3 考核评价

药学专业分析化学实验课程采用线上线下相结合的考核评价方式，学习评价贯穿混合教学全过程。考核的根本目的不是给出一个评价分数，而是为了充分调动学生实验的主动性，促使学生注重实验课程的各个学习环节。课程评价项目如图4所示，包括课前作业、实验报告、实验操作和实验测试。

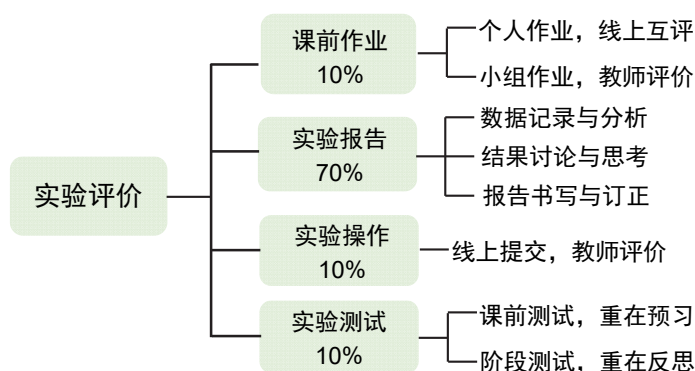


图4 分析化学实验课程考核评价模式

依据实验内容和特点，将课前作业设置为个人作业和小组作业，均通过线上提交，个人作业采用生生互评，小组作业则由教师予以评价。对于实验报告，教师首先制定评价细则，如表2所示，并向学生发布，以督促学生规范、认真书写。对于实验操作，学生于线下实验中，小组协作录制操作视频，包括减量法称量与滴定实验操作(从逐滴滴加开始，到半滴操作，再到滴定终点)，以短视频形式提交于教学平台，教师在线查看并给予评价。实验测试包括课前测和阶段测，课前测试重在帮助学生预习实验内容，熟悉实验原理和步骤，思考实验相关问题；阶段测试重在引导学生总结反思实验过程和实验经验，进一步加强知识内化、掌握实验技能。

表2 分析化学实验报告评分细则

评价项目	分数	评分说明
题目、目的	10分	题目正确；目的明确、清楚
原理	10分	原理描述正确、完整、简洁
试剂与设备	10分	试剂和设备记录完整，试剂需注明纯度
步骤	20分	实验过程描述准确、详细、条理清晰
数据处理与结论	40分	数据记录规范清楚；处理方法正确合理，计算过程清晰；结果正确，表达规范；作图需使用坐标纸或数据处理软件；结论合理明确
思考	10分	对实验过程进行思考、总结和分析，回答相关思考题

4 教学效果反馈

首先，对近两年药学专业分析化学实验综合成绩进行统计和分析，结果如表3所示。混合教学模

式下, 2021级药学专业大多数学生的分析化学实验综合成绩在80–89分, 占比78.4%, 成绩优秀的学生占比14.8%, 无不及格现象。对比分析可知, 2021级成绩优秀率明显高于2020级, 80分以下的学生占比明显低于2021级。

表3 药学专业分析化学实验综合成绩数据

分析化学实验	60–79分	80–89分	90分以上	平均分
2021级(混合教学)	6.8%	78.4%	14.8%	85.3
2020级(传统教学)	12.7%	80.5%	6.8%	83.8

其次, 通过问卷星平台对2021级药学专业学生发起调查问卷活动。结果显示, 96%的学生认为线上预习有利于增强实验操作信心, 92%的学生认为线上预习能够帮助自己顺利完成实验, 94%的学生认为线上线下混合模式更有利于提高实验综合能力。由图5可知, 学生普遍认为最有帮助的线上预习资源分别为实验课件与实验操作视频, 混合教学模式在提高自主预习、自主实验、帮助理解实验原理和养成良好实验习惯等方面表现出了良好优势和应用潜力。综上可知, 分析化学实验课程应用线上线下混合教学模式, 得到了多数学生认可, 初步取得了较好效果。

