
科学家设计新型高分子让“凝聚液滴”稳如磐石

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32718.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！

科学家设计新型高分子让“凝聚液滴”稳如磐石。

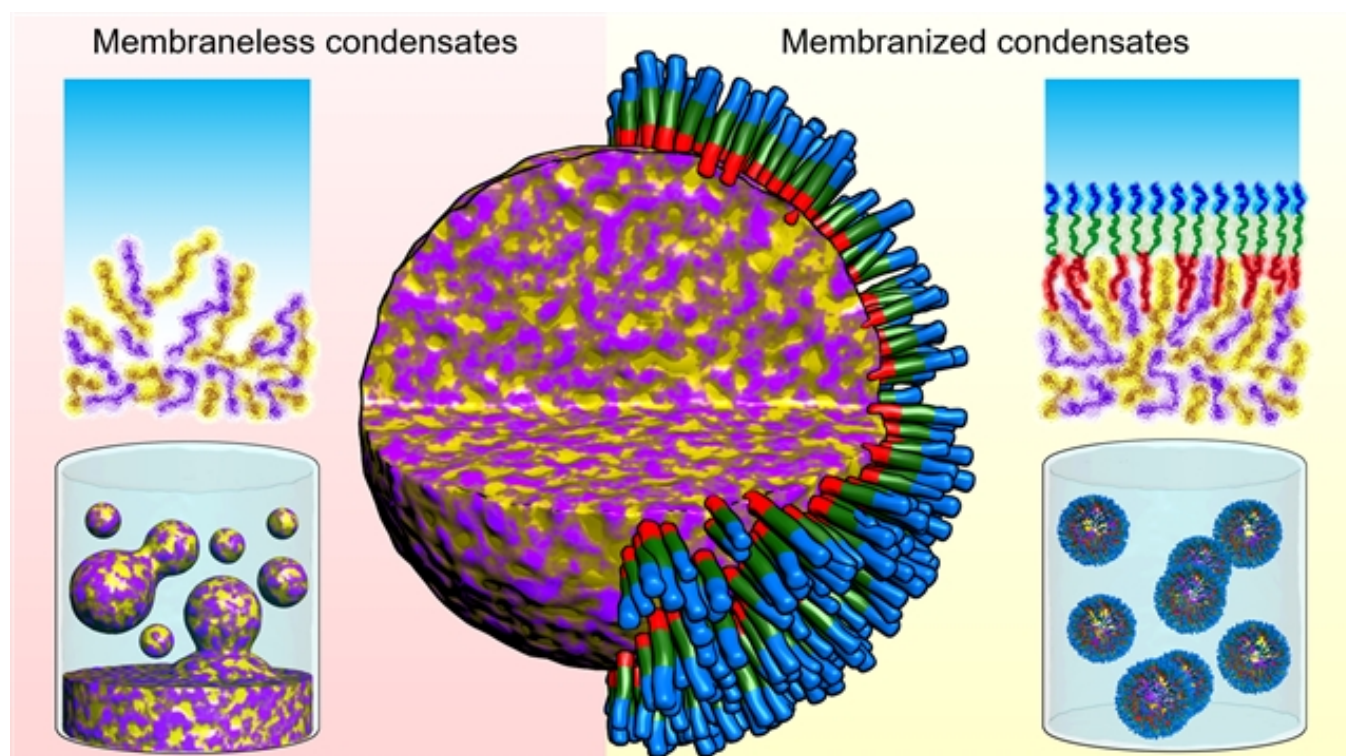
北京时间2025年4月10日17时，华南理工大学蒋凌翔课题组在Nature Chemistry期刊上发表题为Universal membranization of synthetic coacervates and biomolecular condensates towards ultrastability and spontaneous emulsification的学术论文。

该成果报道了一类可通用地稳定各种凝聚相-水相界面的新型嵌段高分子（Condensate-Amphiphilic block Polymers, CAPs），实现了对合成或生物凝聚液滴的超强稳定和自发乳化能力。

