

---

# 精密测量院等实现单个分子的相干合成

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11339.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

中国科学院精密测量科学与技术创新研究院研究员詹明生、副研究员何晓东等带领的研究团队，与维也纳工业大学、北京计算科学研究中心、清华大学、上海交通大学、巴黎萨克雷大学等的科研人员合作，在实验室中利用微波将光阱中一对超冷异核原子相干合成单个超冷分子，在国际上首次实现单个分子的相干合成。

操控原子-分子体系的所有自由度是量子体系调控的梦想与挑战。从激光冷却原子到超冷原子再到原子量子计算，对原子体系量子态的操控达到精密程度。然而，从原子相干地生成分子，从而实现原子-分子间的相干转化，面临较多挑战。此外，冷分子有比冷原子更丰富的内部能级，因而被视为一种重要的量子资源，可被用于超冷化学、凝聚态体系的量子模拟、检验基本物理学的精确测量、量子信息处理等前沿科学研究。为充分发挥超冷分子体系的优势，科研人员需要具备对单个分子完全操控的能力。然而，由于分子复杂的能级结构及分子间复杂的相互作用，在实验上制备和操控单个冷分子具有挑战性。

通向单分子操控的有效途径之一是基于光阱中完全操控单原子的能力，进而从少体原子合成单分子（图1）。此前，哈佛大学的研究组演示在光阱中利用光缔合技术将一对异核原子合成单个双原子分子，然而，由于受限于光缔合过程中伴随的自发辐射引起的强的退相干效应，使无法实现单个分子的相干合成。

为了克服合成单分子过程中的退相干问题，詹明生团队首创单分子相干合成方法，即原子自旋与相对运动波函数耦合（Spin-Motion Coupling, SMC）的新机制。研究人员利用微波而非激光合成分子，相比于后者，微波不对原子产生自发辐射等退相干效应；在SMC机制支配下，光阱中的原子间的相对运动波函数偏离分子相互作用势的中心，导致与弱束缚态波函数间的重叠积分得到增强，即原子-分子间的微波跃迁的概率得到增强，实现处于囚禁势基态的单个分子（ $85\text{Rb}87\text{Rb}$ ）的相干合成。通过人为调整微波强度，实现光阱中双原子与单个分子间长寿命的拉比振荡，即实现两原子量子体系中原子态与分子态的可控相干叠加（图2）。SMC方法与通常的Feshbach共振和光缔合不同，可用于无Feshbach共振的双原子（如重要的碱土金属系统）合成单分子。相比于通常的光缔合方法，SMC方法避免光缔合过程存在的退相干缺陷，是一种纯净的分子态操控方法，具有优越的相干性。

该研究标志着对原子间核间距自由度的相干控制，开启了原子-分子体系所有自由度全面相干操控的研究。为基元化学反应过程相干控制、量子少体束缚态的相干合成及其量子调控提供可能性。以相干的方式操控量子少体束缚态系统的内外态将有利于研究化学物理、核物理及粒子物理中的少体问题，具有科学价值。

---

近期，相关研究成果以First Release方式，在线发表在《科学》上，何晓东、詹明生为论文的通讯作者，何晓东与博士生王坤鹏为论文的共同第一作者。研究工作得到科技部重点研发计划、国家自然科学基金委、中科院战略性先导科技专项、中科院青年创新促进会的资助。

[论文连接](#)

图1.在光阱中将两个原子相干合成一个分子，同时实现两原子量子体系中原子态与分子态的可控相干叠加

---

图2.原子-分子之间的相干拉比振荡

研究团队单位：精密测量科学与技术创新研究院

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发