

接触角测量仪在材料化学分析测试中的教学实践与思考

杨方麒*

南京邮电大学材料科学与工程学院, 南京 210003

摘要: 随着教育技术的发展, 接触角测量仪已广泛应用于课堂教学中, 除理论教学外, 还可通过实践操作和案例分析, 引导学生掌握材料表面特性。研究接触角测量仪在教学中的应用, 对于改进教学策略、激发学生的创新思维, 以及培养具备实践能力和科研素养的高素质人才具有重要意义。

关键词: 接触角测量仪; 材料化学; 教学实践; 教学思考

中图分类号: G64; O6

Teaching Practice and Reflection on Contact Angle Measurement Instrument in Material Chemistry Analysis

Fangqi Yang *

School of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China.

Abstract: With advancements in educational technology, contact angle measurement instruments have become extensively utilized in classroom instruction. Beyond theoretical teaching, these instruments enable students to master material surface characterization through hands-on experimentation and case study analysis. Investigating the pedagogical applications of contact angle measurement instrument holds significant importance for enhancing instructional strategies, fostering students' innovative thinking, and cultivating high-quality professionals with both practical competencies and research literacy.

Key Words: Contact angle measuring instrument; Materials chemistry; Teaching practice; Teaching reflection

材料的表面润湿特性在基础表面科学研究和应用领域都受到了极大的关注。表面性能对材料的最终应用非常重要, 特别是在涉及材料表面处理如保护涂层、表面活化粘合或其他改性等方面时。当液体与固体表面相遇形成的独特角度称为接触角。它不仅反映了液滴与固体表面分子间的相互作用, 也是深入理解液固相互作用的重要窗口。在诸如涂层工业和半导体产业中, 接触角的测量已成为表面质量控制和污染物检测的标准做法。接触角测量可以表征材料被液体润湿的能力, 其中较小的接触角表面材料具有更高的润湿性^[1]。接触角测量仪, 这一精密的科学工具, 通过精确捕捉液滴在固体表面上的接触角, 为材料的表面能、润湿性和粘附性等属性提供了重要信息。这些属性对于揭示材料的化学和物理行为至关重要, 其应用遍及材料科学、表面科学、纳米技术和生物材料等多个前沿领域。在教育领域, 接触角测量仪超越了单纯的实验工具, 成为了启发学生科研思维的教育媒介。它使学生能够直观地观察材料表面与液体的相互作用, 并在实践中掌握精确测量、数据分析

收稿: 2024-12-02; 录用: 2025-01-22; 网络发表: 2025-05-16

*通讯作者, Email: iamfgyang@njupt.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金(22302097); 南京邮电大学引进人才科研启动金(NY223180); 中国高等教育学会“2024年度高等教育科学研究规划课题”(24SY0216)

和科学实验设计的关键技能。随着教育技术的进步，接触角测量仪已被众多教育机构纳入课程，通过实践操作和案例研究，深化了学生对材料表面科学的理解。虚拟仿真技术的发展更是为学生提供了一个安全、经济、易于访问的学习环境，使他们能够在没有物理设备的情况下模拟接触角测量过程^[2]。

研究接触角测量仪在教学中的应用意义重大，它不仅有助于提高教学效果和学生的学习兴趣，还能够激发学生的创新思维和解决问题的能力。本文深入探讨了接触角测量仪在教学中的应用，强调了其在提升教学效果、激发学习兴趣、培养创新思维和解决问题能力方面的重要性。同时，也提出了对教学方法和策略的持续研究和优化，以适应现代教育的需求，并培养具有创新精神和实践能力的新一代高素质人才。

