

# 《燃料电池原理与技术》课程教学改革研究

马 元, 张雨晴, 刘凌云, 吴耀东, 童海云, 孟 影, 魏义永, 马小航, 訾振发

合肥师范学院物理与材料工程学院, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年2月8日; 录用日期: 2025年3月11日; 发布日期: 2025年3月26日

## 摘要

《燃料电池原理与技术》是新能源材料与器件专业的专业课, 目前课程教学仍以传统的课堂教学为主, 缺乏对学生思维能力、实践能力等综合素养的培育。通过对《燃料电池原理与技术》课程教学现状分析, 了解课程教学中存在的不足及问题, 并有针对性地提出改进建议, 推进教学改革。尝试发展“理论-实践”混合式教学, 将课堂教学与新能源产业发展紧密结合起来, 既能够潜移默化地培养学生科学的学习方法、思维模式和研究思路, 让学生能够自主参与课程学习, 提高对课程学习的兴趣和积极性, 又能够增强学生对燃料电池原理与技术知识的理解和应用, 提高教学效果, 有利于培养具有夯实知识储备和工程实践能力的应用型人才。

## 关键词

《燃料电池原理与技术》, 教学改革, 应用型人才培养

# Research on the Teaching Innovation of Fuel Cell Principle and Technology

Yuan Ma, Yuqing Zhang, Lingyun Liu, Yaodong Wu, Haiyun Tong, Ying Meng, Yiyong Wei, Xiaohang Ma, Zhenfa Zi

School of Physics and Materials Engineering, Hefei Normal University, Hefei Anhui

Received: Feb. 8<sup>th</sup>, 2025; accepted: Mar. 11<sup>th</sup>, 2025; published: Mar. 26<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

*Fuel Cell Principles and Technology* is a core course in the major of new energy materials and devices. Currently, the teaching of this course still relies primarily on traditional classroom instruction,

**lacking in the cultivation of students' comprehensive qualities such as thinking ability and practical skills. By analyzing the current state of teaching in the *Fuel Cell Principles and Technology* course, we can identify the shortcomings and issues in the teaching process and propose targeted suggestions for improvement to advance educational reform. We attempt to develop a blended "theory-practice" teaching model, closely integrating classroom instruction with the development of the new energy industry. This approach not only subtly cultivates students' scientific learning methods, thinking patterns, and research approaches, encouraging them to actively participate in the course and increasing their interest and enthusiasm for learning, but also enhances their understanding and application of the principles and technologies of fuel cells, improving the effectiveness of teaching. It is conducive to nurturing applied talents with solid knowledge reserves and engineering practice capabilities.**

## Keywords

***Fuel Cell Principles and Technology, Teaching Innovation, Applied Talents Training***

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. 课程建设的背景

目前煤炭、石油、天然气等传统能源仍旧占据世界能源的主体地位，这些传统能源都是有限的、不可再生能源，由于多年来对传统能源的过度开发和使用导致能源紧缺问题和环境污染越来越严重，新能源产业的开发和应用迫在眉睫。在“十四五”规划中明确指出了新能源、节能环保等绿色低碳产业的战略支柱地位，国家对新能源产业的发展及推广应用给予财政补贴支持，新能源产业将迎来高速的增长以及大量的人才需求[1]。燃料电池作为一种高效、清洁、经济的新能源体系在电子设备、电动汽车等相关产业领域中有着广阔的应用前景，并受到了诸多科技研究者的关注和重视，许多高校顺势开设《燃料电池原理与技术》等相关课程，并将该课程列入高校“重点建设学科规划”。

《燃料电池原理与技术》课程系统讲述了燃料电池的基本理论、基本技术技能及氢能源化工方面的基本思想和方法，并涵盖了关于燃料电池材料、电池器件、氢能化工技术的研究成果和发展趋势。课程内容从简入深，能够让学生对燃料电池的工作原理、特点、基础技术等基本概念有一定的了解和认知，为后续的专业课程和实践学习夯实基础。高校通过开展《燃料电池原理与技术》课程旨在提高学生的专业知识和技术技能，要求学生能够不仅要熟知不同种类燃料电池的工作原理、组成结构等，还要掌握制备和应用燃料电池的相关技术技能，了解氢能源化工的技术及发展趋势，能够将课堂知识运用到实践应用中，对燃料电池等新能源体系的发展形成自己的看法和见解，增强学生的科学素养和现代意识，为新能源产业的发展培养应用型专业化技术人才。

