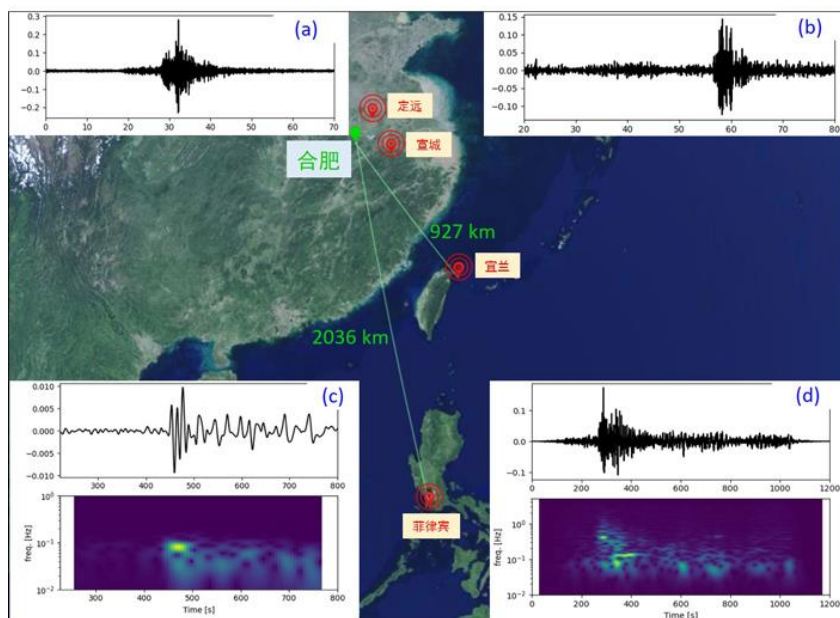




中国科大成功研制分布式光纤地震传感设备



图注：(a) 安徽定远6月4日14时15分2.3级地震，震源深度10 km，震中距约100km (b) 安徽宣城7月22日14时33分2.7级地震，震源深度15 km，震中距197 km (c) 菲律宾7月24日04时49分6.6级地震，震源深度100 km，震中距2036 km (d) 台湾宜兰8月5日05时50分5.8级地震，震源深度10 km，震中距927 km

中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心陈旻、赵东锋团队与地球和空间科学学院王宝善、姚华建团队合作，成功研制出具有自主知识产权的分布式光纤声波/振动传感（DAS）系统，该设备使用现有通讯光缆可进行地震监测、地质灾害预测、地下结构成像、城市地下空间探测等。DAS设备自2021年6月部署在合肥紫蓬山进行连续观测，已成功监测到定远县2.3级地震（6月4日）、宣城2.7级地震（7月22日）、菲律宾6.6级地震（7月24日）、台湾宜兰县5.8级地震（8月5日）等一些区域和全球地震。

当发生地震时，地震波传播到光缆时，光纤会产生应变而被拉伸或压缩，由于相干激光在光纤介质中的弹光效应，瑞利散射光的振幅和位相就会发生改变，通过接收并解调背向瑞利散射光就可以获得地震波的信息。DAS技术利用相干激光在光纤介质中的弹光效应来感知和传输外界的振动和声波信号，具有分布式、集成度高、远距离传输、抗干扰性强、分辨率达米级等优点，为地震监测和地下结构成像提供了一种全新技术途径。

研究团队通过对DAS专用激光光源、后向瑞利散射光与本振光的相干探测、拍频信号相位解调以及系统软件算法等关键技术进行攻关，研制成用于高分辨率地震监测和成像的分布式光纤声波/振动传感设备。该设备监测频率范围为10毫赫兹至20千赫兹，定位精度为3.5米，监测长度达40公里。该系统可以利用现有的通讯光缆进行地震监测、地质灾害预测和城市地下空间探测等，服务国家防灾减灾重大需求和城市规划发展。



研究进展

中国科大首次对固态体系中类原子缺陷进行全同性检验

中国科学技术大学杜江峰、石发展等人在固态体系中开展了首个类原子缺陷全同性检验的工作，频率检验精度达赫兹级，基于这一结果提出了新型固态原子钟方案。该成果以“Identity Test of Single NV- Centers in Diamond at Hz-Precision Level”为题发表在近期《物理评论快报》上[Physical Review Letters 127, 053601(2021)]。

近十年来，金刚石中的一种原子缺陷——氮-空位色心（NV center）得到了广泛关注。这种缺陷具有很多优良的性质，例如室温大气条件下就有很长的相干时间，可通过激光照射读出和初始化，周围存在可被利用的核自旋资源等。基于这些优势，氮-空位色心已经在量子精密测量和量子计算等领域被广泛应用。

