

TBL教学法在无机化学教学中的应用 ——化学“101计划”无机化学课程教学设计案例

张驰[†], 邬苏其[†], 刘岸[†], 张卫, 魏霄^{*}

上海交通大学化学化工学院, 上海 200240

摘要: 化学键理论是无机化学重要学习内容, 从经典共价键理论到分子轨道理论均展现出丰富的科学内涵。但化学键理论的多样性和适用局限性, 给学生学习和理解带来了一定的困难。尤其在对化合物性质进行分析时, 选用不同的理论可能得到不同的结论。因此, 本文聚焦于化学研究的核心思想, 即“构效关系”的分析, 以“101计划”推动人才培养从“知识为主”转向“能力为先”的实施目标出发, 从学生的学习体验和收获视角讨论TBL教学法的引入对学生建立化学键理论的整体知识框架, 以及提升运用相关理论理解、分析与解决实际问题综合能力的作用。

关键词: 化学“101计划”; 共价键理论; 杂化轨道理论; 价层电子对互斥理论; 分子轨道理论; TBL教学法
中图分类号: G64; O6

Application of Team-Based Learning Teaching Method in Inorganic Chemistry Course: the Design Case of Inorganic Chemistry Teaching in Chemistry “101 Plan”

Chi Zhang[†], Suqi Wu[†], An Liu[†], Wei Zhang, Xiao Wei^{*}

School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China.

Abstract: Chemical bond theory is a fundamental topic in inorganic chemistry, encompassing a rich array of concepts, from classical covalent bond theory to molecular orbital theory. However, the diversity and inherent limitations of these theories often pose challenges for students, particularly in their study and comprehension. This is especially evident when analyzing compound properties, where different theories may lead to conflicting conclusions. In response to these challenges, this paper emphasizes the core principle of chemical research: the relationship between a material's structure and its properties, commonly referred to as the “structure-activity relationship”. By introducing the Team-Based Learning (TBL) teaching method, students can develop a comprehensive understanding of chemical bond theory and enhance their ability to interpret, analyze, and solve real-world problems.

Key Words: Chemistry “101 Plan”; Covalent bond theory; Hybrid orbital theory; Valence shell electron pair repulsion theory; Molecular orbital theory; TBL teaching method

为了从基础着手, 遵循教育教​​学的基本规律, 聚焦基础要素, 培养拔尖创新人才, 教育部于2022年全面启动了基础学科系列“101计划”, 旨在通过聚焦核心课程、核心教材、核心实践项目和核心师资团队建设, 推动人才培养从“知识为主”转向“能力为先”。“101计划”是高等教育领域系统性的教育教​​学改革, 课程提升是主要建设目标之一。无机化学课程是高等院校化学及近源专业一门

收稿: 2024-09-29; 录用: 2024-10-09; 网络发表: 2024-10-11

[†] 2022级本科生

^{*} 通讯作者, Email: weixiao@sjtu.edu.cn

基金资助: 教育部化学“101计划”——无机化学课程建设项目

重要的专业核心课，课程的主要内容包括化学反应原理、物质结构、溶液中的化学平衡、元素化学等。作为拔尖计划2.0基地之一，我校的无机化学课程是建设和转型的重点。本文即从学情分析出发，结合学生学习过程的自我分析与课程团队调研结果，探讨基于小组合作的学习方式在元素化学教与学过程中的运用、优化以及在提升学生学习效果方面的成效。

1 元素化学的教与学

1.1 元素化学课程的特点与难点

从笔者的学习经验来说，相较于其他化学核心课程，元素化学课程覆盖面广，既涵盖7周期、18族、100多个元素之间的周期性规律，更涉及许多特殊复杂的物质结构、物化性质及应用等方方面面。要在有限的32课时内达到既定的教学目标，对教师和学生来说都是很大的挑战。此外，对于学生而言，元素化学，乃至全部化学基础课程的核心任务应是在教师带领下建立“构效关系”的概念，并学会运用这一概念去开发新的化合物，拓展新的应用。因此，“构效关系”是教与学的重点内容，即将元素、化合物性质与化学键理论相融合，以提高学习的效率与深度。

