

产业集群背景下地方院校高效实践课堂构建

——以岭南师范学院《真空系统维护与维修》为例

王晴宇*, 项燕雄#, 田灿鑫, 邹长伟#

岭南师范学院物理科学与技术学院, 广东 湛江

收稿日期: 2025年11月3日; 录用日期: 2025年12月4日; 发布日期: 2025年12月15日

摘要

产业集群引导的新工科是我国高等工程教育为适应国际形势、国内经济社会发展应运而生的一项教育改革理念, 关系着国家未来战略布局。课堂教学质量是影响高校人才培养质量的根本因素, 要落实新工科的顶层设计理念, 就必须着手于深化及改革课堂教学。当前, 真空技术已被广泛应用于各个产业集群, 如半导体、机械加工、航空航天等产业, 为重要的基础应用型学科, 可作为基于产业集群的新工科建设载体。文章以岭南师范学院《真空系统的维护与维修》课程为例, 从教学内容、教学方法等方面开展了一系列教学改革探索。在课程基础知识体系建设方面, 根据新工科教学需求, 实现课程体系饱和度升级, 优选教学内容, 紧跟科技前沿; 在课堂教学方面, 以“混合式教学”的教学模式为主, 始终坚持以学生为主体地位, 塑造符合新时代要求的新型师生关系, 从传统的教师单一指导模式, 转变为多元化、全方位的师生交流模式。课程实践结果表明, 该教学模式有效地提高了课程质量, 符合产业集群引导的新工科理念人才培养方案要求。

关键词

新工科, 地方院校, 混合式教学, 真空系统

Constructing Efficient Practical Classrooms in Local Universities under the Industrial Clusters Background

—A Case Study of “Vacuum System Maintenance and Repair”
at Lingnan Normal University

Qingyu Wang*, Yanxiong Xiang#, Canxin Tian, Changwei Zou#

School of Physics Science and Technology, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

*第一作者。

#通讯作者。

Received: November 3, 2025; accepted: December 4, 2025; published: December 15, 2025

Abstract

The new engineering discipline guided by industrial clusters is an educational reform concept in higher engineering education in our country, which has emerged in response to the international situation and the domestic economic and social development, and is related to the country's future strategic layout. The quality of classroom teaching is a fundamental factor affecting the quality of talent cultivation in universities. To implement the top-level design concept of the new engineering discipline, it is necessary to deepen and reform classroom teaching. Currently, vacuum technology has been widely used in various fields, such as the semiconductor industry, mechanical processing, and the aerospace industry. It can serve as a carrier for the construction of new engineering disciplines as an important applied science. This article takes the course "Maintenance and Repair of Vacuum Systems" at Lingnan Normal University as an example to carry out a series of teaching reform explorations from aspects of teaching content, teaching methods, etc. In terms of the construction of the course basic knowledge system, according to the teaching requirements of the new engineering discipline, the saturation level of the course system is upgraded, teaching content is optimized, and it closely follows the forefront of science and technology; in terms of classroom teaching, the "blended teaching" mode is advocated as the main teaching model, always adhering to the student-centered position, shaping a new type of teacher-student relationship that meets the requirements of the new era, and transforming from the traditional teacher's single guidance mode to a diversified and comprehensive teacher-student communication mode. The results of the course practice show that this teaching model effectively improves the quality of the course and meets the requirements of the talent cultivation plan of the new engineering discipline.

Keywords

New Engineering Discipline, Higher Engineering Education, Blended Teaching, Vacuum System

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着第四次工业革命的深入推进，我国经济社会正在迅速转型，迈入了一个全新的产业革命时代。习近平在国际工程大会上强调：“未来几十年，新一轮科技革命和产业变革将同人类社会发展形成历史性交汇，工程科技进步和创新将成为推动人类社会发展的重要引擎”^[1]。因此，具有大工程观、宏观思维和批判性思维的新型工科人才成为新时代发展的附带需求。《中国工程教育质量报告》指出，我国工科毕业生的供给结构存在着明显的过剩和短缺，这一现象对于发展具有十分迫切的意义^[2]。“新工科”正是我国高等工程教育为顺应国内科学技术与经济社会发展的新形势，而做出的具有中国特色的高等工程教育改革方案。本科高校作为人才第一资源、科技第一生产力、创新第一驱动力的重要结合点，在此过程中承担着中流砥柱的关键任务。新型工科人才供给与需求的突出矛盾，构成了重要的环境驱动力，成为以工科为主导的院校转型和发展所不可忽视的问题。如何在传统教学模式中把握好“新工科”建设的内涵，以产业学院和产业集群的“新技术、新产业、新业态和新模式”为引导、统筹考虑“工科的新要求”、加快培养新兴领域工程科技人才、改造升级传统工科专业、主动布局未来必争领域人才培养具有