1 接触角测量仪的基本原理和教学

接触角测量仪这一精密科学仪器，专门设计用于测定液滴在固体表面形成的接触角，其核心原理源自杨氏方程。该方程由英国物理学家Thomas Young于1805年提出，他认为在非真空条件下液体与固体接触时，整个界面体系会同时受到固体表面能、液体表面能和固液界面能的作用，使得液体在固体表面呈现出特定的接触角^[3]。这一关系可用方程式 $\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV}\cos(\theta)$ 表示，其中 γ_{SV} 、 γ_{SL} 和 γ_{LV} 分别代表固体与气体、固体与液体、液体与气体之间的表面张力， θ 表示接触角^[4]。杨氏方程被认为是描述液体在固体表面形成接触角的基本方程，为理解和定量描述固体表面润湿性提供了理论基础，并广泛应用于材料科学等领域^[5]。接触角测量仪利用先进的光学成像技术捕捉液滴的形态，并借助软件分析来确定接触角的具体数值^[6]。接触角的大小直接反映了材料的表面化学性质及其与水分子的相互作用，进而决定了材料的润湿性。通过接触角的测量，可以计算出固体材料的表面张力，进而评估其亲水或疏水特性。较小的接触角通常指示材料具有较高的亲水性，易于水分子的吸附；而较大的接触角则表明材料表面具有疏水性，水分子在其表面易于形成聚集。

在教学中，首先为学生打下坚实的理论基础，阐释接触角的物理意义及其在材料表面特性分析中的关键作用。学生将学习表面张力和接触角的基本概念，掌握杨氏方程在润湿性分析中的应用，并了解静态接触角与动态接触角等不同类型的区别。同时，我们将强调实验室安全的重要性，确保学生在操作过程中的安全。进一步，学生将了解接触角测量仪的构造和操作流程，包括样品的准备、液滴的滴加、图像的捕捉以及接触角的测量。在数据分析环节，学生将学习如何从图像中准确识别接触角，并使用专业软件工具进行数据分析，以深入理解测量结果的含义。通过实际案例的讨论，引导学生探索接触角测量在材料科学、表面化学、食品科学和生物医药等多个领域的应用。此外，学生将接受实验报告撰写的指导，包括实验目的、原理、步骤、结果和讨论等关键部分。还将教授学生如何识别并解决实验过程中可能遇到的问题，例如液滴大小不均或样品表面不平整等。通过这些综合性的教学内容，学生不仅能够理解接触角测量仪的基本原理，还将掌握必要的操作技能，并将理论知识有效应用于解决实际问题。

2 材料化学分析测试中接触角测量仪的应用

接触角测量技术在材料化学分析测试中扮演着至关重要的角色，它通过精确测量液体在固体表面的接触角，揭示了固体表面的润湿性、表面张力和表面粗糙度等关键特性。这项技术不仅为材料表面改性的研究提供了直观的工具，还通过比较改性前后的接触角变化，评估了改性剂和不同表面处理技术对材料润湿性的影响。例如，通过观察液体在等离子体处理或化学改性后的固体表面上的接触角变化，学生可以直观地理解表面改性如何影响材料的亲水性或疏水性。在生物医学领域，接触角测量技术的应用扩展到了细胞、蛋白质等生物组织表面性质的研究。通过测量生物组织表面对液体的接触角，学生可以深入了解生物组织的亲水性、疏水性，以及生物活性物质的作用机制，进而推动更安全、更有效的医疗器械和药品载体的开发^[7]。纳米技术教学中，接触角测量技术同样发挥

着重要作用。通过测量纳米材料表面的接触角，学生可以探究纳米结构如何影响液体的接触角，以及液体在纳米材料表面的分散性和吸附性。这种测量还有助于分析纳米材料表面特性，如纳米碳化硅，通过对比不同砂磨时长的样品，可以揭示工艺参数与表面特性之间的变化规律。环境科学领域也受益于接触角测量技术，它被用于研究土壤表面性质、污染物的吸附和解吸行为，以及土壤侵蚀等问题，这为学生提供了解决环境科学实际问题的新视角和方法。接触角测量仪在工业应用中同样不可或缺，它能够精确评估表面涂层、清洗和腐蚀处理的效果，为产品性能的改进提供数据支持。在新材料研发过程中，研究人员利用接触角测量仪分析不同配方材料的润湿特性，以优化材料的结构和组成。此外，接触角测量仪也是监控生产过程中润湿性变化、确保产品质量的重要工具。在半导体和精密器件制造领域，接触角测量仪能够快速识别表面污染程度，指导清洁工艺的优化。

