

新工科背景下新能源材料与器件专业实验教学 改革探索

——以江汉大学为例

汪海平*, 刘芸, 张玉敏, 谭媛, 王亮

江汉大学光电材料与技术学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年6月9日; 录用日期: 2024年7月12日; 发布日期: 2024年7月19日

摘要

在新工科背景下, 高等工程教育聚焦于培养学生的创新及工程实践能力。本文分析了新能源材料与器件专业实验教学改革的现状与问题, 并提出了一系列创新改革方案。这些方案涵盖实验教学体系优化、虚实融合教学、科研与实验教学相结合以及考核评价体系改进等方面, 旨在为新工科背景下培养高素质、创新型的新能源材料与器件专业人才奠定坚实基础, 推动该领域教育的持续发展。

关键词

新能源材料与器件, 新工科, 实验教学

Exploration of Experimental Teaching Reform for New Energy Materials and Devices Major under the Background of New Engineering

—Taking Jianghan University as an Example

Haiping Wang*, Yun Liu, Yumin Zhang, Yuan Tan, Liang Wang

School of Optoelectronic Materials and Technology, Jianghan University, Wuhan Hubei

Received: Jun. 9th, 2024; accepted: Jul. 12th, 2024; published: Jul. 19th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 汪海平, 刘芸, 张玉敏, 谭媛, 王亮. 新工科背景下新能源材料与器件专业实验教学改革探索[J]. 教育进展, 2024, 14(7): 657-663. DOI: 10.12677/ae.2024.1471215

Abstract

Under the background of new engineering, higher engineering education focuses on cultivating students' innovation and engineering practice ability. This paper analyzes the current situation and problems of experimental teaching reform of new energy materials and devices and puts forward a series of innovative reform schemes. These schemes cover the optimization of experimental teaching system, the integration of virtual and real teaching, the combination of scientific research and experimental teaching, and the improvement of the evaluation system. The aim is to lay a solid foundation for cultivating high-quality and innovative new energy materials and devices professionals under the background of new engineering and promote the sustainable development of education in this field.

Keywords

New Energy Materials and Devices, New Engineering, Experimental Teaching

Copyright © 2024 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

新能源材料作为支撑我国现代化社会建设的基础性要素，在实现碳达峰、碳中和的“双碳”目标中扮演着举足轻重的角色。鉴于全球能源供应日益呈现的不确定性，我国对新能源材料的研发与生产需求显得尤为迫切，这也凸显了相关领域高素质工程人才的匮乏问题[1]。为响应国家新能源技术与产业发展战略，教育部于2010年设立了新能源材料与器件本科专业，旨在培养具备跨学科知识背景和专业技能的复合型人才。这些人才需拥有坚实的材料科学、物理学、化学、电子学以及机械工程等学科基础，同时系统掌握新能源材料、新能源器件的设计与制造工艺、测试技术与质量评估以及新能源系统与工程等方面的专业理论与实践技能[2] [3]。随着第四次工业革命的兴起和我国产业结构的持续优化升级，2017年教育部相继提出了“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”等指导性文件，为新工科建设提供了明确的方向，即致力于培养具备扎实理论知识基础、卓越动手实践能力以及敢于创新精神的高端复合型人才[4] [5]。实验教学作为高等教育教学改革的重要组成部分，对于培养大学生的创新实践能力和解决复杂工程问题的能力具有不可替代的作用。在“新工科”专业建设中，实验教学更是被视为培养创新人才的重要途径之一，对于提升学生的综合素质和适应能力具有重要意义[6] [7]。

江汉大学(以下简称“我校”)积极响应国家能源规划战略和“双碳”目标，于2018年成功申请并设立了新能源材料与器件本科专业。该专业立足于湖北省及武汉市新能源产业的发展需求，通过整合校内优质师资力量和教学、科研资源，构建了集能源、材料、化学等多学科交叉融合的教学与科研平台。至今，江大新能源材料与器件专业已连续五年招收本科生，目前在校人数达到342名。专业依托于新能源材料系、光电化学材料与器件教育部重点实验室和柔性显示材料与湖北省协同创新中心等开展学科建设和人才培养工作[8]。本文以江大新能源材料与器件专业为研究对象，深入探讨在“新工科”建设背景下，如何对该专业的实验教学体系进行优化。通过提出具体的思路 and 方案，旨在为同类高校在相关专业领域的人才培养提供有益的参考和借鉴。

