

# 中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 8992 期 2026 年 5 月 14 日 星期四 今日 4 版

中国科学院主管 中国科学报社出版

国内统一连续出版物号 CN 11-0084 代号 1-82

主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)



听《中国科学报》《中国科学报》官微

科学网 App

科学网官微

## “九章四号”建立国际最强“量子计算优越性”



“九章四号”量子计算原型机。

胡毅洋 / 摄

## 他们从零构建，攻克人工细胞不对称分裂

■本报记者 甘霖

一个微小液滴悬浮在溶液中，表面出现约 1 微米宽、2 微米深的小窝，逐渐扩展成清晰的核-壳界面。接下来，液滴的内核被完整“挤”出，外壳则自动闭合，一个全新的多层液滴诞生了。

整个过程不需要复杂的人工操控，完全由液滴在外界触发下自主完成，而触发这一类似生命行为的仅仅是向体系中加入的一滴酶。这令人惊奇的一幕被中国科学院化学研究所（以下简称化学所）实验室的显微镜完整捕捉下来。

5 月 13 日，化学所研究员乔燕、王树团队与国内外合作者在《自然》发表研究成果，在国际上首次实现人工细胞形态功能不对称分裂。

“这项研究为理解生命起源时期类生命功能涌现与原始细胞形成提供了一个新的实验模型，也为生物制造前沿领域开辟了新方向。”王树介绍，“多学科交叉融合不断深入，使人类距离‘从零构建’具备完整生命基本特征的人工细胞系统越来越近，也将为生物医药、生物制造等前沿领域解锁全新应用空间。”

### “复现”天然细胞

细胞分裂是生命最基本的特征之一，而天然细胞分裂有对称和不对称两种方式。其中，不对称分裂是一个细胞分裂成两个不同的子细胞，例如干细胞可以通过不对称分裂产生新的干细胞与功能细胞，是生命体实现细胞分化、器官发育、功能多样化的重要基础。

构建能够“复现”天然细胞不对称

分裂的人工细胞，是合成生命研究的重要目标。

长期以来，科学家试图利用脂质体或聚合物囊泡等制作人工细胞，但其分裂大多是被动的、对称的。如同吹大的肥皂泡破裂成两个小泡泡，子代细胞在形态和功能上几乎没有差异。

“现有的人工细胞因为缺少天然细胞内部的复杂结构域边界和存在拓扑缺陷，很难实现‘一个变两个、两个不一样’的不对称分裂。”乔燕表示。

为此，团队计划以化学为基本视角，从分子出发，逐步构建有用的化学结构，“自下而上”地模拟生命特征。

### 从化学分子到“生命”行为

如何让一团没有生命的化学物质展现出类生命行为？

首先，为了在物理结构上接近天然细胞，团队设计了一种特殊的“结构化层状液晶液滴”人工细胞模型，液滴内部具有类似洋葱的多层结构和层内微小的缺陷。该类型液滴与细胞内无膜细胞器的形成机理相同，这类结构被视为生命演化留下的天然“遗迹”。

同时，团队为这套人工细胞模型植入了一个能响应外界刺激并发生结构重构的“程序”。这一“程序”以碱性磷酸酶为“触发器”，当向含有三磷酸腺苷(ATP)的人工细胞环境加入这种酶时，不对称分裂的神奇一幕就上演了。最终，母代细胞分裂为两个性质迥异的子代细胞：一个继承内核，仍保持多层液晶结构；另一个为外层

剥离重构成，内部含水囊泡的多层囊泡。

“这个过程完全不同于以往的对称分裂，我们称为‘剥离式’不对称分裂。”乔燕介绍。

捕捉这一瞬间极具挑战。这一过程转瞬即逝，超出了仪器捕捉的极限。虽然人眼勉强分辨，但为了记录从小窝出现到边界暴露再到最终剥离的全过程，团队不得不花费大量时间优化实验条件。

