

民族高校物理化学实验混合式一流课程创新教学设计及实践

阳耀月*, 贾维尚, 马朝霞, 姜晓乐, 吴亚娟

西南民族大学化学与环境学院, 成都 610225

摘要: 物理化学实验是化学、环境、制药类专业的必修基础课, 传统线下实验教学理念和模式不仅难以适应“新工科”人才培养的共性要求, 也无法满足民族高校培养服务民族地区人才的独特要求, 亟待改革创新。于此, 西南民族大学物理化学教学团队获批建设了四川省一流混合式课程(物理化学实验I), 其教学创新主要包括教学模式重构、教学内容升级、教学方法多样化、评价体系多维化等内容, 促进“知识-能力-价值”三维教学目标的实现。同时, 基本形成了“教学反思-教学改革-课堂应用-成果反馈”的实证分析型教学研究范式, 其成果和经验或可推广至其他化学实验课程, 为建设高水平混合式一流实验课程提供借鉴。

关键词: 物理化学实验; 混合式教学; 模式重构; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Innovative Teaching Design and Practice of a Blended First-Class Course on “Physical Chemistry Experiment” in Ethnic Universities

Yaoyue Yang*, Weishang Jia, Zhaoxia Ma, Xiaole Jiang, Yajuan Wu

School of Chemistry and Environment, Southwest Minzu University, Chengdu 610225, China.

Abstract: The “Physical Chemistry Experiment” is a core foundational course for students majoring in chemistry, environmental science, and pharmaceutical sciences. Traditional offline experimental teaching methods are increasingly inadequate in meeting the general demands of talent development under the “emerging engineering education” framework. Moreover, these methods fail to address the unique needs of ethnic universities in training professionals who can serve ethnic regions. Consequently, reform and innovation in teaching are urgently needed. In response, the Physical Chemistry teaching team at Southwest Minzu University has developed a blended first-class course, “Physical Chemistry Experiment I”, which is recognized as a leading course in Sichuan Province. Key innovations in this course include the restructuring of the teaching model, enhancement of course content, diversification of teaching methods, and the development of a multidimensional assessment system. These innovations aim to achieve the threefold educational goals of “knowledge, skills, and values”. Furthermore, the team has established an evidence-based pedagogical research model that integrates “teaching reflection-teaching reform-classroom application-feedback”, offering a framework that can be applied to other chemistry experiment courses. The results and experiences gained can serve as a valuable reference for the development of high-quality blended experimental courses.

Key Words: Physical chemistry experiment; Blended learning; Model restructuring; Curriculum-based ideological and political education

收稿: 2024-09-27; 录用: 2024-12-05; 网络发表: 2025-02-27

*通讯作者, Email: yaoyueyoung@swun.edu.cn

基金资助: 2024-2026年四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目(服务四川“三州”新能源材料化学人才培养模式研究和实践)

《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》(教高司函(2017)6号)中明确指出,当前迫切需要通过高等教育改革培养具有工程创新能力和可持续竞争力的“新工科”人才。对于高水平人才培养,高质量的本科课程建设是重要基础。2018年6月,新时代全国高等学校本科教育工作会议提出,要建设有深度、有难度、有挑战度的“金课”。2019年10月,教育部发布《关于一流本科课程建设的实施意见》,将一流课程建设提上了日程。2021年8月召开的中央民族工作会议强调,当前工作主线是铸牢中华民族共同体意识,推动新时代党的民族工作高质量发展,民族高校在培养服务民族地区人才方面承担着特殊使命,需加快进行相应的教学改革,为民族地区培养“进得去、留得住、用得上、干得好”的永久牌人才,推动民族地区高质量发展^[1]。

在化学、化工、环境类人才的培养过程中,物理化学实验是重要的专业必修课。一般而言,该课程的目标是夯实理论知识、培养实验技能,提升其基本研究能力和综合素质,为学生后续学习、工作打下坚实基础;对民族高校而言,还须特别注意课程思政,培养家国情怀、扎根意识和奉献精神,为民族地区培养“永久牌”人才^[2,3]。然而,传统线下实验教学理念和模式不仅难以适应“新工科”人才培养的共性要求,也无法满足民族高校人才培养的独特要求,亟待改革创新。近年来,随着信息化技术的进步和发展,催生出新的线上线下混合的教学新形态,国内外混合式教学研究已成为热点话题^[4-6]。之前的教学教研研究表明,混合式教学(含虚拟仿真教学)可以提高学生的学习效果和实验技能,对于实验教学有明显帮助^[7,8]。因此,笔者及其教学团队基于本校的实际,依托中国大学MOOC网和西南民族大学省级化学类虚拟实验教学中心,针对性和定制化地进行混合式教学改革。

