

## 新工科背景下的本科生“电池材料”课程思政建设及工程实践育人探索

刘维芳<sup>1</sup>, 杨季冬<sup>2</sup>, 曾小莞<sup>3</sup>, 毛丽秋<sup>2</sup>, 尹笃林<sup>2</sup>, 陈湘萍<sup>2</sup>, 杨立山<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 湖南科技大学化学化工学院, 湖南湘潭 411201

<sup>2</sup> 湖南师范大学化学化工学院, 长沙 410083

<sup>3</sup> 邵阳学院后勤服务中心, 湖南邵阳 422000

**摘要:** 伴随《新能源汽车产业发展规划(2021–2035年)》的颁布, 全国综合类高校普遍开设了和“电池材料”相关的本科课程, 并随之提出新工科理念和课程思政的建设。本文以湖南师范大学本科课程“电池材料”为例, 介绍了该课程的知识体系和授课难点, 着重分析了课程思政与工程实践对于解决上述授课难点、提升学生专业认同、实现课程目标的教学探索。

**关键词:** 电池材料; 课程建设; 课程思政; 工程实践

**中图分类号:** G64; O6

## Curriculum Ideology and Engineering Practice of Undergraduate Course “Battery Materials” for Emerging Engineering Education

Weifang Liu<sup>1</sup>, Jidong Yang<sup>2</sup>, Xiaowan Zeng<sup>3</sup>, Liqiu Mao<sup>2</sup>, Dulin Yin<sup>2</sup>, Xiangping Chen<sup>2</sup>, Lishan Yang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan Province, China.

<sup>2</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan Normal University, Changsha 410083, China.

<sup>3</sup> Logistics Service Center, Shaoyang University, Shaoyang 422000, Hunan Province, China.

**Abstract:** Following the implementation of National Electric Vehicle Industry Development Plan (2021–2035), battery materials-related courses have been widely established in Chinese universities, accompanied by the dual requirements of emerging engineering education principles and ideological-political curriculum development. Using the Battery Materials course at Hunan Normal University's Chemical Engineering (Energy Materials) program as a case study, this paper outlines the course's training objectives, knowledge architecture, and ideological-political framework. It further examines strategies for addressing pedagogical challenges through interdisciplinary connections with related undergraduate courses and practical engineering education components, ultimately enhancing students' professional identity and achieving comprehensive curriculum objectives.

**Key Words:** Battery materials; Curriculum construction; Ideological and political education; Engineering practice

收稿: 2024-07-04; 录用: 2024-09-18; 网络发表: 2025-04-07

\*通讯作者, Email: lsyang@hunnu.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金重点项目(52234001); 湖南省教育厅科研项目(22A0045); 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(4HNJG20230214); 湖南科技大学教改项目(G32327)

## 1 新工科背景下“电池材料”的课程开设背景

发展新型储能和新能源汽车产业是实现国家“碳达峰、碳中和”目标的重要支撑。我国储能电池行业起步较晚，但发展迅速。政府部门于2009年开始重点支持储能产业发展。此后，随着国外先进储能材料技术和高性能电池技术研究/产业化热潮的出现，我国新能源产业市场需求的不断扩张，储能电池行业迅速发展。进入“十四五”新阶段，新能源电动汽车的高速增长，带动了锂电池行业的高景气，截至2024年3月，电池及锂材50强企业人才需求约4.3万人，涉及宁德时代、孚能科技、亿纬锂能、蜂巢能源、国轩高科、鹏辉能源等电池企业，比亚迪、上汽、理想汽车、吉利、广汽、长城、长安、华为问界等新能源汽车制造商，以及容百科技、龙蟠科技、中伟股份、星源材质、格林美、贝特瑞等电池材料制造企业。

为主动应对新一轮的科技革命与产业变革，支撑并服务“中国制造2025”等一系列国家战略，教育部于2017年针对新兴产业的诸多专业首次提出推进“新工科”建设。“新工科”涉及的诸多专业中，就包含“新能源科学与工程”专业，面向的是我国储能电池/电动车/电动工具行业，培养的是拥有跨化学/化工/材料/冶金/物理/环境/国贸等学科知识、实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才<sup>[1-4]</sup>。综上，新工科背景下开设“电池材料”课程需同步实现知识、技能及认同的多方面要求，该课程的开设符合我国的国家战略及社会产业需求。

