

“电化学原理与应用”的课程思政探索

——以“燃料电池”为例

张会念, 贾素萍, 薛超瑞, 王亚玲

中北大学能源与动力工程学院, 山西 太原

收稿日期: 2025年2月5日; 录用日期: 2025年3月7日; 发布日期: 2025年3月14日

摘要

“电化学原理与应用”是新能源材料与器件专业的专业基础课程之一, 在“电化学原理与应用”课程中进行课程思政对于培养学生正确的世界观、价值观、人生观和良好的职业操守等, 具有重要的意义。本文以《电化学原理与应用》课程中的“燃料电池”为例, 通过将燃料电池的研发进程和国内外科学家在该领域研究的故事有机结合, 激发学生的学习兴趣, 培养学生的社会责任感、爱国主义精神、坚定理想信念、突破自我、勇攀高峰、锲而不舍、勇于创新、积极探索科学原理的科学精神。鼓励学生积极投身于科研事业当中, 为我国氢燃料电池解决“卡脖子”技术问题。

关键词

电化学原理与应用, 课程思政, 燃料电池, 科学精神

Ideological and Political Exploration of the Course “Electrochemical Principles and Applications”

—Taking “Fuel Cells” as an Example

Huonian Zhang, Suping Jia, Chaorui Xue, Yaling Wang

School of Energy and Power Engineering, North University of China, Taiyuan Shanxi

Received: Feb. 5th, 2025; accepted: Mar. 7th, 2025; published: Mar. 14th, 2025

Abstract

“Electrochemical Principles and applications” is one of the basic courses for the major of new energy

materials and devices. It is of great significance to carry out curriculum thinking and politics in the course of "Electrochemical Principles and Applications" for cultivating students' correct world outlook, values, outlook on life and good professional ethics. This paper takes the "Fuel Cell" in the course of "Principles and Applications of Electrochemistry" as an example, by organically combining the research and development process of fuel cell with the research stories of domestic and foreign scientists in this field, to stimulate students' learning interest. Cultivate students' scientific spirit of social responsibility, patriotism, firm ideals and beliefs, self-breakthrough, climbing peaks, perseverance, innovation and active exploration of scientific principles. Students are encouraged to actively devote themselves to scientific research to solve the "stuck neck" technical problems for hydrogen fuel cells in China.

Keywords

Electrochemical Principle and Application, Curriculum Ideological and Political, Fuel Cell, Scientific Spirit

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. 绪论

将课程思政融入高校设立的专业课程教学中是对学生全方位地开展思想政治教育的有效途径之一。结合专业理论知识,找准与课程思政的结合点,挖掘专业课程的思政元素,对于推进课程思政的教育理念融入大学课程教学具有非常重要的意义。课堂思政工作的重要任务之一是使专业知识教育与思想政治教育同向同行,形成协同效应[1][2]。“电化学原理与应用”是新能源材料与器件专业的一门专业基础课程,课程设置目标是学生能够掌握电化学基本理论知识,并能够分析和解决新能源领域所涉及电化学应用领域的复杂工程问题。该课程具有很强的理论性和实践性,与本专业的其他课程联系密切。因此,将该课程与弘扬科学精神和思想政治教育相结合,不仅可以向学生传达社会责任感、爱国主义精神、坚定理想信念、突破自我、勇攀高峰、锲而不舍、勇于创新、积极探索科学原理的科学精神,还可以引导学生热爱本专业,学好专业知识,将来为推动行业发展贡献自己的力量。本文以燃料电池为例,论述如何在电化学原理与应用课程教学中将专业知识与思政教育有机融合。

2. 课程讲解及课程思政

2.1. 理论知识讲解

(1) 氢燃料电池的工作原理:氢燃料电池发电时氢气在阳极电催化剂的作用下发生氢氧化反应($\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$, HOR),生成 H^+ 与电子,电子经外电路到达阴极, H^+ 则经质子交换膜到达阴极。氧气在阴极电催化剂作用下与阳极传导过来的电子和 H^+ 反应生成水,阴极发生氧还原反应($1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$, ORR)。电子在电池的外电路移动形成电流回路。阴极生成的水通过电极随反应尾气排出。

(2) 氢燃料电池的构成:构成氢燃料电池的关键材料与部件为电极(阴极与阳极)、质子交换膜、电催化剂和双极板等几个主要部分。氢燃料电池的电极均为气体扩散电极,由催化层和气体扩散层构成,催化层用负载铂的石墨或碳黑,气体扩散层用石墨化的炭纸或炭布,粘接剂为 PTFE。氢燃料电池以纯氢或