这些应用展示了接触角测量在材料化学分析中的多样性和重要性，它不仅有助于学术研究，也对工业产品创新和品质控制具有重要意义。接触角测量仪的使用涉及多个学科领域，研究其在教学中的应用有助于推动跨学科教育的发展，使学生能够从不同学科角度理解和解决问题。可以培养学生对材料科学和化学分析的兴趣，同时帮助他们建立起科研工作的基本素养和职业道德。

3 接触角测量仪的教学实践与思考

接触角测量仪在材料化学分析测试的教学中至关重要，它不仅是连接基础理论与实际应用的桥梁，也是现代教育中不可或缺的工具。该仪器使学生能够将表面张力、润湿性等基础理论应用于解决实际工程和科学问题，从而深化对材料表面特性的理解。在现代教育强调实践能力的背景下，接触角测量仪的使用对于培养学生的实验技能和数据分析能力至关重要，这些技能对于学生未来的科研或职业发展具有显著影响。接触角测量仪的应用案例和实验设计激发了学生的创新思维，使他们能够通过解决实际问题来学习实验设计、数据分析和优化方案。这种创新能力的培养是现代教育的核心组成部分。此外，接触角测量仪的使用促进了跨学科教育的实施，帮助学生构建跨学科的知识体系和思维方式，是现代教育中越来越受到重视的教育模式。接触角测量仪的使用还为学生提供了科学研究的初步训练，使他们能够体验科学研究的基本流程，这对于他们未来从事科研工作或在工业界解决复杂问题具有重要意义。现代教育技术的应用，如计算机软件和数据分析工具，结合接触角测量仪，提高了教学效率和效果。虚拟仿真技术利用计算机模拟和数值分析方法，通过虚拟模型重现接触角的测量过程，使学生在没有实际设备的情况下也能进行接触角测量实验，节约成本的同时提高了教学的灵活性^[8]。例如，学生可通过计算流体力学模拟液滴在固体表面的扩散过程，结合 Navier-Stokes 方程，从而精准预测接触角的变化，以及表面张力、粘度等因素对液体形态的影响；虚拟仿真技术还通过图像处理算法提取液滴的边界，从而计算出接触角，获得不同表面条件下的统计数据，研究接触角在不同环境下的变化趋势^[9-11]。在全球化浪潮的推动下，拓展国际视野已成为现代教育不可或缺的一部分。接触角测量仪作为一种在国际科研和工业领域广泛应用的工具，有助于学生了解最新的科研动态和技术进展，培养他们的国际视野。通过接触角测量仪的使用和相关课程的学习，学生能够培养终身学习的能力，掌握自主学习和自我提升的技能，为他们未来的职业生涯和个人发展打下坚实的基础。总之，接触角测量仪在材料化学分析测试教学中不仅是一个重要的实验工具，更是培养学生综合能力的重要手段^[12,13]。其在现代教育中的地位日益凸显，对于培养具有创新精神、实践能力和国际视野的高素质人才具有重要的促进作用。

深入研究接触角测量仪在教学中的应用，有助于开发创新的教学方法和课程内容，显著提升教育质量。这一过程不仅确保了学生能够掌握与现代材料科学和化学分析相关的深入知识与技能，而且强化了他们的实践能力。这种能力对于学生未来的科研或职业发展至关重要。研究旨在通过接触角测量仪的实际操作，加强学生的实验技能和数据分析能力，使他们能够深刻理解表面科学在现实世界中的重要性和广泛应用。通过设计具有挑战性的实验和项目，我们激发学生的创新思维，培养他们解决复杂科学问题的能力。此外，本研究还探索了如何将最新的教育技术和工具，例如虚拟仿

