

物理化学项目驱动式习题课教学改革与实践

郭丽萍*, 王红梅, 宋利, 李孟丽, 郭海洋

嘉兴大学生物与化学工程学院, 浙江 嘉兴 314001

摘要: 物理化学是一门化学化工材料类本科专业基础课, 其课程特点要求学生具备一定的逻辑思辨能力。面对物理化学知识学习与运用能力培养的难点, 我们针对本校学生的特点, 基于“学习金字塔”理论, 采用项目驱动式学习法, 结合“微课”和“互联网+”等手段, 对习题课进行了改革和持续改进, 形成了适合于本校学生的习题课模式, 也可为其他地方性应用型本科院校提供参考。

关键词: 物理化学; 习题课; 项目驱动式学习; 微课

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of Exercise Lecture in Physical Chemistry Based on the Project-Driven Learning

Liping Guo*, Hongmei Wang, Li Song, Mengli Li, Haiyang Guo

College of Biological, Chemical Sciences and Engineering, Jiaxing University, Jiaxing 314001, Zhejiang Province, China.

Abstract: Physical chemistry is a foundational course for undergraduates majoring in chemistry, chemical engineering, and chemical materials. The nature of the course requires students to possess strong logical thinking skills. To address the challenges of mastering physical chemistry concepts and enhancing practical application abilities, we implemented a reform in the exercise-based lectures, tailored to the specific characteristics of our students. Based on the “Cone of Learning” theory, the reform incorporated project-based learning, continuous improvements in exercise sessions, and the integration of “micro-lessons” and “Internet+” strategies. This revised model is well-suited for our students and can serve as a reference for other local, application-oriented undergraduate institutions.

Key Words: Physical chemistry; Exercise-based lectures; Project-driven learning; Micro-lesson

物理化学课程是一门为化学化工材料类相关专业本科生开设的专业基础课程^[1,2], 为其进一步专业学习奠定重要的理论基础。该门课的特点是以物理的原理和实验技术以及数学手段为基础, 研究化学体系的性质和行为, 发现并建立化学体系中的规律, 其逻辑性很强, 能很好地促进学生逻辑思维能力的培养与发展^[3], 同时也对学生的逻辑思辨能力有一定的要求。

嘉兴大学是一所地方性应用型综合大学, 以本科教育为主, 立足嘉兴, 服务浙江, 面向全国, 全面服务国家战略实施与区域经济社会发展。基于应用型本科院校的定位, 在物理化学的学习中, 要求学生理论“坚实”, 一个正确的理论摆出来, 能把它说清楚, 并着重于如何将理论转化为实践, 如何应用到实践中去^[4]。但是, 地方性院校的学生, 相对而言, 想要实现对物理化学知识的完全掌

收稿: 2024-09-24; 录用: 2024-12-05; 网络发表: 2025-02-21

*通讯作者, Email: guolp@zjxu.edu.cn

基金资助: 浙江省一流本科课程项目(物理化学); 嘉兴学院课程思政示范课程建设项目(物理化学A); 嘉兴学院国际化课程建设项目(物理化学(英)); 嘉兴学院一流课程建设项目(物理化学实验A); 浙江省“十四五”研究生教育改革项目(高等物理化学——原理与应用); 嘉兴学院优秀研究生课程建设项目(高等物理化学——原理与应用)

握, 尤其实现知识的运用, 需要教师的不断引导, 也需要从大量的案例分析中不断加深对其中理论的理解与运用。课程的教材配置了一系列计算题和讨论题^[5-7], 这些习题都基于实际生产与研究, 由其中涉及的运算和问题转化而来, 因此, 习题课的有效运行, 对于我们学生实现知识体系的有效建构非常重要。

基于此, 我们对习题课进行了持续的改革与实践, 以习题为“项目”, 开展项目驱动式学习, 根据“学习金字塔”理论^[8], 采用“小组讨论”(50%留存率)、“做中学”(75%留存率)、“教授他人”(90%留存率)等学习内容高留存率(学习者在学习活动结束后两周以后学习内容的平均留存率)的环节, 立足传统课堂, 运用新的教法, 结合“微课”^[9]、“互联网+”等因子, 形成混合式教学模式, 最大程度地发挥习题课的效果, 帮助学生实现物理化学知识体系的有效建构, 培养较强的运用能力。