然而，从笔者学习经历以及与其他同学交流过程中发现，对元素化学的学习还存在很多难点。其一，化学键理论本身较抽象，价键、分子轨道等理论各有适用范围与局限性，部分同学在先修课程中对其掌握便不充分(图1)；其二，由于长期处于应试教育语境中，部分同学虽理论知识掌握较好，但缺乏灵活运用能力；其三，有限的课时限制了深度讨论和对重点问题的思考。与此同时，笔者在与同学交流以及协助教师进行学情调查时发现，对于化学、高分子等与科研密切相关专业的学生而言，他们期望在课堂中既能高效深入地学习、掌握无机化学基础知识，又能融入专业发展所需的综合素养的提高(图1)。

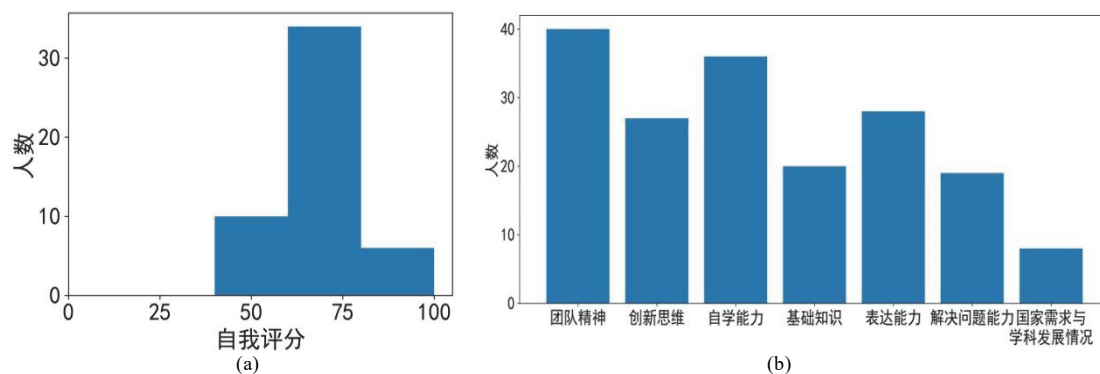


图1 学情分析

(a) 学生学业基础自评；(b) 学生期待收获

综合考虑学习过程中的难点与同学对于课程的收获期望，笔者认为如果在本科学习过程中延续中学时期被动接受教师“满堂灌”的学习方法，不仅对知识点的学习不理想，更不能同主动探求的生产研究实际相适应，难以达到对课程的期待值和自我提升的目标。因此，笔者期望元素化学的课堂学习能与传统课堂学习有所区分。

1.2 TBL教学法的引入与优化

近年来，基于小组合作的学习方式(Team-Based Learning, 简称TBL)吸引了教育界广泛关注^[1-5]，也被运用到了笔者学习的课堂。与问题驱动的学习方式(Problem-Based Learning, 简称PBL)不同，TBL更强调学生的自主学习，学生需在课前先对课堂讨论话题有一定了解；在课堂学习过程中，学生可通过来自同学与老师的即时反馈增加积极性；在考核方式上，通过组员单独打分的形式，规避给分平均化的不公平现象，激励组员积极参与^[6,7]。由此，在笔者看来，经典的TBL学习法在理论上

能够增长学生的团队精神、创新思维、自学能力、解决问题能力、表达能力等与专业发展密切相关的能力，符合化学相关专业的学生期许与培养需求。

然而，通过相关的学习活动，笔者感受到传统的TBL学习方式中存在理论优势与学习目标完成度不匹配的矛盾。其一，部分同学缺乏良好的自学能力与习惯，难以有效完成课前自学任务，影响课堂讨论进度和其他同学的获得感；其二，考核方式上虽采取单独评分策略，但学生个体的能力与性格的差异仍导致显著的参与不均现象。其三，部分同学对TBL学习方法较陌生，未给予与传统课堂教学同等的重视，对学习任务只是应付了事(图2)。