净化重整气为燃料,空气或纯氧气为氧化剂,固体聚物质子交换膜为电解质,Nafion膜为交换膜,铂/炭(阴极)和铂-钌/炭(阳极)为电催化剂,涂层金属板或石墨板为双极板。

2.2. 研究背景及课程思政

能源危机和环境污染一直是全世界共同关注的热点问题,积极发展可再生清洁能源技术是当今世界应对能源和环境危机的重大战略需求。在众多可再生能源中,氢能具有清洁低碳、来源广泛、能量密度高等优势,被认为是21世纪最理想的高效清洁能源之一。作为氢能产业应用的核心产品,氢燃料电池产业发展的全新时代将要来临。欧美日韩等地区和国家已纷纷对氢能及燃料电池的研发和产业化加大扶持力度。我国也在《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《能源技术革命创新行动计划(2016~2030年)》《氢能产业发展中长期规划(2021~2035年)》《新能源汽车产业发展规划(2021~2035年)》等多个国家规划中,明确提出将“氢能与燃料电池”作为战略重点。氢燃料电池通过将储存在氢气和氧气中的化学能直接转化为电能,具有效率高、能量密度高、有害气体零排放、低噪声及可再生等诸多优点,被认为是清洁能源领域最具发展的技术之一,在航空航天、国防军工、动力汽车等领域有广阔前景[3]。

引入课程思政:开发高效氢燃料电池是目前的研究热点,国内外很多科学家前赴后继地投身到氢燃料电池的科学研究中。我国科学家衣宝廉就是其中的一员。衣宝廉是燃料电池专家,中国科学院大连化学物理研究所研究员,2003年当选为中国工程院院士。他1938年出生于辽宁省辽阳市,1962年毕业于吉林大学物理化学专业,同年考入中国科学院大连化学物理研究所读研究生。1969年美国宇航局成功发射载人登月的阿波罗11号飞船,氢氧燃料电池的研制,一时间成为航天电源研发的热点。衣宝廉28岁调入大连化物所航天氢氧燃料电池组工作,专门从事碱性燃料电池的研究[4]。在没有外国资料和内部资料、设备和经验缺乏的条件下,衣宝廉及其科研团队开始了氢氧燃料电池系统的科研攻关。此后十年,他们白手起家,艰苦攻关,不辞劳苦,废寝忘食的工作是日常。功夫不负有心人,1978年底,我国第一台自主设计的碱性燃料电池通过国家验收,一举摘得国防科工委科技进步奖。20余年过去了,在衣宝廉院士的主持下,我国第一台千瓦级质子交换膜燃料电池在1996年研制成功并达到世界同类产品的先进水平;具有我国自主知识产权的燃料电池汽车已成功作为2008年北京奥运会和2010年上海世博会示范运行的绿色运输服务用车。尽管衣宝廉在燃料电池领域已经获得了很多研究成果,85岁的衣宝廉对科研的热爱丝毫不减,仍然在倾注自己的热忱和时间,每周准时出现在办公室,和大家一起讨论实验进展。衣宝廉说,我国的模仿力强,但创新力比较弱,要想获得长足的发展,我国必须加强自主创新,不能总是跟跑。

衣宝廉之所以能取得杰出成就,与他身上的科学精神密切相关:(1)持之以恒,艰苦奋斗,在氢燃料电池项目被按下暂停键的情况下,衣宝廉坚持不放弃,带领团队自谋出路,板凳甘坐十年冷,经历不计其数的尝试和失败后,最终使我国氢燃料电池技术达到国际先进水平。在取得诸多巨大成就之后,衣宝廉仍然奋斗在科研一线,继续投身于燃料电池的研究;(2)有奉献精神,社会责任感,衣宝廉坚信氢燃料电池技术能够缓解当今世界的能源危机和环境污染,有朝一日,人们一定会享受到氢燃料电池带来的快乐、舒适、便捷和环保,奉献精神和责任感也是推动他潜心研究的动力;(3)突破自我,勇攀高峰,衣宝廉在燃料电池领域取得多次突破,即使耄耋之年,衣宝廉仍然在不断解决氢燃料电池“卡脖子”的难题。

