

液滴浓度对乳液粘度的影响

文件编号: AN 164

简介

乳液是具有液体连续相和液滴分散相的一种分散系统。最常见的两大类乳液是水包油乳液和油包水乳液（图 1）。在水包油乳液中，连续相是水，分散相是油，而在油包水乳液中，连续相是油，而分散相是水。

油包水乳液是否转变为水包油乳液取决于两相的体积分数和乳化剂。乳化剂是通过在油/水界面处吸附，来稳定乳液的材料。表面活性剂是乳化剂的最常见形式，尽管聚合物和颗粒材料通常可以起到类似的作用。

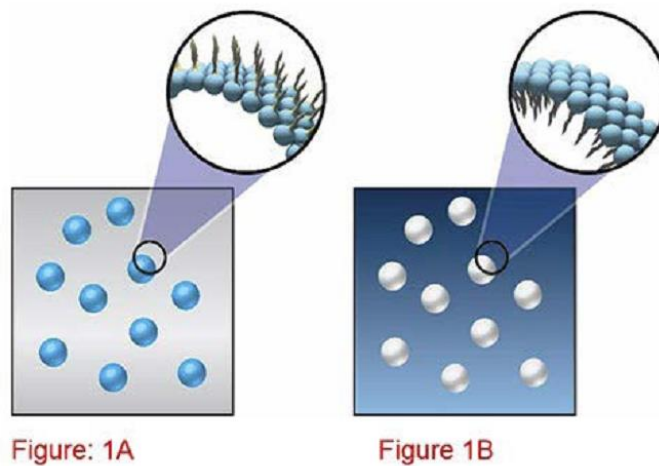


图1 油包水乳液（图 1A）和水包油乳液（图 1B）。具有亲水头和疏水尾的乳化表面活性剂。

乳液流变学认为分散相的体积分数以及液滴尺寸至关重要。关键的流变参数是粘度、法向应力、粘弹性和屈服应力。

具有低毛细管数（使液滴不变形）的稀乳液的相对粘度由以下方程给出：

$$\eta_r \equiv \frac{\eta}{\eta_s} = 1 + \frac{1+2.5M}{1+M} \phi \quad [1]$$

这里：

$$M \equiv \frac{\eta_d}{\eta_s}$$

η_d 为分散相粘度， η_s 为悬浮液粘度。此处假定乳液不是剪切稀化的，因此在不同剪切速率下的粘度相同。

对于较高的液滴浓度（ $\Phi \geq 0.6$ ），系统趋向于剪切稀化，可由以下方程给出零剪切相对粘度：

$$(\eta_{r,0})^{1/K_1} = e^{2.5\phi/(1-\phi/\phi_m)} \quad [2]$$

这里：

$$\eta_{r,0} \equiv \frac{\eta}{\eta_s} \quad K_1 \equiv \frac{0.4+M}{1+M}$$

ϕ_m 是最大填充率。

随着液滴体积分数的增加，剪切稀化的影响愈趋显著。在参考文献[2]中，是通过调整 Φ_m ，以得到在每一剪切速率下的最佳拟合。

随着体积分数的增加，可能会出现液滴被卡住的情况，从而阻碍了颗粒之间的彼此相对移动。在这种情况下，系统被认为是具有屈服应力的。这在单独的应用文章中进行了讨论。

还应注意，该相关理论假设采用简单的乳液，并且不考虑流变改性剂（例如交联微凝胶）的存在，这类流变改性剂具有相当大的相体积，会显著影响溶剂，从而影响乳液的流变性。

针对给定的乳化体系，为了对理论进行实验验证，有必要测定不同液滴浓度下乳化液的零剪切粘度，随后使用悬浮介质的粘度来计算不同浓度下的零剪切相对粘度。基于零剪切相对粘度和浓度之间的关系图，可验证上述理论是否切合于所研究的乳液体系的行为。可以对数据进行进一步的提炼和分析，以考察对上述模型的匹配准确程度。使用同样的程序，也可研究液滴大小对粘度的影响。

实验

- 该测试方法以预配置序列的形式，存在于 Kinexus 旋转流变仪的 rSpace 软件中。
 - 该序列运行一个剪切应力表，然后使用 Ellis 模型对数据进行拟合，以确定 η_0 和 $\eta_{r,0}$ 。
 - 对多个浓度重复此操作，获得 $\eta_{r,0}$ 对浓度的关系图，随后可以将其导出，并在软件之外进行分析。
- 注意：还可以使用平行板或同轴圆筒夹具。如果材料可能显示出壁滑效应，则应考虑使用经表面喷砂处理的夹具。尺寸较大的夹具适用于较低扭矩下的测量，这类情况在较低的频率下更易于遇到。建议在这些测试中使用溶剂阱，因为溶剂（例如水）在测量系统边缘周围的蒸发会使测试失效，尤其在测试温度较高的情况下。

参考文献

- [1] Barnes, Hutton & Walters, An Introduction to Rheology-Barnes
[2] Ronald G. Larson, The Structure & Rheology of Complex Fluids