## 2 知识体系与教学难点

### 2.1 “电池材料”课程知识体系

湖南省“十四五”《纲要》明确指出，壮大形成一批国内一流的优势产业，并特别强调智能和新能源汽车的发展，以及能源产业集群发展的有序推动<sup>[5]</sup>。在此背景下，锂电池及先进储能材料产业不仅构成了新能源产业的核心支柱，也被视为培养新型生产力的关键领域。“电池材料”作为一门应时而生的热门课程，具体内容囊括了多个学科领域知识，但学科的交叉与融合并不容易；此外，可选的配套教材较少、多数教材内容侧重原理知识普及而缺乏围绕产业制造的介绍<sup>[6,7]</sup>。如图1所示，本课程讲述章节包括锂离子电池、太阳能电池、钠离子电池、燃料电池、锂硫/锂空电池、超



图1 电池材料课程涉及的多基础学科及主要知识难点汇总

级电容器等部分<sup>[6]</sup>，以锂离子电池和太阳能电池为重点进行介绍。具体内容涉及无机化学、有机化学、高分子化学、物理化学、固体物理及化学工程六大基础学科；知识体系涵盖正负极材料的制备及改性，电解液与电极材料之间的多相/均相反应机理研究，粘结剂、凝胶电解质及聚合物太阳能电池材料设计，电极过程扩散及其动力学研究，材料晶型、物相及电子结构等微观结构研究。本课程重点讲解各类电池的工作原理、材料制备和类型、国内外产业分布及相关岗位、以及行业发展面临的主要问题，基础知识主要包含无机、有机、高分子化学的专业知识。当授课涉及较为复杂的电池材料相关科学问题：如，不同电极材料的晶体结构、电极过程动力学、电极过程相变、复杂电解液/电极界面化学、动态环境下的电极电催化等复杂问题。上述知识点已超出普通本科的培养大纲，属于拔尖人才的培养范畴。因此，湖南师范大学化工专业在涉及此类知识点讲授时，多遵循此基本原则：以本为本，聚焦行业典型，课堂点到为止，课后合作调研及汇报，激发/指导学生的调研与思考。同时，除了相关专业知识的教习，该课程强调教育与产业界的密切协同、重视提升学生的实践技能与工程思维能力，旨在为电池产业培育具备专业知识和技术能力的科技人才。“电池材料”课程秉持新工科理念和立德树人的根本任务，核心目标是培养具备扎实的科学素养和专业基础知识的人才，重点培养具有研发能力工程实践能力和创新精神，能在新能源产业及相关领域从事科学研究、技术开发和管理的复合型人才，致力于培养服务碳达峰碳中和重大战略、国家迫切需求的新能源领域基础研究人才和技术开发人才。

## 2.2 “电池材料”课程教学难点

鉴于“电池材料”课程覆盖的知识点广泛且跨学科性强，在教学过程中，我们积极收集并反思学生的反馈，以此为依据调整教学内容，致力于不断优化教学质量。本课程涵盖的六大基础学科及其难点已经通过调研得到明确，如图2所示。综合2022和2023年两届化工授课班级学生的反馈数据发现：相较于电池基本原理及材料基础知识，涉及电极过程机理和固体物理的理论知识学习难度较大。各基础学科考试失分率的统计数据也支持了这一结论。其中，固体物理、物理化学和化学工程三大学科的失分率显著高于其他基础化学学科，如固体物理的失分率最高，达到70.6%。这一数据反映出学生在以往课程中涉及晶体结构的知识较为薄弱，空间想象能力较弱。特别值得注意的是，和本课程相关的化学工程知识点，学生学习较易，但在课程汇报和期末考察过程中失分率达到了62.5%。鉴于此，授课团队深刻认识到，化工学习不能局限在教室课堂，工程逻辑思维及具体问题解决问题的能力仍有较大提升空间，后续课程建设还要持续改进。其中，提升学生的工程实践能力显得尤为迫切，在课程体系设计中需要把化工理论知识消化运用到化工工程实践，解决产业实际问题，形成真正的工科思维。这对于培养符合行业需求的高素质科技人才至关重要，不仅要求教育者对教学方法和内容进行创新，还要求对学生进行更系统的实践和思维训练。

