

中国科学院大连化学物理研究所应聘人员登记表

申报岗位		1601 组组长 (B 类组)		岗位类别	管理()	科研(<input checked="" type="checkbox"/>)
姓 名	宗旭	出生日期	1978. 7. 7	民 族	汉族	
性 别	男	政治面貌	中共党员	户口所在地	大连	
毕业学校及专业		中科院大连化学物理研究所物理化学专业		学历/学位	研究生/博士	
工作单位及职务		中科院大连化学物理研究所, 研究员				
是否有亲属在所内工作或学习, 如有请说明		无				
联 系 方 式		电 话: 0411-84379698; 13591743212 传 真: 96-411-84694447 电子邮箱: xzong@dicp.ac.cn				
学习及工作经历 (从高中填起, 内容包括时间、单位、学位、所学专业, 担任行政职务、专业技术职务情况, 时间段要连续, 准确到月份, 在职学习请注明)						
1994 年 9 月至 1997 年 6 月 学习经历: 高中 单位: 河北省张家口市怀安县第一中学						
1997 年 9 月 至 2001 年 6 月 学习经历: 本科 专业: 环境工程 单位: 大连海事大学						
2001 年 6 月 至 2004 年 6 月 学习经历: 硕士研究生 专业: 环境科学 单位: 大连海事大学						
2004 年 9 月 至 2009 年 10 月 学习经历: 博士研究生 专业: 物理化学 单位: 中国科学院大连化学物理研究所						
2010 年 1 月 至 2014 年 4 月 工作经历: 博士后 专业: 物理化学、材料化学 单位: 澳大利亚昆士兰大学纳米功能材料研究中心						
2014 年 5 月 至今 工作经历: 研究员/副研究员 专业: 物理化学 单位: 中国科学院大连化学物理研究所						

主要经验及业绩

(可根据个人情况分项填写)

一、主持(参与)科研项目

项目来源	项目名称	经费	个人作用
国家自然科学基金委 (2015 面上)	太阳能驱动硫化氢全分解制 氢研究	68 万(直接经费)	负责人
大化所—中石油集团 联合研发中心项目 (2017)	硫化氢电解制氢气联产硫磺 技术研究(待签订协议)	160 万	负责人
ARC Discovery Project of Australia (2013)	Self-cleaning thin films for anti-reflective solar cell coatings	\$396,000	两人(排第二位), 为共同主要完成人
Go8-DAAD (2012) of Australia-Germany	Band gap engineering of layered materials towards efficient photocatalysis	\$16,000	两人(排第二位), 为共同主要完成人
UQ early career researcher grants (2012)	Solar-driven H ₂ Production Utilizing GaP-ZnS Solid Solution Photocatalysts	\$30,000	负责人
UQ New Staff Research Start-up Fund (2010)	Coupling of biomimetic manganese and cobalt-based cocatalysts to semiconductors for enhanced photocatalytic O ₂ production	\$13,000	负责人
国家自然科学基金项 目	氧化物催化剂表面相结构的 紫外拉曼光谱研究	40 万	参与者

二、研究介绍

利用太阳能生产化学燃料可实现太阳能的转化和存储,是解决能源与环境问题的理想途径。申请人从 2004 年攻读博士学位开始,致力于半导体光催化、光电催化太阳能化学燃料生产研究 10 余年,以实现太阳能高效转化为目标,围绕光电催化材料设计开发、界面电荷输运调控及表面催化、新型耦合型太阳能转化系统设计及构建等开展研究,取得了一系列进展。目前,申请人已在 *J. Am. Chem. Soc.*、*Angew. Chem. Int. Ed.*、*Energy & Environ. Sci.*、*Nature Commun.*、*Adv. Energy Mater.* 等期刊发表论文 50 余篇。截至 2017 年 3 月,论文引用 2800 余次。下面从三个方面对申请人的代表性研究进行介绍(均为第一作者或通讯作者工作)。

