

中国材料大会 2024
暨第二届世界材料大会
CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024
Guangzhou, China

FB01-环境功能材料青年论坛
FB01-Young Scientist Forum of
Environmental Functional Materials

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

分会编号. FB01-环境功能材料青年论坛

分会主席：王崇臣、邢明阳、邓积光、赖波、潘飞

分会编号-01

选择性电催化硝酸盐去除与资源化

刘艳彪
大连理工大学

海水淡化后浓海水的绿色高值利用：基于舟山市产业发展的一点思考

徐兴涛
浙江海洋大学

复杂含铀污水中铀固定材料与体系研究

曾庆意
南华大学 MnO_2 表界面调控强化 PMS 活化的机制研究陈德志
南昌航空航天大学

单原子催化剂上气态污染物净化的催化稳定性研究

侯志全、刘雨溪、戴洪兴
北京工业大学

催化氧化法被认为是消除 VOCs 的有效手段之一，其具有高效、无二次污染等优点。催化氧化是通过催化作用来改变反应的能垒，关键是设计具有良好低温氧化活性、高稳定性和成本低的催化剂。贵金属催化剂由于贵金属自身特性对 VOCs 等污染物的消除表现出良好的催化活性，但贵金属的价格昂贵，且在使用过程中容易烧结而失活，这些缺点是目前研究贵金属催化剂亟需解决的问题。本课题组基于双金属的思路，对如何改善贵金属单原子活性位的单一性、如何高效利用双金属和单原子的双重优点以及如何在商用氧化铝上稳定贵金属单原子等问题进行了研究，建立了高稳定性贵金属单原子催化剂的普适性制备方法，实现了双金属双单原子对催化剂的活性、抗硫性能的调控，探明了单原子助剂对贵金属活性中心的调控及其对催化活性、抗水性能影响规律。主要研究结果如下：

(1) 以 PdCo 双金属纳米晶为前驱体制备了 $\text{Pd}_1/\text{AlCo}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单原子催化剂。并且基于合成的单原子催化剂考察了 CO 和 C_3H_8 的催化氧化。研究结果显示其表现出良好的催化活性(在空速为 $40000 \text{ mL}/(\text{g h})$ 时 $T_{90\%}$ 分别为 128°C 和 358°C)。除此以外， $\text{Pd}_1/\text{AlCo}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂还表现出极高的热稳定性，经过 800°C 老化 10 h 后催化活性未发生明显下降，并且老化后催化剂的 CO 氧化速率是 $\text{Pd}_{\text{NP}}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的 8.2 倍。利用球差电镜、EPR、原位 XRD 等技术揭示了催化剂的形成机理，由其结果可知单原子的形成与焙烧过程中原位形成的阳离子缺陷有关（这种原位生成的阳离子缺陷可锚定贵金属原子）。基于此合成策略，还合成了 MCo (M = Pt、Au 等) 纳米粒子以及 $\text{Pt}_1/\text{AlCo}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Au}_1/\text{AlCo}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$ 单原子催化剂。结果表明，所建立的制备方法对于合成单原子催化剂具有一定的普适性。进一步，通过直接物理混合的商业过渡金属氧化物 (CoO) 和氧化铝 ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) 经高温加热后实现了公斤级的贵金属单原催化剂 ($\text{Pd}_1/\text{AlCo}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3(\text{B})$) 的合成。

(2) 制备了双单原子 (Pd、Co) 催化剂，并考察了其对苯的催化氧化， $\text{Pd}_1\text{Co}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂表现出良好的催化活性，其在空速为 $40000 \text{ mL}/(\text{g h})$ 时 $T_{90\%}$ 为 250°C 。同时， $\text{Pd}_1\text{Co}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂表现出与众不同的抗硫性能，在引入 SO_2 后催化活性经历先下降再恢复的过程。表征结果发现，苯与氧气在催化剂表面不存在竞争吸附，因而其优异的催化活性与 Pd、Co 双单原子构成的双活性位有关。而增强的抗硫性能主要

归因于 $\text{Pd}_1\text{Co}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂良好的活性位点再生能力，而这种再生能力是由于单原子分散的 Pd 和 Co 表面形成的亚硫酸盐或硫酸盐可快速分解所致。。