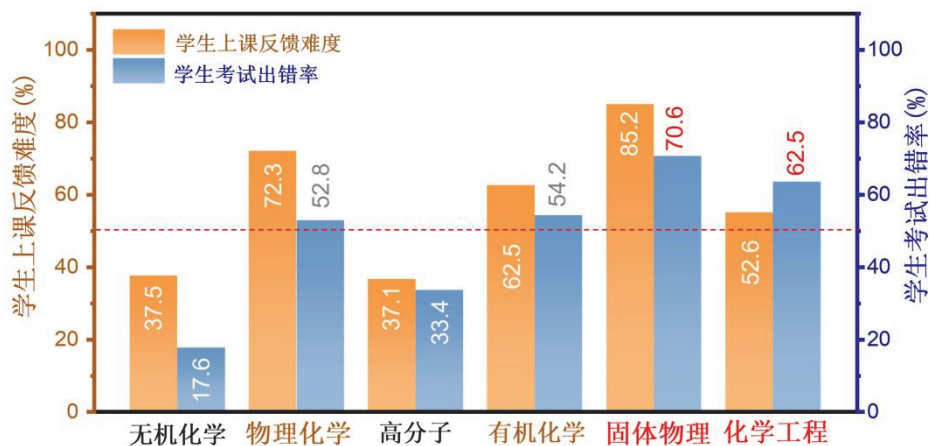


图2 各学科的失分率数据统计：学生反馈难度vs.考试失分率

在实施教学策略时,本课程依托于成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)理念,将教学活动的各个环节紧密联系于预期的学习成果。教师们将学习成果作为出发点,逆向设计教学模式及评估方法,以此来引导学生按照渐进式的路径进行学习,确保教学效果与预设目标的一致性<sup>[6]</sup>。课程开展多样化的教学模式,针对不同教学内容灵活变动上课形式,将课堂互动、小组作业、小组汇报、研究报告及科研训练等手段有效结合<sup>[7]</sup>。为了提升教学质量并让学生真正有所收获,教学过程中我们及时调整教学模式和考核方法,加强课程的思政建设,培养学生的逻辑思维和解决问题的能力,让学生能善于根据客观事实和具体情况冷静、客观的思考问题。在教学实施过程中,本课程着重于增强学生的工程实践能力,同时减少对抽象专业知识的单向传授。通过将理论与实际情境相结合,加入案例分析,以及引入最新的学术论文和行业发展动态,拓宽学生的学习视野,使之不局限于教科书知识,而是更紧密地与市场需求对接,真正做到学以致用<sup>[8-10]</sup>。如图3所示,通过对2018级、2019级和2020级学生(共约85名)在课程开始和结束时进行问卷调查,我们可以量化学生的专业认同度和学习动机。学习动机被细分为“获得学分”“就业升学”“感兴趣”三个部分,并根据学生问卷的评分比例进行赋分。调查结果表明,学生结课后对化工专业的整体认同感显著提高。此外,学习动机从最初仅为获得学分的简单目标,转变为追求就业升学机会,对学科的兴趣探索也有成倍增长。这一变化表明:本课程所推行的思政建设和工程实践探索,对学生发展专业认同感、职业规划和学术追求均产生了积极影响。