真和数据分析软件，与接触角测量仪的使用相结合。还可以推行一种可持续发展的教育模式，鼓励学生在材料化学领域进行创新和探索。通过提高教育质量、增强实践能力、激发创新思维，致力于培养能够适应未来挑战的高素质人才^[14,15]。这些人才将为解决全球性挑战做出积极贡献，推动社会和科学的进步。

4 接触角测量仪的教学方法与改进策略

作为表面科学领域的核心分析工具，接触角测量仪教学中的方法和策略创新至关重要。在接触角测量仪教学中，需要突出创新的教学方法和改进策略，提升学生对接触角测量仪的理解和应用能力，从而提升教学效果和使用体验。

教学方法方面，可以采用互动式教学工具，如触摸屏或虚拟现实技术，使学生能够直观地操作接触角测量仪，并实时观察测量结果，从而提高学生的参与度和学习兴趣^[16]。案例分析的引入，通过具体案例展示接触角测量在实际问题中的应用，如表面能计算和涂层性能评估，进一步加深学生对知识的理解。模块化教学的实施，将教学内容划分为基础知识、仪器操作、数据分析和应用案例等模块，使学生能够根据个人进度和兴趣进行选择学习。鼓励学生通过解决实际问题来学习接触角测量，比如设计实验来测量不同材料的接触角。在课堂上，组织小组讨论，通过小组项目，让学生合作完成接触角测量的实验设计和数据分析，鼓励学生分享观点，共同解决接触角测量中可能遇到的问题。在实践仪器操作上，通过实验与理论相结合，结合实验操作和理论讲解，让学生在实践中深入理解接触角测量的科学原理。同时，可以跨学科应用，展示接触角测量在不同学科中的应用，结合化学、物理、材料科学等不同学科的知识，以拓宽学生的视野。此外可以组织一些接触角测量竞赛或项目，激发学生的创新思维和团队合作能力。为提高学生对接触角知识的掌握程度，可以利用远程实验室技术，使学生能在不同地点操作接触角测量仪，提高教学资源的利用率。

改进策略方面，教育资源整合是提升学习材料全面性、深入性和易理解性的关键。可以建立在线学习平台，开发一个集中的在线学习管理系统，集成教学视频、讲义、实验指南和互动模块^[17]。制作和收集多媒体教学材料，包括高清视频教程、动画演示接触角测量的原理和过程。利用计算机辅助设计和模拟软件，开发接触角测量的虚拟实验室环境，使学生即使在没有设备的情况下也能进行实践操作^[18]。整合开放教育资源，举办专家讲座和研讨会，分享最新的研究成果和行业动态，扩大学生的知识视野。与其他学科的教师合作，设计跨学科课程，将接触角测量与其他领域的知识相结合。设计一个反馈系统，收集学生和教师对教学材料和方法的反馈，不断优化教学资源。利用社交化学习工具，如在线讨论论坛和社交媒体群组，促进学生之间的交流和合作。与国际教育机构合作，整合不同国家和地区的教学资源，提供多元化的视角。定期更新教学资源，确保内容的时效性和准确性。通过这些方法，可以创建一个丰富、动态且易于访问的教育资源整合平台，为学生提供全面的学习体验，并促进教师之间的协作和知识共享^[19]。此外，定期更新接触角测量仪的硬件和软件，简化用户界面，使其更加直观和用户友好，减少操作复杂性；利用最新的技术提高测量的准确性和重复性，以适应新的测量需求和技术发展。跨学科合作，鼓励不同学科之间的合作，以发现接触角测量在新领域的应用。定期举办培训和研讨会，分享最新的测量技术和应用案例，更新学生对最新技术和应用的了解。建立学生反馈系统，收集学生意见，不断优化教学内容和仪器性能。鼓励国际合作，丰富教学内容，以促进不同文化和教育背景下的教学方法和策略的融合。积极投资研发，探索接触角测量的新方法，是确保教学内容保持领先地位的关键。通过实施这些全面而深入的教学方法和持续改进的策略，能够确保学生和研究人员不仅能够深刻理解接触角测量仪的工作原理，还能掌握其广泛的应用场景。这不仅提升了教学和研究的效率与质量，更为培育具有创新思维和实践技能的杰出人才打下了坚实的基础，塑造能够适应快速变化的科技环境，并且在未来的科研或工业领域中发挥关键作用的高素质专业人才。