1 课程基本情况

物理化学课程面向我校应用化学、化学工程、制药工程、环境工程、生物工程、高分子材料工程、轻化工程、药学等专业大二学生开设, 目前面对不同专业开设课程的学时有72学时、56学时和48学时。

物理化学教研组自2006年建立, 经过近20年的发展, 特别是近10年的教学改革与创新, 目前已建立了较为成熟的物理化学教学体系。2017–2019年, 开展物理化学精品在线课程建设, 同时, 利用网络信息手段实施课堂阶段性“微测试”, 开展物理化学项目驱动式习题“微课”教学改革, 评价方式改革, 完善多元化过程评价制度。2021年, 物理化学课程被认定为浙江省线上线下混合式一流本科课程。2022年, 物理化学教学团队被认定为校课程思政示范基层教学组织, 物理化学课程被认定为校课程思政示范课程。本文主要阐述我们在习题课上开展的教学改革与实践。

2 痛点问题分析

(1) 学生理论知识的学习和运用之间存在壁垒。

物理化学的学习需要学生在物理、数学和化学三大领域均具有扎实的基础, 其逻辑性较强, 学生需具备一定的逻辑思辨能力, 需要从大量的实例分析中不断加深对其中理论的理解。而在理解理论知识的基础上, 如何利用知识去解决相关问题又是一个新的能力台阶, 对于我校等地方性应用型院校的学生而言, 又是一个新的挑战。

课程的教材中每一章都配套了一系列计算题和讨论题, 这些习题都基于实际生产, 并由其中涉及的运算和问题转化而来, 是否能使用相关理论来运算和讨论这些习题, 决定了学生能否进一步利用物理化学理论和技术解决化工类相关产业中的实际问题。而在初学物理化学时, 很多学生面临的问题是: 在课堂学习中, 感觉已经很好地理解了理论知识, 但是在面临课后习题时却无从下手, 不知道如何运用理论知识以及运用哪个理论知识去解决问题, 甚至少数学生无法读懂题目在问什么, 其根本原因还是没有掌握好基本理论并理顺彼此间的逻辑关系。因此, 本课程课后习题的训练至关重要, 能够帮助学生更好地理清知识逻辑, 建构知识体系, 发展知识运用能力。

(2) 传统习题课主体、时间、空间和教学覆盖面受限。

传统习题课的开展模式为, 教师在课前通过学生的习题情况以及学生的答疑情况, 针对性地分析和讲述习题中出现的问题。但是这种模式存在以下缺陷: 首先, 尽管我们还能针对一些问题开展课堂讨论, 但是这一类课堂仍然以教师讲学生听为主。其次, 随着时代的发展和学生行为的变迁, 我们越来越发现无法从习题情况中看出问题, 学生也更倾向于自己先慢慢琢磨, 而不是当场提出问题与大家讨论。此外, 传统习题课也无法兼顾各类学生的需求, 从而无法支持有效的个性化学习。对于掌握程度好的学生, 不需要每题都分析阐述; 而对于掌握程度不好的学生, 传统习题课的节奏又过快, 他们无法在短时间内接受那么多疑难点的解读, 又无法进行重复学习, 课堂有效性明显降低。

3 教学改革与实践情况

3.1 改革内容与历程

3.1.1 背景——项目驱动式教学

项目驱动式教学是一种以“以教师为主导、学生为主体”的教学模式^[10]。在项目驱动式教学中，教师提出项目任务，由学生自己运用已有知识去分析问题，思考解决问题的方法和步骤，并与其他同学讨论、交流，最终完成项目任务。教师不再主宰整个教学过程，教师的主要任务在于启发、引导学生解决问题，帮助学生完成项目任务。这种“以教师为主导、学生为主体”的教学模式能够使学生的积极性得到充分的发挥，学生在分析、完成项目任务过程中遇到的问题也能及时反馈，从而能提高学生分析问题、解决问题的能力，还能使学生在学习过程中对该课程产生兴趣并有成就感，增加学生的学习内驱力。