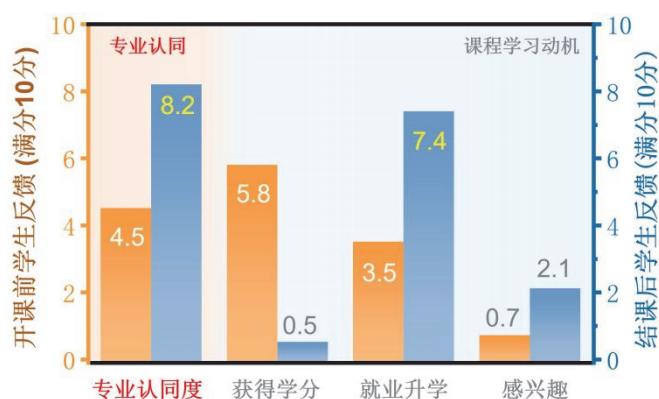


图3 “电池材料”开课前后学生围绕专业认同和学习动机的反馈

### 3 新工科背景下“电池材料”课程思政的育人建设

新工科背景下的化工专业(电池材料)人才培养是化工专业教育和工程师育人的有机融合。自党的十八大以来,习近平总书记围绕“培养社会主义建设者和接班人”作出一系列重要论述,深刻回答了“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”这一根本性问题<sup>[9]</sup>。确保了学生能够认真准确把握教学内容的重点和难点,同时培养学生的逻辑思维和独立解决问题的能力,体现了立德树人的教育理念,为党的教育事业和国家的人才培养目标服务。这不仅有助于学生能力的全面发展,也是提高教学质量、培养符合社会主义现代化建设需要的高素质人才的重要途径。为了全面提高人才培养质量,在明确课程的教学目标、教学难点和学生诉求的基础上,本课程思政建设旨在突出问题意识,培养学生实事求是的思想素质和调查研究的思维方法,使他们在具体问题中施展雄才大略。如图4所示,我们将从工科思维、逻辑思维、科学家精神和中国制造四个方面展开教学,培养学生的逻辑思维和解决问题的能力,让学生善于根据客观事实和具体情况冷静、客观地思考问题。

工科思维以解决现实问题为导向,注重知识的综合运用,注重解决问题的效率<sup>[10-12]</sup>。新工科强调产业链整合,代表了未来工业发展趋势。需培养实践能力强,具备创新思维,顺应未来多元化发展的先进人才。Elon Reeve Musk作为特斯拉创始人兼首席执行官以及特斯拉和SpaceX两家公司的首

席工程师，所总结的“五步工作法”：验证你的需求-最少的流程-简化和优化-加速迭代-自动化这一流程充分展示了产品开发过程中工科思维的体现。中国制造业的传奇人物王传福创业初始在创业方向和策略上选择不考虑利润最高、回报率最高的方向，而是首先进入一个解决社会问题的大市场，视技术壁垒为纸老虎，在技术创新和突破中比亚迪一步步发展至今成为横跨汽车、新能源等领域的产业集团。如何培养学生的工科思维使其独立且有效地解决生产中面临的难题是教学过程中亟需突破的难点。



图4 “电池材料”课程围绕工科思维、逻辑思维、科学家精神和中国制造的课程思政元素

逻辑思维能力有助于更全面地梳理问题脉络，迅速寻找到解决问题的关键。“电池材料”涉及材料及电极体系。电子/离子传导显著影响电池的 electrochemical performance 及极端环境服役表现。梳理好电池中影响电荷输运的因素从而找到有效的改善电荷输运的手段至关重要。从材料尺度角度考虑，纳米材料具有短程电荷输运路径，有利于电子离子的传输。但是实际应用过程中面临团聚、低振实密度等问题。微米材料可以有效解决纳米材料中存在的问题，伴随的是较差的电荷输运能力和低倍率性能<sup>[5]</sup>。找到问题关键后通过有效结合微米/纳米结构充分发挥其各自特性成为未来研究方向。在整体的电极角度，诸多影响电子/离子输运的因素包括接触电阻、电荷传递阻抗、离子电子在活性材料及导电剂粘结剂等组分中的扩散问题<sup>[6,11]</sup>。在课程教学中应着重培养学生在研究的体系中抽丝剥茧追溯主要影响因素并解决问题的能力。

现在，对各类电池基本原理的迅速理解已不是难事，基于不同电池的应用场景来探索或发明合适的正负极及电解液材料一直是材料科学家的重要研发方向。John Bannister Goodenough获得2019诺贝尔化学奖，成为有史以来年龄最大的诺奖得主。John Bannister Goodenough从氧化物晶体结构出发，结合固体物理与电化学知识精准地选择了层状氧化物 $\text{LiCoO}_2$ 作为锂离子电池正极材料。 $\text{LiCoO}_2$ 材料以及这个材料体系中的各种衍生物直到今天仍然是各方面综合性能最好、应用最为广泛的锂离子电池正极材料。年过100的Goodenough教授依然奋斗于科研一线，终身奉献于科研事业。国内，陈立泉院士在中国率先开展锂电池及相关材料研究，解决了锂离子电池规模化生产的科学技术与工程问题，实现了锂离子电池的产业化。陈立泉院士开拓了中国固体离子学新领域，为中国锂电池行业的发展培养了大批先进科研人才。在“电池材料”课程中我们应引导学生学习奉献、奋斗的科学家精神，思考为什么要做科研，做什么样的科研。