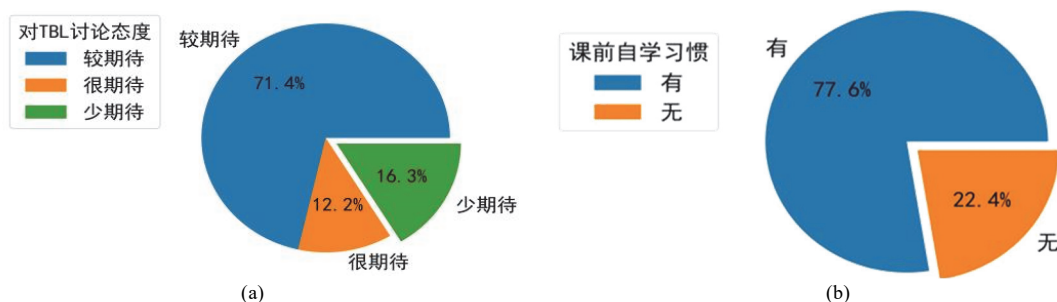


图2 课前对TBL学习方法的调研
(a) 学前对TBL讨论态度；(b) 自学习惯调研

所幸的是，笔者所修读的“无机化学2”课程针对上述问题做出了一定的调整，具体策略为：发挥TBL在自主学习和深度学习上的优势，要求学生在课前通过自主学习做好知识上的准备；针对性地优化讨论内容，先以简单问题回顾并引入本节课涉及的基本原理，再通过一系列具有典型性、前沿性的问题逐步深入地引导学生将“构效关系”思想应用在元素/化合物性质的解释、预测上；同时优化考核方式，通过课堂观察记录与小组成员互评相结合的方式，以课程考核倒逼课堂参与；最后以撰写讨论报告的形式，总结学习过程，实现学科素养的综合提升。下文将通过笔者在非金属教学模块参与课堂讨论学习过程中的亲身经历与感受，分析TBL学习法的引入和优化对学生学习效果的影响。

2 教学目标与教学设计

2.1 教学目标

从课程发布的教学大纲可以看出，本课程的教学目标是根据我校“四位一体”的人才培养理念^[8]在四个层次上进行了设定：知识层面上要求能够推理/预测物质性质，鉴定和分离混合体系各组分，有效设计解决问题方案；能力层面要求能够建立处理复杂体系问题的基本思路，以性质/功能为导向筛选、设计化合物的制备/反应路线；价值层面则希望学生具有批判性思维/深度学习能力，将来能够胜任无机化学相关工作；人格层面则希望学生能够树立追求卓越的理想信念，锤炼锲而不舍的科学探索精神。从讨论课的流程安排和问题设计来看，确实涵盖了自主学习、团队合作等能力的培养，也在案例中适当引入了价值引领，能够和课程目标一一对应。

2.2 教与学的过程

非金属元素模块的TBL学习主要分为“自主学习-课堂讨论-课下巩固-课后考核”四部分，具体实施流程如图3所示。

2.2.1 课前准备(自主学习)

教师根据教学进度为学生预留一定的自主学习时间，在课程平台发布学习要求、涉及理论和与讨论主题相关的学习包。学生采取团体协作、主动学习的方式回顾、总结相关知识；对前置题进行讨论得出初步结论；并通过在线发布的前测题检验自学成果。

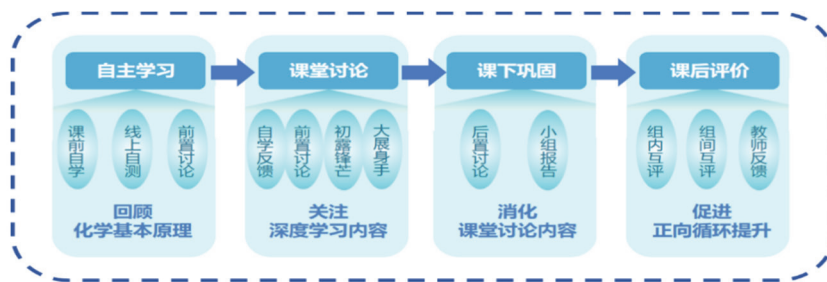


图3 非金属元素TBL学习流程和主要内容示意图

2.2.2 课堂讨论

在“自学反馈”版块，教师带领同学一起简要回顾了价键、价层电子对互斥与分子轨道这三大化学键理论的要点，为“构效关系”思想的建立奠定基础。

在“前置讨论”版块，采取个别小组主导讲解、其余小组补充说明的形式。每个小组从不同角度对前置问题“不同非金属卤化物的水解”进行了分析，不仅进一步展示了同学们对相关知识点的掌握情况，促使大家产生有效输出，而且加深对相关理论的理解与应用能力，更营造讨论活跃的课堂氛围。

在“初露锋芒”版块，从教科书上经典案例“XeF_n的结构与稳定性”出发，在教师引导下，同学们运用不同的化学键理论，体会Xe的不同配位数卤化物的化学活性差异，以及造成此种差异的结构因素。同学们也在解释化合物性质的实践中增强了对“构效关系”的理解，明确即便是经典理论也有适用局限和考虑角度，开始学习运用全面思考、理论互补的方法论，锻炼了解决综合问题的能力。