3.1.2 初模式——项目驱动式习题课

为了提升习题讨论课的实效性，物理化学教学团队在2014–2017年，开展了项目驱动式习题课的课堂教学改革(2014.03–2016.03嘉兴学院课堂教学改革研究项目；2015.07–2017.07浙江省高等教育课堂教学改革项目)。项目驱动式习题课模式中，学生采取小组形式，以习题为“项目”，共同进行“项目”讨论，并完成课堂所需报告、制作PPT，以及进行课堂汇报与交流(图1)。主要步骤为：(1) 课前准备环节，以小组为单位，对习题进行分析，结合学过的理论和概念，总结解决习题所需的知识体系，解决习题的相关问题，并将其制作成PPT，准备讲稿。(2) 课堂展示环节，教师随机选取组内一位成员进行展示讲解，讲解内容包括习题相关知识的整理总结、习题的切入点、习题的具体解答等等。(3) 讨论与评价环节，全班同学参与，就讲解的内容展开问答、讨论和补充，并进行生-生互评打分。同时，教师也进行评价与打分。(4) 课后，小组根据课堂交流情况进行学习反思。我们将该内容纳入过程性评价，占期末综合成绩的10%–15%。

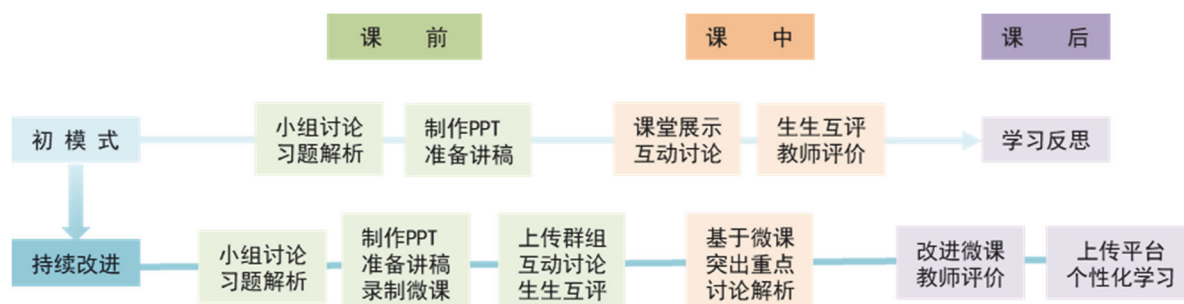


图1 项目驱动式习题课

学生对习题“项目”的陈述展示，以课本第五章化学平衡5.20题(图2a)为例，第一步，对本题涉及的知识点进行回顾，较完整地阐述标准平衡常数的运算、平衡移动原理等相关知识体系与公式；第二步，具体解析该题，主要是平衡常数和反应体系中各物质分压和体系总压之间的关系及表达式，并根据分析逐步解出该题，呈现解题结果；第三步，对得到的结果进行分析总结，得出结论：把系统压力从100 kPa降低到10 kPa，可使乙苯的平衡转化率从77.6%升高到96.8%，但还有一条途径，可以不改变压力，而是加入水蒸气作为惰性气体，同样可使平衡向体积增大的方向移动，乙苯的平衡转化率也可达到95.0%。在一些优秀的作品中，学生还会查阅工业上乙苯脱氢制苯乙烯的文献资料，并进行拓展探讨。例如，阐述苯乙烯的工业价值；分析使用低成本水蒸气作为稀释剂，除了提高乙苯平衡转化率外，还有在实际工艺中的其他作用和优点。

这一形式的习题课不仅受到了广大学生的欢迎，也取得了非常好的课堂效果，能有效实现“理论坚实”与“将理论应用与实践”的教学目标。学生不仅能将习题剖析得更透彻，并将知识由输入

转变为输出，完成“学习金字塔理论”中学习内容留存率为90%的“教授他人”这一环节，而且还培养了学生组织、小组协作、沟通、逻辑陈述等方面的能力。

5.20 工业上用乙苯脱氢制苯乙烯：

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$$

 如反应在 900 K 下进行，其 $K^\ominus = 1.51$ 。试分别计算在下列情况下乙苯的平衡转化率。
 (1) 反应压力为 100 kPa；
 (2) 反应压力为 10 kPa；
 (3) 反应压力为 100 kPa，且加入水蒸气使原料气中水蒸气与乙苯的物质的量之比为 10 : 1。