1 学情分析和教学反思

西南民族大学物理化学实验已经开设70余年,现已形成完善的实验教学体系,具有完备的实验教学软硬件条件,具有丰富的教学经验,但仍存在如下问题:

首先,学生学科基础参差不齐,学习效果不理想。我校60%为少数民族学生,其中约15%生源来自于“老、少、边、穷”地区(图1A),学科基础参差不齐。同时,由于本课程对理论基础要求高、仪

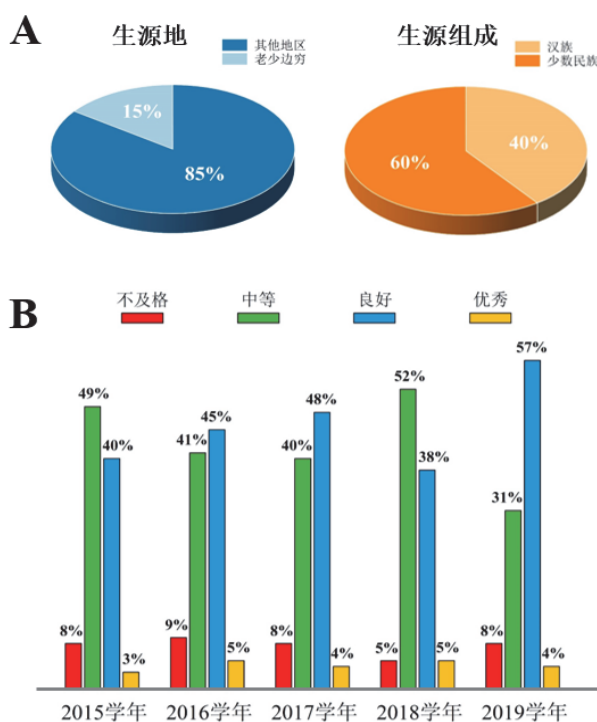


图1 (A) 生源情况; (B) 改革前(2015-2019学年)学习成绩分布

器设备多、公式多计算难,学生学习难度大、积极性不高。过去,学生该课程平均不及格率高达8%,平均优秀率却不足5%(图1B)。

其次,传统实验教学模式和理念缺乏“高阶性、创新性、挑战度”(即“两性一度”),难以适应“新工科”人才培养的要求。传统线下实验教学以教师为中心,教师讲授示范、学生模仿操作是实验教学的常态,这仅利于解决“记忆、理解、应用”的初级认识目标,对于“分析、综合、评价”的高阶目标难以完成^[9]。同时,传统实验教学课程内容主要以经典实验内容为主,未能反映前沿性和时代性。另外,传统的学习成绩评价主要以实验报告为基准,难以客观、有效地考查学生在知识认知、实践技能及学习态度方面的综合表现,不能支撑“知识-能力-价值”三层教学目标的实现。

最后,传统线下实验教学模式难以适应民族高校人才培养独特要求^[10]。民族高校人才培养目标具有独特性,其工作主线是铸牢中华民族共同体意识,因此须做到专业教育与思政教育并重。传统实验课程更多把教学重点放在知识传授,忽视了育人^[11],未把专业教育与课程思政深度融合,难以将服务民族地区的意识深植于学生心中。

