

通过案例教学促进研究生思维创新

——以摩擦纳米发电机的诞生与应用为例

张生^{1,2}, 李建军^{1,2*}, 薛长国^{1,2}, 张丽亭^{1,2}, 程国君^{1,2}

¹安徽理工大学材料科学与工程学院, 安徽 淮南

²安徽理工大学新能源材料与储能技术学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2024年2月28日; 录用日期: 2024年4月4日; 发布日期: 2024年4月12日

摘要

研究生在获得专业知识的同时, 还需要结合文献阅读与实验现象, 提出具有创新性的科研问题, 并以此为基础设计出解决这些问题的实验方案, 案例教学在此过程中可以发挥关键作用。本文以摩擦纳米发电机的诞生及应用为实例进行教学探讨, 旨在剖析如何有效发现问题以及在这一过程中运用求异和迁移思维, 以期激发研究生运用这些思维方式去挖掘新颖独特的科研问题, 并进一步规划实验路径以验证和解答这些问题, 从而为研究生完成学术论文奠定良好的基础。

关键词

案例教学, 创新思维, 发现问题, 摩擦纳米发电机

Promoting Thinking Innovation of Graduate Student via Case Teaching

—Taking the Birth and Application of Triboelectric Nanogenerators as an Example

Sheng Zhang^{1,2}, Jianjun Li^{1,2*}, Changguo Xue^{1,2}, Liting Zhang^{1,2}, Guojun Cheng^{1,2}

¹School of Materials Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

²School of New Energy Materials and Energy Storage Technology, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Feb. 28th, 2024; accepted: Apr. 4th, 2024; published: Apr. 12th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 张生, 李建军, 薛长国, 张丽亭, 程国君. 通过案例教学促进研究生思维创新[J]. 创新教育研究, 2024, 12(4): 119-123. DOI: 10.12677/ces.2024.124187

Abstract

While acquiring professional knowledge, graduate students also need to combine literature reading and experimental phenomena to raise innovative scientific questions and design experiment to solve these problems. Case teaching can play a key role in this process. This paper takes the birth and application of triboelectric nanogenerators as an example for teaching and discussion. It aims to analyze how to effectively discover problems and use difference-seeking and transferring thinking in this process to inspire graduate students to use these thinking ways to explore novel and unique scientific research problems, and further plan experimental paths to verify and answer these questions, thereby laying a strong foundation for graduate students to complete academic papers.

Keywords

Case Teaching, Thinking Innovation, Problem Discovery, Triboelectric Nanogenerator

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

党的二十大坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把教育、科技、人才作为全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。唯有坚持创新驱动，才能真正掌握核心技术，进而在全球竞争中占据引领位置；而创新的根本在于培养和集聚高质量的人才队伍。中国有句古话“读万卷书，行万里路”，然而多数学生即便读了万卷书，却没能行上万里路！换言之，当代学生普遍不缺乏获取知识的能力，而更需要的是创造新知识、新方法的创新能力。究其原因，现行教育模式偏重于知识传授、技能培养，不能有效塑造学生的创新思维可能是一个重要因素[1]。学生创新思维的培养与教师的知识储备、现场经验和教学经验密切相关，在传统课堂教学模式下，学生往往难以养成主动提出问题的习惯，忽视了对学生个性化创新思维的培养，导致独立思考的能力弱化。授课以抽象知识和数理推导讲解为主，缺少知识、技能在实践中应用的案例分析，因此课堂内容不生动，不利于知识迁移和创新思维培养。

为了促使研究生改善学习方法、转变思维方式，以及形成敏锐的问题意识，使其能在撰写学术论文、确定科研课题乃至整个学术生涯中取得关键性的进步，案例教学作为一种基于具体实例的教育手段，发挥着至关重要的作用[2]。此种教学模式借助对实际或模拟情境的具体分析和讨论，激励学生进行深层次学习和全面发展。案例教学通过创设鲜活且具象的学习情景，将复杂理论知识与实践案例紧密结合，使学生能更直观地理解理论在实际中的应用。案例中包含的多元信息和多种解决方案迫使研究生进行严密逻辑推理，审慎评估各种可能性，从而培养其批判性思维 and 创新能力。另外，案例教学强调互动讨论，替代单向的知识传输，有力地激发学生积极性和参与度，构建了活跃且高效的课堂氛围。总结而言，案例教学旨在打破传统的知识传授框架，更多地关注提升学生综合能力和素质，以实现教育目标并响应社会对高层次创新型人才的需求。通过案例教学，研究生不仅能够牢固掌握专业知识，更能锻炼出灵活应对和创新研究的能力，为其学术研究生涯铺就坚实基础。本文以摩擦纳米发电机作为教学案例，探讨其从诞生到应用过程中的问题提出机制，分析在此过程中如何运用创新思维模式来提出新的科学问题，并结合案例分析，给出凝练科学问题的方法和建议。