5 结语

本文通过探讨接触角测量仪在材料化学分析测试领域的教学应用,指出了该仪器在评估材料表面特性中的重要性。分析了接触角测量仪的基本原理和操作,并结合实际教学案例,展示了其在多个学科领域中激发学生实验技能和科学思维的巨大潜力。进一步地,论文提出了一系列教学实践和思考,以及一些教学方法和改进策略,包括教育资源整合、技术工具的更新,以及跨学科教学方法的融合,旨在提升教学效果和丰富学生的学习体验。强调了持续评估和反馈的重要性,这不仅确保了教学内容和方法能够跟上科学发展和技术进步的步伐,而且为教育实践提供了持续改进的动力。通过这些综合性的措施,可以有效培养学生的创新能力和解决复杂问题的能力,为未来的科学研究和职业发展打下坚实的基础。

参 考 文 献

- [1] Huhtamäki, T.; Tian, X.; Korhonen, J. T.; Ras, R. H. A. *Nat. Protoc.* **2018**, *13*, 1521.
- [2] 姚燕青, 李平. 创新创业理论研究与实践, **2023**, *6* (15), 181.
- [3] 刘永明, 施建宇, 鹿芹芹, 郭云珠, 陈瑞卿, 尹大川. 材料导报, **2013**, *27* (6), 123.
- [4] 李巍. 化工高等教育, **2016**, *33* (1), 84.
- [5] Butt, H.-J.; Liu, J.; Koynov, K.; Straub, B.; Hinduja, C.; Roismann, I.; Berger, R.; Li, X.; Vollmer, D.; Steffen, W.; *et al.* *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* **2022**, *59*, 101574.
- [6] 赖巧云. 超疏水膜改性及其在膜蒸馏处理高盐废水中的应用研究[硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2023.
- [7] 腊楠楠, 张哲, 张正健, 陈凤宝. 包装工程, **2024**, *45* (13), 104.
- [8] Akbari, R.; Antonini, C. *Adv. Colloid Interface Sci.* **2021**, *294*, 102470.
- [9] 钟兴国. 多相流格子Boltzmann模型的梯度计算和接触角测量优化算法研究[硕士学位论文]. 广西: 广西师范大学, 2024.
- [10] 黄会梅, 黄帆, 蒋中锐, 吴平平, 袁汝明. 大学化学, **2023**, *38* (7), 274.
- [11] Birkholz, O.; Neumann, M.; Schmidt, V.; Kamlah, M. *Powder Technol.* **2021**, *378*, 659.
- [12] 任晓聪. 广州化工, **2023**, *51* (2), 319.
- [13] 吴从意. 大学化学, **2024**, *39* (11), 15.
- [14] 高小红, 李明树. 数学教学通讯, **2024**, *46* (17), 12.
- [15] 刘妍, 韩晓军, 徐平, 张国旭, 王宇, 张志成, 齐殿鹏. 大学化学, **2024**, *39* (10), 299.
- [16] 韩冬雪, 孙会靓, 牛利. 大学化学, **2024**, *39* (8), 191.
- [17] 宦双燕, 王玉枝, 朱亚先, 张树永, 张文清, 杨屹, 陆靖, 惠新平. 大学化学, **2023**, *38* (10), 95.
- [18] 张天龙, 张容玲, 汤宏胜, 李延, 李华. 大学化学, **2024**, *39* (6), 303.
- [19] 廖梦尘, 阳华, 刘又年, 何震, 张茂林, 刘清, 丁激文. 大学化学, **2024**, *39* (10), 164.