在“大展身手”版块，为进一步增强学生运用化学基本原理解决实际问题的能力，教师结合当前“温室气体治理”的环境问题，选择与XeF_n类似的SF₆为研究对象，设计了逐层递进的讨论题目：SF₆具有怎样的结构和性质？这些性质决定其有哪些应用潜能？在电气绝缘应用中如何避免其发生泄漏？发生泄漏后如何对其进行降解处理？学生们在前面的“铺垫”基础上，从“构效关系”的角度出发，深化对化合物结构与功能关系的认识，在逐层递进的模拟实践中体会人们是怎样利用这一认识去改造化合物使之符合人们主观需求的，从而进一步引发学生如何应用所学回馈、改变社会的思考。

2.2.3 课后总结与小组报告

课后，为敦促学生充分理解消化讨论内容，教师要求学生以小组为单位，查阅文献，按科学规范撰写小组报告。在小组报告中，学生需要对课堂讨论进行总结，并通过查阅资料等方式进一步思考关于“双碳问题的化学解决”这一后置问题。在对后置问题的讨论过程中，既沿用了课堂讨论内容和思路，也进一步了解了相关的国家战略和社会需求，自然而然地引起学生对个人未来职业志趣和发展方向的思考。笔者认为，这种及时的“输出”形式，既深化了课堂知识的理解，也使学生自身的文献查阅与写作能力得到提升。

2.2.4 考核与评价

在考核标准上，除了教师与助教根据课堂表现与小组报告评分外，还引入组内与组间学生互评机制。在组内互评中，由于要求小组成员根据贡献互相打分，组员浑水摸鱼的现象与其他课程相比明显下降；在组间互评中，学生们在以“审阅者”视角审视其他小组报告的过程中，能够接触到对课堂讨论话题的不同视角，因而可以形成更深的认识。而且在后续课程中，教师会对小组报告中存在的论据的合理性、结论的专业性、专业用语不规范等问题进行反馈。这样的考核和评价方式，也使得学生在关注成绩的同时，更关注专业知识与学科素养上的提升。

综上所述，笔者认为本次讨论课在内容的安排上，由简入繁，从基本理论回顾，到简单的“非

金属卤化物水解”问题，再到教科书上经典案例“稀有气体卤化物的稳定性”，最后到学科前沿的“SF₆的应用和降解”与“双碳问题的化学解决”，逐层深入地引领学生建立运用“构效关系”的思维模式，加深如何对基本理论加以应用的认识；在考核方式的设置上，强调全员参与，注重能力提升。相较于一般的讨论课程，具有更好的学习体验。

3 学习成效分析

3.1 成绩分析

为分析TBL教学法的引入对学生成绩的影响，笔者协助任课教师对2021年、2024年两个教学班作为改革前后的数据进行对比分析(2022年为在线教学，不具有可对比性；2023年为改革初年，相关设计可能尚不成熟，不具有可对比性)。对比这两年学生期末考试成绩，注意到在课堂面授时间更少、自学部分占比增加的情形下，具有相同知识点的试题得分率稳中有进；同时，就试卷整体情况而言，在综合推断问题明显增多的情况下，学生期末笔试成绩与最终成绩并未显著下降。由此可见，优化后的TBL教学法对增强学生自学能力与学习效果具有一定的推动作用(图4)。