2 混合式教学改革和实践

2.1 教学模式改革和建构

针对上述问题,基于“高阶性、创新性、挑战度”要求,以“学生中心、产出导向、持续改进”先进教学理念为指导,结合民族高校教育教学的特色和主线任务,通过教学设计、内容升级、教法更新和评价优化等具体方案,重构了新型实验教学模式(如图2所示),打造符合民族高校“新工科”人才培养特点的示范性基础化学实验课堂,提升实验教学质量。具体而言,将线上和线下环节有机结合,实现教学模式的重构;开展沉浸式的探究型、讨论型基础化学实验教学;定制思政教学目标和思政内容;引入翻转课堂、虚实结合和项目式教学等方法,重视多维度多主体的过程评价。同时,通过混合式教学,实现拉平起点、弥补差异的教学目标。主要包括构建个性化学习路径,通过线上平台提供个性化的学习资源和路径,允许学生根据自己的学习节奏和基础进行自主学习,从而为所有学生提供平等的学习机会;引入差异化教学策略,根据学生的学科基础和学习能力,设计差异化的教学内容和活动,以确保每个学生都能在实验课程中取得进步;提供线上辅导和支持,利用线上平台提供额外的辅导和支持,特别是对于那些基础薄弱的学生,以帮助他们更好地理解 and 掌握实验



图2 民族高校混合式实验教学模式改革思路示意图

技能。通过上述教学改革，最终实现实验教学在知识、能力和价值方面的三维教学目标。

2.2 教学实施方案

2.2.1 基于MOOC的“三阶段十二环节”教学模式

如图3所示，基于实验课“课前-课中-课后”三个教学阶段，分别设置十二个教学环节。其中视频学习(15-25分钟)、讲义学习(15-20分钟)、课前测验(10分钟)、课中测验(10分钟)、讨论答疑(20-30分钟)等环节由学生在规定时间内通过线上系统完成。而预习报告、课堂讲解(45分钟)、仿真练习(30分钟)、完成实验(100分钟)、数据分析和实验报告撰写等属于线下环节。上述环节在时间轴上合理推进，实现了线上+线下环节有机融合，高质量完成教与学^[12]。因此，我们建立了线上线下教学内容的融合机制，采用“三阶段十二环节”的教学模式，确保线上线下教学内容的深度融合。在课前阶段，学生通过线上平台学习视频和讲义，完成课前测验，这为线下的课堂学习打下了基础。在课中阶段，学生将线上学习的内容与线下的实验操作相结合，通过仿真练习和实际实验来加深理解。在课后阶段，学生通过线上平台提交实验报告，并参与线上讨论，这有助于巩固和拓展线下学习的内容。每个环节均在线上线下有对应的内容，且环环相扣、层层递进，逐步深入。基于此设计，可充分发挥线上MOOC系统和教师的优势，使得“因人因课制宜、多次反复学习”成为可能，又借助我校省级虚拟仿真实验教学平台，引入“虚实结合”的先进教学方法，利用虚拟仿真技术构建虚实结合的实验教学环境，让学生在虚拟环境中进行预习、模拟和复习，提高实验效率和安全性，帮助基础薄弱的同学提高实验学习效果。同时，该设计为实现实验教学“高阶性、创新性、挑战度”提供了基础，在常规基础型实验和综合型实验模块完成后，增设了创新型实验模块，基于问题的学习(PBL)模式，让学生在在线学习阶段就提出问题，然后在线下实验中寻找答案，这样的设计促进了线上线下教学内容的有机结合。