(3)制备了 $\text{PdW}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 单原子催化剂其中 W 单原子分散于 PdO 粒子上。将其用于甲烷的催化氧化，表现出良好的催化活性，在空速为 $40000 \text{ mL}/(\text{g h})$ 时于 350°C 左右即可实现甲烷完全转化。此外， $\text{PdW}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂还表现出独特的抗水性能。通过同位素踪实验分析可知， $\text{PdW}_1/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂优异的催化活性主要归因于良好的活化氧气能力。而优异的抗水性能则主要与以下两点有关：①引入水汽后催化剂表面会通过生成的过氧羟基以活化氧气；②引入水汽后甲烷在催化剂表面的氧化机理发生改变，即从 Mars-van-Krevelen (MVK) 变为 MVK 与 Langmuir-Hinshelwood (L-H) 共存。而造成这些变化的原因通过密度泛函理论计算进行了探究，结果表明，W 单原子通过结合处的 Pd-O-W₁ 结构对活性中心 PdO 的电子状态进行调控，从而影响催化剂对水的吸附能力及对氧气的活化能力。

SiC/氧化石墨烯自组装形成的微纳结构提高环氧复合涂层的耐磨性和耐腐蚀性

唐俊

湖南大学

碳化硅功能化氧化石墨烯纳米填料改性环氧涂层防腐性能研究。通过碳化硅(SiC)和氧化石墨烯(GO)的自组装以及与环氧树脂的界面结构的调整，开发了一种新型高性能环氧树脂基复合涂层。对涂层进行电化学行为研究、盐雾试验和摩擦磨损实验，以及对最佳添加比例进行了探索。得益于迷宫效应及其类似滚动摩擦的微观结构，1wt%SiC-G@GO/EP (SiC-G@GO: γ -缩水甘油醚氧丙基三甲氧基硅烷(KH560)修饰的 SiC (SiC-G)在 GO 片层表面自组装)涂层表现出优异的耐磨性和耐腐蚀性。与纯环氧树脂相比，1wt%SiC-G@GO/EP 涂层在浸泡 10 天后性能提高了 4 个数量级。平均摩擦系数比纯 EP 涂层低 41.5%，磨损率低 56.6%。

密度泛函理论计算协助探究废水净化机制

李渝航

北京大学深圳研究生院

分会编号-02

过渡金属氧化物选择性去除水体中新污染物

严凯

中山大学

环境友好型氮化碳的精准调控及多功能应用

陈飞

重庆大学

电催化含氮污染物高分辨原位表征及资源化利用研究

李盼盼

四川大学

协同催化助力多相催化

朱丽华

江西理工大学

结构化催化剂设计及电化学性能调控

谢文富

北京林业大学

海水提铀吸附材料研发及工程化应用探索

李子明

核工业北京化工冶金研究院

吸附与电吸附去除水中无机氟离子的研究

黄磊

广州大学

光催化水氧化甲烷插羰制乙酸新路径

董春阳

香港大学

甲烷作为天然气的主要成分在地球上的储量十分丰富。然而，无论是产业排放还是直接燃烧供能，甲烷都直接或间接地成了导致气候危机的元凶之一。因此，如何将甲烷转化为高附加值的化学品引发了科研人员的广泛关注^[1]。目前以甲烷作为原材料制备乙酸（重要的化工原料和溶剂，年产 650 万吨）的工业路线具有能耗大，反应过程复杂（一般要涉及甲烷-水重整，合成气制甲醇，甲醇插羰三个反应）等缺点。而甲烷制乙酸的直接路线虽在过去的几十年间被广泛探索，但这些路线所涉及的强酸环境或强氧化剂的应用无疑将导致环境污染，安全隐患以及乙酸的过氧化等一系列问题^[2]。

光催化，作为一种绿色可持续的新型技术，利用光生载流子驱动化学反应的发生，可以在更加温和的条件下实现热力学受限的化学过程^[3]。同时，通过精确调控催化剂表面活性金属的结构，可以平衡金属原子利用率和位点必要性这两个重要参数^[4]。本工作中，研究者报道一条全新的光催化反应路径，实现了在室温下以水作为氧化剂与 CH_4/CO 反应高选择性生成乙酸的新过程。该过程所使用的光催化剂由二氧化钛（ TiO_2 ）和锚定了铂单原子的磷钨酸铵团簇（ Pt1/NPW ）构成。优化后的催化剂在反应 60 h 后可以实现 5.7 mmol/L 乙酸溶液的生成，对乙酸的液相选择性超过 90%。结合同位素实验和多种原位光谱分析的结果表明，乙酸可能通过以水作为媒介的 M-v-K 机理产生：即 CH_4 被水中衍生出的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）活化并在 Pt1 位点与 CO 偶联形成乙酰基后，与临近的晶格氧反应并最终形成乙酸脱附，所形成的氧空位通过 Pt1 催化水分解复原并同步析氢^[2]。