2. 实验教学现存的问题

2.1. 实验课程体系不完善及专业实验教材欠缺

由于新能源材料与器件专业自 2010 年起才在全国各高校设立,多数高校在该领域的建设尚处于初步探索阶段。同时,鉴于新能源材料与器件专业的快速发展特性,新的实验技术与方法层出不穷,使得各高校在实验课程设置及教材遴选方面仍处于持续探索与完善的过程中。这导致实验课程体系可能不够完整,缺乏足够的验证和实践。此外,实验教材的选择常受到高校自身特色及既有成熟专业经验的制约,可能呈现出偏向化学、材料或物理等某一学科的倾向,缺乏全面性和综合性。

2.2. 实验教学场地及经费不足

由于专业建设经费有限,以及受到空间布局和安全规范等多重因素的制约,多数高校在实验仪器设备的配置上,尤其是贵重精密仪器的采购与配备方面显得力不从心。这种硬件资源的匮乏导致实验教学内容在知识点覆盖上存在不足,一些重要的性能测试实验不得不采取分组实施的方式,从而使得部分学生仅能参与实验的部分环节,无法全面锻炼其动手实践能力和深入掌握相关实验技能。与此同时,随着新能源材料与器件专业的迅猛发展以及学生规模的不断扩大,实验教学场地日益显得紧张,设备布局呈现出相对拥挤的状态。此外,部分实验仪器因分散配置于多个实验室中,严重影响了实验教学的连贯性与整体效率,不利于学生系统掌握实验技能与知识。

2.3. 教学评价单一,成绩评定欠科学

受到实验设备台套数的限制,一些专业实验课程常采用分组进行的教学模式,每组通常由 5 至 6 名学生组成。然而,这种分组方式往往导致同组学生间实验结果的高度相似性,从而难以仅凭实验报告准确评估每位学生在理论知识和实验技能方面的个体差异与掌握程度。更为关键的是,实验教学的核心目标在于提升学生的实践操作能力及培养其独立思考与解决问题的能力。但现行以实验报告为主要评价依据的方式,不仅容易诱发学生间的抄袭行为及实验数据造假等问题,还会降低学生对实验的积极参与度,抑制其自主性与创新思维的发展,最终对实验课程的教学效果产生不利影响。因此,现行的实验教学评价方式亟待进行改革与优化,以构建更为全面、科学的评估体系,从而更准确地衡量学生的实验表现及其综合能力水平。

3. 实验教学改革探索

3.1. 构建基础扎实、特色鲜明的三层次实验教学体系

鉴于新能源材料与器件领域所呈现的跨学科融合、高度创新性、应用导向及可持续发展等学科特性,多年来我们坚持以新工科人才需求为导向,以激发学生的创新精神与实践应用能力为核心目标,通过深入剖析新能源产业对人才的独特需求,不断对实验教学内容、教学手段及方法进行系统改革与创新。在此坚实基础上,我们成功构建了包含“基础训练层、专业方向层、创新研究层”三个层次在内的实验教学课程体系(如图 1 所示)。这一体系不仅为学生提供了丰富多样的实验教学平台,更有效促进了学生知识结构的多元化与个性化发展,为培养新能源领域的高素质创新人才奠定了坚实基础。

在实验教学平台构建方面,我们紧密围绕专业方向及人才培养体系,成功搭建了三级实验教学平台,具体涵盖学科基础训练实验平台、专业方向实验平台以及创新设计实验平台。

学科基础训练实验平台主要面向大一、大二学生,提供学科基础与专业基础课程两方面的实验教学。其中,学科基础实验包括计算机基础及 Office 高级操作(课内 32 学时)、大学物理实验(64 学时)、工程制