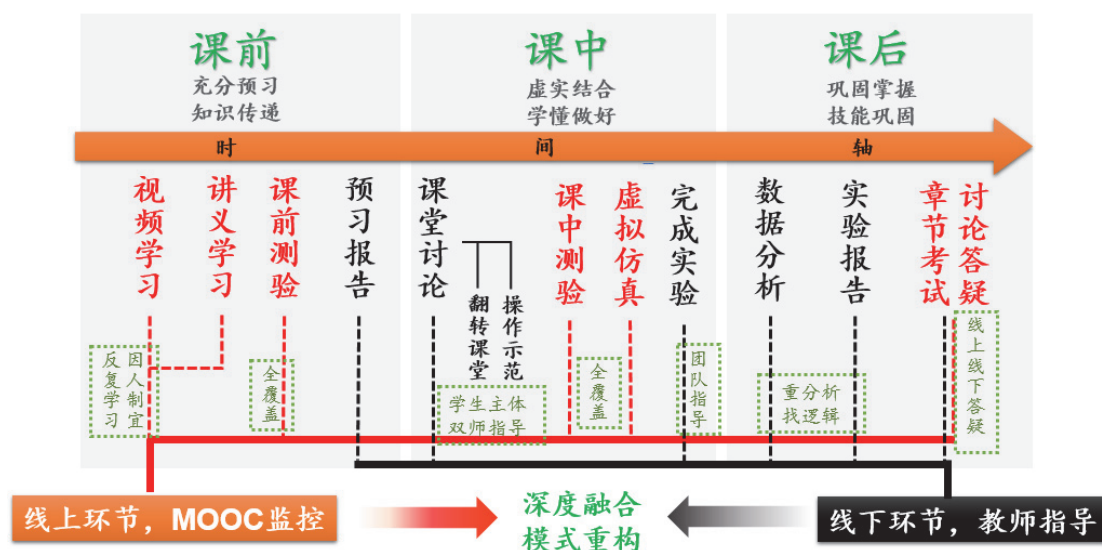


图3 物理化学实验混合教学设计示意图

2.2.2 专业教学与思政教育并重的教学内容升级

对于专业教学内容，持续设计和开设趣味性、探究型实验项目尤为必要^[13]。例如将“饱和蒸气压测定”实验与高原地区实际生活关联，得出不同海拔饱和蒸气压与沸点的关系，并要求学生预测几十个高海拔地区水的沸点。同时，大胆地引入前沿科学研究内容，基于教师实际科研成果，开发了系列创新型实验内容，供学有余力的同学开展讨论式学习，满足分层、分类教学的目标。例如对应“蔗糖水解速率常数测定”实验，将主讲教师发表于SCI一区期刊论文的部分结果转化为“甲酸自

分解反应速率及活化能测定”实验。现已经有6项实验被转化(表1), 其他成果正持续建设中。

表1 教学团队科研成果转化成探究性、讨论型实验项目举例。

实验项目	对应实验项目或理论知识	参考团队科研成果
甲酸自分解反应速率及活化能测定	蔗糖水解速率常数测定	[14]
二氧化碳电还原伏安行为测定	电动势测定及其应用; 极化曲线测定	[15]
Selective Catalytic Reduction (SCR)脱硝催化反应 速率常数的测定	催化反应动力学	[16]
催化剂表面吸附曲线的测定	固体表面吸附等温曲线	[17]
电池材料的极化曲线测定	极化曲线测定	[18]

对于思政教育而言, 结合民族高校特色, 深入挖掘物理化学实验课程中的思政元素, 定制了思政教学目标和内容, 将思政教育贯彻贯穿于整个“线上+线下”教学环节。课前阶段, 学生自主学习精心开发的含有课程思政内容的视频和讲义; 课堂阶段, 教师线下授课中融入思政元素(表2); 课后阶段, 学生撰写实验学习心得体会。学生既能充分学习掌握专业知识, 又无形中完成了思政教育。必须指出的是, 民族高校思政教育应以铸牢服务民族地区“新经济”发展的意识为主线展开。实际思政教育中, 我们大量引入身边鲜活的先进事迹, 让学生获得实在、接地气的感触和体会。如在“粘度法测定高聚物分子量”实验中引入西南民族大学陈华林教授团队应用聚酯高分子治理高原沙化的创新事迹; 在“凝固点降低法测分子的摩尔量”实验中嵌入西南民族大学物理化学教研组退休教授张嫦在艰苦条件下自主设计和改造教学仪器的事迹; 通过介绍我国在物理化学实验领域的科研成果和贡献, 培养学生的家国情怀和民族自豪感; 通过强调实验安全和环保意识, 培养学生的社会责任感和职业道德; 通过团队合作和小组研讨, 培养学生的团结协作精神和沟通能力。我们将思政元素有机融入实验教学的各个环节, 实现专业教育与思政教育的深度融合。精准地实现课程思政, 达到“勇于创新, 扎根边区, 奉献服务”等思政教育的目的。

表2 物理化学实验教学中精准融入思政教学元素举例。

实验项目	思政元素	思政目标
燃烧焓变的测定	中国量热技术和装置的发展	科学创新能力, 爱国主义情怀, 社会责任
二组分固液体系相图的绘制	攀钢钒钛合金冶炼技术; “三线”建设介绍	家国情怀, 科学精神, 奉献精神
液体饱和蒸气压的测定	高原戍边战士在高海拔地区的热热水供应状况	家国情怀, 社会责任感, 扎根民族地区
粘度法测定高聚物分子量	西南民族大学陈华林教授团队应用聚酯高分子治理高原沙化的创新事迹	创新精神, 科研报国意识, 扎根民族地区意识
极化曲线的测定	中国电化学领路人田昭武、查全性院士事迹	家国情怀, 永攀高峰精神, 目标驱动学习
溶液中的吸附作用和表面张力的测定	表面张力在日常生活中的应用; 蓝月亮公司的日化产品创新	终身学习意识, 攻关意识, 创新精神, 服务意识
凝固点降低法测分子的摩尔量	西南民族大学张嫦教授在艰苦条件下自主设计和改造教学仪器的事迹	目标驱动学习能力, 奉献精神, 服务意识
胶体电泳速率及 ζ 电势的测定	中国胶体科学奠基人傅鹰先生事迹简介	家国情怀, 科学创新精神

