

# 复杂流体的时间-浓度叠加原理与 弹性湍流实验表征

李灿琦 徐耿鑫 范远棋 袁学锋\*  
广州大学系统流变学研究所, 广州 51006



GUANGZHOU UNIVERSITY 系统流变学研究所  
Institute for Systems Rheology

RHEO 2023

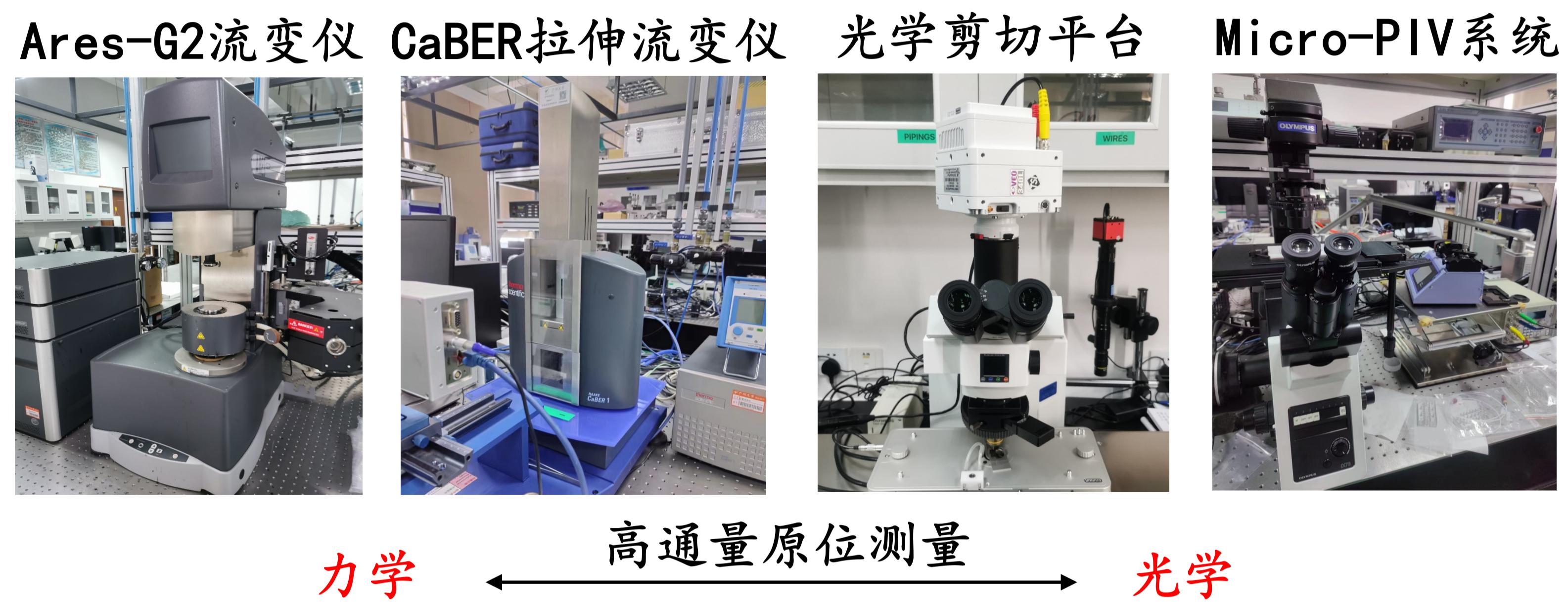
## 研究背景

弹性湍流现象是指在黏性溶剂层流中加入少量的高分子聚合物，由于聚合物的拉伸产生弹性应力，弹性不稳定性逐渐增大，湍流就会出现。随着研究的深入，弹性湍流在工业应用领域的使用越来越广泛，比如增加混合效率、传热效率；还可以利用减阻原理使用高分子实现小阻力传输，如湍流减阻、外流减阻等等。在工程应用中想要达到对弹性湍流进行调控的目的，溶液的配方设计是必不可少的研究基础。然而目前仍缺少受浓度范围影响的弹性湍流光谱特性及预期指数的系统性研究。