图及 CAD (课内 16 学时)、电工电子学(课内 8 学时)等,旨在为学生后续在新能源材料与器件领域的学习和研究打下坚实的基础,并全面提升他们的综合素养与竞争力。根据新能源材料与器件专业的特点,我们还开设了一系列专业基础实验课程,如无机化学实验(32 学时)、分析化学实验(48 学时)、有机化学实验(48 学时)、物理化学实验(48 学时)、材料性能测试实验(32 学时)、电化学实验(课内 16 学时)、新能源材料制备实验(课内 16 学时)以及高分子化学实验(课内 16 学时)等。这些实验教学旨在对学生进行材料科学与工程学科的基本知识、基本操作和实验方法的系统训练,从而着重培养学生的基本实验素养和实践操作能力。

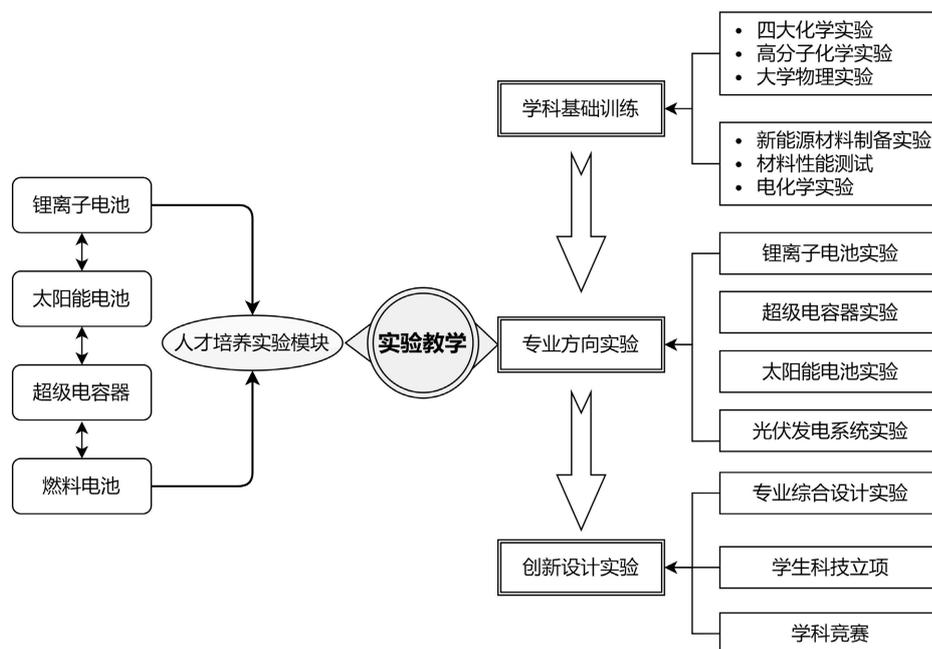


Figure 1. Diagram of experimental teaching system for the major of new energy materials and devices
图 1. 新能源材料与器件专业实验教学体系图

专业方向实验平台则主要面向大三学生,我们根据锂离子电池、太阳能电池、超级电容器以及光伏发电系统这四个主要方向,针对性地设置了相应的实验教学内容,开设了新能源材料与器件专业实验①(64 学时)和新能源材料与器件专业实验②(64 学时)两门课程,设置的教学内容如表 1 所示。鉴于目前专门针对新能源材料与器件专业的实验教材较为匮乏,我们创新性地融合了化学、材料、能源等多个相关专业的实验内容,精心编写了专业实验讲义。通过这些针对性的专业实验操作,使学生能够更深入地理解和掌握所学专业的核心知识和技术,并具备从事新能源材料与器件相关领域工作所需的全面素质和实践能力。

Table 1. Experimental projects for the major of new energy materials and devices
表 1. 新能源材料与器件专业实验项目明细

课程名称	新能源材料与器件专业实验①	新能源材料与器件专业实验②
实验项目	高温固相法制备锰酸锂正极材料 粉体材料密度分析 锂离子电池正极配料及涂布 锂离子电池负极配料及涂布	有机染料吸收光谱及消光系数测定 染料敏化太阳能电池的制备 循环伏安法测定氧化还原电位 硅基太阳电池的绒面制备与效果测试