然而随着科技技术的不断发展，燃料电池的种类和技术也在不断更新发展中，因此也就要求在课程教学时要及时更新相关教学内容，确保教学时效性。同时，《燃料电池原理与技术》课程中会涉及很多专业性知识，要求学生不仅要掌握理论知识，更要提高实践操作能力，要重视课堂教学与产业发展的结合。因此，传统的课程教学体系并不适用于现代《燃料电池原理与技术》课程，应当结合市场需求和新的教学环境，推动《燃料电池原理与技术》课程教学改革，既能够满足教学需求，完成教学任务，又能够实现学生的个人成长，培养学生的科学素养和创新意识，提高专业化知识和技能。

## 2. 《燃料电池原理与技术》课程教学中存在的问题

### 2.1. 课程内容设置不合理

#### 2.1.1. 课时安排有限

《燃料电池原理与技术》作为高校材料学专业的专业课程，课时安排相对较少，一学期通常仅有 32 学时，这与燃料电池的市场规模较小有关。但燃料电池所涉及到的内容及相关知识点却相对庞杂，不仅包括燃料电池的基本原理、技术概念、组织结构等理论知识，还涵盖了燃料电池的技术工艺以及燃料电池相关的研究成果、发展动向和实际运用等相关经验。因此在有限的课时教学中无法对教材中的知识点展开全面讲解，在教授过程中既无法充分突出重点知识，又不能给学生提供充足的课堂表现时间，无法让教师了解学生对知识点的掌握情况，从而及时进行调整和补缺。基于此模式，学生不仅对专业理论知识一知半解，不利于系统全面地掌握相关知识点，同时也增加了教师的教学难度，不利于教师根据学生的学习情况进行知识拓展和技术能力训练，无法有针对性地实施有效的教学手段来提高学生的学习效率和质量。

#### 2.1.2. 教学内容缺乏时效性

高校作为社会人才的培养基地，课堂教学要与现实生活紧密联系，在教学内容中要切实反映出社会技术先进水平，高校教学要与时代发展相同步。近年来，随着国家对科技技术产业的大力扶持，在新能源电池技术和材料技术研究中取得重大突破，燃料电池的相关技术也有了一定程度的提高和改善，新能源体系不断更新，制备技术和生产工艺等也随着新型材料的涌现而不断被优化，燃料电池等新能源技术产品的应用范围也越来越广泛，已经不再局限于某些特殊领域，在民用商业化汽车领域中进行了突破和创新。但授课教师几乎没有燃料电池的从业背景，很难实时更新燃料电池相关的最新进展，在教学中依赖教材中经典的知识体系，因此导致高校教学与现代科学技术发展存在一定的滞后。

#### 2.1.3. 课程专业性强，学习难度高

《燃料电池原理与技术》课程涉及固体物理、电化学、材料科学基础和物理化学等多种学科的知识点，专业性强，理论知识多且相关概念抽象，对于没有一定学科基础和经验的学生来说，课程学习难度较强。例如，在学习电化学反应基本原理及相关应用时，具有一定理科基础的学生来说能够很快理解和掌握相关知识点，但是对于来自化工等学科的学生来说，基础薄弱，通过课堂教学并不能够让他们很好地理解相关课程内容，很容易跟不上教师教学节奏，从而对课程学习丧失信心，产生抵触、厌倦等消极情绪。

#### 2.1.4. 课程教学缺乏实际联系

《燃料电池原理与技术》课程是集理论性、技术性、应用性于一体的学科，不仅包括丰富的理论知识，还与实际生活紧密衔接，与新能源发展息息相关。然而燃料电池作为一种新型能源技术，对应的教学仪器少，造成目前高校课程教学安排中主要以理论知识教学为主，过于注重学生理论知识的测评，缺乏理论与实际生活的联系，在一定程度上降低了学生对课程学习的兴趣和积极性，导致学生学习效率低，容易出现基础概念混淆、应用能力差等问题。