2. 摩擦纳米发电机的诞生及应用过程

摩擦纳米发电机(TENG)是通过实验中的一次错误发现的。自从王中林院士团队首次报道了压电纳米发电机(PENG)以来,他们一直在不断提高其输出,以用于实际应用[3]。通过将多个 PENG 单元并联整合在一起,他们成功地提高了用以点亮 LED 灯的输出功率。增强输出的关键步骤是紧密集成 ZnO 纳米线阵列,形成一个实心装置而不留有气隙。然而在 2011 年 3 月,由于不小心制造了电极和 ZnO 纳米线阵列之间有气隙的情况,尽管这并非初衷,但他们预期这些 PENG 的输出将远低于正确封装的设备。然而,对 200 多个这种设备进行多次测量显示,其输出远高于传统的 PENG。经过系统研究,2011 年 8 月,王中林院士团队得出结论,输出信号是由于静电电荷感应效应产生的,这不是设计的一部分,也完全出乎最初设计的意向,却因为起初错误的操作发明了 TENG [4]。

TENG 的诞生立刻在全球激发了广泛的研究兴趣,因为它具有高输出、易于制造、多种材料选择、低成本和广泛的应用[5]。其能量转换效率在 50%至 85%之间,输出功率密度可高达 500 W/m²。TENG 为从人类活动、旋转轮胎、机械振动等方面收集能源提供了革命性的应用,可广泛用于个人电子设备、环境监测、医学科学以及大规模电力供应系统。TENG 诞生在全球步入人工智能、物联网和大数据时代的恰当时机,它的主要应用领域包括但不限于以下几个方面[6] [7]。

2.1. 作为微/纳能源

最初发明纳米发电机的目标是通过收集环境中分布的能量来为小型电子元件供电。随着物联网和传感器网络的快速发展,所有电子设备都需要供电,这对许多应用来说是一个主要挑战。TENG 通过增加其输出功率和效率,以及小型电子设备运行功率的迅速降低,使这一设想成为可能。许多电子设备可以在数十 mW 甚至更低的功率输入下运行,因此可以有效地由 TENG 供电。

2.2. 作为自供电传感器

当今社会完全依赖大数据,而数据的收集需要传感器网络。由于每个传感器可能独立工作且广泛分布,具有高度移动性和无线性,因此为这些传感器供电是一项重大任务。由于大多数传感器都是被动的,如果没有输入电源,它们将无法感知任何东西,因此让传感器在不提供外部电源的情况下工作很重要。至于运动、振动和触发传感器,PENG 和 TENG 可以是理想的选择,它们在机械触发时产生输出信号。即使没有外部电源,这些信号也可以无线传输。由于 TENG 的输出电压在非常轻微的机械触发下通常非常高,在数十至数百伏之间,所以具有毫伏灵敏度的检测系统足以满足要求;因此,它是机械感知的理想选择。由于 TENG 的输出电压取决于触发的幅度,输出电流取决于触发的速度/加速度,因此 TENG 非常适用于感知动态触发。

2.3. 作为蓝色能源

海洋蕴藏着巨大的能源,但由于海洋中水波的低频率、广泛分布以及复杂和困难的环境,从海洋中收集水波能量具有挑战性。通过电磁发电机(EMG)收集海洋波浪能量的效率相当低,因此不适用于大规模应用。由于与 EMG 相比,TENG 在低频率条件下具有出色的输出效率。通过将许多 TENG 单元集成到一个网络中,可以从海洋水波中收集能量,这被称为蓝色能源,预计将是稳定、可持续的能源来源。由于 TENG 网络可以构建成 3D 结构,因此可以延伸到深水区,TENG 有望可以成为海洋中的一种能源。

3. 摩擦纳米发电机的诞生及应用过程中提出的问题

从 TENG 的诞生到其广泛应用的过程中,科研人员不断探索和创新,每一个研究阶段或突破都伴随

着新的科学问题和技术挑战的出现，每一个研究都引出了一个新的问题。即：TENG 作为一种新型的能源转换与自驱动传感技术，最初主要用于收集环境中的机械能并转化为电能，但随着研究深入，提出固/固接触起电效应物理机制以及固/液接触起电效应物理机制。而后引出的问题是：如何提高能量转化效率、优化材料结构、实现大规模生产和应用以及与其他能源系统集成等问题逐渐显现。同时，在实际应用场景中，TENG 在面对不同应用领域的实际需求时，所面临的挑战也更加多样化和复杂化，例如：如何使 TENG 能在多样且多变的环境中保持高效工作状态，如何有效克服长期使用下的稳定性和耐久性难题，以及如何实现多功能一体化设计以满足各领域对自驱动传感器件的不同规格要求等。这些在研究与应用中不断浮现的问题，恰恰成为了推动 TENG 技术研发迭代更新的强大动力。这些研究最终导致 TENG 成为微能源与自驱动传感领域研究的热点。