2.2.3 具有挑战度的多维化评价体系

为了与教学模式相适应, 我们摒弃传统实验教学以实验报告为主的评价方式, 基于各个教学环

节针对性地设置了新的评价要素,形成新的评价体系(图4)。新评价体系的根本目的是确保学生能够达成物理化学实验教学目标。具体而言,利用线上平台对学生线上自主学习过程如视频学习、讲义学习、课前测验等进行评分(40%),线下课堂以学生的参与度、活跃度如课堂讨论、分析、互评、课堂测验等进行考核(15%),同时实验报告注重对数据分析和结果讨论的高要求(45%)。可见,该评价体系是以多维度评价为首要原则,采取多主体、多层次、全过程评价。既有终结性评价又包含大量形成性评价;既有线上自动评价,又有线下老师评价、生生互评;既评价学习结果,又重视学习参与度和学习态度。整个评价体系显示出“重过程,重分析,有挑战;时效性,自动化,可测量”的特点。评价内容涵盖学生的知识掌握、技能操作、创新能力、团队协作、学习态度等多个方面。通过过程评价(例如表3),可以及时了解学生的学习情况和问题,为其提供针对性的指导和帮助。同时,针对不同实验相应设置了具体化的考核指标,确保每个指标都能够反映学生在达成教学目标方面的进展。同时,过程评价也有助于激发学生的学习兴趣 and 积极性,提高其自我管理和自我提升的能力。

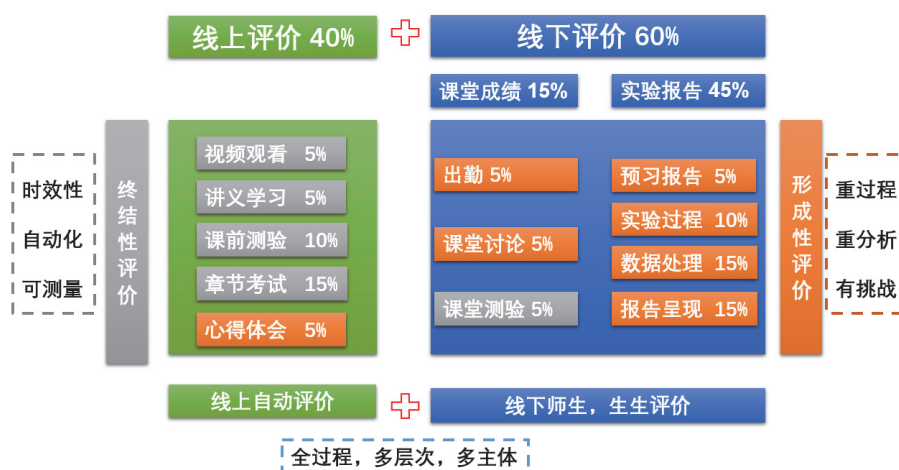


图4 适应本课程教学模式的教學评价体系及特点示意图

表3 实验过程评价标准举例

燃烧焓变的测定实验过程评价标准					
序号	步骤	标准	分值	教师评分	学生互评
1	仪器装配	实验仪器装配正确	5		
2	样品、棉线、燃烧丝称量	电子天平称量操作标准	5		
3	样品装入氧弹	样品不掉落, 燃烧丝和坩埚不接触,	10		
4	氧弹电极形成回路	正确使用万用表, 确认氧弹电极形成回路	10		
5	高压钢瓶使用	正确使用钢瓶减压阀	10		
6	向氧弹充入氧气	分两次充气; 充入氧气压力为1.0-1.2 MPa	15		
7	装氧弹、加水、检漏	氧弹被淹没, 无气泡	5		
8	连接电极并插入温度传感器	不短路, 传感器垂直插入, 不出现弯曲	10		
9	开电源	量热计三个指示灯均亮	10		
10	采零	多次采零, 电子温度计温度差读数稳定不变	5		
11	点火	点火指示灯由“亮”变“灭”	5		
12	实验结果	实验结果合理	10		
总分					