1. 界面电荷输运调控及表面催化

光催化、光电催化过程涉及光生电荷产生、多界面电荷输运及表面催化过程。对于特定半导体,多界面电荷输运及表面催化性能将决定电荷是否可高效参与目标催化反应。申

请人在该方向取得如下代表性研究结果及进展：

1.1 发展高效、廉价非金属材料提升光催化制氢性能，构建表面异质结光催化剂促进电荷分离

质子还原催化是光电催化分解水制氢的重要反应。Pt等贵金属通常作为该反应的催化剂，大大增加了制氢的成本。因此，发展高效、廉价的基于非贵金属材料的催化剂替代传统的贵金属材料进行光催化制氢具有重要研究和实用意义。申请人借鉴半导体异质结概念，首次通过纳米组装技术将纳米尺度的 MoS_2 (WS_2) 组装在半导体光催化剂表面 (图 1)，极大的提高了光催化剂本体的产氢性能，所得产氢性能甚至优于基于贵金属助催化剂体系 (Pt, Ru, Rh, Pd) 的性能。该工作不仅揭示了表面异质结可促进光生电荷分离、提高光催化制氢性能的重要科学内涵，还展现了类贵金属层状硫化物 MoS_2 (WS_2) 作为贵金属替代物用于半导体光催化制氢的潜在实用价值，对于发展高效、低廉光催化剂及其光催化制氢过程具有重要的指导意义。该工作发表在*J. Am. Chem. Soc.* (2008, 130: 7176-7177)，引起学术界的极大关注。美国C&E NEWS以“Low Cost Water Splitting Photocatalyst”为题就相关研究进展在Science & Technology Concentrates栏目中给予高度评价。目前，该工作已被引用 **810** 次。在此工作基础上，申请人成功将该工作拓展到基于Ru染料的均相光催化制氢体系 (*Chem. Commun.*)，并实现了 MoS_2 纳米粒子在均相体系中的原位制备及高效光催化产氢反应 (*J. Catal.*)。目前，该系列工作 (1 篇*J. Am. Chem. Soc.*，1 篇 *J. Catal.*，1 篇*Chem. Commun.*，2 篇*J. Phys. Chem. C*) 已引起学术界广泛关注。

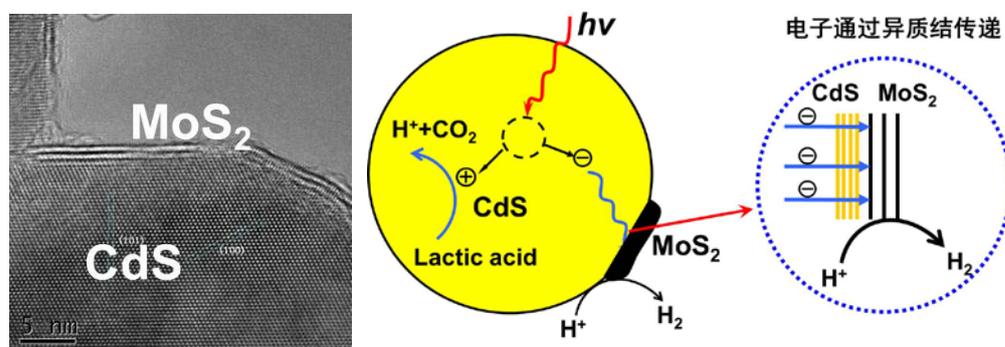


图 1. MoS_2/CdS 异质结光催化剂高分辨电镜图 (左) 及电荷界面分离原理图 (右)。

抑制光生电荷在光电器件界面复合、促进电荷界面输运及界面催化对于提高光电极性能具有重要意义。申请人发展了多种新型的光电极制备及界面调控策略，在 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 和 Si 等多个具有代表性的光电极体系取得系列研究进展。

$\text{GaN}:\text{ZnO}$ 是可见光区最具有代表性的半导体材料之一。但由于缺乏理想的 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 薄膜制备技术，现有 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 光电极性能都远低于理论水平。申请人发展了一种新型的水汽辅助氮化策略，原位在导电基底上制备高质量 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 薄膜。相比传统电极，该策略制备的电极性能提高了 18 倍。经表面处理及助催化剂担载后，获得了目前为止在 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 光电极上最高的性能。研究表明，水汽辅助氮化方法可有效降低体系中 Zn 的损失，促进 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 颗粒间及 $\text{GaN}:\text{ZnO}$ 薄膜同导电基底间界面电荷传输，极大的提高了电荷分离和注入效率。该研究为光电极制备及界面电荷调控、传输提供了一种新型策略。该工作发表

