



## 中国科大在光催化PFASs低温脱氟领域 取得重要进展



中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心及化学系康彦彪教授研究团队发展了特氟龙等全氟及多氟烷基化学品的低温还原脱氟分解的变革性新方法。在该工作中，研究人员创制了扭曲促进电子得失的有机小分子超级光还原剂KQGZ，并基于此发展了低温(40-60°C)催化还原特氟龙等全氟及多氟烷基化合物的完全脱氟新方法。相关成果以“Photocatalytic low-temperature defluorination of PFASs”为题发表于《自然》。

全氟和多氟烷基物质(PFAS)由于其分子内牢固的碳-氟键，具有独特的热稳定性、化学稳定性、疏水及疏油特性等，广泛应用于化工、电子、医疗设备、纺织机械、核工业等领域。但是碳-氟键的惰性也导致PFAS在自然环境或温和条件下难以降解。例如，特氟龙在260°C的温度下可以维持多年而不分解；而在500°C以上分解时则会释放出有毒气体。因此，PFAS被称为永久化学品。而被废弃于自然界中的PFAS，则引发了一系列的环境及健康问题。

围绕上述挑战，中国科学技术大学研究团队基于在特定光照具有超强还原性的原理，设计创制了超级有机光还原剂(取名为KQGZ)，首次实现了低温下特氟龙及小分子PFAS的完全脱氟矿化，将其高效回收为无机氟盐和碳资源。还原剂是能够提供电子的化学物质；而超级还原剂则是能够把电子注入到还原电位低于负3伏特的化学键的电子供体。该研究不仅首次报道了高度扭曲咪唑核对于超级光还原剂电子得失的促进作用，从而实现永久化学品的完全脱氟；也表明了光还原剂的激发态氧化电位，与其还原能力并无直接关联，并非判断光催化还原能力的唯一标准；能否对特氟龙等PFAS进行完全还原脱氟可作为有机还原剂的还原能力标准。

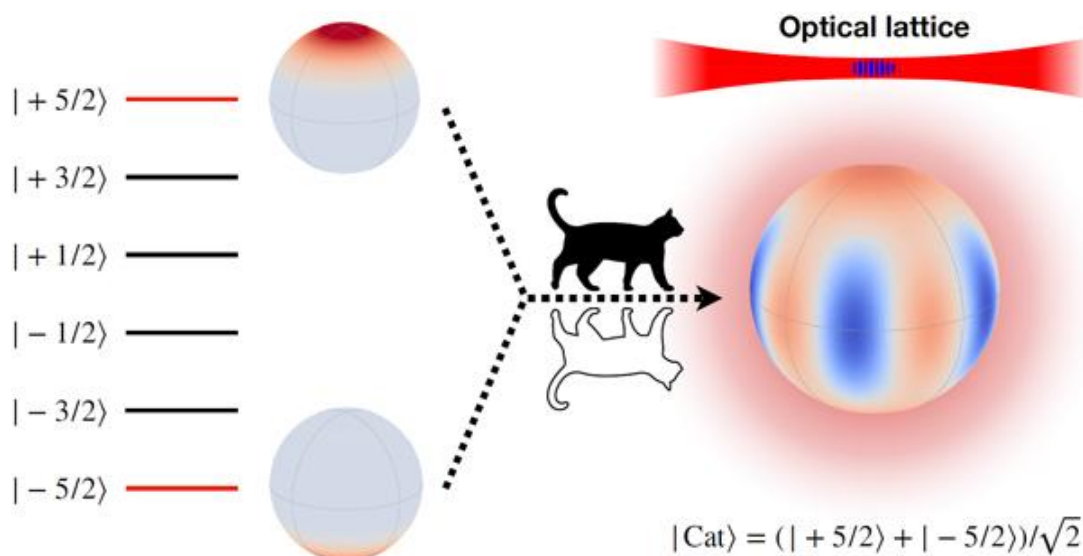
超级有机还原剂KQGZ是我国科学家独立设计创制、具有原创性的独特光还原催化剂，具有广谱的催化断裂牢固碳-杂以及杂-杂原子键的性能；在目前已经尝试的百余类反应中，均取得理想的结果。实验证明，其扭曲结构有效地促进了电子的得失，从而实现了超级还原作用，为新型超级光还原剂的设计和研制提供了新的思路。