3 混合式教学改革成效

首先, 教学互动明显增强, 学习效果明显提升, 提高了学生的学习兴趣和积极性。通过混合式教学模式, 学生可以更加自主地安排学习时间和学习方式, 提高了学习的主动性和积极性。沉浸式的探究型、讨论型实验教学也让学生更加深入地参与到学习中来, 增强了其学习的体验感和成就感。如图5所示, 统计结果表明通过线上平台可以有效监控学生的学习情况, 督促学生进行自主学习。同时, 通过线上各环节的监控反馈, 可以直观客观地分析学生对课程的参与度和活跃度, 为教师掌握课程运行情况提供直观的数据反馈(如图5所示)。经过改革, 学生学习积极性明显改善, 线上课程内容完成度接近100%。互动交流明显增多, 学期讨论答疑发帖达到1200余条, 提高了学生自主学习能动性。经过改革创新实践, 学生成绩明显提升。不及格率由8%基本降到0, 平均优秀率由5%提升至20%, 达到了分层分类教学的目标。

其次, 学生综合能力提升, 促进多维度发展。学生动手能力提高, 增强了学生实践创新能力。通过多层次的实验教学内容和虚实结合的教学环境, 学生可以更加全面地掌握实验技能和操作方法, 并培养其创新思维和研究能力。同时, 项目式教学的开展也让学生有机会将所学知识应用到实际问题中去, 提高了其解决实际问题的能力。经过团队教师指导, 获批国家级、省级大创项目10余项, 本科生以第一作者发表SCI论文5篇, 获得各级各类竞赛奖励20余项, 多名本科生进入国内外名校深造。

最后, 思政教育作用凸显, 铸牢正确价值观和扎根意识。实现了专业教育与思政教育的深度融合。通过定制思政教学目标和内容, 并将思政元素有机融入实验教学的各个环节中去, 可以更好地培养学生的家国情怀、社会责任感和职业道德等素质。同时, 这也有助于提升学生的综合素质和竞争力。多名学生毕业后志愿回到少数民族地区工作和服务, 为少数民族地区培养高素质人才, 助力实现民族高校独特的人才培养要求和铸牢中华民族共同体意识的目的。