通过讲解伟大科学家衣宝廉的成功事例,使课堂理论知识教学与课程思政教育同向同行,新时代的大学生应该学习伟大科学家这种持之以恒,艰苦奋斗,拼搏进取的科学精神,勇于创新、勇攀高峰,坚定目标,以国家需求、人民需要为己任,努力学好电化学专业理论知识,为全面建设社会主义现代化国家贡献自己的力量。

2.3. 我国氢燃料电池的发展现状和未来发展方向及课程思政

近年来,我国氢燃料电池技术研究取得了突飞猛进的结果,在氢燃料电池及相关领域的专利申请量已达世界第二。但是,我国氢燃料电池仍然面临成本高、耐久性差的问题,这严重限制了氢燃料电池的大规模产业化。氢燃料电池想在激烈的商业竞争中超越传统锂离子电池以及传统内燃机,成本问题不容忽视。氢燃料电池中的其它关键材料如气体扩散层、质子交换膜和双极板等,成本都将在我国建立批量生产线后大幅降低。但是,电催化剂的成本一直居高不下。电催化剂是氢燃料电池的重要组分,可以显著降低化学反应的活化能,促进氧气、氢气在电极上的氧化还原过程,提高反应速率。理想的电催化剂要具备高催化活性、高选择性、高稳定性、低成本等特性。目前,氢燃料电池的首选阴阳极催化剂仍是贵金属铂基催化剂(Pt/C),但其成本高、储量低和耐毒性差等问题严重阻碍了其商业化发展。阳极氢氧化反应(HOR)的动力学反应快,仅需少量的 Pt/C 催化剂即可催化 HOR 快速进行。阴极上氧还原反应(ORR)是一个多电子耦合质子反应,导致其动力学过程缓慢,其 Pt/C 催化剂用量是阳极用量的 8 倍以上。在氢燃料电池中,80%以上的铂分布在阴极,约占商业氢燃料电池成本的 55%。因此,开发低成本、高效的非铂催化剂或低铂、超低铂催化剂是降低氢燃料电池成本较好的方法之一。美国能源部提出 2020 年氢燃料电池的铂用量期望降低至 0.125 g/kW。目前,国际先进水平的铂用量大约为 0.2 g/kW,国内技术水平则维持在 0.3~0.4 g/kW。近年来,随着氢燃料电池技术的持续进步,其铂用量已大幅下降,但距离大规模商业化的要求仍有一定距离[5][6]。将铂用量接近甚至低于 0.06 g/kW 是氢燃料电池催化剂未来研究的重点,因为阳极需铂量低,现阶段国内外的研究主要集中在阴极催化剂上。全世界很多的科学家都在为这个领域奉献自己的力量。

现阶段 ORR 催化剂大概有以下五类[7]-[9]:(1) 合金催化剂,例如:厦门大学孙世刚院士团队通过合成高指数晶面/高表面能贵金属/合金,实现了低负载高效贵金属电催化剂的制备;(2) 碳负载过渡金属氧化物/氮化物/碳化物等复合催化剂,如阿德莱德大学乔世璋教授团队通过热解法制备出 Fe₃C/CNT 催化剂,显示出比商用 Pt/C 更优异的催化性能;(3) 非金属杂原子(N、P、S 等)掺杂碳基催化剂,例如滑铁卢大学的陈忠伟院士与北京化工大学曹达鹏教授开发的具有石墨 N 调节缺陷结构的无金属碳催化剂,显示出优异的电催化氧还原性能,为降低氢燃料电池催化剂成本提供了一条可行路径;(4) 单原子催化剂,如大连化学物理研究所包信和院士团队制备的单分散铁原子/石墨烯催化剂,表现出优异的氧还原活性。由于金属单原子具有极高的金属表面自由能,导致单原子催化剂仍然面临制备条件苛刻、原子负载量低、易团聚等问题。目前主要采用旋转圆盘电极测试法来评价单原子催化剂的性能,其在膜电极上的实际应用还鲜有报道,基于现有技术用单原子催化剂制备的膜电极还难以同时满足高性能和高耐久性;(5) 金属-氮-碳催化剂,例如清华大学李亚栋院士团队制备的 Fe-N-C 催化剂,具有高氧还原活性与稳定性。目前,在实际燃料电池测试中,Fe-N-C 催化剂性能可以与 Pt/C 催化剂相媲美,被认为是最有可能替代商业 Pt/C 催化剂的非铂催化剂之一。