已知下图为 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 二组分体系固-液相图。

 (1) 已知 C 点的横坐标为 0.62，请问 HJC 这条线上对应的物质是什么？请写出解答过程。
 (2) 指出图中的三相平衡线，并说明它们的相平衡关系。
 (3) 爱斯基摩人生活在气候极其严酷的北极地区。在北极地区里，任何资源的获得都是极其困难的——包括淡水。传说古时候爱斯基摩人会在某个特定的季节去海边取冰回来融化得到淡水。请结合以上相图分析，他们是如何从海水中得到淡水的？

工业革命以来，化石燃料的大量燃烧使大气中 CO_2 含量急剧增加。一方面，随着温室效应导致的全球变暖等环境问题的加剧， CO_2 化学越来越引起科学家的关注。另一方面， CO_2 又是储量丰富、无毒、不可燃的再生资源，其作为环境友好的介质和原料在燃料、材料合成及化工产品的生产中有广泛的应用。

二氧化碳与环氧化物开环反应生成化工产品，是利用二氧化碳的一条重要途径（图 1）。该反应理论上两种产物，分别是聚碳酸酯和环碳酸酯，且两者的比例因反应条件的不同而不同。其中，环氧丙烷（PO）和氧化环己烯（CHO）是研究最多的两种反应底物。

图 1：二氧化碳与环氧化物开环反应^[4]

Figure 2. Three-dimensional stack plots of the copolymerization of CO_2 and propylene oxide at 30 and 70 °C.

temp (K)	epoxide ^b	rate (abols × 10 ³)	
		polymer	cyclic carbonate
303	PO	3.893	
323	PO	20.72	
338	PO	64.36	3.213
353	PO	172.3	15.51
373	PO		92.74
338	CHO	0.4614	0.023
348	CHO	0.7256	0.11
358	CHO	1.171	0.3218

^a Each experiment was performed under 700 psi in CO_2 , 30 mL of the appropriate epoxide, and 50 mg of complex 1. ^b PO = propylene oxide and CHO = cyclohexene oxide.

问题 1：在 PO 的反应中，如果要尽量避免副产物环碳酸酯的生成，该使用什么反应条件？
 问题 2：请用最合理的计算方式，分别计算出由 PO 和 CO_2 反应生成两种产物和由 CHO 和 CO_2 反应生成两种产物（共计四个反应）的活化能 E_a 。
 问题 3：请用计算得到的 E_a 来预测并解释 PO 及 CHO 在和 CO_2 反应过程中副产物随某一反应条件变化而产生的情况。

图 2 项目化习题范例

(a) 课本习题；(b) 改编习题；(c) 根据文献自编习题

然而，该运行模式存在可改进之处：(1) 耗时太多。物理化学课程总课时主要为 64 学时，如果每个章节的习题课均采用这种方式，至少需要 12 学时，这会严重压缩理论知识传授课时，影响学生基础知识的掌握程度。(2) 课前课后，学生无法“预看”或“回看”习题的解析过程，无法有效支撑学生自主化和个性化学习。

3.1.3 持续改进——项目驱动式习题“微课”

为了既保留项目驱动式习题课的优点，又突破课堂时间与空间的限制，时值 MOOC 以及“微课”蓬勃发展时期，从 2017 年开始，我们教学团队开始了项目驱动式习题“微课”的改革与尝试

(2017.09–2019.09嘉兴学院课堂教学改革研究项目)。我们将习题课进一步向课外延伸,进行了以下改进(图1): (1) 课前准备环节,小组将讲解过程以“微课”的形式录制,上传课程群,供其他学生学习以及评价,在课程群实现生-生互动与互评; (2) 习题课堂环节,利用习题“微课”,结合学生作业中的出现的问题,有重点地对习题进行针对性解析、讨论、评价与总结; (3) 习题课后,有瑕疵的“微课”视频重新制作与发布,教师进行评分,仍留有疑问的学生,对照“微课”视频继续学习与消化。

由此, (1) 原来在课堂上完成的学生汇报环节转化为学生在课外完成“习题微课”的录制,解放了课堂时间,提高了课堂效率; (2) 生-生互学、互动和互评环节也从课堂拓展到了课内外; (3) 项目驱动式习题“微课”弥补了初模式中课后学习与反思的环节缺乏支撑的问题,提高了习题课效果,而且还形成了“互联网+”教育,为学生提供了课外学习的条件,学生可实现学习时间集散化、学习地点移动化,提供了个性化学习的支撑,学生可选择性也可重复性学习。