### 2.2. 教学方式单一，缺乏实践

目前高校仍就采用传统、单一的教学模式给学生传授燃料电池原理及技术相关的教学内容，以教师为主体，按照预设好的教学方案逐一进行，重视理论知识的传授，缺乏实践教学演练。这种固有化的教学方式并不适合《燃料电池原理与技术》这门理论与技术实践兼备的课程，枯燥、抽象的燃料电池原理

及相关专业术语容易引发学生对课程学习的负面情绪。而且由于缺乏实践演练，导致学生无法将理论知识与实际发展联系起来，难以充分理解并消化相关专业知识及新能源电池概念。虽然部分高校已经意识到传统教学模式的弊端，并在教学中融入现代化教学工具，通过多媒体课件中的图片、动画和视频来弥补实践教学的缺乏，让学生能够对相关专业理论知识和技术应用有更直观全面的认识，但取得的教学效果并不如预期。对于《燃料电池原理与技术》这门注重实践教学的课程来说，必须要辅以一定的实验手段进行表述，才能够让学生对原理与技术有透彻的理解。然而，由于一定因素的限制，目前高校实行实验教学的操作难度较高，现有的教学模式既不利于发挥教师的科研优势，也不利于培养学生的科研兴趣以及动手创新能力[2]。模式化、机械化的教学模式只能让学生填鸭式地掌握表面的基础知识，对于燃料电池相关的深层内容及技术发展很多学生还是一知半解，同时这种教学过程也不能培养学生学习主动性和独立思考能力，学生对于课程学习只是一种任务心态，并不符合课程教学对人才培养的需求。

随着教学改革的深化发展，应该加快改革步伐，推动《燃料电池原理与技术》课程的教学方式改革，强化理论与实践相结合的教学模式，重视学生在课堂教学中的主体地位，提高学生独立思考能力和学习主动性，让学生能够充分享受到自主学习带来的乐趣和成长，提高课堂教学效率，实现教学目标和人才培养需求。

### 3. 课程教学策略的探讨与实践

#### 3.1. 优化课程内容结构

##### 3.1.1. 调整教学内容，充分利用课余时间

针对课程教学时间有限，但教学内容较多，知识点繁杂，难讲授等问题，一方面需要教师能够根据现有燃料电池技术的发展趋势和特点，有目的地重新调整、筛选教学内容，将繁杂的知识点进行优化和精简，注重逻辑规律结构，突出重难点，一定程度上减少学生的认知难度，另外一方面要引导学生在课余时间也能够自觉主动地参与到课程学习中。例如，在学习燃料电池原理的相关理论知识时，教师可以脱离书本内容，按照一定逻辑结构对相关知识点进行归纳总结，让杂乱的知识能够有关联地串联起来。比如，在了解燃料电池的基本工作原理之前，可以先了解传统电池的原理结构，通过对比分析，可以让学生对燃料电池的运作原理及优势特点形成清晰地知识框架体系。再有，燃料电池涉及的材料体系较多，在学习燃料电池材料时，可以通过学习材料之间的共性和特性，建立起知识框架结构。比如，贵金属催化剂能够提高燃料电池的发电效率[3]，是燃料电池的高效运作的重要组成部分，但是不同贵金属催化剂对燃料电池的作用效果也各不相同，Pt/C 催化剂和 Pt 合金催化剂的催化活性有着明显的不同。学生通过知识体系之间的相互衔接，能够有效提高学习效率，减少无用时间的投入。此外，教师可以要求学生在课前预习相关内容，提前搜集资料，对将要学习的内容有初步的了解，在课后发布一定的练习习题，让学生通过完成习题训练来巩固课堂教学知识点，加强对燃料电池原理及技术的认知。

##### 3.1.2. 提高教师专业知识，及时更新滞后内容

教师自身的专业知识储备和科教能力会对课程教学造成直接影响，因此，为了能够呈现出更好的教学内容，提高教学效果，教师需要及时汲取最新讯息，了解燃料电池的最新研究成果和未来发展方向，随时更新和调整滞后的教学内容[4]。同时，教师可以与学生建立和谐友好的交流关系，互相分享关于燃料电池相关的文献资料及研究见解，潜移默化地引导学生积极主动地学习和追踪燃料电池相关领域的话题资料，拓展学生的研究思维，培养学习兴趣。此外，有些教师可以充分发挥自身的优势，与学生分享目前参与的燃料电池相关的研究内容，调动学生的学习主观能动性，让学生能够及时学习和接触到最新的燃料电池知识及技术。