参考文献

- [1] Dong, C., et al., Appl. Catal. B, 2023, 325, 122340.
- [2] Dong, C., et al., J. Am. Chem. Soc., 2023, 145, 1185.
- [3] Dong, C., et al., Nat. Commun., 2018, 9 (1), 1252.
- [4] Dong, C., et al., Nat. Catal. 2022, 5, 485

纳米结构设计与其在环境功能材料中的应用研究

李旻、寇佳慧、陆春华

南京工业大学

微纳米结构的精细调控在超疏液表面、电子输运等方面都起到了重要作用。因此，我们基于微纳米结构与简单低成本纳米结构调控制备技术的开发 1,2，围绕纳米结构与调控在超疏液自清洁表面、光/电催化分解水等环境功能材料的应用做了一系列工作：（1）利用狭窄平行通道产生的高拉普拉斯压力，设计了一种违反 Cassie 方程的动力学机制，实现了高接触角和较大面积分数的坚固耐用超疏液表面 3；（2）借助简单无掩模相分离光刻技术，在玻璃上大面积制备了无序纳米级 T 形柱，这些结构不仅具有宽带抗反

射、非彩虹色和高透明度的特性，还展现出优异的超疏液性能，为自清洁光电表面提供了新的设计理念 4；

(3) 基于 pinch-off 效应的 Ni/NiOx 双层结构 5 和 Ni@Fe@FeOOH 核壳结构 6 分散结构实现硅光阳极的空穴高效萃取。

关键词：微纳米结构；超疏液表面；光电催化；相分离光刻

参考文献：

1. Y. Li, Y. Hao, C. Huang, X. Chen, X. Chen, Y. Cui, C. Yuan, K. Qiu, H. Ge, and Y. Chen, Wafer scale fabrication of dense and high aspect ratio sub-50 nm nanopillars from phase separation of cross-linkable polysiloxane/polystyrene blend. *ACS Applied Materials Interfaces*, 2017, 9(15): 13685-13693.

2. Y. Li, K. Hu, X. Han, Q. Yang, Y. Xiong, Y. Bai, X. Guo, Y. Cui, C. Yuan, and H. Ge, Phase separation of silicon-containing polymer/polystyrene blends in spin-coated films. *Langmuir*, 2016, 32(15): 3670-3678.

3. Y. Li, Y. He, J. Li, C. Lu, H. Ge, Z. Xu, Design of robust superamphiphobic surfaces with enlarged area fractions: the considerable role of Laplace pressure in dynamics of contact lines, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2022, 24: 9308-9315.

4. S. Wang, H. Li, R. Xia, Y. Xie, Y. Li, H. Ge, C. Lu, Scalable nanofabrication of T-Shape nanopillars based on polystyrene/polyphenylsilsequioxane films showing broadband antireflection and super-omniphobicity, *ACS Applied Nano Materials*, 2022, 5: 3973-3982.

5. Y. Li, G. Xu, X. Zhu, Z. Man, X. Fu, Z. Hao, Y. Cui, C. Yuan, W. Zhang, S. Yan, H. Ge, Y. Chen, and Z. Zou, A hierarchical dual-phase photoetching template route to assembling functional layers on Si photoanode with tunable nanostructures for efficient water splitting. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2019, 259: 118115.

6. T. Jiang#, Y. Li#, S. Yan, Z. Zou, Silicon photoanodes partially covered by Ni@Fe core-shell particles with in-situ formed gradient-enhanced junction electric field for photoelectrochemical water oxidation. *Applied Physics Letters*, 2019, 115(21): 213904.

