



静电纺丝针头泰勒锥模拟

电压对静电纺丝过程中泰勒锥形成影响的研究

罗浩峰

摘要

静电纺丝是一种用于连续制备纳米纤维的技术，具有装置简单、工艺可控和操作性强等优点。通过高压静电场使聚合物溶液带电并发生形变，在针头末端形成锥状液滴。当液体表面电荷斥力超过表面张力时，会从尖端喷射出微小的射流，并在电场力的高速固化下形成纤维。我们利用COMSOL对静电纺丝针头进行了场强数值模拟分析，

研究了针头电压对泰勒锥形貌的影响。该研究可以防止不同密度、动力粘度和相对介电常数的纺丝液在纺丝过程中因电压过大而导致纤维断裂，或因电压过小而导致纺丝液残留，从而有助于形成稳定且连续的纤维，研究结果可以为静电纺丝仪器设计提供帮助。

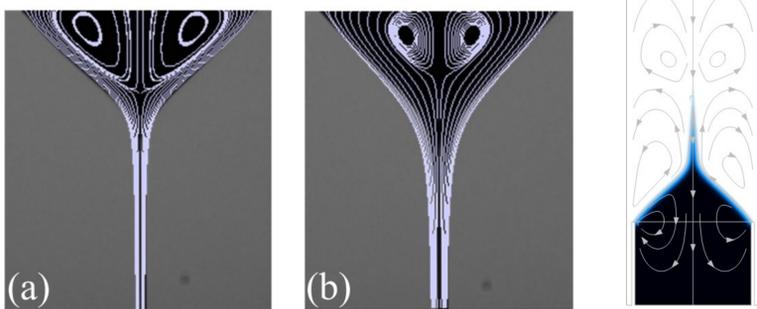


图1. 左：实验泰勒锥图像上绘制的流线
[1]右：COMSOL 仿真模拟泰勒锥速度场

方法

对静电纺丝针头进行建模，建模方法使用二维轴对称减少计算量的同时模拟完整的三维行为。

在静电纺丝针头缓慢推注纺丝液使得液滴处于针头外侧后，匀速增加电场强度形成泰勒锥形貌。[2]

通过继续增加电压或推注纺丝液模拟静电纺丝过程。

结果

以N,N-二甲基甲酰胺作为模拟纺丝液设置液体密度为 948kg/m^3 、动力粘度为 $8.9\text{E-}4\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、相对介电常数为36.7。空气设置气体密度密度为 1.25kg/m^3 、动力粘度为 $2\text{E-}5\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、相对介电常数为1。

针头电压对泰勒锥形貌的影响表现在电压与推注纺丝液速度合适时针头处不会出现溢液滴液，而电压过大时由于针头处较多纺丝液会受到电压影响从而导致推注纺丝液速度低于纺丝速度使得纺丝不连续。

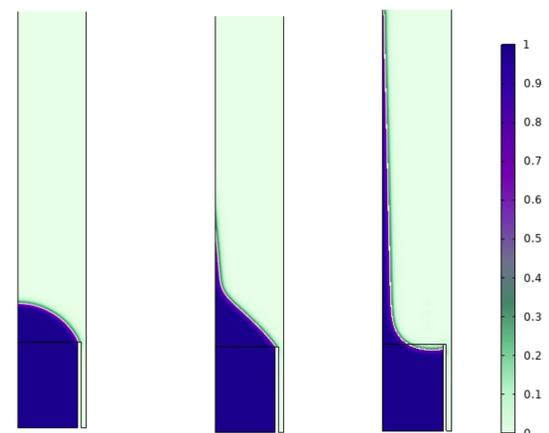


图2. 以N,N-二甲基甲酰胺的密度、动力粘度和相对介电常数的纺丝液在分别在1000V、4200V、10000V 电压下的体积分数

参考文献

[1] Herrada, M. A. , et al. "Numerical simulation of electrospray in the cone-jet mode." *Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics* 86.2(2012):026305.

[2] Collins, Robert T. , et al. "Electrohydrodynamic tip streaming and emission of charged drops from liquid cones." *Nature Physics* 4.2(2008):149-154.