续表

扣式锂离子电池组装实验(1)	椭圆偏振法测量薄膜折射率及厚度
扣式锂离子电池组装实验(2)	光电导法测量非平衡载流子寿命
锌金属电极的电化学阻抗谱分析	半导体电阻率及方块电阻测试
锂离子电池电极的循环伏安测试	太阳电池基本参数测定
锂离子电池的充放电性能测试	太阳光伏发电系统基本认识实验
电解液电化学稳定窗口的测定	太阳能光伏发电自动跟踪系统实验
锂离子电池隔膜物理性能测试	太阳能光伏电池串并联与直接负载实验
交流阻抗法测电解液的离子电导率	环境对太阳能光伏电池特性影响实验
软包锂离子电池常规性能检测	太阳能控制器工作原理实验
锂离子电池的高低温性能测试	太阳能光伏逆变器实验
二氧化锰的超级电容性能测试	测量太阳能蓄电池性能实践
活性炭超级电容器的制备及其电化学性能测试	测量太阳能光伏电池暗伏安特性与光谱特性实践

创新设计实验平台则主要依托江汉大学光电化学材料与器件教育部重点实验室、柔性显示材料与技术创新湖北省协同创新中心等高水平科研平台资源,并结合新能源材料与器件专业教师的科研方向,为大三、大四本科生提供专业综合设计实验(64学时)和大学生创新创业训练计划项目等创新实验研究机会。科研平台的教师们根据各自的研究方向设计实验单元,确保实验教学内容与学科前沿、工程应用以及创新发明紧密相连,从而重点培养学生的创新思维和实践能力

3.2. 虚拟仿真技术与实验教学深度融合

锂离子电池的生产制备及性能测试是新能源材料与器件专业实验教学中不可或缺的核心环节。然而,受限于仪器设备的数量和实验场地的规模,当前众多开设此专业的高校主要聚焦于扣式锂离子电池进行实验教学。圆柱锂离子电池,作为工业生产中的主流产品,若能将其生产线引入高等教育实验实践环节,无疑将大幅提升人才培养的层次,并为学生未来的职业道路拓展更广阔的空间。但不可忽视的是,圆柱锂离子电池生产线存在着制备流程耗时长、安全风险较高等难题。鉴于此,本专业依托“中央财政支持地方高校改革发展资金”项目,成功筹措了20余万元的资金,引进了一套先进的锂电池虚拟仿真培训系统。通过将该虚拟仿真实验有机融入专业实验教学体系,我们系统地开展了圆柱锂离子电池的生产制备及充放电性能测试的模拟教学活动,并取得了显著的教学成果。这一教学模式不仅极大地提升了学生的学习热情,更为他们未来在动力电池生产车间的实际操作奠定了坚实的基础,从而实现了教学与产业的无缝对接。

3.3. 加强实验平台建设

以我校化学工程与技术一流学科建设项目为契机,在现有实验教学资源的基础上,逐步加大对实验教学的投入力度。秉持需求导向和经济性原则,本专业精心购置了一批先进的仪器设备,有效扩大了实验室规模,并持续优化了实验教学平台。自2019年新能源材料与器件专业设立迄今,学校在专业教学科研实验室的建设与运行方面给予了极大的支持,过去四年内累计投入了1130余万元的经费,其中专业教学实验室及锂电池生产工艺虚拟仿真实验资源及管理平台投入近400万元,实践教学实验室专业设备投入730余万元。这些投入紧密围绕专业培养目标和特色研究方向,有针对性地建设了4个专业教学实验室,分别是新能源材料合成实验室、锂离子电池实验室、太阳能电池实验室以及光伏发电系统实验室,实验条件的显著改善为学生实践能力和创新能力的培养提供了坚实保障。

3.4. 积极发挥科研对实验教学的反哺作用

依托光电化学材料与器件教育部重点实验室等科研平台，我校深度融合实验教学与科学研究的资源优势，建立创新人才培养基地。鼓励并推进科研实验室的先进实验设备与仪器资源向本科生开放，承担本科生的实验教学任务。在此过程中，着重强化实验教学内容中的创新性与设计性元素，推动实验教学的持续改进。在实验课程的教学实践中，教师团队采用了与真实科研过程相似的实验程序和方法，指导学生初步建立科学研究的思维框架并掌握基础性的研究技能。通过这种教学模式的实施，学生的科研素养和创造性思维能力得到了有效的培养与提升，为其未来的学术探索和创新实践奠定了坚实的基础。