## 研究方法

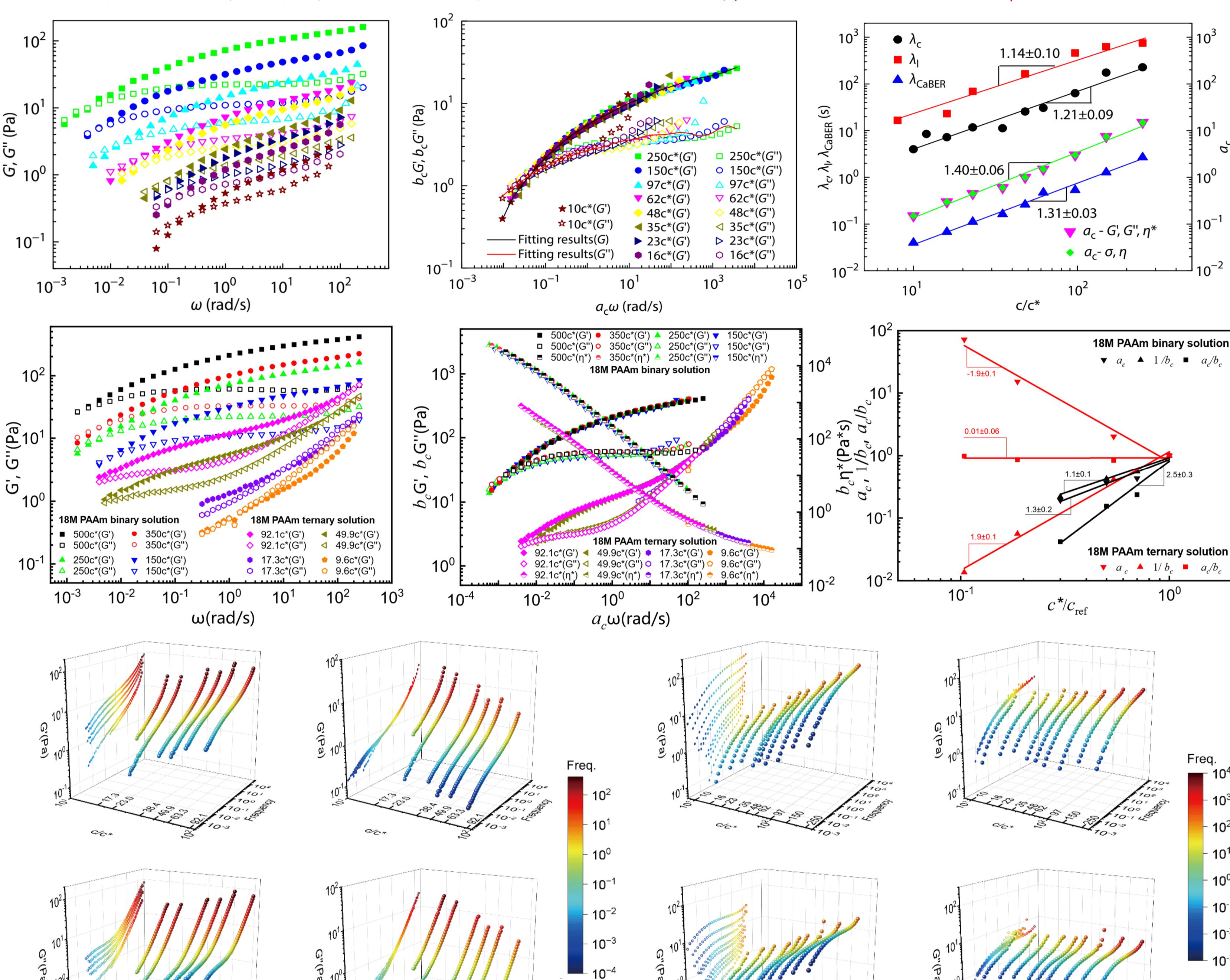
### 复杂流体浓度标度律研究

### 复杂流场下弹性湍流定量表征



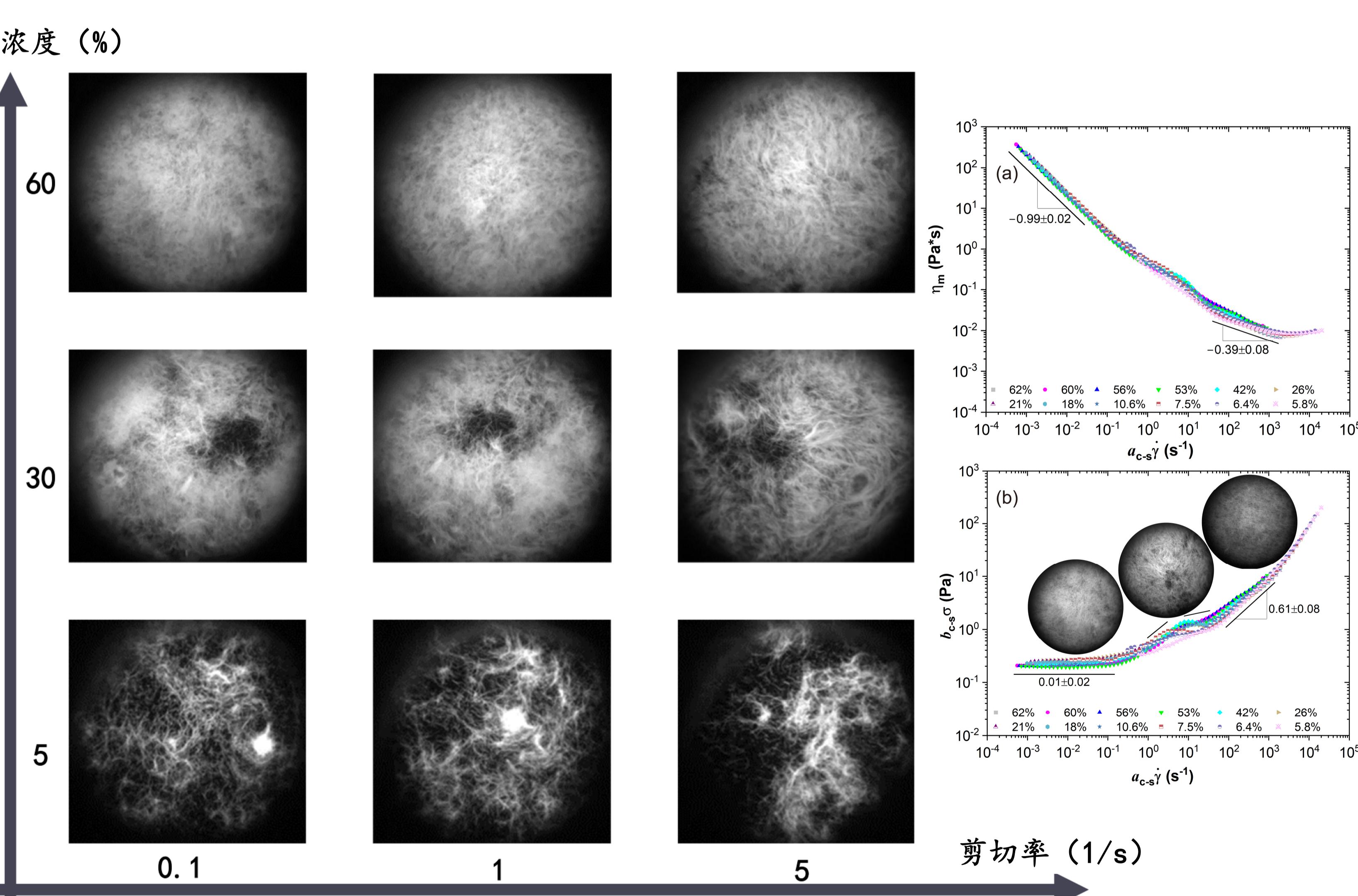
## 标准流场结果

选择典型的多分散高分子（聚丙烯酰胺，简称PAAm）作为研究介质，配置不同溶剂下不同浓度的溶液，在标准流场下进行实验表征后采用时间-浓度叠加方法研究普适性浓度标度律。