直到 2022 年 10 月前后，团队才首次在显微镜下清晰观察到“剥离式”不对称分裂。

### 没有文献可以参考

“太有意思了！”面对显微镜下的新奇现象，化学所博士孟何回忆，大家的第一反应都是满心兴奋。

不久后，乔燕在具有化学所特色的“青年科学家午餐会”上，兴奋地向同事们展示了这段珍贵的视频。在这个边吃边聊的讨论中，孟何沙龙上，她这一尚未发表的“新鲜”成果给大家“下饭”。

现场反响热烈，跨学科的思维碰撞给乔燕带来了许多灵感，给予她继续深入探索的信心与动力。

然而，兴奋过后，团队迎来了一段“至暗时刻”。当他们试图回答为什么会发生“剥离式”不对称分裂时，却发现几乎找不到任何关于“结构化液滴”与“不对称分裂机制”的参考文献。

理论的空白迫使他们必须从头剖析内在机制，厘清人工细胞结构与不对

称分裂之间的关联。通过与合作者的深入探讨及一系列实验设计，团队历时 3 年，终于拨开迷雾。

研究表明，碱性磷酸酶的作用本质上是消耗 ATP，从而改变液滴表面的电荷平衡。有趣的是，这种机制具有较好的普适性，利用镁、钙等多价阳离子调节表面的静电相互作用，或者通过降低体系酸碱值促进 ATP 质子化，同样能成功触发人工细胞的不对称分裂。

同时，液滴的层状结构是实现“剥离式”不对称分裂的关键。

基于此，团队总结出了“瞬态化学不均匀性和界面能梯度诱发人工细胞不对称分裂”的新策略。

《自然》审稿人评价：“作者在简单的软物质体系中发现了一种非同寻常的动态转变，极具视觉冲击力，并能够引起脂质分子自组装、非平衡化学及人工细胞研究等多个交叉学科领域的浓厚兴趣。”

谈及这项研究背后的艰辛，王树表示，这是化学、生命科学等学科深度融合的结晶，离不开科研人员“十年磨一剑”的韧劲与定力。

研究团队坦言，目前，人工细胞还无法像天然细胞一样持续分裂和稳定传代。下一步，研究人员将进一步探索如何赋予人工细胞类似天然细胞的多代增殖能力，并与基因表达、代谢反应等功能模块相结合。这将成为未来合成生命领域研究的重要方向。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10489-5>

## 严丽：在科研路上，做守心笃正的践行者

■本报记者 孙丹宇

2020 年 8 月，一座化工厂内，所有人屏息凝神，目光聚焦在全球首套乙炔多相氢甲酰化及其加氢生产正丙醇工业化装置的启动按钮上。当设备平稳运行、各项参数达到预期的消息传来时，现场爆发出热烈的掌声。

此情此景让中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）研究员严丽感慨万千。从进入大连化物所便开始这项研究，到工业化装置一次开车成功，她坚守了近 20 年。

回忆起那一刻，严丽说：“最强烈的感受是如释重负的踏实与释然。这是我科研生涯中印象最深刻的事情。”

2026 年，严丽获得第三届中国科学院八红旗手称号。这份沉甸甸的荣誉让她再次想起当年的初心与坚守：“这个奖项不仅是对我个人多年科研工作的认可，更属于整个团队，是对我们长期扎根催化领域、坚持实业报国的肯定与鼓励。这既是一份荣光，也是一份责任，时刻提醒我作为一名科研工作者的使命与担当，在关键技术攻关上勇于担当、敢啃‘硬骨头’；也要在团队中发挥耐心细致、坚韧执着的作用，带动更多青年科研人员脚踏实地、潜心钻研。”

### 一个“幸运”的开端

1995 年，严丽进入大连理工大学化工工艺英语强化班。谈及选择原因，她回答道：“化工行业是国民经济的基础性、支柱性产业，也是能将书本知识转化为报国实绩的实干之学。”

在攻读化工专业的同时，严丽还拿下了英语双学位。“化工专业背景让我潜心科研，在专业领域啃‘硬骨头’；而外语学习能让我在研读文献、国际会议交流、国际合作等方面更加顺畅，也在成果转化、技术推广中少了很多障碍。”

2000 年本科毕业后，严丽选择到大连化物所攻读博士，师从林励吾院士、丁云杰研究员。当时，丁云杰所里工作不久，一个初出茅庐的博士生、一位刚刚回国的青年导师——这段师生情谊，在日后长达 20 余年的时间里，成为严丽科研生涯的重要支撑。