在 *Adv. Energy Mater.* (2016, 6, 1600864)。在该工作基础上，申请人发展了程序控制水汽辅助氮化策略，制备的 GaN:ZnO 电极性能有了进一步大幅提高为现有水平的两倍，接近理论效率，相关工作目前正在审稿。

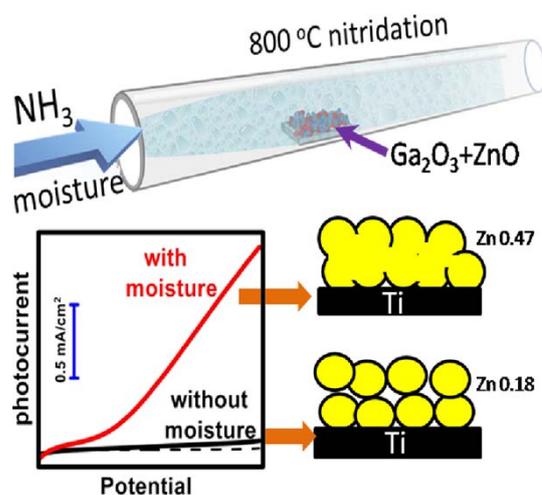


图 2. 水汽辅助氮化制备 GaN:ZnO 策略优化光电极界面示意图。

2. 耦合型太阳能化学燃料生产系统设计及构建

传统太阳能化学燃料生产借助于单一光（电）催化过程。申请人通过集成不同催化反应的特色，设计多种新型光（电）催化过程，实现了太阳能多功能、高效利用和存储。

2.1 设计光（电）化学反应—化学反应耦合系统，实现太阳能驱动下H₂S全分解及选择性氧化制备H₂O₂反应

硫化氢（H₂S）是一种毒性极大的气体，大量来源于石油、天然气等工业。传统工业采用 Claus 工艺处理 H₂S，其主要缺点是 H₂S 中的 H₂ 未能得到利用。现有的光（电）催化分解 H₂S 手段只能从 H₂S 中得到 H₂，其中的 S 以多硫化物形式存在于溶液，会对环境造成污染。针对上述问题，申请人首次构建一种全新的光电化学反应—化学反应耦合系统，并成功利用该系统实现太阳能驱动下全分解 H₂S 为 H₂ 和单质 S，取得能源和环境的双重效益。该工作对利用太阳能实现“变废为宝”的绿色化学转化过程具有重要启示。工作发表在 *Angew. Chem. Int. Ed.* (2014, 53: 4399-4403)，并被该杂志评为“热点文章”。*Chemistryviews*、*C&E NEWS* 等都对该工作进行了报道及评价。在次工作基础上，申请人将光电化学—化学反应耦合的思路成功拓展到 H₂O₂ 的光电化学制备及 H₂S 耦合分解的反应（图 3 左）。通过对新型光电化学反应过程的设计及控制，不仅达到了仅以太阳能为能量来源制备 H₂O₂ 的化学过程，还成功实现了光驱动下反应产物选择性的有效控制。该工作发表在 *Energy & Environ. Sci.* (2014, 7, 3347-3351)，并作为背封面文章。近期，申请人基于上述研究，构建了新型的钙钛矿电池—电催化反应系统进行 H₂S 全分解反应（图 3 右）。该系统具有以下优点：（1）太阳能—化学能存储效率达 13.5%，是目前钙钛矿电池太阳能—化学能转化系统中已知最高效率；（2）单节钙钛矿电池即可驱动目标反应，系统结构简单；（3）系统

完全基于非金属材料，成本低廉；（4）系统稳定性极大提高，可连续运行。目前，该工作已投稿。此外，H₂S资源化利用研究已引起中石化的兴趣，申请人已建立了H₂S资源化利用实验室小型示范装置，将同中石化合作进行应用研究，希望能将该技术进行应用推广。