## 非平衡态和复杂流场表征

对一系列浓度席藻悬浮液的非线性黏弹性质进行实验表征，并利用光学平台观察到席藻悬浮液非平衡态相结构随浓度及剪切率的变化。

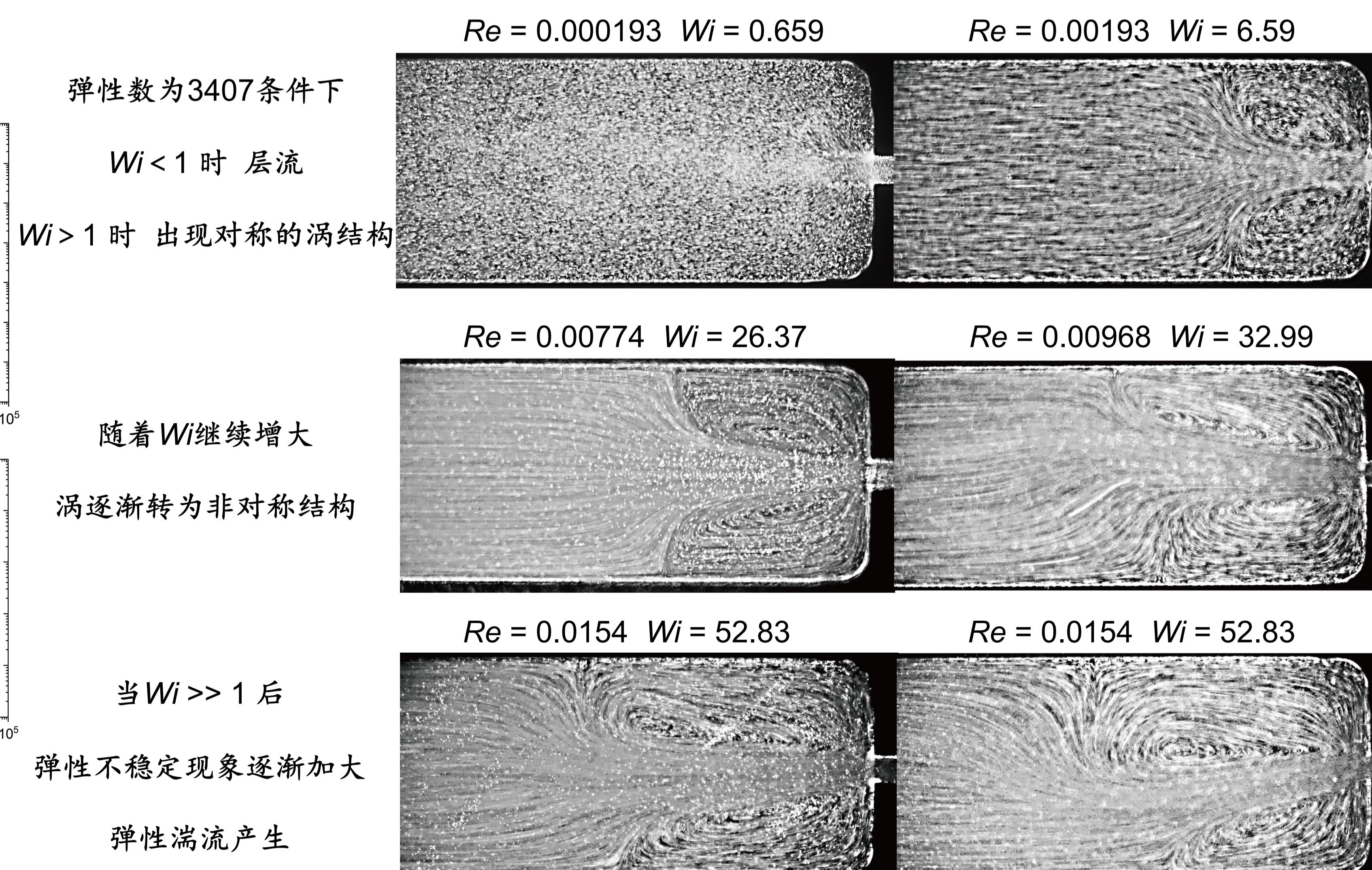


## 小结与展望

本文提出了通过时间-浓度叠加原理表征非理想型聚合物溶液浓度标度律的可靠方法。并系统地进行了给定弹性数下从层流到湍流流动过程的实验表征。

后续应利用已有的研究成果，进行相应的Micro-PIV实验以获取在湍流发生过程中的速度压力以及功率谱。同时将实验与计算机模拟的结果相结合，构建高分子流体动力学相图。

通过标准流场下PAAm溶液的实验结果计算复杂流场下弹性湍流的参数空间，并利用微流控平台系统性的表征了从层流-湍流的流动过程。



## 参考文献

- [1] Li C Q, Winter H H, Fan Y Q, et al. Time-Concentration Superposition for Linear Viscoelasticity of Polymer Solutions[J]. *Polymers*, 2023, 15(7): 1807.
- [2] Xu G X, Yuan X F, Liu Q S, et al. Concentration Scaling on Linear Viscoelastic Properties of Cellular Suspensions and Effects of Equilibrium Phase Behavior[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(4): 4107.
- [3] Fan Y Q, Lanzaro A, Yuan X F. Universal concentration scaling on rheometric properties of polydisperse and high molecular weight polyacrylamide aqueous solutions[J]. *Chinese Journal of Polymer Science*, 2022, 40(11): 1432-1440.