4. 摩擦纳米发电机诞生及应用过程中提出问题所运用的思维模式

TENG 的研究过程中，研究者采用了创新性和拓展性的思维模式，其中最为显著的是求异思维和迁移思维。首先，求异思维体现在研究者不满足于传统或既定的研究框架，针对摩擦起电现象提出了新的、具有原创性的问题。这种非传统的提问方式挑战了原有研究边界，引导实验设计朝向新颖而独特的方向发展。例如，在注意到接触起电现象在工程应用中可能产生的负面影响时，研究团队并未停留在问题表面，而是进一步深入探究其背后的物理机制，从而开启了全新的研究视角。其次，迁移思维在 TENG 研究中的运用表现为对研究成果的灵活转换与应用领域的拓展。当 TENG 成功驱动小型 LED 灯后，研究者并没有停止在此技术的应用层面，而是以此为基础，进一步提升 TENG 器件的整体效能，扩大其应用潜力。此外，通过观察固/固接触起电中电子转移为主的现象，研究者将研究领域迁移到固/液接触起电现象，并且发现这一接触模式下转移的电荷类型以电子和离子为主，这展示了迁移思维在不同材料接触状态间知识迁移与融合的能力。综上所述，求异思维和迁移思维在 TENG 从基础理论探索到实际应用开发的全过程都起到了关键作用，它们相互交织，共同推动了摩擦电纳米发电技术的创新发展。这两种思维模式不仅是 TENG 研究过程中的核心策略，也说明求异和迁移这两种思维模式是科研人员进行科学研究与技术创新的基本思维模式。

5. 结论

从摩擦纳米发电机(TENG)的诞生到应用这一案例中所体现的思维模式，揭示了科学研究的核心路径：基于对前人研究成果的深入理解与批判性思考，运用求异思维和迁移思维发掘尚未解决或潜在的研究问题。这一过程不仅是科学研究的基本要求，也是推动科学发展的重要动力。

(1) 在学生学习和研究中，应学会以求异思维的眼光审视现有知识体系，挑战常规、探索未知，从而提出具有新颖性和独特视角的科研问题。如同 TENG 的诞生那样，通过突破性地提出新的科学问题，从而开辟全新的研究领域和方向。

(2) 在选定科学问题之后，鼓励研究生借鉴并运用迁移思维来设计实验方案，即将其他领域的原理、方法或技术巧妙地迁移到当前研究之中，寻找解决问题的新途径。这样的实验设计不仅能够有效验证和解答新提出的科学问题，还能够促进跨学科交叉融合的发展。

(3) 在教学实践中，教师可以通过剖析 TENG 研究的具体实例，展示科学家们如何运用这两种思维模式步步推进，实现从发现问题到解决问题的全过程。这有助于研究生领会科学研究的本质——即敢于提问，善于迁移，并且脚踏实地实施研究计划。

(4) 通过案例教学引导研究生在文献阅读中培养敏锐的问题意识，勇于提出原创性问题，并能针对性地设计实验来验证这些问题，最终帮助学生在撰写学位论文。

基金项目

安徽理工大学新能源材料与储能技术学院，安徽省教育厅质量工程项目(2021cyxy031)；材料工程专业水处理新技术及与材料教学案例库，安徽省研究生专业学位教学案例库(2022zyxwjk096)；水处理新技术及应用，安徽省研究生社会实践课程(2022shjsfkc015)。

参考文献

- [1] 张梅, 印勇. 批判性思维:研究生开启科学创新之门的钥匙[J]. 学位与研究生教育, 2011(9): 29-32.
- [2] 赵永华, 周立岱, 张震斌, 等. 化学工程专业学位硕士研究生案例教学探索[J]. 高教学刊, 2023, 9(3): 82-85.
- [3] Hu, Y. and Wang, Z.L. (2015) Recent Progress in Piezoelectric Nanogenerators as a Sustainable Power Source in Self-Powered Systems and Active Sensors. *Nano Energy*, **14**, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2014.11.038>
- [4] Fan, F.-R., Tian, Z.-Q. and Wang, Z.L. (2012) Flexible Triboelectric Generator. *Nano Energy*, **1**, 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2012.01.004>
- [5] Wang, Z.L. (2021) From Contact Electrification to Triboelectric Nanogenerators. *Reports on Progress in Physics*, **84**, Article ID: 096502. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/ac0a50>
- [6] Wang, Z.L. (2019) Entropy Theory of Distributed Energy for Internet of Things. *Nano Energy*, **58**, 669-672. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.02.012>
- [7] Wang, Z.L. (2013) Triboelectric Nanogenerators as New Energy Technology for Self-Powered Systems and as Active Mechanical and Chemical Sensor. *ACS Nano*, **7**, 9533-9557. <https://doi.org/10.1021/nn404614z>