“读研期间，我学到了丁老师求真务实的科研选题思路。”严丽回忆，“一方面始终紧扣国家重大战略需求，敢于啃‘硬骨头’，聚焦关键核心技术攻坚克



大连化物所供图

难；另一方面立足现实，兼顾团队发展，让研究既有高度也能‘活下去’。”让严丽受益终身的远不止科研方法。“丁老师和大连化物所很多科学家身上那种专注实业、服务国家、甘于奉献的治学态度与家国情怀，是我最重要的精神财富。”当时科研经费紧张，实验器材都是公用的，“谁用完了，洗一洗放回原处，下一个人接着用”。办公区域与实验区域没有分开，而是在一个房间里。冬天冷，在室内也得穿羽绒服；夏天热，反应装置散热，没有空调，汗流浃背是常态。“条件虽然艰苦，但我们都对未来的发展前景很有信心。”严丽说，“大连化物所这个平台能给我们提供很多成长的机会，整个团队团结向上、踏实肯干，大家都是心往一处想、劲往一处使，让我相信，在这样的科研环境里，一定能做出成果。”这在 20 余年的坚守中被一次次验证。

### 从“控原子”到工业化

严丽和团队选择的研究方向是乙炔多相氢甲酰化及其加氢制正丙醇。彼时，全球的氢甲酰化技术都是均相催化技术。这种方法存在诸多“先天不足”：催化剂与产物分离困难，贵金属和配体流失严重，大量低品位反应热未得到有效利用，还要使用大量溶剂，更严峻的是，2000 年初，国内正丙醇产能极低，自给率不足 30%，几乎全靠进口。

“我们希望开发出一条制备正丙醇的新路线，降低生产成本。”严丽说，

“同时也尽快打破依赖进口的局面，实现国产化，把关键原材料的生产主动权握在自己手里。”

目标清晰，道路却很艰难。这项技术需要解决的均相催化多相化过程中的贵金属和配体流失，是学术界多年未解的难题。

在实验室小试阶段，催化剂结构设计及配方定型就历经了无数次尝试与失败。“很多思路在理论上逻辑通顺、路径可行，可一旦到实验中，结果往往相去甚远。”团队只能静下心来，设计大量对比试验，广泛查阅文献，日复一日在海量数据中梳理规律、寻找突破口。

如何防止催化剂中的贵金属流失？严丽解释道：“氢甲酰化反应的催化剂制备过程需要用到贵金属，价格最高时能达到每克 7000 元。然而，贵金属流失问题 80 多年来一直未解决。需要一股力量把它抓住——力量小了抓不住，贵金属就流失了；只有力量足够大，贵金属才不会脱落流失。这就必须把牵引的线做得又短又粗，足够牢固。”

这正是团队催化剂设计的核心理念——通过强配位作用牢牢锁住金属原子，制备出单原子催化剂，实现接近 100% 的贵金属利用率。

2020 年 8 月，全球首套乙炔多相氢甲酰化及其加氢生产正丙醇工业化装置实现一次开车成功。多年的攻关终于结出了果实。

而在另一条“战线”上，一场新的“破局之战”悄然打响。

乙炔胺，一种重要的精细化工中间体，其生产技术长期被外国企业垄断，曾一度将价格控制在 10 万元/吨以上，国内企业只能高价进口。

“乙炔胺技术是大连化物所合成气转化与精细化学工艺研究中心（以下简称研究中心）第一套万吨级工业化装置。”严丽说，他们遇到的最大困难仍然与催化剂有关。“催化剂选择性差，伴随副产物多、分离难度大，且高温高压体系强度高，中试放大时会出现材质选型失败、设备穿孔，导致试验中断。”

“高选择性催化、高效分离耦合、耐腐蚀与安全放大，三者必须同时突破，缺一不可。”严丽告诉《中国科学报》，团队研发出多种复合催化剂，精准调控关键参数，提升主产物选择性，成功解决了分离和耐腐蚀问题，有效降低了成本。

