



# 使用水平集方法对熔喷纤维运动进行模拟

---

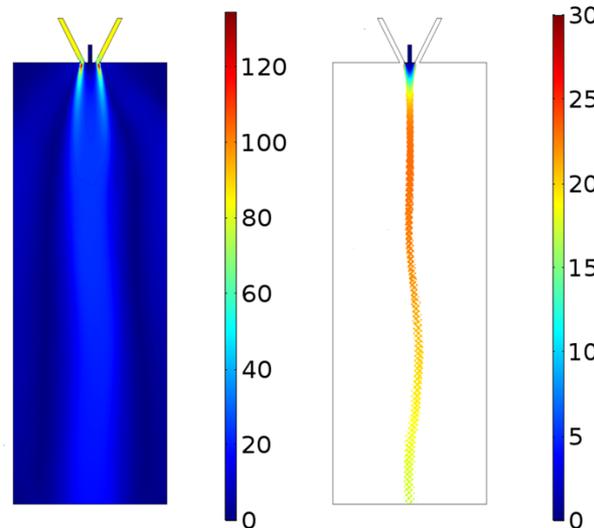
曾泳春，郝习波，张潇敏，滕德芳，李辉  
纺织学院，东华大学，上海

COMSOL  
CONFERENCE  
2018 SHANGHAI



# 报告内容

- 背景介绍
- 几何、边界及网格
- 控制方程与设置
- 模拟结果
- 结论与展望



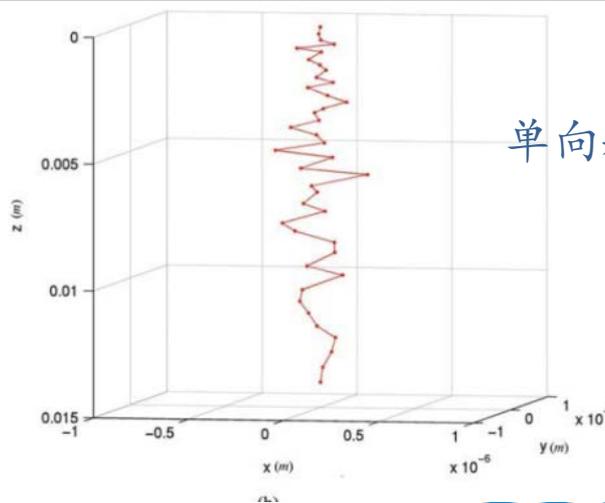
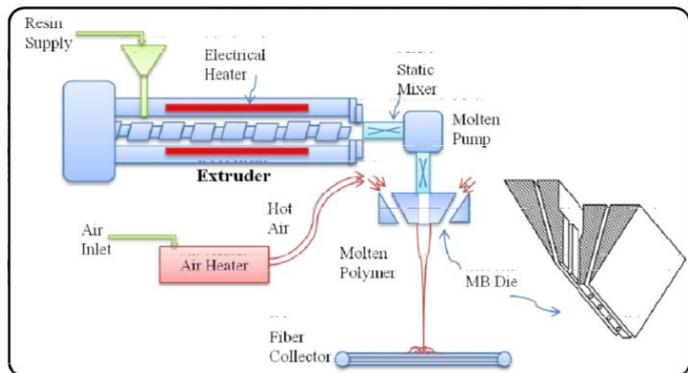
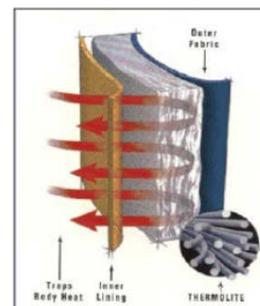
COMSOL  
CONFERENCE  
2018 SHANGHAI



# 背景介绍



- 过滤材料
- 医疗卫生材料
- 环境保护材料
- 服装材料

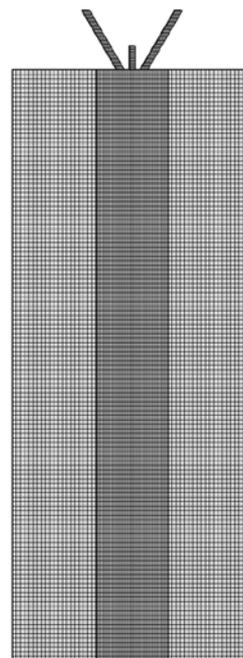
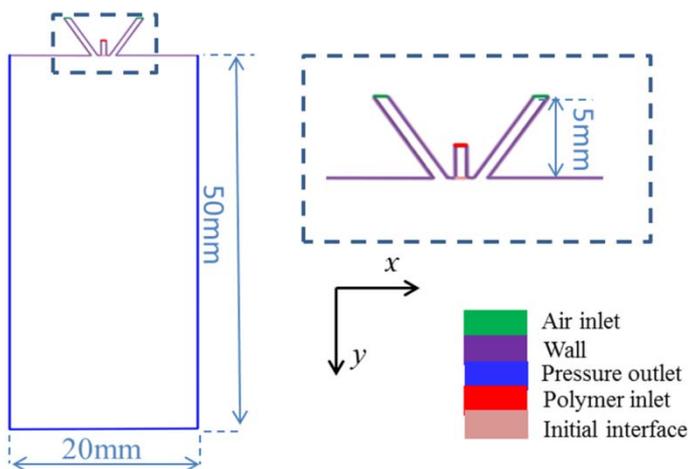