3.5. 改进考核评价体系

课程评价作为衡量教学成效的关键手段，始终贯穿于实验教学的各个环节，对于提升教学质量具有重要意义。当前，多数高校在新能源材料与器件专业实验课程的考核中，主要依赖学生的实验报告和出勤情况作为评价标准。然而，这种评价方式可能无法全面反映学生在实验过程中的实际操作能力、技能掌握程度以及创新能力。因此，探索更为全面、科学的评价方法势在必行，以便更精确地评估实验教学的真实成效。

为此，我校以工程教育认证标准为指引，对新能源材料与器件专业的各门实验课程的教学目标和基本要求进行了明确，并与毕业要求的各项指标点相对应。同时，确立了合理的考核内容和评价依据，以确保实验教学的质量。具体来说，实验成绩的评定涵盖了实验预习、实验操作以及实验报告撰写质量三个方面。针对不同类型和要求的实验，对上述三个评价依据进行合理的权重分配，从而确保实验成绩评定的公正与准确。为了使实验前的预习更具实效性，采用了撰写预习报告并结合在线答题的方式进行考核，这一环节主要考察学生对实验目的、实验原理、实验步骤以及注意事项等内容的掌握情况。在实验操作环节，着重评估学生的实验操作能力以及实验记录的准确性和完整性。为了更精确地对学生的实验操作进行评分，将整个实验操作过程细分为若干具体步骤进行评估，包括实验前的仪器准备、药品称量及装置搭建，实验中的操作顺序、现象观察、数据记录及事故处理，以及实验结束后的实验台面整理及废弃物处理等。实验报告环节的考核主要是对学生实验报告撰写质量的全面评估，具体涵盖实验数据记录的准确性、完整性，数据处理的规范性，分析的深度，以及实验结果讨论的充分性等多个方面。通过这样细化的考核方式，能够更全面地评估学生的实验技能和实验素养，进而为提升实验教学质量提供有力支撑。

4. 结语

新能源材料与器件专业对现代化社会建设及实现“双碳”目标具有关键意义，然而该专业在实验教学中面临课程体系不完整、专业实验教材欠缺、教学场地及经费不足、教学评价单一等问题。为了应对这些挑战，江汉大学积极响应国家能源规划战略，构建了新能源材料与器件专业多层次实验教学体系，将虚拟仿真技术与实验教学深度融合，加强实验平台建设，改进实验考核评价体系，并积极发挥科研对实验教学的反哺作用。这些改革措施为同类院校相关专业的人才培养提供了有益的参考，有助于推动新能源材料与器件专业的实验教学向更高水平发展。

基金项目

感谢湖北省高等学校省级教学研究项目(项目编号: 2022273)对本论文的支持。

参考文献

- [1] 潘科, 徐海涛, 冯祥奕. “双碳”目标下我国新材料重点方向发展研究[J]. 信息通信技术与政策, 2022, 48(3): 74-81.

-
- [2] 非言. “新能源材料与器件”成未来高校新能源专业设置热点[J]. 太阳能, 2012(14): 33.
- [3] 王志涛, 上官恩波, 翟海法, 等. “碳中和”背景下新能源材料与器件专业建设探讨[J]. 科教导刊, 2023(11): 41-43.
- [4] 徐雷, 胡波, 冯辉, 等. 关于综合性高校开展新型工程教育的思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 6-12.
- [5] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.
- [6] 刘宇雷, 余明. “新工科”背景下高校实验教学体系建设探索[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(11): 19-21+32.
- [7] 韩文佳, 杨桂花, 陈嘉川, 等. 新工科背景下工科专业实验教学体系的构建与实践[J]. 大学教育, 2018(9): 61-63.
- [8] 汪海平, 刘志宏, 张玉敏, 等. 新工科与专业认证背景下地方高校人才培养方案的修订——以江汉大学新能源材料与器件专业为例[J]. 教育进展, 2022, 12(10): 4102-4109. <https://doi.org/10.12677/AE.2022.1210626>