习题课的课堂改革和实践是持续的,顺应课程建设不同阶段和时代发展不断进行。早期探索阶段,我们采用的是纸笔形式,学生一边在纸上写一边讲解,并用手机录制的方式进行(图3a),手段比较简单,形式相对粗糙。顺应课程的建设与发展的需求,同时伴随着视频录制方法与软件的快速发展,项目驱动式习题微课也经历了逐步优化,我们在录制前为学生提供PPT模板,统一了PPT格式,并且提供了建议的录制软件及使用说明,使微课视频更规范化(图3b)。经过多年的积累与筛选,我们选取准确且优秀的视频,形成了一定数量的物理化学“微课”习题库。2023年,我们在物理化学线上课程中,开设了“课后习题微课——项目化学生活动”专题版块(图3c),为该内容的学习增加便宜度、扩大受益面,并且在后续的过程中,持续更新和补充该版块内容。此外,与理论知识讲授视频设置为强制“任务点”不同,“课后习题讲解微课——项目化学生活动”版块视频为选择性任务,学生可根据个人存在的疑问选择性地学习,掌握程度不好的同学也可以进行重复学习,真正做到学生从个人需求出发进行个性化学习。

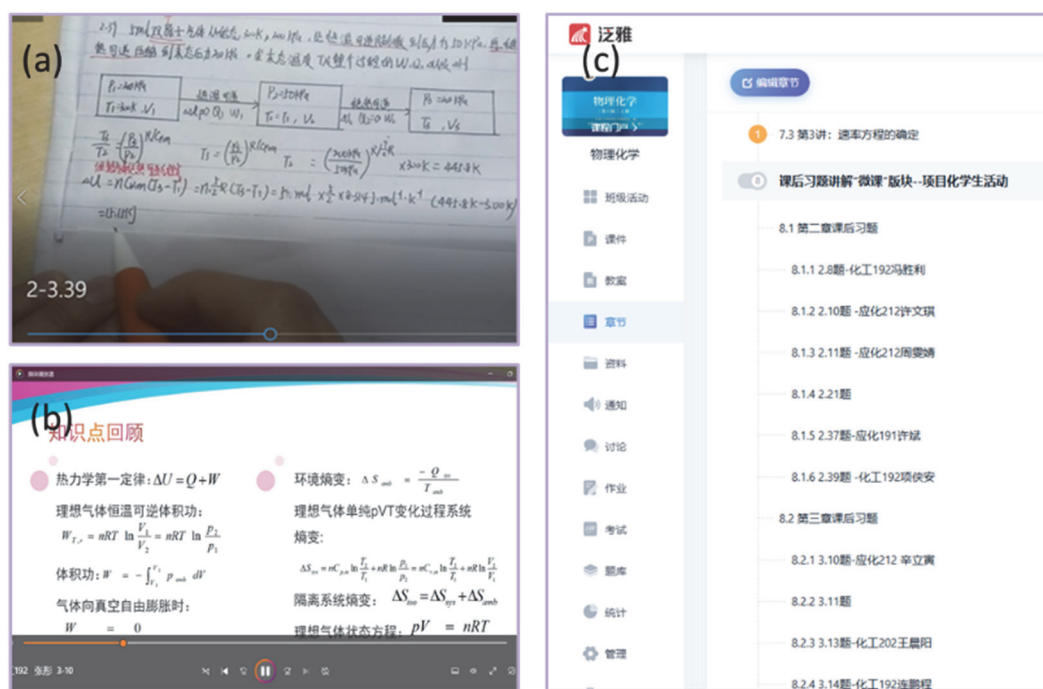


图3 项目驱动式习题“微课”

