

INTERNATIONAL FORUM

ADVANCED POLYMER CATALYSTS

用智慧舞动光能

—光催化前沿论坛侧记

文/南京大学 李朝升

解决能源短缺和环境污染问题是我国实现可持续发展、提高人民生活质量、保障国家安全的迫切需要。光催化材料能够利用水分解或者二氧化碳还原将太阳能转化为化学能（氢能或者碳氢燃料），也能降解有机污染物，因而在解决能源和环境问题方面有重要的应用前景。光催化在环境净化方面（例如空气净化）已经得到了初步的应用。在光催化能源转换方面还在深入开展研究工作。

本次论坛共有来自中国、日本、新加坡的11位学者做了邀请报告。江东亮院士、付贤智院士、赵进才院士、邹志刚院士出席了本次会议。与会专家、学者就光热协同催化、Z型双光子光催化体系、新型等离子共振效应光催化材料、新型有机半导体光催化材料、高效光催化器件构建、助催化剂的微结构调控、光催化环境净化、光催化机理等方面展开了深入热烈的探讨。

“利用半导体能带调控、纳米金属等离子共振效应（SPR）和VIII族纳米金属光热效应，实现太阳光谱的全波段利用和高效光化学转换，应该是未来的研究热点之一”。

——论坛主席、日本国家材料研究所首席研究员、天津大学 叶金花教授

“以往人们都关注贵金属的等离子体共振效应在光催化方面的应用。如今在重掺杂的半导体光催化材料（例如H重掺杂后的MoO₃和WO₃）也发现了等离子体增强的光催化。这突破了以前人们对光催化认识的局限性。利用新型等离子体共振效应是提高光催化性能的新方法。”

——山东大学 黄柏标教授

“利用光催化材料的内建电场，显著提高体相电荷分离效率和光解水产氧活性。内建电场是未来光催化研究领域值得关注的概念。”

——华中师范大学 张礼知教授

“利用琼脂-C₃N₄复合水凝胶等三维网络结构光催化材料的吸附富集，提高了光催化降解活性，同时使得光催化降解实现了纳米光催化材料的免分离和污染物的连续降解反应”。

——清华大学 朱永法教授

“以往研究者对光催化材料的微结构调控给予了足够重视，却常常忽略了助催化剂的微结构调控对光催化性能的影响。”

——武汉理工大学 余家国教授

“将自组装法与助催化剂改性方法结合，利用高效的助催化剂对自组装聚合物光催化材料表面进行改性修饰，促进光催化分解水产氢反应速率”。

——论坛秘书长、福州大学 王心晨教授



日本国家材料研究所叶金花教授 将光致热激发技术与纳米金属粒子的等离子体激活技术结合，利用两种技术的协同效应实现了太阳能驱动的CO₂高效转化及干重整制合成气。在可见光下，热催化作用机制与金属表面等离子体共同活化反应物 CO₂ 和 CH₄，提高了 Rh-Au/SBA-15 和 Au/SBA-15 催化剂的反应性能。其结果表明纳米结构的金属Fe可以有效结合光致热激发与局部表面等离子体共振（LSPR）效应，以驱动更高效的催化反应。

日本京都大学Ryu Abe教授 模仿绿色植物的光合作用，研发了一种新型水分解系统可降低能耗、提升光利用率。该系统将H₂和O₂的演化分为两个阶段，溶液中的催化剂在将水还原为H₂后，被O₂的演化阶段还原回原始状态。目前该类催化剂有Cr掺杂的SrTiO₃、钽的氮氧化物(TaON 或 BaTaO₂N)及有机染料。近期研发的Bi₄NbO₈Cl以其单层Sillen-Aurivillius钙钛矿结构，获得更好的稳定性和更高的效率。

南洋理工大学Rong Xu副教授 介绍了用于分解水的新型双光子光催化体系。光合体系II中的Mn₄CaO₅簇，其通过O原子共顶或者共棱连接的八面体扭曲几何构型，为水的催化氧化提供了借鉴。含钴的有机磷酸酯及从中提取的磷酸钴盐是水氧化反应的高效光、电催化剂，其发展有望为高性能水氧化催化剂的设计提供更深入的理论支持。



山东大学黄柏标教授 将理论与实验相结合，提出并初步建立了基于不同配位离子间电荷转移和材料内建电场构建的新型高效光催化材料的设计理论，并结合材料制备技术和微结构调控手段，设计和制备了系列具有自主知识产权的新型等离子体光催化材料（例如H_xMoO₃、H_xWO₃），为探索和制备具有宽光谱响应和高载流子分离效率的新型高效光催化材料提供了一条新的材料设计理论。与传统的表面等离子体光催化材料不同，报告通过H原子的重掺杂实现了非贵金属体系的表面等离子体共振，H掺杂后的MoO₃和WO₃在可见光区有较强的吸收，能够有效降解对硝基甲苯。

南京大学李朝升教授 介绍了Ta₃N₅、LaTiO₃N、SrTaO₃N等半导体光电极材料的构建及分解水的性能。讨论了如何提高光电极的导电性、减少光生载流子的体相复合和表面复合，以提高光电极材料的太阳能-氢能转换效率。



武汉理工大学余家国教授 主要介绍了助催化剂的微结构调控对光催化性能的影响。通过静电组装将Pd纳米立方体、纳米球、纳米四面体装载到石墨相C₃N₄上，形成可用于光致还原CO₂的杂交光催化剂Pd/g-C₃N₄。沉积了Pd纳米颗粒的光催化剂g-C₃N₄表现出显著的形状依赖效应，其中沉积了Pd纳米四面体的光催化剂在四面体{111}面暴露在外时，获得了最高的光催化效率，这与各晶面的电子冷阱效应和CO₂吸收容量不同有关。



华中师范大学张礼知教授 讨论了具有光催化、环境修复、能量收集等应用潜力的层状BiOI纳米材料；阐述了卤氧化铋层状结构依赖的性质和分子氧活化途径；概括了通过调控卤氧化铋层状结构来增强其光催化活性的一些策略，比如内电场调控和氧空穴效应。并为增强卤氧化铋光催化活性的后续研究提出了一些有益的意见。

清华大学朱永法教授 制备了琼脂-C₃N₄复合水凝胶，SiO₂-C₃N₄复合水凝胶，及具有三维网状结构的PANI/TiO₂和PANI-C₃N₄复合水凝胶光催化剂。与纯g-C₃N₄相比，复合水凝胶有丰富的多孔网络结构、更高的污染物吸附率、更快的光生载流子迁移速率。且不存在吸附饱和问题，具有较好的循环稳定性，建立了水中有害有机污染物质的吸附富集-催化降解新方法。



福州大学王心晨教授 发现了石墨相C₃N₄聚合物具有非常稳定的共价键及温和的合成条件。C₃N₄具有优异的化学稳定性和独特的电子能带结构，通过掺杂、模板合成、共聚合、热流退火和表面异质结等改性手段，可作为一种廉价、稳定、不含金属组分的可见光光催化剂并广泛应用于太阳能的光催化转化，如光解水产氢、有机选择性光合成和有机污染物的降解等，引起了广泛关注。

上海硅酸盐研究所王文中研究员 提出以光致热催化的方式利用红外波段能量，并与紫外-可见光激发下的光催化耦合，得到远超单一催化过程的光热协同催化效率。针对光、热催化间的协同联用机制进行了系统研究。其中，耦合电子、离子传导的CeO₂有助于改善温度升高对光-电转换的负作用，从而实现1+1>2的光-热协同催化活性。

2016 IFAM