本课程教学中应该向学生介绍中国制造的意义所在。中国制造是世界上认知度最高的标签之一，它不仅包括物质成分，也包括文化成分和人文内涵。新能源汽车领导者比亚迪秉持以科技创新成就绿色梦想，为人类可持续发展的美好未来而不懈探索，并且比亚迪汽车从用朝代命名的车型，到使用中文按键配字的内饰，都彰显着中华文化的推广。连续六年登顶全球动力电池企业排名世界第一的宁德时代，专注于新能源汽车动力电池系统、储能系统的研发、生产和销售，致力于为全球新能源应用提供一流解决方案。在课程教学中潜移默化地向学生传输现在所学的知识该如何应用显得尤为重要。本课程的思想教育着眼于提升学生的逻辑思维与问题解决能力，教学过程中特别强调工科思维、逻辑推理、科学探究精神以及中国制造的理念。这一教育模式旨在培养学生能够基于客观事实和具体情境进行冷静且客观的分析与思考。同时，课程还需要强化学生的实践技能，以实现理论知识与实践应用的融合，确保学生能够将所学知识转化为解决实际问题的能力，体现知行合一的教育理念。

#### 4 新工科背景下“电池材料”工程实践助力化工育人

新工科建设需要加强研究和实践。地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用<sup>[12]</sup>。为响应国家“双碳”建设目标、强化新工科建设，实现课程教学理论知识更好的与工程实践相结合，并在实践中更好地激发学生新能源电池体系与材料的兴趣，进一步强化学生思政教育，培养具备工程实践能力和工程思维的学生，满足产业人才需求。本课程实践教学的内容依据新能源产业链布局闭环搭建，积极与相关企业合作，实现从矿石冶炼出发，制备加工正负极材料并装配电芯及电池，退役电池回收再生等环节建设(如图5所示)。具体而言，电池材料全产业链涉及的主要工程实践环节如下所示：

##### ① 矿石冶炼与原材料制备

通过与相关实践合作企业(如湖南紫金锂业、永州鑫城锰业、湘潭电化等)合作实习教学，了解化工设备和工艺设计。如选用锂、锰为代表的金属矿物，对原矿进一步采集、粉碎、冶炼、提纯、加工成电池正极材料制备所需的碳酸锂、硫酸锰等化工原料，过程中引导学生思考实验室处理与产线生产的差别，并在实践生产过程中对前述步骤中的化工过程进行改良设计，处理实际生产过程中产生的固体废物、废水、废气，优化实际生产过程中的工程经济效应。从理论到实践，从实验室生产到实际生产，在工程实践中提高学生创新精神、创造意识及工程伦理意识。



图5 围绕电池材料的全产业链及工程实践环节

## ② 正负极材料

与湖南裕能、湘潭电化、湖南长远锂科、巴斯夫杉杉、中伟新材料、中科新城石墨等企业合作，正极材料制备课程教学选用已成熟产业化锂离子电池正极材料磷酸亚铁锂、层状三元正极材料，负极则选用领域成熟的石墨负极及最具行业应用前景的硅基材料。涉及到化工原料、合成条件的调整改善、原料提纯、产品封装及检测加工等环节。在工程实践教学过程中进一步深化学生对正负极材料的发展史的了解，从现象出发探究正负极材料发展的背后原因，探讨实际生产成本及规模化生产后涉及的三传一反问题；让学生亲身参与生产过程，了解生产过程中所涉及的专利技术在实践中寻找优化点，增强学生工匠精神、知识产权保护意识、创新精神、创造意识及创业能力。

## ③ 电芯及电池

教学过程中引入实际电芯制备、检测和对生产成本的考量。如，围绕锂离子电池、钠离子电池、固态电池、液流电池等电芯电池研发及生产，与中南大学、长沙理工大学、三一氢能、宁乡氢璞、立方新能源、钠邦新能源等高校及企业合作；观摩学习将正极、负极、隔膜和电解液等主要组件装配成电芯并通过串并联连接组装电池；通过多种电化学测试方法(CV、GCD、EIS等)检测电池的性能；通过对不同种类电芯的串并联了解商用锂电池组的工作电压/功率设计及成本管理原则。以上工程实践能进一步提高学生对电池及固体物理等跨学科专业理论知识的理解，多环节多因素的综合考量有助于提高学生对复杂工程问题的思考能力，激发学生创新创造活力。