在室温大气条件下，研究组对氮-空位色心的全同性进行了赫兹级水平的检验。研究组采用拉姆齐干涉法对该系统的哈密顿量进行了测量，在赫兹级水平上对不同色心进行了比较。其中，对氮核自旋的电四极矩耦合的测量最为精确，结果为 $-4945754.9(8)$ Hz，此测量值的精度比以往实验提高了四个数量级。实验惊奇地发现，即使在室温大气条件下，不同的色心仍能在赫兹水平上表现为全同，而不均匀的晶格应力可使色心产生数十赫兹的差异。

研究组基于以上全同性检验的结果，提出了一种具有高鲁棒性和集成性特点的固态原子钟的新方案。该方案将核自旋的电四极矩耦合当做频率标准，一块1立方毫米大小的具有6 ppb色心浓度的金刚石即可达到现有商用原子钟的水平。相较于现有商用原子钟，得益于金刚石晶格的保护作用，该固态原子钟具有高鲁棒性和易于集成的特点，更适合在低温、高压、移动平台等具有挑战性的复杂环境下工作。

该工作提供了一种在固态自旋中开展精密测量的方法，加深了对固态类原子缺陷的认识。未来，测量精度可在低温下进一步提升至毫赫兹水平。在应用层面上，该工作提出了一类具有高鲁棒性和集成性特点的固态原子钟，相关成果已申请专利。

中国科大提出三维有序通道内的电催化微化工新策略

化学工程，于19世纪末开始发展并逐渐影响到工业生活的方方面面，是基于非线性耦合化学反应的动量、能量和质量传递的研究，强调的是诸如搅拌、分离、纯化等单元操作的工艺优化。与工业规模的化学工程一样，传质过程和表面反应也是纳米尺度上非均相电催化反应的重要组成部分。目前，工业化工的研究已经相当成熟，但是对微纳米尺度的化工研究还罕见报道。

一般来说，影响电极-电解质界面上的电催化动力学的主要因素有两个：(1)电极表面的反应；(2)从电解液到近表面以及扩散层内的传质。通常，将催化剂设计成纳米尺寸并增加孔隙率可以增加活性位点，调节电子结构和结合可以提高活性位点的本征活性，以此来优化表面反应。然而，当催化剂尺寸缩小到纳米尺度时，传质过程与传统理论的预测有很大的偏差。因此，需要一套完整的包含表面反应和传质过程在内的全动力学模型来指导优化催化剂的电催化性能。

鉴于此，中国科学技术大学俞书宏院士团队与侯中怀教授合作，提出了一种在纳米催化剂修饰的电极表面上耦合传质过程和表面反应的全动力学模型，以探索和阐明非均相电催化过程中的动力学优化。该项研究成果以“Microchemical Engineering in a 3D Ordered Channel Enhances Electrocatalysis”为题，近日在线发表在《美国化学会志》杂志（Journal of the American Chemical Society）上。

研究人员选取铂纳米管（Pt NTs）为模型催化剂，利用气液界面组装和原位电化学刻蚀活化策略构筑了理想的最大程度暴露活性面的三维有序通道结构（3DOC），并选取甲醇氧化反应（MOR）作为模型反应对其电催化性能进行了测试。通过调节三维通道的尺寸大小，研究人员发现存在最佳的尺寸使得甲醇氧化性能最高，比传统滴涂形成的杂乱分布的催化剂性能提升近2倍。

这种结构催化剂动力学优化与传统的催化剂热力学设计不同，通过理论模拟、结构构筑从而最大限度地同时优化三维通道微反应器内的传质过程和表面反应，为非均相电催化剂的设计调控提供了一种新的途径。

研究进展

中国科大成功量化抑制催化剂烧结的临界颗粒距离

近日，中国科大梁海伟教授课题组与李微雪教授课题组等开展实验和理论合作研究，成功量化抑制催化剂烧结的临界颗粒距离，在此基础上提出了制备高担载量纳米催化剂的有效策略。该研究成果以“Quantification of critical particle distance for mitigating catalyst sintering”为题，发表在国际期刊Nature Communications上。