引入课程思政:通过介绍我国氢燃料电池的发展现状,树立民族自信心,增强民族自豪感。通过了解氢燃料电池未来发展存在的挑战,确定奋斗目标,用科学知识和技能武装自己并去迎接这些挑战。通过介绍我国氢燃料电池的关键核心技术还受制于人,激励学生勇于担当。通过向同学们介绍现阶段我国氢燃料电池阴极电催化剂的研发进程,让学生懂得现代科技的进步离不开科研工作者的辛勤付出,一个知识体系的建立及完善需要众多科学家的共同努力、潜心钻研,是水滴石穿,量变到质变的过程。科技的发展离不开创新,但创新并非一定是划时代的重大突破,对现有技术进行改进是一种创新,赋予现有事物以新的应用也是一种创新。在科技创新发展的道路上,我国的原始创新能力有待提高。大学生肩负着强国一代的历史使命,需要树立创新意识,努力学习理论知识,掌握专业技能,为国家民族科技创新贡献自己的力量。

3. 结论

本文以“电化学原理与应用”课程中的燃料电池这一知识点为例，对该课程中的课程思政进行案例分析。在氢燃料电池的研究背景部分融入燃料电池之父衣宝廉院士在该领域的研究历程及贡献，向学生传达突破自我、敢于创新、积极探索、坚持不懈、坚定信念、追求卓越，社会责任感和奉献精神。通过介绍氢燃料电池的研究现状及未来发展的挑战，有助于学生提升民族自信心和自豪感，确立人生目标，并为之而努力奋斗，夯实专业知识和技能，突破自我，勇于创新，争取早日为国家 and 人民做贡献。

基金项目

2024年中北大学教学改革项目“双碳背景下《电化学原理与应用》课程教学改革与实践”(2024276)；2022年中北大学教学改革项目“课程思政与OBE理念有机融合的教学改革研究——以‘新能源材料化学基础’课程为例”(2022239)；中北大学研究生教育教学改革培育课题“基于模拟审稿的研究生外文书科技写作能力考核体系的构建与应用研究”(1101053259)。

参考文献

- [1] 吴晶, 胡浩. 习近平在全国高校思想政治工作会议上强调把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[J]. 中国高等教育, 2016(24): 5-7.
- [2] 张克宇, 姚耀春, 徐明丽, 李银, 梁风, 张少泽. 化学电源课程思政教学探索与实践——以绪论教学为例[J]. 大学教育, 2024(10): 89-93.
- [3] 高帷韬, 雷一杰, 张勋, 胡晓波, 宋平平, 赵卿, 王诚, 毛宗强. 质子交换膜燃料电池研究进展[J]. 化工进展, 2022, 41(3): 1539-1555.
- [4] 衣宝廉. 中国燃料电池研究的开拓者[J]. 科技创新与品牌, 2015(9): 14-18.
- [5] 王敏键, 陈四国, 邵敏华, 魏子栋. 氢燃料电池电催化剂研究进展[J]. 化工进展, 2021, 40(9): 4948-4961.
- [6] Wang, X.X., Swihart, M.T. and Wu, G. (2019) Achievements, Challenges and Perspectives on Cathode Catalysts in Proton Exchange Membrane Fuel Cells for Transportation. *Nature Catalysis*, **2**, 578-589. <https://doi.org/10.1038/s41929-019-0304-9>
- [7] Jiao, P., Ye, D., Zhu, C., Wu, S., Qin, C., An, C., *et al.* (2022) Non-Precious Transition Metal Single-Atom Catalysts for the Oxygen Reduction Reaction: Progress and Prospects. *Nanoscale*, **14**, 14322-14340. <https://doi.org/10.1039/d2nr03687h>
- [8] Cui, J., Chen, Q., Li, X. and Zhang, S. (2021) Recent Advances in Non-Precious Metal Electrocatalysts for Oxygen Reduction in Acidic Media and Pemfcs: An Activity, Stability and Mechanism Study. *Green Chemistry*, **23**, 6898-6925. <https://doi.org/10.1039/d1gc01040a>
- [9] Bhuvanendran, N., Ravichandran, S., Lee, S., Sanij, F.D., Kandasamy, S., Pandey, P., *et al.* (2024) Recent Progress in Pt-Based Electrocatalysts: A Comprehensive Review of Supported and Support-Free Systems for Oxygen Reduction. *Coordination Chemistry Reviews*, **521**, Article 216191. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2024.216191>