极其重要的战略意义。

混合式教学是现代信息化教学趋势下发展而来的一种新型教学方式，这种教育方法将网络与传统的面对面授课方法完美结合[3]。此类教学方式通过整合“线上”+“线下”两种要素的优势，充分延展了教学空间，实现优质教育资源共享，对“新工科”背景下人才培养目标的实现具有较大的推动作用。公共卫生事件发生期间，大量教学实践证明混合式教学模式所建设的预习、学习、反馈等良性学习环境，使教学效果得到了良好的提升，具有较强的现实意义与推广价值。

产业集群引导即以来源于企业应用、顺应用于行业需求、适合于经济发展的“新技术”为引导，通过“企业技术需求”教育前置化、“工程实践教学”企业化等形式，将人才培养与企业技术需求对接。真空技术作为基础的应用科学技术已在半导体、电子等新兴领域中得到广泛应用，在理工科大学生的基础教学中占据举足轻重的重要地位[4]。我校岭南师范学院应用物理学——真空技术方向，拥有地方性特色真空技术产业优势基础，顺应国家新时代高新技术产业发展趋势，契合新工科的工程教育理念。《真空系统维护与维修》是该专业真空工程系列课程的基础课程及真空电子技术、真空工程技术等专业的入门课程，具有较强的实践特性。本文基于“新工科”背景及混合式教学模式，以《真空系统维护与维修》课程为例，介绍课程教学改革与实践成果。

2. 高等工科教育改革方向

2.1. 课程体系改革总体要求

真空技术是一个多学科交叉融合应用的学科，具备着非常前沿的实际运用价值。新工科强调培养具有全面综合素质、多元跨学科知识、强大创新精神、未来思维，且能够引领产业发展的人才，这对如今本科专业中工程科技人才提出了更严格的要求，特别表现在知识储备、科学素养和创新能力等方面。因此针对真空技术人才培养需求，应当在课程体系和教学内容改革方面需要做好以下工作：

- 1) 抓牢通识教育的基础和支撑作用，以发展多学科交叉融合的专业教育为目标，优化整合通识教育课程体系，丰富学生基础数理学科的理论装备，着重于学生跨学科思维的培养。
- 2) 基于课程体系饱和度及本科专业教学质量工程认证要求，重视将最新技术发展趋势和现有知识融入专业教育课程，以提升学生的学习能力和创新思维，培养学生的未来能力。
- 3) 适应服务与支撑引领，注重学生实践技能培养，以产业需求为导向，培养学生对未来科技革命和产业变革的适应能力，以促进国家创新和产业发展，实现跨界融合[5]。

2.2. 课程体系饱和度升级措施

2.2.1. 先修通识类课程

新工科的“新”不仅仅是为了发展而导向，其本质仍然不可离开基础理论的支撑。要想建立完善的知识体系，培养高素质的人才，夯实学生理论知识的基础是必不可少的。其中在数学和自然科学方面，数学和物理学基础知识尤为重要。数学主要包括微积分、线性代数、概率论与数理统计等相关知识领域。物理学主要包括力学(理论力学、材料力学、工程流体力学)、热学、电磁学、光学、近代物理学等相关知识领域。基础通识类课程教学内容均应在教育部相关课程教学指导委员会制定的基本要求基础上不断强化。

2.2.2. 优选教材内容

在教材内容的取材上，一定要紧跟真空技术发展前沿，抓住当前真空系统的热门应用方向及关键技术壁垒。真空技术发展日新月异，因此需要不断创新、完善、更新教材内容和教学大纲，更需要结合企业合作优势，打破知识空间壁垒和单一理论教学，着重培养学生独立自主的思维模式、深入理解剖析学习内容的能力、开发创新学习方法的逻辑。通过教材分析，教师可以不断学习、理解和创新，这是提升

专业能力的必经之路。教材只是学生参考知识的主要参考书,教师在研读教材时应该主动寻找与课程相关的书籍,在课上可以分享推荐给学生,有助于学生更好地了解教材知识,提高自身物理知识能力,增强科学素养[6]。