在多相催化领域，负载型金属纳米颗粒催化剂的烧结问题一直是研究热点。特别是在高温下，由于表面能随着粒径的减小而急剧增加，金属纳米颗粒有很强的烧结倾向。这种烧结不可避免地会导致活性金属表面积损失，从而导致催化剂失活。催化剂烧结的机制包括颗粒迁移和聚集(PMC)和Ostwald熟化两种，无论通过哪种路径，纳米颗粒或者其上原子物种都需要跨越颗粒间距建立接触才能发生。由此可见，颗粒间距在催化剂烧结中起到关键作用，但迄今为止没有引起足够的关注，并缺少相关的量化研究。

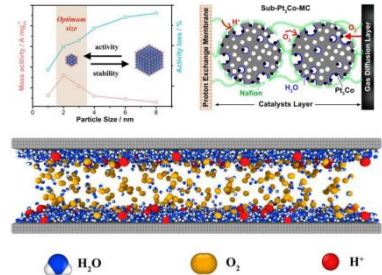
在该项工作中，研究人员首先使用具有不同比表面积的碳载体，通过调控金属载量构建出不同颗粒间距的催化剂体系，并考察他们在高温900°C下的烧结情况。高角环形暗场透射电镜和X射线衍射表征发现存在明显的抑制金属烧结的临界担载量和临界颗粒距离。基于此，研究人员量化出抑制催化剂烧结的临界颗粒距离。

原位高温球差电镜研究发现，存在临界颗粒距离的原因是颗粒距离依赖的烧结机制现象：在颗粒间距较小的催化剂中，颗粒相距较近，主要通过PMC机制发生烧结，并且聚集引起的粒径分布宽化会增加不同颗粒尺寸和表面能的差异，从而加剧颗粒Ostwald熟化；而在颗粒间距较大的催化剂中，颗粒相距较远，PMC机制被很大程度上抑制，同时Ostwald熟化也会减缓。

研究人员通过测量金属与碳载体之间的接触角而计算出界面粘附能，进一步计算出金属颗粒表面化学势；结合烧结动力学理论研究，研究人员得到颗粒在载体表面扩散的动力学关系，并发现临界颗粒距离取决于金属和载体相互作用的强度。进一步，研究人员探索了该类催化剂在高温丙烷脱氢催化反应中的抗烧结特性，说明了临界颗粒距离的量化研究对实际催化反应的意义。

该项工作提供了一种对于给定催化剂载体预测最高担载量的方法，并提供了一种通过调节金属和载体相互作用以及载体比表面积来系统地提高抗烧结催化剂最大担载量的有效策略。

中国科大在质子交换膜燃料电池电催化剂方面取得进展



图注：超小尺寸铂基金属间化合物在燃料电池膜电极中的结构设计及优化

近日，中国科学技术大学吴长征教授实验课题组和吴恒安教授理论计算课题组合作，合成了超小尺寸的铂基金属间化合物电催化剂，基于该催化剂组装的质子交换膜燃料电池在30000次循环耐久性测试后仍然能维持81.5%的放电功率，实现燃料电池的高功率放电和长久循环稳定性，并揭示了电池内三相界面的传质机理。相关成果于8月发表在《美国科学院院报》(PNAS)杂志上(Proc. Natl. Acad. Sci. 2021)。

质子交换膜燃料电池相对于其他种类电池具有放电功率大、无污染等优势，其中阴极氧还原反应是电池全反应的速控步骤。铂基金属间化合物，因其长程有序结构在稳定性上有着天然优势，是下一代燃料电池商用氧还原催化剂体系。当前，铂基金属间化合物依然存在颗粒尺寸较大等问题，导致铂利用率和质量活性降低，成为制约燃料电池性能提升的关键瓶颈问题之一。

针对这一挑战，吴长征教授团队合成了系列具有2 nm左右超小尺寸铂基金属间化合物Pt₃Co、PtCo、Pt₃Ti颗粒。由超小尺寸Pt₃Co金属间化合物颗粒组装出燃料电池比商业Pt/C的功率密度高出530 mW/cm²。在耐久性测试中，超小尺寸的Pt₃Co颗粒在30000圈循环后质量活性依然可以达到0.75 A/mg。同时，位于介孔碳内部的铂基金属间化合物颗粒有利于燃料电池工况下三相界面优化。理论计算表明，介孔内部可以高效地完成质子和氧气的传输并实现动态平衡，大大降低电池传质阻力，同时防止离聚物对电池催化剂的毒化作用。

该项研究基于超小尺寸铂基金属间化合物从纳米到介观尺度系统优化了催化剂在燃料电池膜电极中的结构设计并实现高性能表达，为燃料电池阴极催化材料提供了新思路。