### 3.1.3. 化抽象为具体，因材施教

鉴于《燃料电池原理与技术》课程的特殊性，里面会涉及一些晦涩难懂的理论概念和知识，增加了学生的理解难度。因此为了能够让学生更容易地接受课程教学，教师可以借助辅助教学手段，如PPT图片、动画技术等深刻形象地还原燃料电池相关的理论及相关技术，注重学生基础知识的积累，让学生能够对燃料电池的基本原理及技术内容形成概念性认知。同时，结合不同学生的学习特点有针对性地因材施教。例如，面对理科基础相对薄弱的学生来说，应该要注重学生逻辑思维的培养，而不是盲目追求他们对燃料电池机理及相关专业理论的掌握。而对于具有一定理科基础的学生而言，教师可以积极引导学生进行深层领域的研究。教师可以适当给予一些额外的教学指导，让学生在充分理解课堂精简知识的基础前提下，自主探索燃料电池的其他研究方向，甚至于还可以给一些理论知识丰富的学生提供参与相关科研工作的机会，从而为国家培养新能源领域的专业化尖端人才。

### 3.1.4. 注重理论与实践的融合

高校课程教学时应该注重学生实际应用能力的培养，建议以学生应用为中心的教学战略方针。《燃料电池原理与技术》课程也不是脱离实际应用的纯理论教学，因此，在教学过程中，要兼顾理论与实践，不仅要重视学生对基础知识的理解和掌握，还要提高学生对燃料电池的实际应用能力，培养高阶思维和应用创新能力。一方面，教师在讲解燃料电池相关技术时，可以通过具体的实例辅以讲解，不仅能够提高教学实用性，还能够增强学生对相关理论概念的理解。例如，通过讨论在当今新能源潮流趋势下，燃料电池技术面对的挑战及技术革新。目前燃料电池技术在特殊领域有着广泛的应用，但是未实现大规模商业化，让学生能够对燃料电池技术的优势和缺陷有更全面、深层的认知。另一方面，精简理论知识，融入更易让学生接受和理解的应用化内容，拓展建设课程内容的广泛性和趣味性，让其不再拘泥于传统课本理论教学，丰富教学形式，提高学生学习兴趣。例如，在学习燃料电池的基本原理时，可以根据燃料电池在实际中的应用案例设置教学模块，结合新能源行业的相关讯息，能够对燃料电池的高效、清洁特点有更直观的理解。教师可以根据不同内容适当补充相关政策、知识等，加强学生对燃料电池相关内容的认知。

## 3.2. 丰富教学方式，促进教学多样化、数字化发展

良好、有效的教学方法能够激发学生对学习的热情，提高课堂参与度。随着时代的发展，传统、单一的教学方式已经难以满足提高学生知识、思维和能力的需求。对于《燃料电池原理与技术》这门内容涉及领域较广的课程而言，传统教学方法的弊端更是明显。因此，在教学改革中要结合课程特点，改变传统教学知识点多但是不深的不足，灵活运用多媒体、互联网等先进的数字技术和教学资源丰富教学方式，增强学生课堂教学体验，促进教学多样化、数字化发展[5]。

首先，可以根据课程教学现状适当引入线上“翻转课堂”，通过线上线下教学模式融合，增强师生之间的交流互动。现今，互联网技术高速发展，已经蔓延到学习和生活的方方面面，学生可以在课前通过互联网渠道等提前获取课堂教学相关的电子资料，提前预习，带着问题进入课堂教学，有利于学生更好地内化和掌握相关知识。在课后复习过程中，学生可以通过教师上传的录课、电子教案等教学资料进一步巩固和消化知识点。教师也可以通过学生的线上讨论、研究成果展示等方式了解学生的掌握情况，及时更新和补充相关教学内容。这种以教师为引导，学生为主体的双向教学模式打破了传统灌输式的教学方式，更强调学生的自主性学习，减少学生对教师的依赖。这种教学方式不仅能够营造轻松愉悦的教学氛围，提高学生的学习积极性，还给学生提供了充分的自主发展空间，有利于培养学生的创造能力和解决问题的能力。