3. 教学方案设计

3.1. 教学目标

本课程是针对岭南师范学院物理学和应用物理学专业真空方向开设的专业限选课,授课对象一般是大四本科生,也是真空电子技术、真空工程技术等专业的入门课程。教师需通过本课程的教学,使学生切身掌握真空系统组成及真空系统维修的基本概念。通过大量真空系统维护与维修知识点的讲解以及亲自动手操作,提高学生对真空系统相关知识的直观理解。本课程的学习,为真空系统及应用、真空镀膜技术等课程知识的巩固和强化奠定了坚实的基础。本课程立足教学与实践相辅相成的原则,注重培养学生将知识与实践相结合的能力,鼓励学生亲自动手、切身体会真空系统维护与维修的要点,锻炼学生亲自动手的能力以及提升科学的思维能力。

本课程的学习,预期达到如图1所示的课程预期目标:



Figure 1. Course learning objectives diagram

图1. 课程预期目标图

实验部分,更注重的是对学生实践动手能力的培养,教师主要按照《真空工艺与实验技术》这本教材来安排学习。教学内容着重让学生掌握机械泵抽气系统操作、扩散泵抽气系统操作、涡轮分子泵抽气系统操作、溅射离子泵钛升华泵无油抽气系统操作,并以此结合讲解真空系统的维护方法。但许多学生潜意识里会认为“穿上白大褂戴上白手套”进入实验室做实验是很好玩的,因此教师应该改变学生的观念,强调实验操作的严肃性,制定科学合理的实验方案,以培养学生的创新思维和实践能力为主,明确实验步骤,并制定实验报告模板,以便学生能够更好地收集和记录实验数据。

3.2. 教学思路及方案

能够有效指导学生进行学习的教学方法是课程成功的前提条件之一。在《真空系统维护与维修》这

一课程的教学中,教师应按照以下三种教法相辅相成,促进教学效果:1) 通过传统教学方法——讲授法,并结合当前真空技术应用的前沿科学,激发学生的学习兴趣和拓展眼界;2) 采用多媒体课件、对分课堂、学习通等教学手段穿插于教学课堂。多媒体课件强调使用丰富、生动的PPT展示,避免一味的文字堆砌;多用网络视频短片形象化介绍某种技术的工作原理等;对分课堂采用正规PAD方式进行,用对分易平台“亮考帮”功能进行提问、讨论、知识归纳与总结等环节;3) 实验室教学与实践,加强现场提问、现场解答等理论联系实际内容的过程性教学,培养学生的动手能力和解决实践工程问题的能力。具体教学思路设计如图2所示:

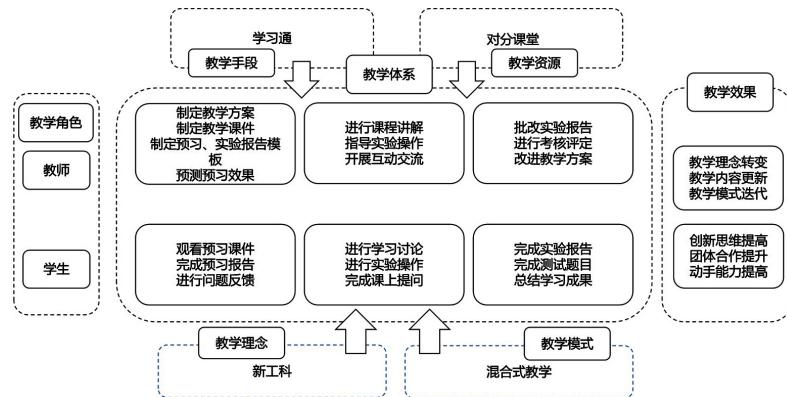


Figure 2. Teaching roadmap

图2. 教学思路图

3.3. 课中实验

实验是物理课的魅力点,在物理教学中有着不可或缺的重要地位。通过实验,不仅可以激发学生学习物理的兴趣,提高分析问题、解决问题的能力,更重要的是可以提高学生思维参与的积极性,培养尊重事实、实事求是的科学态度,对学生的工程实践能力有很大程度上的锻炼。而物理实验分为教师演示实验和学生分组实验,具体实验操作思路如图3所示:



Figure 3. Experimental procedure flowchart

图3. 实验操作思路图

3.3.1. 教师演示过程

应当注意的是,在教学过程中,除了视频或图片展示外,教师亲自进行实验演示能使学生更为直观

地了解知识。教师在进行演示实验时要做到以下几点：

1) 课前教师要确认实验仪器没有损坏，掌握正确的实验步骤，反复进行实验，确保实验安全可靠，尽量减少上课时实验操作的失误，保证课上演示成功。确认实验仪器没有损坏不仅仅是为了确保课堂上学生可以进行操作，也是为了确保实验进行的安全性。例如，在进行磁控溅射靶的拆装实验时，由于此实验操作性强，教学过程是由教师演示与学生操作进行，因此教师在课前应检查与该实验相关联的磁控溅射镀膜系统是否能够完成实验操作，确保教学的顺利进行。教师在进行演示实验时要注意，演示实验要有明确的目的性，实验开始前要与学生讲解所演示实验的最终目的是什么，要明显而直观，确保每一位学生都能观察到，切忌实验可见度低。

2) 教师演示过程中实验用语要专业，实验用语不准确不利于学生正确地吸收知识。要和学生强调实验室以及实验的注意事项，培养学生良好的实验行为习惯与动手实践能力。例如，在进行电弧离子镀膜机前期清洁实验时，该实验类型以教师演示，学生观察、调研、记录为主，要求学生能够系统了解真空室清洁的基本流程和操作要领，掌握真空系统清洁和维护相关工具的使用方法。因此，教师在演示实验时不仅要注意操作规范，还要注意实验用语的专业性。由于实验室的仪器都不方便移动，再加上仪器价格原因和设备数量不足的问题，因此教导学生在使用时候应该多加注意。

3) 在进行科学探究实验时，教师应该创设一定的探究情境，激发学生的探究欲望。在实验教学中不仅要注重实验结果，更要注意实验的过程，提高学生的科学探究能力。

4) 实验步骤要正确讲解。实验步骤具有严谨性，是实验能否成功的前提，由于学生对于实验知识都是初次接触，除了观看教师演示实验外，还要根据实验步骤，一步一步地按要求动手操作。

3.3.2. 学生实操过程

学生实操也是掌握实验内容的关键方法，教师在这个过程要注意做到：

1) 充分发挥分组实验教学的优势，教师在实验过程中引导学生理解实验的目的、操作步骤和原理，适时提问学生问题，使学生能从日常生活、自然现象或实验现象中观察发现与物理学有关的问题，形成正确的情感态度价值观，树立团结协作意识，提高思维能力。

2) 教师实验巡视，要对学生进行有针对性的指导，及时纠正学生的错误，这不仅仅是一种普通的讲解和指导，而是一种有计划、有目标的个性化指导，尤其是针对那些基础知识薄弱、实践技能欠缺的学生，更需要耐心地探究问题的根源。教师应该重视教学，以便让学生在实验过程中掌握较为困难的实验现象。

3) 引导学生正确处理实验数据，完成实验报告。实验报告是记录实验目的、方法、过程和结果的书面报告。实验报告必须以科学实验为基础。其主要目的是帮助实验者积累研究数据，总结研究成果。尝试引导学生分析实验结果，培养从实验结果中吸收经验知识的意识，提高学生分析问题、解决问题、从实验现象中归纳总结物理知识的能力。

3.4. 课后总结

3.4.1. 作业布置

《真空系统维护与维修》课程用的参考书是东北大学张以忱等老师编著的《真空工艺与实验技术》《真空系统设计》，章节结束后并未设置问题。根据教学培养目标重点设计作业布置章节如图 4 所示。

本课程平时作业主要由对分课堂小组讨论、对分易“亮考帮”形式、雨课堂测验(单选题 + 多选题 + 填空题 + 问答题)、实验室操作四部分组成，设计方案如表 1~4 所示。

在有关真空系统的组成这一部分知识中，是通过雨课堂测试来考察学生对真空系统的结构组成是否有清晰的了解，重点考察学生对课程内容的掌握情况，包括理解和运用知识点的能力。对真空系统形式

的分类需理解并能实际运用，这是这部分知识的核心内容。

真空系统按其工作压力分类，可分为粗真空系统、低真空系统、高真空系统、超高真空系统、极高真空系统。按真空系统所要求的清洁程度，可分为有油真空系统、无油真空系统。其次，学生需理解真空系统组成单元并学会运用此知识。真空系统组成元件包含真空阀门、质量流量计(MFC)、捕集器、除尘器、真空继电器。这些部件的工作原理和使用时的注意事项需要学生掌握并运用。本部分知识要求学生在初步了解真空基础知识后，能熟练区分真空分类、真空调度单位换算及各种技术应用范围，了解各种真空获得设备。了解真空系统组成是《真空系统维护与维修》这门课程的开始，为后面课程的学习进行了知识铺垫。