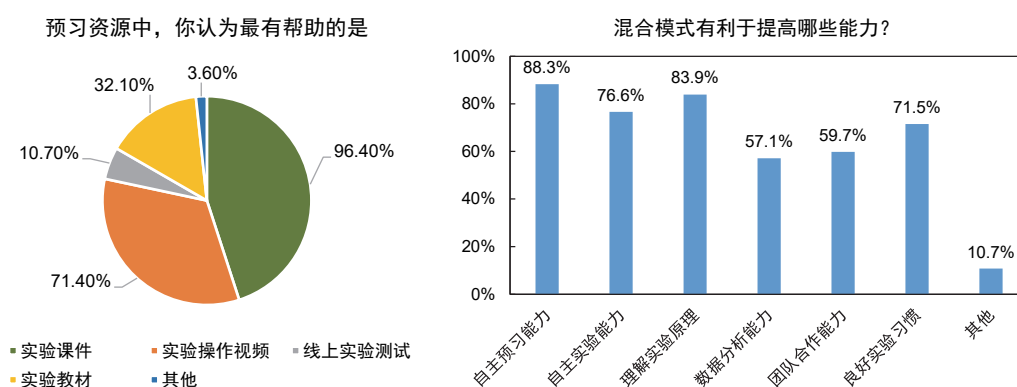


图5 线上线下混合教学模式实践问卷调查结果

5 教学反思

教学反思是教师对教学实践的再认识和再思考^[17,18]。通过反思整个教学过程, 我们认为, 混合教学模式在分析化学实验课程中的应用实践具有以下优势: (1) 丰富多样的课前预习资源能够满足各类学生自主学习的需要。不同的预习资源具有不同特点, 例如, 实验课件内容完整、表述详细, 实验视频制作简单、短小精悍, 思维导图层次分明、脉络清晰, 线上测试立足基础、重点突出。多种形式的预习资源打破了以往简单抄写实验教材的单一预习活动, 使学生对实验原理、实验步骤、实验操作规范等有了更为全面的认识与理解, 预习效果大大提升。(2) 线上教学平台对学生课前预习情况的全面统计分析为教师合理设计线下实验教学提供了有利基础。通过分析统计结果, 可及时掌握学生预习情况及存在问题。线下实验教学时, 可有效避免枯燥的“满堂灌”和无效的“重复讲解”, 将线下宝贵的时间和精力用在“刀刃”上, 切实提高实验教学效果。(3) 日益智能的教学平台为师生互动提供了良好途径。例如, 个别学生自主学习能力不足, 未能及时完成作业或测试, 教师可实时在线查看并“一键催交”, 还可向学生单独发送私信, 询问情况, 及时帮助学生解决学习中的困难和疑惑。(4) 多样化的考核评价方式贯穿整个学习过程, 突出了学生学习主体性。针对课前线上预习、线下实验操作以及课后实验总结, 可灵活采用不同的评价方式, 以全面反映学生学习过程。依据评价结果, 学生及时发现问题, 从而不断提高自主学习能力。

分析化学实验混合教学实践过程中, 需注意以下问题: (1) 课前预习资源不够生动有趣, 将难以充分调动和激发学生学习兴趣。例如, 多数实验课件和视频客观准确有余, 但生动有趣不足, 有些还显得枯燥无味。针对这一问题, 教师可充分挖掘药学专业特点, 自主录制富有趣味性或生活化的实验视频, 结合虚拟仿真实验技术, 充分调动学生学习兴趣, 全力保障课前预习效果。(2) 课前预习、线上测试及课后拓展的设置需深度融合实验内容、教学目标、专业特点及学生学情等因素。设置学习活动的目的不是为了评价学生, 而是在于帮助学生学懂弄通。因此, 设置学习资源时, 应避免复杂繁多、难度过高, 以免加重学生的心理负担。(3) 线上线下有机融合才能充分发挥混合式教学的最大优势。混合教学实践中, 线上学习与线下教学易形成两个平行过程, 使得混合教学效果打了折扣。例如, 线上预习活动结束后, 各种学习资源束之高阁, 线下实验及课后阶段, 学生也不再及时对照规范操作进行自主反思。再比如, 教师没有全面把握线上学情, 或没有将线上学情有机融入线下教学过程, 线下实验教学必然出现灌输式或重复性讲解, 学生关心或疑惑的问题反而没有得到解决。因此, 对线上线下学习场景无缝融合、线上线下教学内容无缝衔接、信息技术与教学情境及教学方式的深度互融等方面仍需进行深入研究和实践, 以推进混合式教学的有效实施和完善, 切实提升专业教学成效和教学质量。

6 结语

混合教学模式在诸多专业教学中已得到广泛研究和实践。以充分加强教学分析、精心设计线上线下相融合的教学过程、应用过程性考核评价方式为基础, 混合教学模式在药学专业分析化学实验教学中取得了较好的实践效果。混合教学模式融合了信息网络教学与传统课堂教学的双重优势, 也为教学资源、教学方法、评价方式等教学要素的相互融合创造了有利条件。混合教学模式的应用, 使学生学习、师生互动等教学活动不再局限于固定课堂和固定时间, 充分发挥了学生学习的主体地位及教师教学的主导作用, 具有较强的实践意义。

参 考 文 献

- [1] 兰瑞家, 苏文斌. 化学教育(中英文), **2019**, *40* (6), 40.
- [2] 林天然, 侯丽, 董家新, 叶芳贵, 田建泉, 张亮亮, 赵书林, 邱建华, 沈星灿. 大学化学, **2022**, *37* (7), 2109019.
- [3] 刘晓霞, 杨洁, 吴喆, 程时劲, 赵亚军. 生命的化学, **2020**, *40* (6), 943.
- [4] 陈芳, 王宏, 刘敏, 王楠, 朱丽华. 大学化学, **2023**, *38* (5), 26.
- [5] 杜振霞, 杨屹, 苏萍, 胡高飞, 吕超, 张丽娟. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (24), 40.
- [6] 王丽岩, 陈红. 食品工业, **2024**, *45* (2), 189.
- [7] 柴惠芳, 杨玉辉, 董榕, 张紫薇, 李萌, 沈丽燕. 现代教育技术, **2022**, *32* (5), 110.
- [8] 黄鑫, 周伟涛, 王少博, 马季玫, 黄伟韩, 张晓莉. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (10), 65.
- [9] 欧阳建明, 彭刚, 罗剑, 郑浩斌. 高等教育研究学报, **2021**, *44* (3), 58.
- [10] 阎群, 李擎, 崔家瑞, 李希胜, 杨旭. 实验技术与管理, **2021**, *38* (1), 198.
- [11] 张锦, 杜尚荣. 教学与管理, **2020**, No. 9, 11.
- [12] 徐靖喻. 教育评论, **2022**, No. 6, 140.
- [13] 陈怡君, 孙爱晶. 继续教育研究, **2022**, No. 11, 87.
- [14] 沈欣忆, 苑大勇, 陈晖. 现代教育技术, **2022**, *32* (4), 40.
- [15] 穆肃, 王雅楠, 韩蓉. 开放教育研究, **2021**, *27* (5), 63.
- [16] 金丽花, 田磊, 王超展, 李延, 郭艳丽, 张宏芳. 大学化学, **2022**, *37* (12), 2112042.
- [17] 赵潇. 教学与管理, **2019**, No. 12, 67.
- [18] 郭俊杰, 李芒, 王佳莹. 教师教育研究, **2014**, *26* (4), 31.