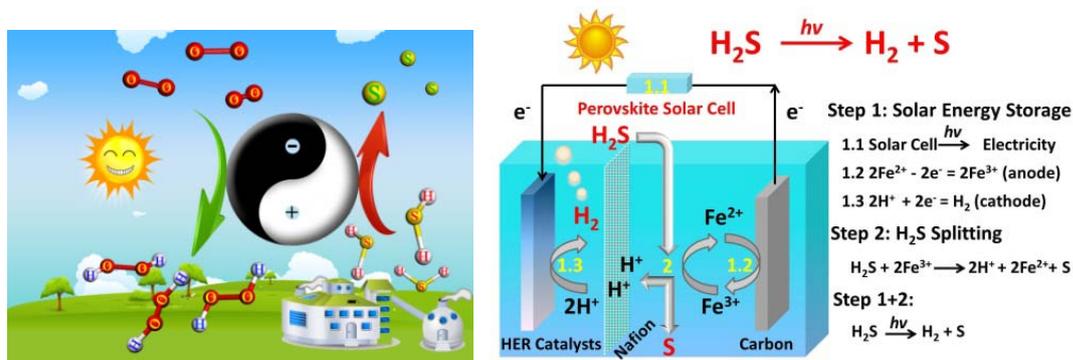


图 3，H₂S选择性氧化制备双氧水示意图（左）和基于非贵金属催化材料的钙钛矿电池-电催化太阳能存储及分解H₂S系统原理图（右）。

2.2 基于光催化—光电催化 Z-scheme 设计构建自然—人工耦合光合水分解系统

耦合自然光合和人工光合系统可集成两种系统的优势，实现单一系统不能实现的功能。在前期研究中，李灿院士团队通过Z-scheme策略将光合系统II(PSII)和半导体粉末光催化剂耦合，实现了无偏压下水的完全分解，为自然—人工杂化系统建立及太阳能转化利用提供了一种新思路。申请人首先实现了全新的光催化—光电催化Z-scheme设计。该设计可利用光电系统的特点实现电荷定向分离传输，利用传统基于粉末体系的Z-scheme理念实现光电—光催化系统的集成，并成功将该设计用于新型自然—人工杂化光合水分解系统的构建。系统具有以下特点：（1）可实现无偏压完全分解水反应，太阳能-氢能转化效率达到 0.29%，为已知自然—人工杂化体系最高值；（2）系统产生的H₂和O₂自然分离，有效解决了传统Z-scheme系统中H₂和O₂难以分离的问题；（3）叠层设计缓解了PSII的失活问题，同时提高了系统的太阳能利用效率；（4）新型的Z-scheme设计及PSII对水氧化反应的高选择性有效抑制了逆反应，提高了系统效率。该工作发表在*Angew. Chem. Int. Ed.* (2016, 55: 9229–9233)，并被评“热点文章”。此外，上述研究还成功拓展到人工—人工的Z-scheme光催化—光电催化体系及高效自然-人工体系，相关研究工作正在进一步优化。

3. 发展新型可见光响应水氧化光催化材料

光（电）催化水氧化反应是水分解反应的速控步骤。发展具有可见光响应特性的半导体光催化剂进行水氧化研究是光（电）催化分解水最为重要的研究方向之一。申请人通过高温氮化掺杂的手段发展了一系列新型的具有可见光响应的半导体光催化剂，并成功将这些材料用于光催化水氧化研究。（1）氮掺杂层状CsCa₂Ta₃O₁₀。通过氮取代部分氧化物本体CsCa₂Ta₃O₁₀中的晶格氧，实现了CsCa₂Ta₃O₁₀的可见光化，并从理论上阐明了氮掺杂对降低CsCa₂Ta₃O₁₀本体带宽的重要作用。该材料为第一个报道的在可见光下可氧化水的离子