真空系统的保护装置一般可分为两类：一类是保护真空系统本身不受损坏，另一类是保护操作人员、维护人员或其他由于靠近系统而可能受到危害的人员。对于真空系统的安全防护知识，主要是通过分课堂、对分易“亮考帮”形式和实验对学生进行知识检测。其中，常见真空系统防护装置和常见真空系统防泄漏、防爆措施的应用是本部分知识的核心。为预防真空系统泄漏、爆炸，需要学生掌握预防方法并会实际运用，明确带有扩散泵和涡轮分子泵的真空系统能应对任何严重的外部故障或危及整个真空系统的故障。重点掌握使用较为广泛的真空泵的工作原理、使用及注意事项，掌握普遍采用的真空测量技术和检测灵敏度最高的真空检漏仪器及方法。其次，本部分知识也要求学生理解并运用真空系统中磁铁和电气系统日常维护、热辐射对人体危害及预防措施相关的知识。为了培养学生的自主学习意识，提高学生的内隐学习能力，在这里应采用多种教学方法，如小组讨论、翻转课堂、专家视频教学等。

对于真空系统的清洁与卫生这一知识，主要是通过分课堂、对分易“亮考帮”形式和实验对学生进行知识检测。其中，造成真空污染的常见形式和对真空元件进行净化的概述和基本要求是本部分知识的核心内容，比较常见的真空材料表面上的污染物有哪几种类型，这些要求学生掌握理解并能运用。其次，本部分知识要求学生掌握材料表面净化的基本方法。最后，还要求学生掌握真空配件清洗和存放的要领。这一部分的作业考察学生对真空系统的清洁与卫生是否有基本的了解，是否能熟练掌握各种真空系统、真空腔体、真空元件的清洁方法。要求学生基本掌握真空系统和真空元件的清洗方法和清洗流程，对真空系统及真空系统元件的清洁能做到基本准确。

对于真空系统的安装与维修这一知识，这是本课程《真空系统维护与维修》的核心部分。主要是通过分课堂、对分易“亮考帮”形式对学生进行知识检测，在这里应采用多种教学方法，如小组讨论、翻转课堂、专家视频教学等。本部分知识要求学生能够熟练掌握真空系统的维护维修操作，并熟练使用真空系统维护维修工具对真空系统进行维护和维修，并做到规范有序。对真空系统及其维护维修的知识掌握较为全面，能够有效地安排真空系统维护维修的顺序，并能够按照维修要领进行维修维护实验操作。重点是培养学生的动手能力，培育学生团体协助解决问题的能力。



Figure 4. Assignment chapter diagram

图 4. 作业布置章节图

Table 1. The section assignment's details of vacuum system component**表 1. 真空系统组成章节作业明细**

章题目	作业名称	考核知识点	支撑课程目标
真空系统组成	雨课堂测试	1、真空工作气压分类 2、真空系统清洁度分类 3、常见的真空系统组成、预抽泵和 维持泵的概念	(1)、(2)、(3)

Table 2. The section assignment's details of vacuum system safety and protection**表 2. 真空系统的安全与防护章节作业明细**

章题目	作业名称	考核知识点	支撑课程目标
真空系统的安全防护	对分课堂、 对分易、 实验	1、扩散泵和分子泵系统发生外部故障的 处置方法 2、防爆防泄漏的基本措施 3、避免电气和辐射伤害的要点、真空系统 中磁铁和电气系统日常维护	(1)、(2)、(4)

Table 3. The section assignment's details of vacuum system cleaning and hygiene**表 3. 真空系统的清洁与卫生章节作业明细**

章题目	作业名称	考核知识点	支撑课程目标
真空系统的 清洁与卫生	对分课堂、 对分易、 实验	1、造成真空污染的常见形式 2、对真空元件进行净化的概述和基本要求 3、金属与非金属材料清洗净化的方法及 注意事项 4、真空配件清洗和存放要领	(1)、(2)、(3)、(4)

Table 4. The section assignment's details of vacuum system installation and maintenance**表 4. 真空系统安装与维修章节作业明细**