论文通信作者是蒋凌翔，第一作者是唐达。

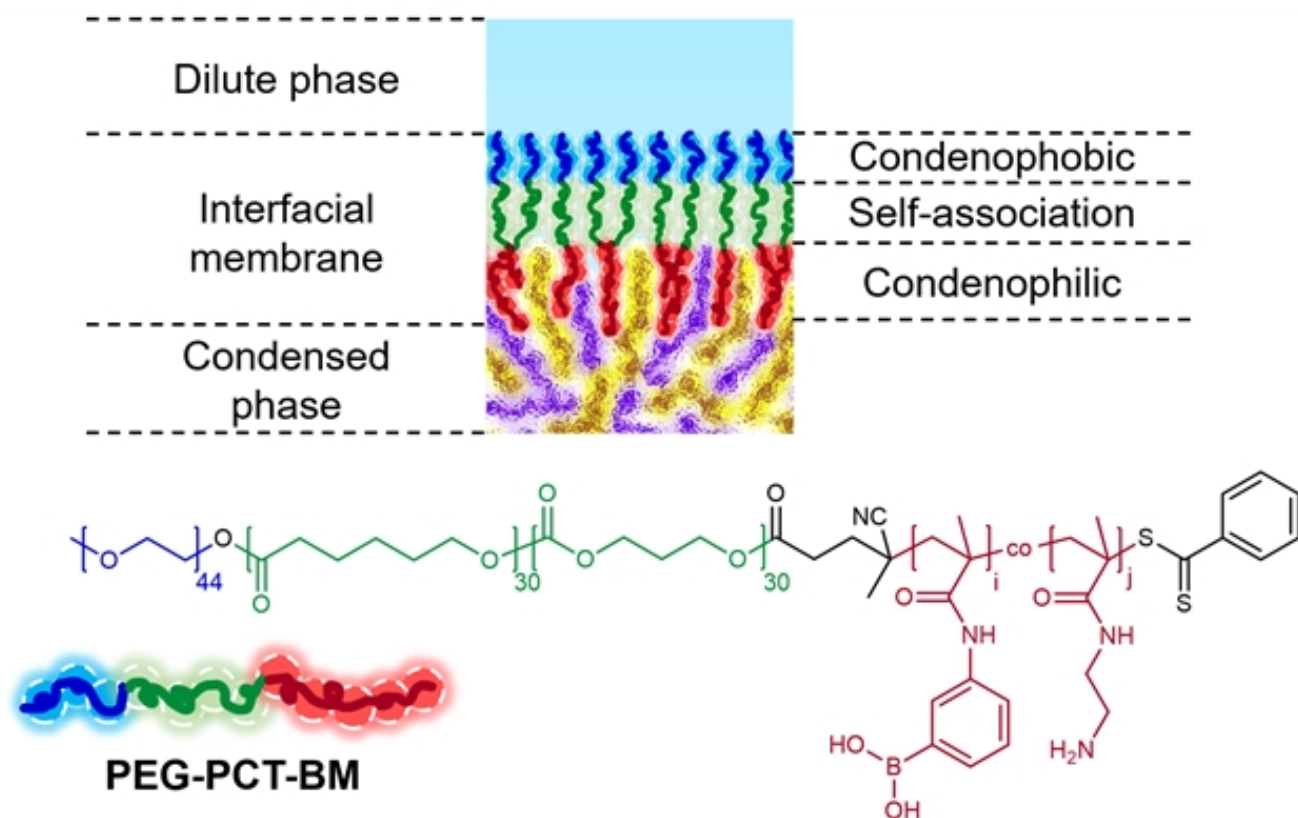
在我们的日常生活中，水火不容油水难融这类词句常用来形容完全对立、难以共存的两类事物。然而实际上，油和水若想在一起和平共处，并非没有办法——只要有合适的表面活性剂，油水便能形成相对稳定的乳液，这在食品、化妆品和医药行业都有广泛应用。

但如果有一天换成两种水或者准水——也就是高分子或蛋白等物质形成的凝聚相与普通水相之间，又会怎样呢？这就好比是油水界面的一次大变身：同样需要某种界面稳定剂来给这对难融合又难分离的水性液滴穿上保护衣，可惜的是，传统的表面活性剂或稳定剂往往对这类凝聚液滴无能为力，难以防止它们长期稳定分散。



蒋凌翔课题组以此为切入点，设计并合成了一类名为Condensate-Amphiphilic block Polymers, CAPs的嵌段高分子，能够在广泛类型的凝聚相-水相界面上自发形成膜层，大幅提升液滴的稳定性和耐受性，让这些过去说散就散、说粘就粘的凝聚液滴获得超强铠甲。