(a) 纸笔形式; (b) 录屏形式; (c) “课后习题讲解——项目化学生活动”线上专题版块

在课本章节后的习题之外,我们也陆续融入其他元素,改编或者自编了一些习题。例如,第六

章相平衡中,分析 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 二组分固液相图(图2b),在相对传统的(1)、(2)小题之后,我们增添了第(3)问题——“爱斯基摩人生活在气候极其严寒的北极地区。在北极地区里,任何资源的获得都是极其困难的,包括淡水。传说古时候爱斯基摩人会在某个特定的季节去海边取冰回来融化得到淡水。请结合以上相图分析,他们是如何从海水中得到淡水的?”我们认为这不仅仅是为了增加趣味性,更是加入了普通文字加工成专业信息、知识迁移等能力的培养,以及呈现了专业知识与普通生活的关联,融入了课程思政元素。在第十一章化学动力学中,我们将文献案例改编成习题(图2c),学生根据动力学知识分析某一反应中反应条件对副产物量的影响,主副反应的活化能的计算,以及据此来预测和解释副产物产生的趋势,在解决问题的同时,也让学生体会到动力学知识在前沿科研领域的具体应用。

3.2 改革效果

3.2.1 主要效果

(1) 调动了学生的学习主动性,提高了课堂效率,并为学生提供了个性化学习的条件。

习题课在项目式驱动下,实现了“以教师为主导、学生为主体”,学生知识由输入转化为输出,提高了知识留存率。在实现理论巩固与知识运用能力培养的同时,还锻炼了组织、小组协作、沟通、逻辑陈述等方面的能力;从内容、时间和空间三个方面解放习题课,提高了课堂效率及习题课的有效性;为学生的课外学习提供了具象的微视频资源,解放了学习与空间,可实现学生学习时间碎片化和学习地点移动化;为学生个性化学习提供了支撑,学生可以根据自己的掌握情况进行选择性或者重复性学习,满足了“一人一课”的个性化学习。

(2) 积累了数字化教学资源。

项目驱动式习题课的持续改革与应用,在实现了学生项目驱动式学习的同时,为课程积累了数字化教学资源。将这些教学资源利用起来,又继续用于学生基于“互联网+”的个性化学习,实现了由“建”到“用”的转变。在后续的建设中,还可将这些数字化资源用于新形态教材的建设。

(3) 课程建设取得了持续发展。

项目驱动式习题课的持续改革与应用,是伴随着课程建设的发展而发展的(表1)。我们教学团队在项目驱动式习题课上的改革得到1项省教改和2项校教改项目的支持,此外,我们还建成了校级精品在线开放课程,物理化学课程被认定为浙江省一流本科课程(线上线下混合式),依托物理化学教学团队和教学基础,相关本科生和研究生课程获得了其他1项省级和4项校级课程建设项目的支持。

3.2.2 学生反馈

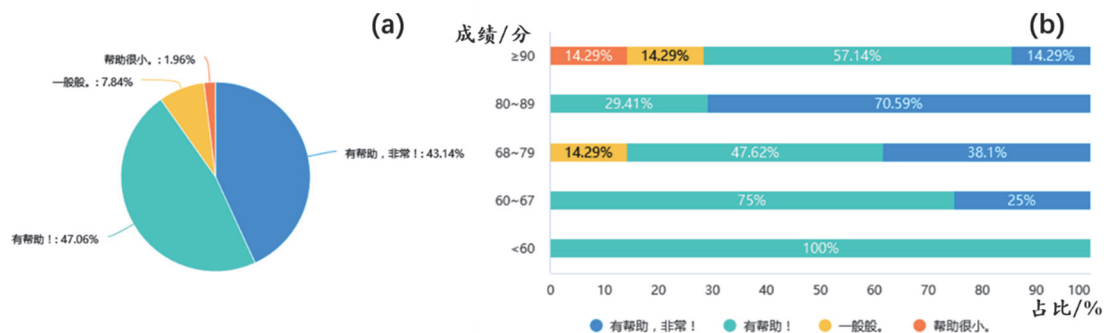
在结课后,我们对学生展开问卷调查,与项目驱动式习题相关的调研为:“1、参与录制视频这件事,使你本身对知识的理解有帮助吗?”和“2、观看他人录制的视频,对你解题有启发么?”。图4这份问卷结果为项目驱动式习题“微课”实行后获得的,参与问卷的班级总人数为51人,其中期末成绩 ≥ 90 分7人,80–89分17人,68–79分21人,60–67分4人,60分以下2人。从调研结果可以看出,习题视频制作这一环节对绝大部分学生的知识建构有较大的帮助(图4a),43.1%的学生认为录制视频使自己本身对知识的理解非常有帮助,47.1%的学生觉得比较有帮助,只有7.8%和2.0%的学生分别觉得一般和帮助很小。关于观看视频对个人的启发(图4c),有44人利用习题微课视频进行了课外学习,13.6%认为非常有启发,相对于前一个问题的“非常有帮助”而言,比例明显降低,说明前一环节的“小组讨论”“做中学”“教授他人”这些活动更能帮助学生进行知识建构;但70.5%的学生认为有启发,说明视频资源还是起到了辅助学生课外学习的作用。我们进一步对期末成绩和这两个问题的结果进行了交叉分析(图4b、4d)。认为参与录制视频对知识理解非常有帮助占比最高的为期末成绩80–89分范围的学生,比例为70.6%,其次为68–78分范围,比例为38.1%,这说明,这一活动对中段学生,尤其是中段偏上学生的帮助特别明显;唯一1个认为帮助很小的学生出现在 ≥ 90 分的区域,可能是因为学习程度特别好的学生本身对知识构建不需要太多外力的辅助和驱动。在第2个问题,认为非常有启发的学生分布在68分以上,且其占比随着成绩的降低逐步降低,我们认为这一现