## ④ 资源回收

截至2023年，我国废旧电池退役量已超过58万吨。镍、钴、锂、锰等关键优质矿物原材料的国内储量有限，主要依赖海外进口，随着原材料价格的上涨，锂电池生产成本也在逐步增加。回收废旧电池中的锂、镍、钴、锰等金属，在缓解资源压力的同时也能有效降低生产成本并减少废弃电池对环境的污染。与中南大学、长沙矿冶研究院、邦普循环、湖南格林美等高校及公司合作，选用不同种类退役电池为原料，教学过程中涉及废旧电池分选、废旧电池材料绿色再生循环、稀贵金属高效回收与再利用、磷酸铁渣资源化利用等环节。通过对回收背景的介绍构建学生的可持续发展意识，同时引入不同冶金手段，引导学生结合实际生产场景来选用和优化工艺流程，强化学生创新意识及环保发展理念，提高青年一代的责任与担当。

习近平总书记强调“坚持实践第一的观点，不断推进实践基础上的理论创新”，工程实践环节设计始终坚持课程理论与实践相结合，解决课程理论与实际生产过程的割裂问题，实现理论—实践闭环；将实验室生产与实际生产流程相结合，提高学生专业认同度及实际运用能力，在实际生产过程中培养学生专业知识、解决产业实际问题，为学生毕业后进入相关企业打下坚实的基础。

## 5 结语

推动新型储能和新能源汽车产业的永续发展是实现国家“碳达峰、碳中和”目标的重要环节，在此背景下，本文以湖南师范大学化工专业(能源材料方向)的本科课程“电池材料”为例，从课程章节设置出发，详细介绍相关基础学科涉及情况。初期调研发现，本课程主要教学难点是学生一开始的课程/专业认同度不高、跨学科学习自主性不够、以及较难把书本化工知识与工程实践有效融合。后续教学实践改革过程中，我们发现通过引导学生构建“材料结构-电池性能-制造工艺”的知识体系促进对多学科的自学和理解，通过全方位的课程思政教育来提高学生的专业相关性、民族自豪感，最后通过后续工程实践/实习教学将行业先进电池制备技术、新兴电池体系与教学内容动态结合，实现学生与行业前沿接轨。综上，从知识体系、思政建设、工程实践三方面出发打造符合国家发展政策、具备应用前景、特色鲜明的“电池材料”相关综合课程，培养具备科学素养、专业知识的高校人才。

**致谢：**感谢中南大学化学化工学院刘开宇教授在论文撰写修改过程中的帮助。

参 考 文 献

- [1] 马元, 马小航, 吴耀东, 曾振发. 科技创新导报, **2019**, *16* (5), 210.
- [2] 刘法谦, 郭志岩, 张乾. 教育教学论坛, **2015**, No. 29, 132.
- [3] 黄国勇, 屈辰玮, 王春霞. 黑龙江教育(高教研究与评估), **2022**, No. 4. 1.
- [4] 田金磊, 牛志强, 陈军. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (18), 61.
- [5] 湖南省锂电池及先进储能材料产业三年行动计划(2024–2026年). [2024-06-18].  
[https://mp.weixin.qq.com/s/-IPn5Dr\\_o-kNGNiPEM4qHw](https://mp.weixin.qq.com/s/-IPn5Dr_o-kNGNiPEM4qHw)
- [6] 邓魁荣, 马国强, 范东华. 科技与创新, **2021**, No. 22, 157.
- [7] 李进, 刘丰, 郭东磊, 刘献明. 广州化工, **2019**, *47* (15), 186.
- [8] 胡思江, 王红强, 彭继明, 郑锋华, 潘齐常, 刘葵, 李庆余. 大学化学, **2024**, *39* (2), 214.
- [9] 梁风. 教育教学论坛, **2019**, No. 13, 142.
- [10] 刘景东, 曾庆新, 袁耀锋. 教育教学论坛, **2018**, No. 50, 96.
- [11] 李进, 刘丰, 郭东磊, 刘献明. 广州化工, **2019**, *47* (15), 186.
- [12] 吴孜越, 魏冰阳, 李先锋, 陈凯阳, 鲁欣. 大学教育, **2020**, No. 4, 65.