章题目	作业名称	考核知识点	支撑课程目标
真空系统的 安装与维修	对分课堂、 对分易	1、常见真空系统的安装与调试及注意事项 2、常见真空系统操作的归纳与总结 3、油封式机械泵、扩散泵、罗茨泵等真空系统常见 故障的原因分析及排除方法 4、平分检测、替换检测法在真空系统维护中的运用	(2)、(3)

3.4.2. 学情反馈

- 1) 学生通过学习通平台复习和回顾理论及实验内容。
- 2) 学生根据实验情况，完成纸质版报告并按时提交。
- 3) 教师对课前、课中、课后的教学情况进行及时总结和归纳，根据学生课情反馈，及时调整教学内容、课件、教学计划和教学方法。

4. 教学结果分析

由教学结果反馈得知，“混合式教学”的教学模式采用，有机地将课前、课中、课后和课外四个环节结合起来，打破了时间及空间的限制，为学生搭建了一个自学、自检的教学平台，极大程度提高了学生的课堂参与度。通过对学生在课前进行分组的措施，细化学习目标及任务，学生在预习该项课程时更有

导向性,显著提高学生课前预习效率。通过设置问题讨论模块,激发学生的主观能动性,以学生为中心、教师为引导,推动学生发展,培养学生积极思考、善于思考的能力。课堂点评预习报告的方式,对学生起到良好的督促作用,促使学生及时预习,注重实验细节。以上三项教学环节的设置,使学生的预习率几乎达到全班覆盖,且预习深入、效果良好,学生学习积极性显著提高,具体表现为学生课堂举手答题及提问积极性增加。

上课过程中发现,比起传统的点名方式,使用线上软件——学习通的签到功能,能够更加高效地完成点名工作,极大程度上减少课堂教学时间的浪费。课程中的动手及小组讨论环节热度颇高,学生能很快进入自己的小组分工角色,团队协作能力得到极大的锻炼。

课后实验报告及作业的批改发现,设计“理论教学”+“实验操作”的课程体系,引入混合式教学模式,使得学生实验报告的内容细节及思考深度,有了较大幅度的提升,总体成绩表现也更加客观。课程设计贴合“新工科”的人才培养定位,有效改善教学效果,使学生在很大程度上得到了价值塑造和能力培养。

5. 总结及展望

本文将“以学生发展为中心”的价值取向作为基准,设计了“理论教学”+“实验操作”的课程体系,并结合使用混合教学模式。旨在使学生充分掌握物理类及真空系统维护和维修相关基础知识、基本理论,了解物理学及真空系统维护维修发展现状和趋势,把握学科基础、前沿和特色,具备利用所学物理、真空维护维修知识,在生产工作中进行创新实践的能力。同时,培养坚定的物理及工程职业信念和高尚的职业道德,具有科学精神和人文素养。使学生认同物理及真空技术类工程职业,形成工匠精神、高度的责任心和家国情怀。教学实践结果表明,混合式教学模式在高等教育中的应用,对产业集群快速发展及新工科背景下的本科专业课程建设有极大的推动作用。新时代高等教育培养方向,应当适应我国产业技术升级及经济社会发展,着眼于改革课堂教学,为此,需要教师和学生共同努力,共同推动变革。

基金项目

2023 年度广东省高等教育教学改革项目:以产业集群和产业学院引导的学生融合创新能力培养模式探索与实践。

参考文献

- [1] 让工程科技造福人类、创造未来——在 2014 年国际工程科技大会上的主旨演讲[EB/OL]. 2014-06-04. <https://news.12371.cn/2014/06/03/ARTI1401774030353244.shtml>, 2025-10-08.
- [2] 教育部高等教育教学评估中心. 中国工程教育质量报告: 2025, 中国工程教育准备好了吗? [M]. 北京: 教育科学出版社, 2017: 103, 3.
- [3] 刘春林, 李宝娣. 大学数学课程的线上线下混合式教学研究[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2023(6): 39-42.
- [4] 马义刚, 李智慧. 超高真空和高真空技术的应用[J]. 真空, 2021, 58(4): 98-102.
- [5] 李志鸿, 邹复民. “新工科”背景下地方本科高校学科建设路径探析——以福建工程学院交通运输工程学科为例[J]. 福建工程学院学报, 2017, 15(5): 486-490.
- [6] 叶美兰, 陈桂香. 新建地方本科高校“新工科”建设: 问题、原则与对策[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2019, 18(5): 114-119.