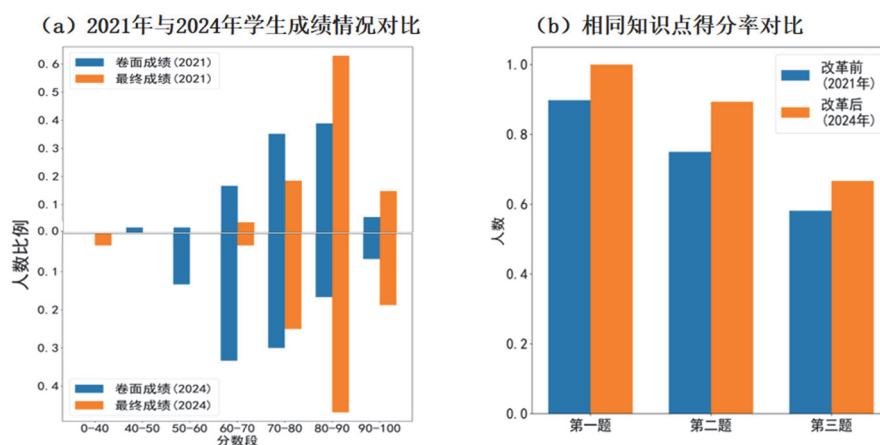


图4 不同年份学生笔试成绩对比

3.2 学习的过程性评价

为了解学生经过TBL学习后的效果，笔者对全班同学的小组报告进行了分析：各小组的小组报告充分覆盖了课堂讨论内容，体现了学生对于元素化学知识与科学思维方式的掌握。同时能够进行充分的文献调研以补充观点论据，展现了追求卓越的科学素养和学习态度(图5)。但是，小组报告中也有着一些问题，如在上下角标的书写等化学用语的规范性上有待提高。同时，虽然学生对于涉及的话题大多进行了充分的文献调研，但来源往往是中文文献，对经典的、前沿的国际文献的阅读相对不足。

3.3 学生对课程的主观评价与反馈

为了解TBL学习法实效，笔者协助教师在同学中进行了问卷调查。调查发放问卷45份，收回有效问卷45份，有效率100%。分析结果显示，在课程内容安排方面，绝大部分学生能接受并理解TBL学习环节的主要内容的整体思路(理解程度从低到高对应1-5，69%自我评分为4，16%自我评分为5)；同时大部分学生认为自主学习对TBL讨论有用(24%认为“很有作用”，71%认为“较有作用”)。在课程参与方面，绝大部分学生在TBL课程中讨论较为积极(参与程度从低到高对应1-5，69%自我评分为4，16%自我评分为5)，但是在课前自学过程中有相当一部分学生认为自己存在不足(40%认为自己“有待进一步提高”，60%认为“已经足够”)。在课程效果方面，解决大部分学生认为TBL学习环节对于加强自己对元素化学知识的“深入学习”和“应用理解”有帮助(20%认为“有很大提升”，78%

认为“较有提升”)。此外, TBL教学中引入的“双碳”“能源”“环境”等国家战略和前沿进展, 还给学生带来了价值层面等多维度的收获(图6)。这与笔者自身的课堂学习经历与感受相一致。