交换光催化半导体材料，为研究层状半导体材料光催化分解水提供了重要理论和实验支撑（*Chem. Commun.* 2011, 6293-6295）。(2) N-F共掺杂的具有{001}优先晶面取向的单晶TiO₂纳米片。制备具有高活性{001}晶面TiO₂光催化剂是近些年光催化研究的热点。但TiO₂最大的缺点就是仅能利用紫外区的太阳。申请人首次采用TiOF₂立方体为前驱，通过高温氮化处理TiOF₂，实现了N和F在TiO₂晶格中的原位共掺杂。该材料为第一个报道的具有{001}优先取向且在可见光区实现氧化水产氧的TiO₂材料（*Chem. Commun.* 2011, 11742-11744）。(3) N掺杂的ZnO纳米束。ZnO具有优异的电子性质，但其缺点就是仅能吸收紫外区的太阳光。申请人借鉴前期N-F共掺杂TiO₂的工作，实现了ZnO半导体材料的可见光化。该工作首次实现了N-ZnO在没有外加电压的条件下可光催化氧化水产氧（*J. Phys. Chem. C*, 2013,117: 4937–4942）。由于在半导体材料可见光化研究做出的特色工作，申请人受邀在光催化专业期刊*Photochemistry Photobiology C: Reviews*,撰写研究综述。

三、第一及通讯作者文章目录

1. Wang W Y, Wang H, Zhu Q Y, Qin W, Han G Y, Shen J R, **Zong X***, Li C*. Spatially Separated Photosystem II and a Silicon Photoelectrochemical Cell for Overall Water Splitting: A Natural–Artificial Photosynthetic Hybrid. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2016, 55: 9229–9233. (**Hot paper**) (IF: 11.7)
2. Wang Z L, Han J F, Li Z, Li M R, Wang H, **Zong X***, Li C*. Moisture-Assisted Preparation of Compact GaN:ZnO Photoanode Toward Efficient Photoelectrochemical Water Oxidation. *Adv. Energy. Mater.* 2016, 6, 1600864. (IF: 15.23)
3. **Zong X**, Han J F, Seger B, Chen H J, Lu (Max) G Q, Li C*, Wang L Z*, An Integrated Photoelectrochemical–Chemical Loop for Solar-Driven Overall Splitting of Hydrogen Sulfide. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014, 53: 4399-4403. (**Hot paper**) (IF: 11.7)
4. **Zong X**, Chen H J, Seger B, Pedersen T, Dargusch M S, McFarland E W, Li C,* Wang L Z*, Selective production of hydrogen peroxide and oxidation of hydrogen sulfide in an unbiased solar photoelectrochemical cell. *Energy Environ. Sci.* 2014, 7, 3347-3351.(IF: 25.43)
5. **Zong X**, Yan H J, Wu G P, Ma G J, Wen F Y, Wang L, Li C. Enhancement of Photocatalytic H₂ Evolution on CdS by Loading MoS₂ as Cocatalyst under Visible Light Irradiation. *J. Am. Chem. Soc.* 2008, 130: 7176-7177. (IF: 13.04)
6. Ma W G, Han J F, Yu W, Yang D, Wang H, **Zong X***, Li C*. Integrating Perovskite Photovoltaics and Noble-Metal-Free Catalysts toward Efficient Solar Energy Conversion and H₂S Splitting. *ACS Catal.* 2016, 6, 6198–6206. (IF: 9.31)
7. Zhang H F, Li A L, Wang Z L, Ma W G, Li D, **Zong X***, Li C*. Decorating mesoporous silicon with amorphous metal–phosphorous-derived nanocatalysts towards enhanced photoelectrochemical water reduction. *J. Mater. Chem. A*, 2016, 4, 14960-14967. (IF: 8.26)
8. **Zong X**, Wang L Z. Ion-exchangeable semiconductor materials for visible light-induced photocatalysis. *Photochemistry Photobiology C: Reviews*, 2014, 18: 32-49. (IF: 12.16)
9. **Zong X**, Xing Z, Yu H, Bai Y, Lu G Q, Wang L Z. Photocatalytic hydrogen production in a noble-metal-free system catalyzed by in-situ grown molybdenum sulfide catalyst. *J. Catal.* 2014, 310: 51-56. (IF: 7.35)