最终，这套乙炔胺绿色生产装置

机所执行的高斯玻色采样任务，不仅是展示量子计算优越性的重要模型，还可用于生成容错量子计算所需的玻色纠错码及大规模量子纠缠态。然而，在开发大规模量子处理器的过程中，由于编码线路日益庞大复杂，不可避免的光子损耗一直严重制约着系统的可扩展性。

针对这一问题，团队研发了高效率的光参量振荡光源和时空混合编码干涉仪，将 1024 个高效率压缩态光场集成到一个时空混合编码的 8176 模式线路中，实现了 92% 的光源效率和 51% 的系统总效率。该时空混合编码架构实现了连接度的立方级扩展，使得系统能够在 10<sup>300</sup> 维的巨大希尔伯特空间中进行采样。这一系列创新使研究团队获得了对应高达 3050 个光子的操纵和探测能力，比之前的最好结果提升超过 10 倍。

团队将实验结果与当前所有最先进的经典模拟方法进行了对比基准测试，特别是针对利用光子损耗而设计的矩阵乘法算法。结果表明，“九章四号”生成一个样本仅需 25 微秒，而使用超级计算机 El Capitan 和目前最好的经典算法需要超过 10<sup>6</sup> 年的时间，量子优势比达到 10<sup>6</sup> 量级。“九章四号”成果代表了低损耗光子量子处理器在规模和复杂度上的重大飞跃，进一步巩固了我国在光子量子计算领域的世界领先地位。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10523-6>



据新华社报道，自 2025 年 11 月 21 日启动枯水期补水调度以来，截至 5 月 12 日，三峡水库已累计为长江中下游补水超 100 亿立方米，为长江中下游沿线民生供水、农业生产、航运畅通及生态保护提供了坚实保障。

图为 5 月 13 日，在湖北宜昌，船舶有序通过三峡双线五级船闸，三峡坝前水位下降后的消落带清晰可见。

图片来源：视觉中国

## 美“灵神星”探测器将飞掠火星



本报讯 美国国家航空航天局(NASA)的“灵神星”探测器即将与火星进行一次近距离接触，并借助火星引力深入太阳系，飞向富含金属的小行星——灵神星。

5 月 15 日，该探测器将从距离火星表面 4500 公里的高空飞过，速度约为每小时 19848 公里。飞行过程中，火星引力会改变探测器的飞行轨迹，提升飞行速度，从而减少后续任务所需的推进剂量。此次飞掠也在探测器 2029 年抵达灵神星前，提供了测试和校准科学探测仪器的一个宝贵契机。

灵神星位于火星和木星之间的小行星带。“灵神星”探测器于 2023 年 10 月 13 日发射升空，采用氦气驱动的太阳帆推进系统。探测器已在飞掠前夕传回影像。自 5 月 7 日起，该任务官网开始发布首批未经处理的“原始影像”，画面显示的是星空背景，而火星呈现为一个微小的光点。

在飞掠期间，任务团队计划利用

“灵神星”探测器的多光谱成像仪，采集数份火星观测数据。这些数据将帮助科学家优化成像技术，并演练未来环绕灵神星开展探测时的操作流程。

“灵神星”任务规划负责人、NASA 喷气推进实验室的 Sarah Bairstow 表示：“这是探测器在轨飞行以来，首次有机会以远超几个像素大小的天体为目标，对成像仪进行校准。同时我们也将启用其他科学探测仪器开展观测。”

“灵神星”探测器视角下的火星，与人们从火星轨道器、望远镜中常见的明亮影像截然不同。成像仪首席研究员、美国亚利桑那州立大学的 Jim Bell 介绍：“探测器靠近时的细月形形态及飞掠后近乎完整的火星景象，既能为成像团队提供绝佳的校准观测素材，也能拍出极具美感的天文照片。”

成像仪还将在火星周边开展“卫星搜寻”观测，为后续搜寻灵神星可能存在的更小卫星做好技术演练。探测器搭载的其他仪器也将在飞掠期间采集珍贵数据：磁力仪有望观测火星磁场与太阳带电粒子的相互作用，伽马射线与中子光谱仪则会探测宇宙线的变化规律。

(李木子)