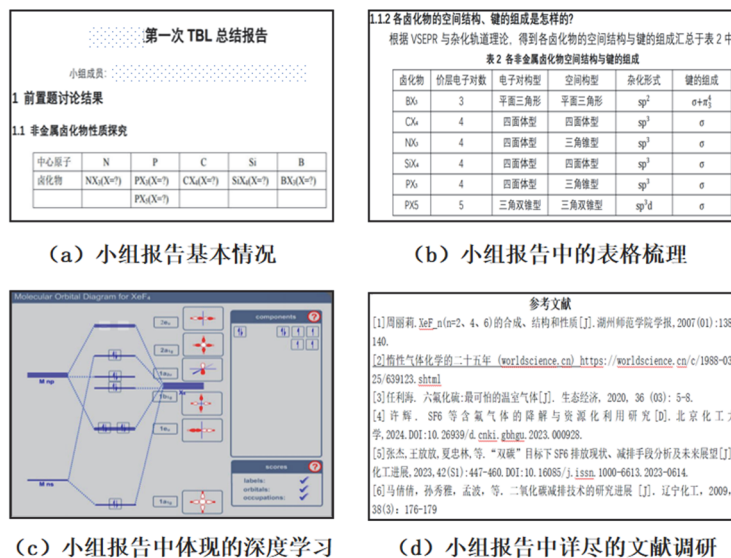


图5 部分小组报告展示

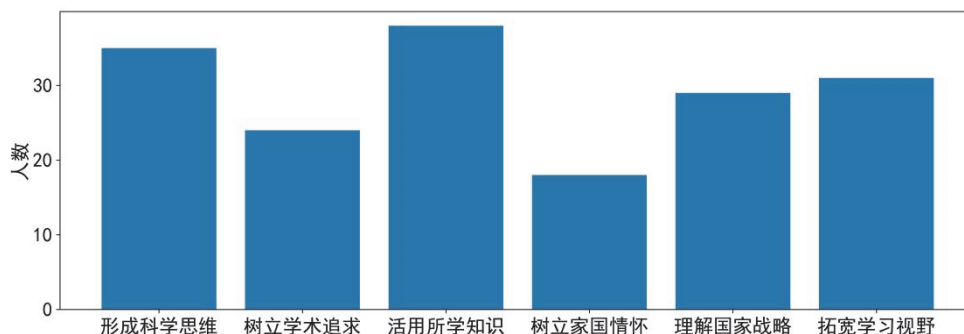


图6 学生在价值引领和人格塑造等方面的多维收获

为进一步了解课程效果, 笔者与修读本课程的同学进行了深入交流。根据访谈结果, 大部分同学均认为: 就课前任务而言, TBL前置任务量与难度较为合适, 但对基础薄弱的同学可能存在一定困难; 就参与情况而言, 与互动较少、学生想法不能充分表达的传统课堂相比, 同学的参与情况更加积极; 虽然组员的参与程度由于能力等因素存在差异, 但总体在可以接受的范围内; 就课堂讨论内容而言, 部分同学认为课堂话题具有拓展性、前沿性与应用性, 破除了传统教学与科研实际脱节的弊病, 在课前充分自主学习的情况下, 难度也较为合适。

4 优化改进

本课程中TBL学习方法的引入获得了大部分学生的肯定, 但总体实施效果与预期仍有差距, 存在一定改进空间。如在课程设置上, 该课程与先修课程“无机化学1”间隔较久, 故化学原理知识掌握存在衰减; 同时缺乏对文献阅读与小组报告的详细指引, 自学的任务量安排也相对较多, 在一定程度上增加了学生的负担。针对上述问题, 笔者在充分了解课程建设历史与同学反馈的基础上, 和教师团队进行交流确定以下改进方案:

(1) 调整课程开课时间, 与先修课程“无机化学1”相继设置在大一学年的上下学期, 这种调整既可通过元素化学的知识深化化学原理的学习, 又有利于增进元素化学知识的贯通。

(2) 优化自学任务, 为提升文献阅读效率, 减轻自学负担, 可在课前以线上微课形式, 简单介绍文献阅读的小技巧, 例如所用搜索引擎、快速掌握文章重点的方法、文献阅读软件的使用与合理注释的方法; 特别地, 在人工智能技术飞速发展的今天, 可以适当介绍通过AI工具提炼文章重点的方法。

(3) 在讨论前分享往届优秀小组报告, 在不限定自由发挥空间的前提下, 简要介绍科学写作(特别是化学学科相关的)写作规范, 促进学生养成良好的写作习惯。

5 结语

本文聚焦于学生视角下TBL学习法在元素化学“构效关系”学习过程中的运用与优化, 通过课程设计的改进在一定程度上解决了传统元素化学教与学中存在的问题。与偏重理论知识讲授的传统课堂相比, TBL教学环节更侧重于扩大知识实际应用、拓展知识深度与广度、培养科学思想等方面, 深入的讨论和模拟实践更有利于学生科研能力的培养和引导。考试成绩、过程性评价与学生自我感受等多方面的反馈和数据分析显示, TBL教学在一定程度上有助于“构效关系”这一无机化学重点与难点的学习和运用, 促进了学生学习的主观能动性, 提升了学习效果, 增进了学生的多维度成长, 为学生的创新创造能力培养起到了积极作用。本文的研究和结果有望为“101计划”在化学教育领域的实施, 以及化学专业课程建设和人才培养效果提升提供实践案例和经验参考。

致谢: 感谢无机化学教学团队为本门课程的辛勤付出! 感谢在2023–2024学年第二学期修读“无机化学2”的全体同学对课程本身与本文写作过程的支持, 特别感谢赵吉祥同学为本文撰写提供的建议。

参 考 文 献

- [1] 于述伟, 王玉孝. 中国高等医学教育, **2011**, No. 5, 100.
- [2] 孙丽娟, 杜红俊, 周健. 中国医学教育技术, **2020**, *34* (2), 214.
- [3] 海力茜·陶尔大洪, 张樊之. 广州化工, **2020**, *48* (16), 169.
- [4] 李金龙, 高晓蓉, 彭朝勇, 王楠. 教育教学论坛, **2023**, No. 4, 94.
- [5] Parmelee, D.; Michaelsen, L. K.; Cook, S.; Hudes, P. D. *Med. Teach.* **2012**, *34*, 275.
- [6] Hrynchak, P.; Batty, H. *Med. Teach.* **2012**, *34*, 796.
- [7] 一流本科课程建设的实施意见. [2024-09-10]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html
- [8] 上海交通大学本科人才培养目标. [2024-09-11]. <https://www.jwc.sjtu.edu.cn/info/1037/1158.htm>