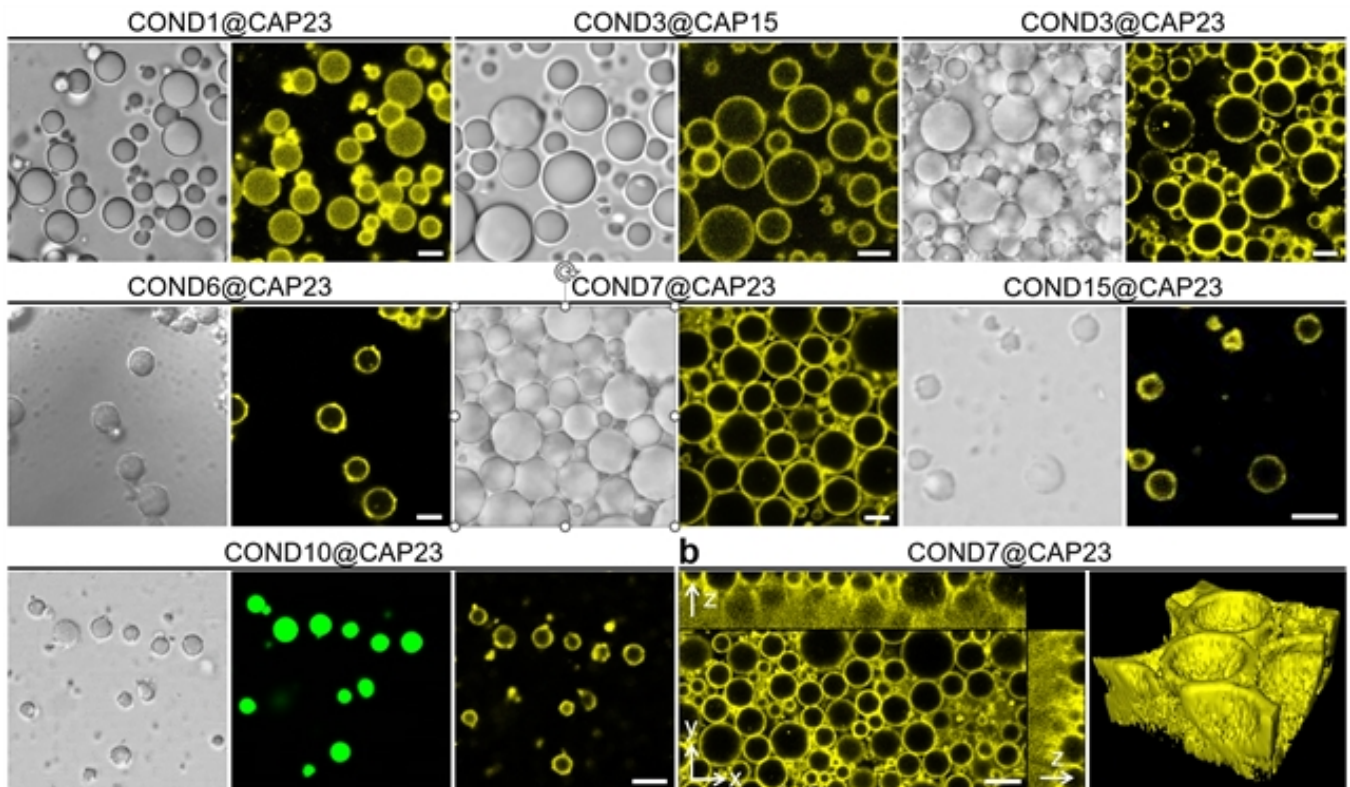
简而言之，当这些凝聚相遇到CAPs，就如同油水遇到表面活性剂那般，只不过相互作用更加微妙、界面更厚、分子相互吸引和排斥的机理更加复杂，却可以最终实现类似的乳化效果：让凝聚液滴独立地、长久地悬浮在水相中，而不会轻易融合或沉降。