## 中国科大实现高自旋原子的长寿命薛定谔猫态

中国科学技术大学与合肥国家实验室夏添、卢征天、邹长铃等人合作，利用激光冷原子方法制备成基于自旋的薛定谔猫态，其寿命达到分钟量级，有助于提升对自旋进动相位的测量灵敏度。相关成果以“Minutes-scale Schrödinger-cat state of spin-5/2 atoms”为题发表于《自然-光子学》(Nature Photonics)。

在量子精密测量中，自旋进动不仅是测量磁场、惯性等许多物理现象的有效探针，还可以用于探索超越标准模型的新物理。在做自旋进动测量时，高自旋薛定谔猫态具有明显优势，一方面因为高自旋量子数放大了进动频率信号；另一方面因为猫态对一些环境干扰因素不敏感，从而压制了测量噪声。然而，实验中应用猫态面临两大技术挑战：一是如何在高维量子空间中实现幺正变换的高效操控；二是需要保持足够长的量子相干时间。

在本工作中，研究团队成功实现了一种具有超长相干时间的薛定谔猫态。研究人员利用光晶格囚禁自旋为5/2的镱-173原子，通过控制激光脉冲对原子诱导非线性光频移，制备出由自旋投影为+5/2与-5/2两个态组成的叠加态。由于这两个态的磁量子数相距最远，所以它们的叠加态被称为薛定谔猫态。这种猫态具有增强的磁场灵敏度，同时在光晶格中感受到完全相同的光频移，处于“无消相干子空间”中，从而对光晶格的强度噪声和光斑形貌变化具有天然的免疫性。实验结果表明，该猫态的相干时间突破了20分钟。通过Ramsey干涉测量法，研究人员证实了接近海森堡极限的相位测量灵敏度。这一长寿命薛定谔猫态为原子磁力计、量子信息纠错以及探索新物理等开辟了新途径。



图注：镱-173原子自旋在一维光晶格中形成薛定谔猫态。左边两个球体分别代表自旋朝上、朝下的两个本征态，它们叠加形成由右边球体代表的薛定谔猫态。



## 研究进展

中国科大在太阳能驱动海水淡化  
研究中取得重要进展

近日，中国科学技术大学刘波教授团队在太阳能驱动海水淡化研究中取得重要进展。该研究团队开发了一种基于弹性聚合物共价有机框架(PP-PEG)的高效太阳能蒸汽蒸发器。PP-PEG泡沫展现出全光谱吸收和出色的光热转换性能，通过优化亲水性、PEG链长度和热管理，在1个太阳辐照下，实现了 $4.89 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ 的蒸发速率。团队进一步巧妙地使用易制得的截锥型反射器充分利用免费太阳能，蒸发速率显著提高至 $18.88 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，超过已知的太阳能蒸汽蒸发器的性能。这项创新设计具有制备简单、成本低、效率高、机械稳定性和耐久性等优点，为海水淡化和水净化应用提供了一个有前景的平台。相关成果以“Highly efficient solar steam evaporation via elastic polymer covalent organic frameworks monolith”为题发表于《自然·通讯》。

