

## 电化学合成氨催化剂研究获进展

近日，中国科学技术大学教授曾杰研究团队和中国科学院上海应用物理研究所教授司锐合作，通过构筑原子级分散的钌催化剂实现高效氮气电还原合成氨。这种钌单原子催化剂在电催化还原氮气反应中表现出的产氨速率是现有报道的最高值。该成果以Achieving a Record-High Yield Rate of 120.9  $\mu\text{gNH}_3\text{ mg}^{-1}\text{ cat. h}^{-1}$  for  $\text{N}_2$  Electrochemical Reduction over Ru Single-atom Catalysts 为题，发表在《先进材料》杂志上（Adv. Mater. 2018, 30, 1803498），并被选为卷首插图。论文的共同第一作者是中国科大特任副研究员耿志刚和博士研究生刘彦。

目前，在工业上通过哈伯法合成氨需要高温高压（150-350 atm, 350-550  $^\circ\text{C}$ ）。这种苛刻的条件每年需要消耗全世界1-2%的能源

供应。此外，传统的哈

伯法合成氨需要氢气作为原料之一，而传统制

氨的过程会排放大量 $\text{CO}_2$

。因此，探索在温和条件下合成氨的催化反应显得尤为重要。氮气电化学还原合成氨反应可在常温常压下进行，并且可以选择水作为氢的来源，从而引起了科学工作者的广泛关注。然而，迄今为止，所报道的电催化剂在氮气电化学还原反应中的产氨速率很低，难以满足工业需求。因此，研发能够高效电化学还原氮气合成氨的电催化剂是一项非常有挑战性的任务。

针对这一难题，研究人员选择金属有机框架（ZIF-8）为基体，通过在反应前驱体中加入钌基化合物，调控钌在金属有机框架中的存在形式。研究人员发现，当加入的钌基化合物较少时，可以得到高度分散的氮配位钌单原子催化剂（Ru SAs/N-C）。而增加钌基化合物的投入量后，钌将以小颗粒形式分散于金属有机框架中（Ru NPs/N-C）。随后，研究人员将这两种催化剂应用于氮气电化学还原反应中，发现Ru SAs/N-C催化剂在相

对标准氢电极-0.2V的电压下，可以高效电催化还原氮气合成氨，产氨速率高达 $120.9\ \mu\text{gNH}_3\text{mg}^{-1}\text{cat.h}^{-1}$ ，产氨速率是Ru NPs/N-C的1.98倍。实验和理论计算研究进一步揭示出氮配位钌单原子催化剂的高效催化性能主要来源于单原子催化剂对氮气分子的高效解离。该项研究工作不仅开辟了单原子催化剂在电化学合成氨反应中的新途径，而且进一步推进了电化学方法合成氨在实际应用中的可能。

该项研究得到了中科院前沿科学重点研究项目、科技部、国家自然科学基金委、安徽省重点研究与开发计划等的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/130051.html>