在后续的研究中，作者通过系统分析不同类型的凝聚液滴发现，它们在黏度、极性、带电性质等方面彼此截然不同，导致绝大多数传统稳定剂都只能针对某一小部分或甚至水土不服。

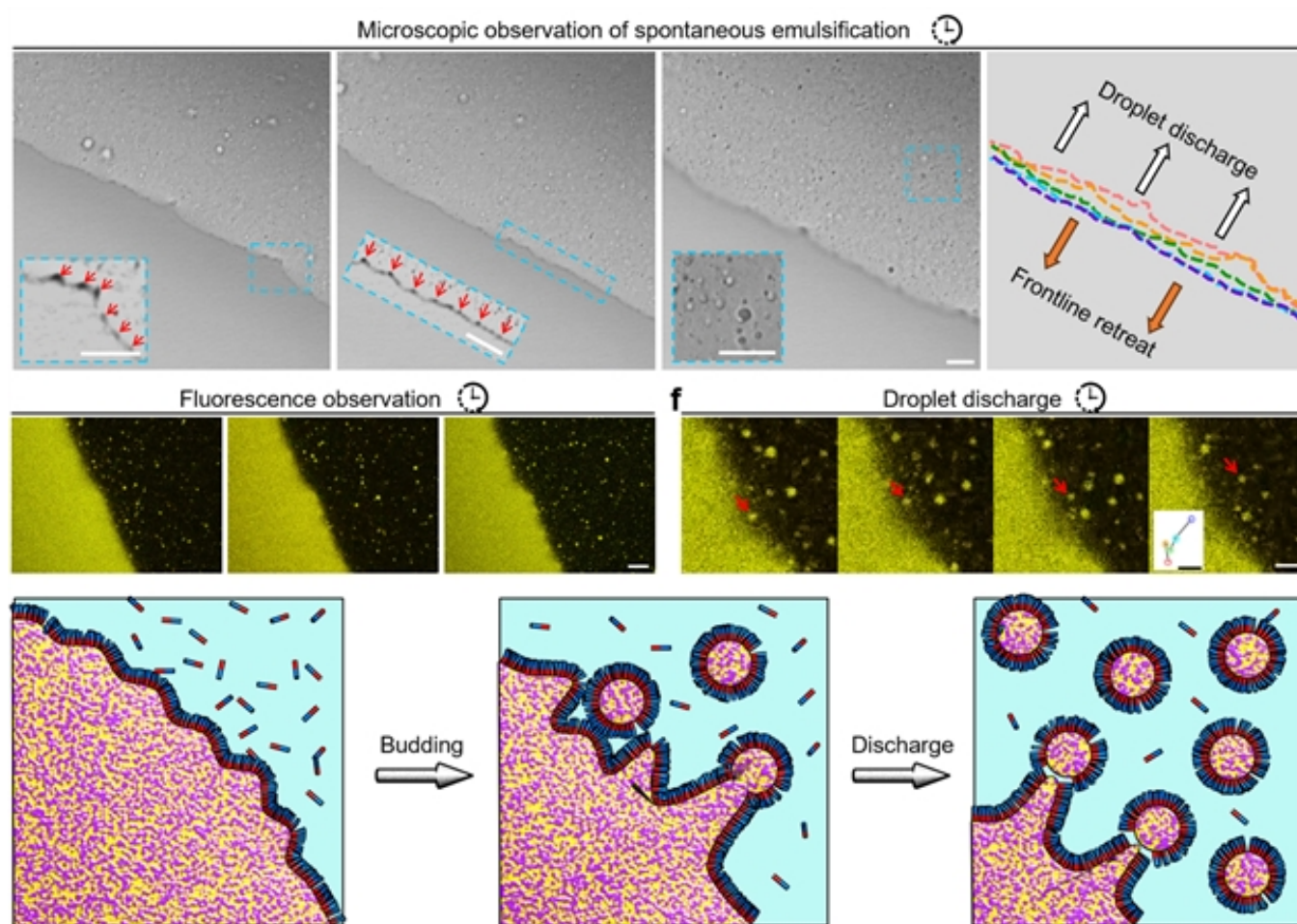
为此，研究团队从头规划了可广泛适用的通用嵌段高分子分子结构，利用特殊的亲凝聚相基团（BM段）和具备自组装/自缔合能力的疏水中间段（PCT段），再加上可在外水相环境中伸展的PEG段，最终构建出一整套能够适应各种蛋白、合成聚合物乃至生物大分子凝聚液滴的CAP家族。

结果不仅在水中能让凝聚滴极其稳定，还可以在高盐、极端pH、甚至有机溶剂环境中继续保持不融不碎。研究人员形象地称其为给凝聚液滴穿上紧身盔甲。



更有意思的是，其中某些类型的CAP还能使凝聚液滴实现自发乳化（无需外力搅拌，就能逐步把大片凝聚层分散成小液滴）。这在油水体系中虽然有一定研究，但应用到各种化学或生物凝聚体系还是首次大规模验证。

论文作者指出，这种自发乳化过程在工业中有望减少能耗，在生物研究中则可能为模拟细胞内各种无膜细胞器提供新思路，甚至有助于实现合成生物学中的微型反应器和人工细胞构想。



据第一作者唐达介绍，除了针对如何设计与合成这类通用型嵌段高分子，文章还深入探讨了CAP在不同凝聚液滴表面形成单分子层膜的分子排列和力学特性，并且展示了多种定量观测手段，包括光学显微操纵、微流控芯片等，来评估液滴抵抗融合的能力、膜的弯曲模量、液滴内部扩散及跨界面通透性的变化等。这些研究不仅拓宽了人们对水中凝聚相界面稳定这一前沿领域的认识，也为高分子与生物大分子的界面化学研究提供了新的思路。

未来，研究团队希望继续改进CAPs的功能性，例如引入跨膜蛋白通道或活性催化基团，从而打造出具有精准调控和高选择性通透能力的膜包裹凝聚体。这样不但可能应用于制备智能药物输送系统或新型材料，还可能进一步模拟细胞的各种分隔及分子运输过程，为人造细胞学、细胞器模拟、生物工程等研究领域提供新的工具。毕竟，这些此前只在生命体系中才看到的复杂过程，如今借助CAPs也许能在化学实验室里被重新复制出来。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41557-025-01800-4>

作者：蒋凌翔等 来源：《自然-化学》

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

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