PP-PEG材料含有柔性的聚乙二醇连接剂，对客体呈现出有趣的自适应。卟啉环作为光热功能单元，柔性的聚乙二醇链防止了卟啉环的不利聚集和猝灭，使得PP-PEG具有全光谱吸光度和优异的光热转换性能。基于此，PP-PEG以三维泡沫形式作为蒸发器应用于太阳能驱动的海水淡化。弹性还有助于防止泡沫在蒸发过程中发生崩塌，以维持循环蒸发的性能。为了减少向水体的热量损失，蒸发器采用特殊的自包含模式，将太阳能蒸发器与水体隔离开，在维持连续供水的同时，不仅减少了热传导损失，还充分利用了三维泡沫的侧表面，大幅增加了蒸发面积，促进冷蒸汽的产生，提高了蒸汽的蒸发性能。通过优化亲水性和PEG链长度，在1个太阳辐照下，实现了 $4.89 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ 的蒸发速率。

为充分利用免费的太阳能资源，该项研究设计了一个铝制的截锥形反射器，将光反射到三维泡沫的侧表面。当三维泡沫与反射器耦合时，显著提高了蒸发性能。在1个太阳辐照下，蒸发速率达到 $18.88 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，相比没有反射器时的蒸发速率 $4.89 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，增加了286.1%，是迄今为止文献报道的最高的太阳蒸发性能。这种充分利用自然资源的创新方法，将给太阳能驱动海水脱盐淡化领域的研究人员带来启发。

综上所述，该项研究开发了基于弹性聚合物共价有机框架(PP-PEG)材料的高效太阳能蒸汽蒸发系统。该系统制备简单、效率高、成本低、机械稳定性和耐用性良好，有望成为极具前景的海水淡化和水净化平台。

中国科大设计出基于体相肖特  
基结构的便携式辐射探测器

近日，中国科大肖正国教授课题组，创新性地设计并制备出一种体相肖特基结构。该结构利用多孔碳电极与填充在其内部的钙钛矿半导体形成。体相肖特基结将辐射探测器中的电荷传输距离降低了两个多量级，钙钛矿辐射探测器在低电压下也能实现高灵敏度，向便携式辐射探测器的广泛应用迈出重要一步。研究成果以“A bulk Schottky junction for high-sensitivity portable radiation detectors”为题发表于《自然·通讯》。

金属卤化物钙钛矿材料由于其X射线吸收系数高、光电特性优异成为最有前景的辐射探测材料。由于X射线的穿透能力非常强，因此辐射探测器通常需要几百微米的厚度吸收更多的X射线。目前，传统的辐射探测器像三明治一样是层状结构，载流子必须穿过整个X射线吸收层才能被电极收集。但在这个过程中，又会发生极大的载流子损失，影响探测器性能。此外，传统的层状结构探测器通常需要几十伏甚至上百伏的工作电压，这限制了便携式器件的发展并加剧了钙钛矿器件的性能衰减。

针对上述问题，肖正国课题组利用溶液法，将钙钛矿均匀填充在孔径很小的碳电极网络中，形成体相肖特基结。在这种结构中，X光产生的电荷仅需迁移孔径距离（几百纳米）就能被碳电极收集，从而大幅减少了载流子损耗，并降低了工作电压。该结构的探测器在-1 V的超低电压下就可以实现高达 $1.42 \times 10^5 \text{ mCGy}_{\text{air}}^{-1}\text{cm}^{-2}$ 的灵敏度，并且能够检测到非常低剂量的X射线，最低剂量检测限低至 $48 \text{ nGy}_{\text{air}}\text{s}^{-1}$ 。该结构不仅提高了钙钛矿辐射探测器的性能，还改善了钙钛矿辐射探测器的稳定性，使其在脉冲X射线下稳定运行并在储存5个月后几乎不发生性能衰减。此外，团队还制作了便携式X射线报警器，验证了其在便携设备中的应用潜力。该工作为提升钙钛矿辐射探测器性能和稳定性提供了全新思路，并展现了钙钛矿辐射探测器在便携设备中的广阔前景。