分会编号-03

环境量子化学-缺陷材料光催化氮合成氨过程中的理论模拟应用

冀豪栋

北京大学深圳研究生院

机器学习助力生物炭活性位点构筑

李宁

天津大学

氮化碳基复合纳米材料设计及宽光谱催化净水和能源应用

张清哲

山东大学

异相（类）芬顿体系氧化去除水体有机污染物

雷菊英

华东理工大学

MOF 材料捕获金属离子强化策略研究

赵旭东

太原科技大学

生物质材料转化与新污染物消减机制研究

王华哲

哈尔滨工业大学

MIL-100(Fe) MOX 中的 Lewis 酸碱性位点的调控及其对富/缺电子 VOCs 的吸附与降解陈璐^{1,2,3}、王晓¹、史淦升¹、陆冠宏¹、王焱¹、谢晓峰¹、陈德良^{2,3}、孙静¹

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所
2. 东莞理工学院
3. 郑州大学

金属有机干凝胶(MOX)光催化氧化(PCO)挥发性有机物(VOCs)依赖于 MOXs 和 VOCs 之间的 Lewis 酸碱相互作用和产生的活性氧自由基。本工作通过设计羧基配体的局部电荷不平衡合成了 NaFe 双金属 MOX, 调控了 MIL-100(Fe) MOX 的 Lewis 酸碱性并用于吸附和降解富电子(芳香族碳氢化合物)和缺电子(醛)类 VOCs。由于引入 Lewis 碱性位点, NaFe-MOX 促进了乙醛的吸附和光催化氧化, 而具有丰富 Lewis 酸性位点的 Fe-MOX 可以捕获和降解更多的邻二甲苯。Lewis 碱性位点通过改变邻二甲苯和乙醛与光催化剂的作用方式并促进了活性氧自由基的产生, 提高了乙醛和邻二甲苯的矿化能力。通过调节 MOX 的 Lewis 酸碱性, 为优化光催化剂降解富/缺电子的 VOCs 提供了一种有效的方法。

三维磁性 MXene 对 Ag(I)的吸附性能研究张文娟、李雨恒
兰州理工大学

提出了一种合成三维磁性 MXene 气凝胶(3D MXene/Fe₃O₄)的有效途径。以乙二胺(EDA)为交联诱导剂, 通过自组装二维 MXene Ti₃C₂T_x 合成 3D MXene, 然后将 Fe₃O₄ 原位共沉淀到三维 MXene 上。采用 3D MXene/Fe₃O₄ 作为吸附剂去除水溶液中的 Ag(I)。研究了 Fe₃O₄ 含量对吸附性能的影响。随后, 对合成的 3D MXene/Fe₃O₄ 的形貌和结构进行了表征, 并研究了 3D MXene/Fe₃O₄ 的吸附动力学和吸附等温线。同时, 研究了 3D MXene/Fe₃O₄ 的吸附机理和可重复使用性。结果表明:3D MXene 气凝胶呈纵横交错的三维网状结构, 磁性 Fe₃O₄ 纳米颗粒分散在其表面和边缘;随着 Fe₃O₄ 含量的增加, 3D MXene/Fe₃O₄ 的饱和磁化强度逐渐增强。3D MXene/Fe₃O₄ 对 Ag(I)的最大吸附量为 2385 mg g⁻¹。拟二阶模型和 Freundlich 等温模型准确地描述了吸附过程的动力学和等温过程。吸附过程由化学吸附和多层吸附驱动, 扩散机制包括表面扩散和颗粒内扩散。3D MXene/Fe₃O₄ 具有良好的重复使用性能, 经过 5 次循环吸附/脱附后, 其 Ag(I)去除率降低了 29%。

分会编号-04**MOFs 基催化剂活化过氧碳酸盐降解抗生素研究**张波涛
北京师范大学**人工智能赋能 MOFs 宏观组装体设计及应用**王超海
河南城建学院**流域悬浮基物质构建环境功能材料的研究进展与思考**张伟
郑州大学**构建高效电荷分离的纳微结构光催化剂及应用**