象可能跟学生的课外自学投入有关，而习题微课视频可为学生的课外自学提供支撑。

表1 项目驱动式习题课改革与课程建设与发展

习题课改革	时间	课程建设与发展
项目驱动式习题课 (初模式)	2014.03–2016.03	嘉兴学院课堂教学改革研究项目
	2015.07–2017.07	浙江省高等教育课堂教学改革项目
项目驱动式习题微课 (持续改进)	2017.09–2019.09	嘉兴学院课堂教学改革研究项目
	2017.06–2019.12	校级精品在线开放课程建设
	2021	浙江省线上线下混合式一流课程认定
	2022	嘉兴学院课程思政示范教学组织 嘉兴学院课程思政示范课程
	2023.03	“课后习题微课——项目化学生活动”线上专题版块开设
2022–2023	相关课程：嘉兴学院国际化课程建设项目(“物理化学(英)”); 嘉兴学院一流课程建设项目(“物理化学实验A”); 浙江省“十四五”研究生教育改革项目(“高等物理化学——原理与应用”); 嘉兴学院优秀研究生课程建设项目(“高等物理化学——原理与应用”)	

参与录制视频这件事，使你本身对知识的理解有帮助么？



观看他人录制的视频，对你解题有启发么？

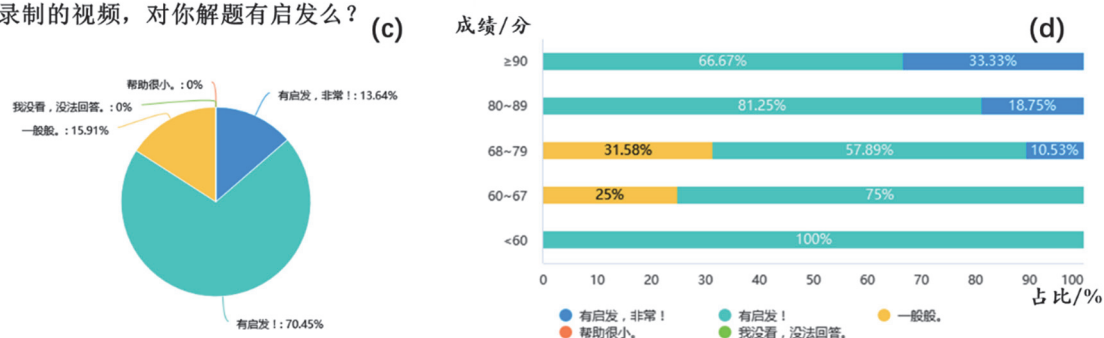


图4 结课问卷调查结果

伴随着项目驱动式习题微课的改革和我校物理化学课程的发展，学生物理化学学习渐入佳境，对物理化学的信心也与日俱增，这从历年考研学生选考科目情况可见一斑(图5)。2015年前后，应化、制药和化工3个专业选考物理化学的总人数在个十位数间徘徊，从2018年开始，人数逐年上升，近三年，选考总人数保持在约30人，其中应化专业选考物理化学人数维持在总人数的50%左右。