## 研究进展

### 中国科大提出高熵合金催化剂定向合成新策略

近日，中国科学技术大学曾杰教授课题组在高熵合金催化剂的设计制备领域取得重要进展。研究人员提出了一种基于合金化效应设计、制备用于丙烷脱氢的高熵合金催化剂的方法，通过金属助剂的逐步引入与合金化效应的平衡，构筑出表面富集孤立铂位点的高熵合金催化剂。该催化剂对丙烷脱氢反应展现出优异的催化性能，尤其具有超高的丙烯生成速率。相关成果以“Progressive fabrication of a Pt-based high-entropy-alloy catalyst toward highly efficient propane dehydrogenation”为题发表于《德国应用化学》。

高熵合金因其巨大的组成空间、独特的结构以及优异的稳定性，展现出优于传统单金属或二元合金的催化性能，成为多相催化领域的热点材料。尽管前人已报道了一些高熵合金催化剂的筛选/设计策略，传统的试错法仍占主导，限制了高效催化剂的探索。因此，亟需发展合理的设计策略，推动高熵合金的合成及催化应用。另一方面，物理化学性质的差异使得金属助剂对铂基丙烷脱氢催化剂的几何电子结构具有不同的影响。进而对合金效应的深入理解可以为设计制备高效丙烷脱氢高熵合金催化剂提供理论依据。

研究人员通过对铂基二元合金体系的深入研究发现铜、锡、金和钯对铂展现出稀释、包覆、表面富集以及不均一效应。经金属助剂的依次引入，逐步实现了对铂物种的稀释、孤立、表面富集以及高熵化稳定，最终制备得到表面富集孤立铂位点的高熵合金催化剂。

催化研究表明，合金元素逐步引入带来的结构变化对应地实现了丙烷脱氢催化选择性、活性及稳定性的提升。所制备的高熵合金催化剂在550摄氏度常规测试条件下200小时内无明显失活。此外，在354每小时的高空速条件下，所制备高熵合金催化剂在550及600摄氏度下均展现出超高的丙烯生成速率，优于已报道的铂基多元合金催化剂。该工作对合金化效应的深刻理解和灵活应用实现了高熵合金催化剂的定向构筑，为高熵合金设计制备提供新思路，有望加速催化剂的开发与研究。

### 中国科大在紫外波段单光子激光雷达方向取得新进展

近日，中国科学技术大学张军等联合南京大学陆海、张荣团队在紫外波段单光子激光雷达方向取得新进展，通过设计制备基于4H-SiC材料的单光子雪崩光电二极管，发展主动淬灭主动恢复读出电路技术，研制出具有实用价值的紫外半导体单光子探测器，利用该探测器首次实现了单光子差分吸收臭氧激光雷达系统，并实现1~3.5km高度范围内的臭氧浓度监测，相关成果发表于《应用物理快报》。

研究团队在4H-SiC单光子探测器性能指标方面持续开展攻关。一方面，通过迭代优化4H-SiC单光子雪崩光电二极管结构和工艺提升了器件的单光子探测效率；另一方面，针对4H-SiC单光子雪崩光电二极管器件的特征发展了新型主动淬灭主动恢复读出电路，在有效抑制探测器后脉冲概率的同时显著提升了饱和计数率。经表征，新探测器在266nm波段探测效率达16.6%、暗计数率为138kcps、后脉冲概率为2.7%、饱和计数率达13Mcps，基本满足了紫外单光子激光雷达应用对单光子探测器的性能需求。

研究团队利用该探测器首次在单光子差分吸收臭氧激光雷达系统中开展相关应用，该激光雷达系统将289nm和316nm的脉冲激光同时垂直发射到大气中，由于臭氧分子对两种波长激光的吸收系数不同，通过对比两种激光回波信号的衰减速度可以反演出大气不同高度处的臭氧浓度。为了进行数据比对，实验中将回波信号分为两路，分别用传统的光电倍增管和新型4H-SiC单光子探测器进行探测和数据反演，实验结果表明在1~3.5km范围内使用两种探测器反演出的臭氧浓度分布高度吻合。上述工作为紫外波段单光子激光雷达提供了一种高性能、高环境耐受性的实用化解决方案。