其次，可以增加虚拟仿真实验教学让学生能够在实践过程中对理论知识有更透彻的理解和认知[6]。

运用现代化 VR 和 AR 技术构造的虚拟仿真实验教学能够弥补真实实验室资源短缺的不足，让学生在科技化手段辅助下也能切实体会到一个优良的、虚拟的实验过程，同时也能防患一些实验操作不当的安全隐患。比如，在真实实验环境下，有些学生在制备燃料电池时因疏忽大意会导致安全问题。但是在仿真软件下，这些安全问题并不会对操作者造成实际伤害，学生可以大胆尝试燃料电池的拆装和一些常规性能的测试和评价等，通过理论教学和实验训练的融合，可以加深学生对燃料电池的基本原理、构造结构、性能参数的理解，激发学生对燃料电池领域的研究兴趣，从而为我国新能源燃料电池发展奠定扎实基础。

### 3.3. 构建多元化的评价体系

随着教学方式和教学重点的更新，教学评价体系也应随之做出调整，更加注重学生实践能力的培养。在评价体系中应适当减少理论教学所占的比例，提高实验训练相关的考核方向，让学生加强重视实验项目的操作。同时增加学生自评、团队成员互评环节，并按照学生自评(15%)，团队成员互评(35%)和教师评价(50%)计算出学生的课程成绩，实现多元化、全面化的评价。这种评价体系不再以教师的主观意愿为主，充分强调了学生在学习中的主体地位，能够更有效地引导学生创造性地参与学习，培养学生综合素质，从而促进学生全面发展。

通过以上改革措施的实施，显著提高了授课教师的专业素质，教学方式也更加丰富；学生对课程内容的掌握程度和理解程度明显提升，学习积极性得到增强；学生能够将理论知识应用于实践，加深对课程内容的理解，学生的学习效率得到明显提升，学习成绩也有显著提高；学生在学习过程中，能够积极参与讨论、合作学习和探索研究，综合素质得到提升。

## 4. 结语

近阶段以来，能源与环境问题越来越严峻，绿色环保能源技术成为未来发展的主流趋势，燃料电池凭借其高效、洁净的能量转化受到了各界的关注，《燃料电池原理与技术》课程也被列入高校教学课程。本文从课程教学现状分析，了解高校在课程教学中存在的问题及不足，并从教学内容、教学方式、考核方式三方面进行教改初探，运用现代化信息教学手段，打破传统教学模式的壁垒，提高教学效果，创造性地激发学生的学习主动性，培养创新能力、思考能力和解决问题的能力，为社会和新能源燃料电池领域培养出专业的复合型人才，推动教学共同体发展。

## 基金项目

安徽省质量工程项目(2023sdxx058)；教育部产学合作协同育人项目(230902557151944, 241002557164627)；国家级大学生创新创业训练计划项目(202414098023)。

## 参考文献

- [1] 赵凯, 陈旻, 常萌蕾, 陈东初. 燃料电池课程教学改革与初探[J]. 广东化工, 2021, 48(13): 283-284.
- [2] 牛奔. 新能源汽车课程教学改革与探索[J]. 时代汽车, 2020(24): 89-90.
- [3] 钱斌, 王志成. 燃料电池与燃料电池汽车[M]. 北京: 科学出版社, 2021: 43-44.
- [4] 王丽, 付平, 郑文彬, 乔家庆, 等. 线上线下融合创新实验课“课程思政”实践与应用[J]. 创新教育研究, 2022, 10(8): 1881-1886. <https://doi.org/10.12677/CES.2022.108297>
- [5] 马元, 马小航, 孟影, 吴耀东, 訾振发. 线上线下混合式教学模式在《燃料电池原理与技术》课程中的应用[J]. 新一代: 理论版, 2021(16): 197-198.
- [6] 甄旭东, 耿杰. 氢燃料汽车在未来课程教学改革中的应用探讨[J]. 汽车零部件, 2020(9): 99-101.