10. Xing Z, Chen Z G, **Zong X**^{*}, Wang L Z^{*}, A new type of carbon nitride-based polymer composite for enhanced photocatalytic hydrogen production. *Chem. Commun.* 2014, 50: 6762-6764. (IF: 6.57)
11. Bai Y¹, **Zong X**¹, Yu H, Zhigang Chen, Wang L Z^{*}. Scalable Low-cost SnS₂ Nanosheets as Counter Electrode Building Blocks for Dye-Sensitized Solar Cells. *Chem. Eur. J.* 2014, 20: 8670-8676. (共同第一作者) (IF: 5.77)
12. Han J F¹, **Zong X**¹, Wang Z L, Li C^{*}. Hematite photoanode with gradient structure shows an unprecedentedly low onset potential for photoelectrochemical water oxidation. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2014, 16, 23544. (共同第一作者) (IF: 4.45)
13. **Zong X**, Supphasin Thaweesak, Hongyi Xu, Zheng Xing, Jin Zou, Gaoqing (Max) Lu, Lianzhou Wang. A scalable colloidal approach to prepare hematite films for efficient solar water splitting. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2013, 15: 12314-12321. (IF: 4.45)
14. **Zong X**, Sun C H, Yu H, Chen Z G, Xing Z, Ye D L, Lu G Q, Wang L Z. Activation of photocatalytic water oxidation on N-doped ZnO bundle-like nanoparticles under visible light. *J. Phys. Chem. C* 2013, 117: 4937-4942. (IF: 4.51)
15. **Zong X**, Sun C H, Chen Z G, Mukherji A, Wu H, Zou J, Smith S, Lu G Q, Wang L Z. Nitrogen doping in ion-exchangeable layered tantalate towards visible-light induced water oxidation. *Chem. Commun.* 2011, 6293-6295. (IF: 6.57)
16. **Zong X**, Han J F, Ma G J, Yan H J, Wu G P, Li C. Photocatalytic H₂ Evolution on CdS Loaded with WS₂ as Cocatalyst under Visible Light Irradiation. *J. Phys. Chem. C* 2011, 115: 12202-12208. (IF: 4.51)
17. **Zong X**, Xing Z, Yu H, Chen Z G, Tang F Q, Zou J, Lu G Q, Wang L Z. Photocatalytic water oxidation on F, N co-doped TiO₂ with dominant exposed {001} facets under visible light. *Chem. Commun.* 2011, 11742-11744. (IF: 6.57)
18. **Zong X**, Wu G P, Yan H J, Ma G J, Shi J Y, Wen F Y, Wang L, Li C. Photocatalytic H₂ evolution on MoS₂/CdS catalyst under visible light. *J. Phys. Chem. C* 2010, 114: 1963-1968. (IF: 4.51)
19. **Zong X**, Na Y, Wen F Y, Ma G J, Yang J H, Wang D E, Ma Y, Wang M, Sun L C, Li C. Visible light driven H₂ production in molecular systems employing colloidal MoS₂ nanoparticles as catalyst. *Chem. Commun.* 2009, 4536-4538. (IF: 6.57)
20. **Zong X**, Li C. Photocatalytic water splitting on metal oxide, in *Metal Oxides in Heterogeneous Catalysis*, Elsevier Publisher, Editor: Jacques Vedral. To be published in 2017. (书籍)
21. **Zong X**, Lu G Q, Wang L Z. Nanomaterials for water splitting, in *Nano-Catalysis: Synthesis and Applications*, Wiley Publisher, Editors: Tewodros Asefa, Vivek Polshettiwar, published in 2013. (书籍)
22. **Zong X**, Lu G Q, Wang L Z. Non-metal Doping in TiO₂ towards Visible Light-induced Photocatalysis, in *The Handbook of Environmental Chemistry: Environmental Photochemistry Part III*, Springer Publisher, Editors: D. Bahnemann and P. Robertson, published in 2014. (书籍)

论文总引用次数: 2810 次

查询截至日期: 2017.3.11

查询数据库: ISI Web of Science

(本表可扩充)