杨凯

江西理工大学

基于碳材料原位产 H_2O_2 的水处理机制与效能研究

金延超

福建师范大学

生物质碳基水处理材料氧化性能强化策略研究

朱凯若

大连工业大学

局部氟化氮化碳调控过一硫酸盐活化选择性降解有机污染物的性能与机制

张新飞、张远

广东工业大学

通过活化过一硫酸盐(PMS)产生单线态氧(1O_2)是选择性去除水环境中有机污染物的关键。然而,在不消耗能源或金属的情况下实现有效和选择性地将 PMS 转化为 1O_2 仍然是一个重大挑战。本研究采用简单的聚合方法对石墨相氮化碳(g-C₃N₄)进行局部氟化。使用局部氟化 g-C₃N₄(FCN)作为无金属催化剂来激活 PMS, 使得 4-氯苯酚(100%)的高效降解和解毒成为可能。FCN/PMS 系统对富含电子的污染物具有优异的选择性, 在很宽的 pH 范围内(2-10)有效地发挥作用, 并且对背景离子和天然有机化合物具有显著的抗干扰性。此外, 淬灭实验、探针测试、电子顺磁共振测量、电化学表征和理论计算表明, 1O_2 是催化过程中唯一的反应物种。局部氟化调节了 g-C₃N₄ 的电子结构, 富电子的氟与缺电子的碳双活性中心并列。这种结构改变了 PMS 和 g-C₃N₄ 之间的电子转移方向, 允许通过双电子转移通道几乎 100% 选择性地产生 1O_2 , 而不需要能量或金属。这项研究为非金属催化剂选择性产生 1O_2 提供了新的策略, 并可促进高级氧化工艺在水净化领域的广泛应用。

双金属异质光芬顿催化剂的制备 及其光芬顿降解亚甲基蓝的研究

杨湘粤、张文娟

兰州理工大学

本文设计了一种具有高效催化性能、绿色易回收的磁性双金属异质结 MOF (MCuFe-MOF) 的光芬顿反应材料。在 EDA 诱导下 MXene 于 MCuFe-MOF 表面自组装成为有序的三维孔道结构。随后, 通过原位衍生策略, 将 MXene 部分氧化生成具有肖特基结的 MXene 的衍生物 TiO₂/Ti₃C₂T_x, 成功制备了 MCuFe-MOF@TiO₂/Ti₃C₂T_x 光芬顿催化剂。探究了不同种类的 MOF 与 MXene 的负载方式、氧化条件以及 MXene 与 MCuFe-MOF 比例对其微观形貌, 化学组成及其光芬顿催化降解 MB 的性能的影响。结果表明, 与 MCuFe MOF 相比, 离子型 MOF 虽可以实现主催化剂 CuFe-MOF 与助催化剂 MXene 的紧密结合, 但严重破坏了 3D MXene 的有序孔道结构, 更适合二维 MXene 与 MOF 负载。在 CO₂ 气氛下高温焙烧更有利于保持 3D MXene 和 MCuFe-MOF@TiO₂/Ti₃C₂T_x 有序的三维孔道结构。为了构建优异的 TiO₂/Ti₃C₂T_x 肖特基结, 将 3D MXene 在 350-650 °C 范围内进行氧化, 结果表明当 MXene 在 450 °C 氧化 2 h 时, Ti₃C₂T_x:TiO₂=7:3, 此时, 光芬顿降解性能最佳。因此, 当选用 MCuFe-MOF 且 MXene 与 MCuFe-MOF 质量比为 1:4, 氧化温度为 550 °C 时, TiO₂/Ti₃C₂T_x@MCuFe-MOF 复合材料对光芬顿降解 2.5 g/L 的 MB 的降解率达到 91.8%。

分会编号-05**空气/海水碳捕集转化系统的开发**

张子帅

北京大学

实现“碳达峰、碳中和”目标对我国具有重要的战略意义和时代意义，然而受现有材料体系、工艺及器件结构的限制，实现大规模推广及应用仍面临效率不足、能量输入过高、成本高昂等诸多问题。高度集成化的碳捕集和转化器件（如碳捕集液电解器）可以很好的避开二氧化碳纯化这一高耗能的过程，从而实现比普通气态 CO₂ 电解器更高的能量效率（节省>40%的能量输入）。课题组从电极结构设计到电解器的优化开展了系列研究，使碳捕集液电解器达到了和最先进的气态 CO₂ 电解器相媲美的性能指标。同时，将介绍课题组最新的从海水中直接捕集转化 CO₂ 的相关系统开发工作。