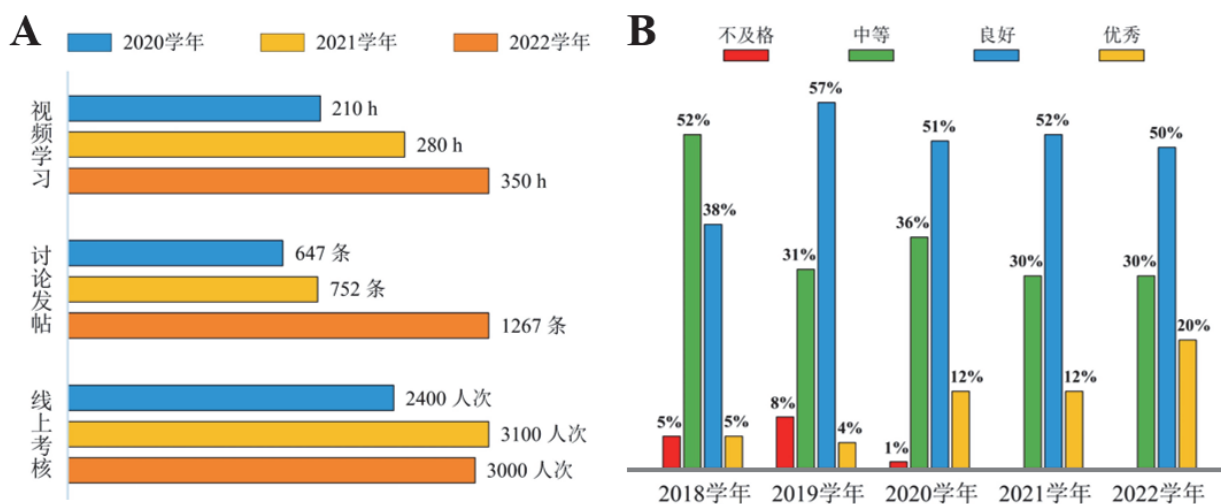


图5 (A) 2020–2022学年线上学习情况统计; (B) 2018–2022学年学生成绩分布情况。

4 结语

本课程立足“教学反思–教学改革–课堂应用–成果反馈”为主线的实证分析型教学研究范式, 以金课的“两性一度”要求为指导, 结合民族高校教育教学的特色和主线任务, 设计了新型混合实验教学模式, 升级了专业和思政教育资源, 并通过虚实结合和翻转课堂、探究式教学等先进教学方法, 显著提高了实验教学效果。本课程融合线上、线下教学环节, 实现化学实验教学模式重构; 引进创新的考核评价体系和多种教学方法, 提高专业教学质量; 全流程嵌入高质量思政教育, 铸牢服务民

族地区发展意识,其成果和经验可推广至其他基础化学实验、甚至是专业实验课程,促进建设高水平的混合式一流课程。今后的工作中,我们将顺应党和国家“推进教育数字化”战略行动,加快学习和推进化学基础实验课数字教育化转型,充分利用国家数字教育新基建,升级教学理念、变革教学模式,更新数字化教学方法和内容,培育教学团队,推动构建新型数字化化学基础课教学范式。

致谢: 感谢西南民族大学化学与环境学院已退休张嫦教授、刘东副教授等前辈老师对本课程建设做出的重要贡献。

参 考 文 献

- [1] 王世忠,赵宇琦,王明露. 中国民族教育, **2023**, *1* (1), 4.
- [2] 杨绳岩,孟祥珍,王新,张杨. 民族教育研究, **1996**, *1* (3), 74.
- [3] 王艳,聂光华,史伯安,胡卫兵,王辉,但悠梦. 广东化工, **2010**, *37* (2), 154.
- [4] 田东亮. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2105031.
- [5] 杨绳岩,孟祥珍,王新,张杨. 大学化学, **2024**, *39* (11), 28.
- [6] 金凯,方登建,董海迪,袁胜智,杜茂华. 中国现代教育装备, **2023**, *1* (7), 77.
- [7] 贾雪平,丁津津,朱玥,缪建文,葛存旺,张跃华,葛明. 大学化学, **2023**, *38* (1), 56.
- [8] 张国艳. 高等理科教育, **2021**, *1* (6), 89.
- [9] 华瑞年. 实验技术与管理, **2012**, *29* (8), 158.
- [10] 新华社. 中国民族, **2015**, *1* (8), 10.
- [11] 王旭珍,王新平,王新葵,田福平,田东旭,陈冰冰. 大学化学, **2019**, *34* (11), 77.
- [12] 贾雪平,葛明,张跃华,缪建文,葛存旺. 大学化学, **2021**, *36* (7), 2011050.
- [13] 温会玲,唐林,赵继宽,李东祥,温永红,高洪涛. 大学化学, **2021**, *36* (12), 2101059.
- [14] Ding, T. Y.; Zhao, Z. G.; Ran, M. F.; Yang, Y. Y. *J. Colloid Interface Sci.* **2019**, *7* (538), 474.
- [15] Jiang, X. L.; Li, H. B.; Xiao J. P.; Gao, D. F.; Si, R.; Yang, F.; Li, Y. S.; Wang, G. X.; Bao, X. H. *Nano Energy* **2018**, *52*, 345.
- [16] Ma, Z. X.; Sheng, L. P.; Wang, X. W.; Yuan, W. T.; Chen, S. Y.; Xue, W.; Han, G. R.; Zhang, Z.; Yang, H. S.; Lu, Y. H.; *et al.* *Adv. Mater.* **2019**, *31* (42), 1903719.
- [17] Wu, Y. J.; Wang, T.; Wang, H. L.; Wang, X. Z.; Dai, X. C.; Shi, F. *Nat. Commun.* **2019**, *10* (1), 2599.
- [18] Jia, W. S.; Liu, Y. C.; Wang, Z. H.; Qing, F. Z.; Li, J. Z.; Wang, Y.; Xiao, R. J.; Zhou, A. J.; Li, G. B.; Yu, X. Q. *et al.* *Sci. Bull.* **2020**, *65* (22), 1907.