单向耦合





# 几何 边界 网格



- 结构化网格划分
- 纤维流经区域加密



# 控制方程与设置

两相流界面  
面输运

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla(\phi \mathbf{u}) + \gamma \left[ \left( \nabla \cdot \left( \phi(1-\phi) \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) \right) - \epsilon \nabla \cdot \nabla \phi \right] = 0$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla p + \nabla \cdot [(\mu + \mu_T)(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] + \mathbf{F}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) k = \nabla \cdot [(\mu + \mu_T \sigma_k^*) \nabla k] + P_k - \beta_0^* \rho \omega k$$

$$\rho \frac{\partial \omega}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \omega = \nabla \cdot [(\mu + \mu_T \sigma_\omega) \nabla \omega] + \alpha \frac{\omega}{k} P_k - \rho \beta_0 \omega^2$$

$$\mu_T = \rho \frac{k}{\omega}$$

$$P_k = \mu_T \left[ \nabla \mathbf{u} : (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - \frac{2}{3} (\nabla \mathbf{u})^2 \right] - \frac{2}{3} \rho k \nabla \cdot \mathbf{u}$$

动量守恒

N-S方程

质量守恒

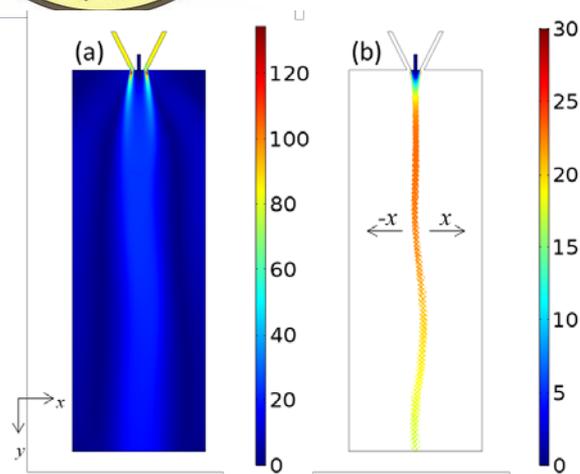
K- $\omega$ 湍流方程

## 增加收敛性的设置

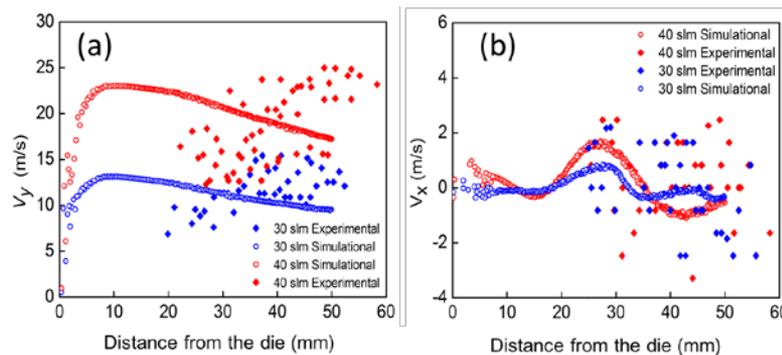
- 入口使用阶跃函数
- 使用各项同性扩散
- 重新初始化参数设为6



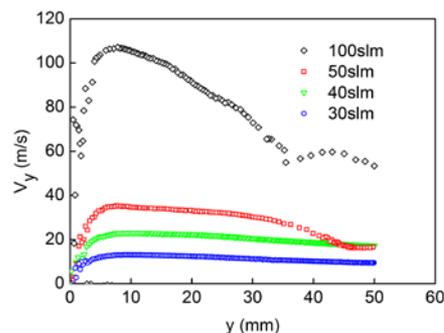
# 模拟结果



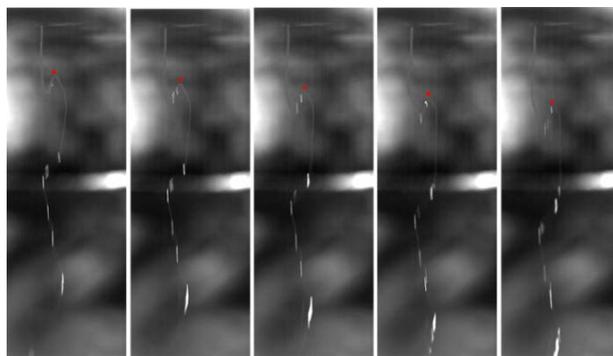
纤维-气流场速度分布



纤维速度模拟值与实验值的对比



纤维速度随气流流量的变化



熔喷纤维实际运动形态



## 结论与展望

- Comsol Multiphysics 的两相流水平集方法可以实现熔喷过程中纤维与气流的耦合模拟。
- 模拟的纤维运动形态、运动速度与实际运动过程相近，通仿真我们可以获得熔喷纤维在真实生产条件下的运动速度。
- 本模型中将聚合物熔体简单地看做牛顿流体来处理，下一步的工作中我们将考虑聚合物熔体的粘弹性。



# 谢谢聆听

**COMSOL  
CONFERENCE**  
2018 SHANGHAI