三嗪基 COFs 材料结构调控强化水中新污染物去除机制

吕聪

吉林大学

限域催化剂分解臭氧的性能及反应机制研究

杨婧羚

暨南大学

铁基金属有机框架材料压电催化降解有机污染物的效能及机制研究

胡佳月

安徽医科大学

氮化碳基光催化纳米材料结构调控和环境应用

窦蒙蒙

北京交通大学

油气田复杂液体多糖材料功能衰退机制与改良技术

钟诚

西南石油大学

FeOCl 压电原位自芬顿体系的电子结构调控及其降解水中抗生素性能研究

董浩杰

暨南大学

高熵合金高效活化 PMS 降解抗生素的性能及机理

周代玺

暨南大学

分会编号-06

纳米 MOF 光/电催化分子转化

刘超

华东师范大学

基于非均相催化剂活化过硫酸盐降解新污染物的研究

银仁莉

华南农业大学

稀土铈基异质结可控构筑及其环境催化应用研究

朱成章

南京工业大学

过硫酸盐低碳氧化技术在水污染控制化学中的研究

苗洁

南京工业大学

团簇纳米催化剂原位降解土壤中农药类污染物的应用与机制探究

姜越、林思劼

同济大学

针对非均相高级氧化技术中抗环境干扰能力差、氧化剂利用率低和适用范围窄的关键难点，该研究巧妙利用 MXene 本征表面缺陷和丰富过渡金属源，原位构筑高活性类芬顿纳米团簇，该方法实现了无定形碳负载的高密度钛基纳米团簇的精准调控，碳层的存在既有效抑制了金属离子溶出带来的潜在风险，又提升了活性位点对实际环境因子的抗干扰能力，实现了 $\text{pH} = 1\text{-}13$ 的宽范围应用和长效服役寿命，揭示了钛基类芬顿催化剂活化 H_2O_2 降解阿特拉津的反应机制，实例论证了二维纳米材料安全性设计

（Safer-by-Design）的实现路径，为内分泌干扰物和抗生素类新污染物的高效治理提供了新策略。同时借助团队自主研发的大规模原位搅拌装置已实现团簇催化剂的千升级量产，并开展了示范应用，所修复的江苏江阴农药污染地成为全国首个且目前唯一一个通过工改建造的集成产学研一体化的科创园区和国内首个污染场地修复及安全利用技术集成示范基地。创新成果被编入国家土壤生态环境司采纳的农药污染场地大数据管理平台、《农药污染场地修复技术指南化学氧化法》中。

腐殖质构型主导型吸附新机理

王建超

中国矿业大学（北京）

基于位点调控构筑水处理功能材料

付会芬

北京建筑大学

纳米限域调控有机污染物选择性净化机制研究

刘统才

同济大学

纳米 SiO_2 制备超疏水纸地膜及其性能研究

李璐、戴飞、张方圆、赵武云

甘肃农业大学

纸地膜是一种由天然纤维素材料制成的生物可降解地膜，具有降解性好、无毒害及绿色环保等优点，能够有效解决传统覆膜方式存在残膜回收困难、污染农田环境等问题，已逐渐发展成为一种新型农业覆盖材料。然而，与聚乙烯地膜相比，传统纸地膜的疏水性能、力学性能和耐候性能较差，导致其在农业应用受到一定限制。本文采用溶液浸渍法制备出 SiO_2 超疏水纸地膜，结合接触角、滚动角、力学和摩擦试验对其力学性能、耐磨性能、疏水性能与实际农田环境下的抗老化、耐酸碱及表面延迟结冰性能进行测试评估，同时对超疏水纸地膜表面结构和微观形貌进行了表征。结果表明：具有多孔粗糙结构的 SiO_2 颗粒通过溶液粘附在纸地膜表面形成微纳米结构，从而获得稳定的超疏水涂层；通过对三种涂层物质含量（1%、

1.5%、2%) 的 SiO_2 超疏水纸地膜进行接触角、滚动角和力学测试, 综合分析得出 1.5% 浓度时纸地膜的疏水性能与力学性能最优; SiO_2 超疏水纸地膜在高温条件下仍具有优异的疏水性能, 其中在 -20°C 低温下仍具有较好的延迟结冰性能, 使纸地膜在低温环境中也能起到一定的增温效果; 同时, SiO_2 涂层能够提高纸地膜的力学、疏水和耐磨性能, 老化后的 SiO_2 超疏水纸地膜具有较好抗老化性能; SiO_2 超疏水涂层在酸、碱性溶液中对纸地膜表面纤维均有一定的保护作用, 其中在碱性浸泡后的 SiO_2 超疏水纸地膜各项性能均优于普通纸地膜。本研究为超疏水纸地膜的制备研发与推广应用提供理论与试验依据。