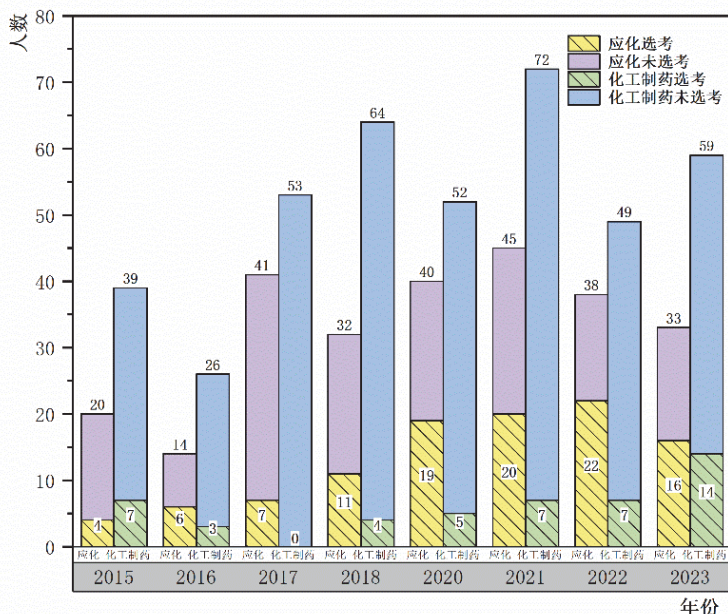


图5 2015–2023年应化、化工和制药专业考研和选考物理化学人数统计表

3.3 改革的特色与创新

(1) 微课制作内容和主体的改变。

目前大多数的教学中，微课以阐释某一新知识点为目标，而且对于新的知识点来说，学生比较难以把握，所以通常由教师团队来制作。本案例中，我们将课后习题作为“项目”，由学生来分析研究并制作微课，在经由生-生互评和教师点评后，有问题“微课”得到纠正和重新制作。这一活动，从内容上来说，是学生在学习了理论知识之后进行的，学生有能力对内容进行把握；从活动主体来说，实现了以学生为主体的教学模式。

(2) “学” – “建” – “用”贯通。

在本案例中，在学生进行项目驱动式“学”习后，教学活动并没有终止。我们又以在活动中积累的数字化资源为基础，进行了“建”，将其转化为线上学习资源，应“用”于支撑学生进一步的自主学习和个性化学习。因此，本案例实现了“学” – “建” – “用”三个环节的贯通。

4 结语

面对物理化学知识学习与运用能力培养的难点，针对地方性应用型本科院校学生的特点，我们在课程逐步建设与发展的同时，在习题课这个小点上进行了近十年的改革和持续改进，形成了适合于本校学生的习题课模式。

在数理和工程类相关学科的课程中，有较多的课程面临和物理化学课程相似的问题：理论知识的学习与应用之间存在较明显的壁垒；习题是训练知识应用能力的有效内容，但受课堂时间所限，无法对习题课展开详细讨论；习题课无法兼顾到不同能力的学生个体。项目驱动式习题微课在学生“学”、课程“建”、老师“用”和学生“用”等方面均发挥了明显的作用。该手段易于复制与操作，且储备了数字化资源，可用于线上资源建设和新形态教材建设，可充分发挥数字化改革的牵引撬动作用，在类似课程中具有较大的推广价值。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 李金林, 范楼珍, 侯文华, 刁国旺, 郭玉鹏. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2009052.
- [2] 郭琳, 侯文华. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2010079.
- [3] 邢双喜, 李艳梅, 张天翊, 王春刚. 化学教育(中英文), **2024**, *45* (6), 11.
- [4] 潘懋元. 高教探索, **2010**, No. 1, 10.
- [5] 天津大学物理化学教研室, 刘俊吉, 周亚平, 李松林, 冯霞. 物理化学. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [6] 傅献彩, 侯文华. 物理化学. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2022.
- [7] 彭昌军, 胡英. 物理化学. 第7版. 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [8] 姜艳玲, 徐彤. 中国电化教育, **2014**, No. 7, 133.
- [9] 胡铁生. 中国电化教育, **2011**, No. 10, 61.
- [10] 喻冬秀, 钟建军, 王悦辉. 大学化学, **2019**, *34* (7), 16.