

圆形固体在库埃特与泊肃叶流下的数值模拟情况

马坤

2020.1.28

在流体中的圆形固体指的是在正方形流体区域有一个圆心在中心的固体，我们在此模拟中将其看成一个可以粘性较大的流体。假设正方形区域高为 $H = 1$ ，长为 $L = 1$ 。圆形位于 $(1/2, 1/2)$ ，半径长 $R = 1/4$ 。进一步假设刻画流体区域的示性函数，

$$\phi = \tanh \frac{2.4(r - 1/4)}{W}, r = \sqrt{(x - 1/2)^2 + (y - 1/2)^2}$$

ϕ 理应（ W 较小）粘性较大流体（圆形区域内 $r < R$ ）里面为1，理应（ W 较小）在粘性较小流体（圆形区域外 $r > R$ ）里面为0。

模拟中我们假设粘性比 $\frac{\eta_s}{\eta_l} = rate$ ，其中 η_s 为较大的粘性（圆形的区域内的流体）， η_l 为较小的粘性（圆形的区域外的流体），无维度化后的粘性系数 η 有如下表达式：

$$\eta = 1 + rate * \phi - \phi. \quad (2)$$

上述两个表达式上面两个表达式中的 $W, rate$ 都是待定的参数，接下来会通过实验选取较好的值。实验中假设的流体的密度均为 $\rho = 1$ ，所以有 $\eta = \nu$ 。

1 库埃特流

面对库埃特流目前就只实验了一个情况， $W = 0.1, rate = 50$ 。下图为3维的情况与2维的情况。其中2维图中 $x = 0, x = 0.5$ 意味着截取的平面为长的开始点 $(0, 0)$ 与中间点 $(L/2, 0)$ 。

2 泊肃叶流

面对库埃特流目前就只实验了一个情况， $W = 0.1, rate = 50$ 。正如之前，此时力是恒定的，所以其选取就有了一定麻烦。当力取得较大 $F = \frac{8\rho u_{peak}\eta_s}{H^2}$ 时，数值算法崩溃了，当取得较小时 $F = \frac{8\rho u_{peak}\eta_l}{H^2}$ ，稳定结果如下。其中2维图中 $x = 0, x = 0.5$ 意味着截取的平面为长的开始点 $(0, 0)$ 与中间点 $(L/2, 0)$ 。

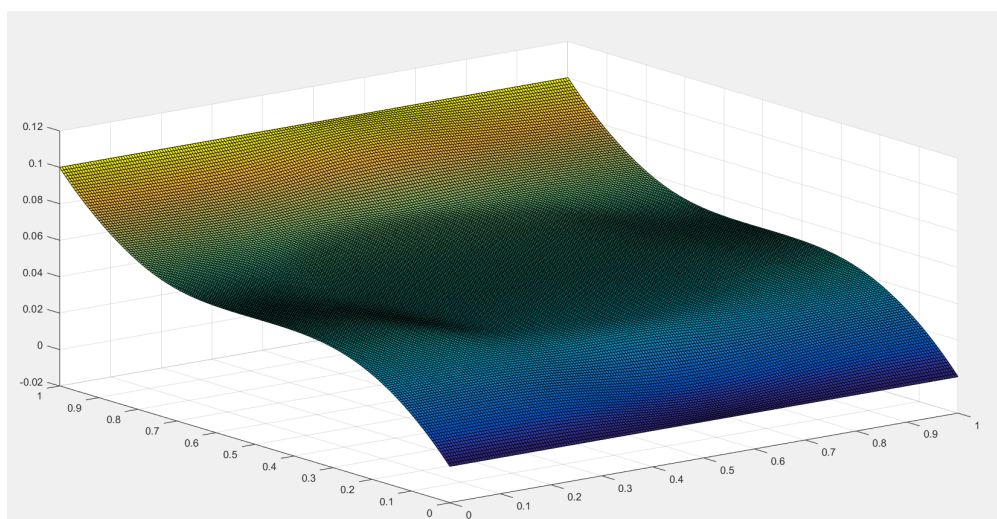


图 1: 库埃特流的3D图像

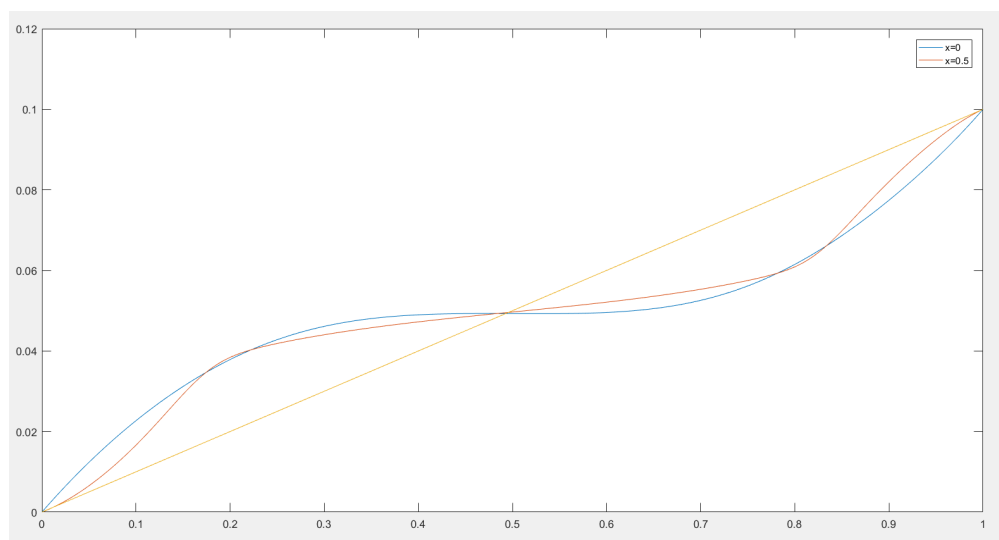


图 2: 库埃特流的2D图像

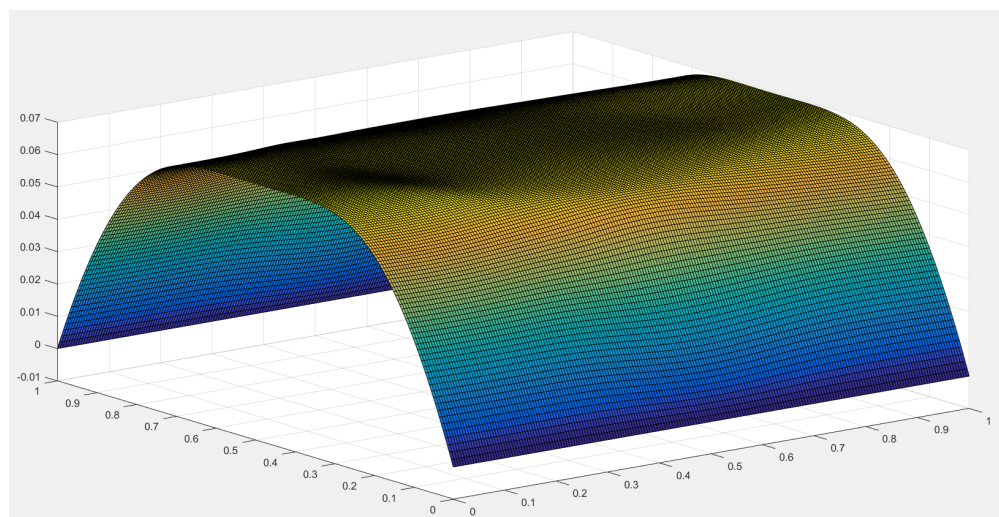


图 3: 泊肃叶流的2D图像

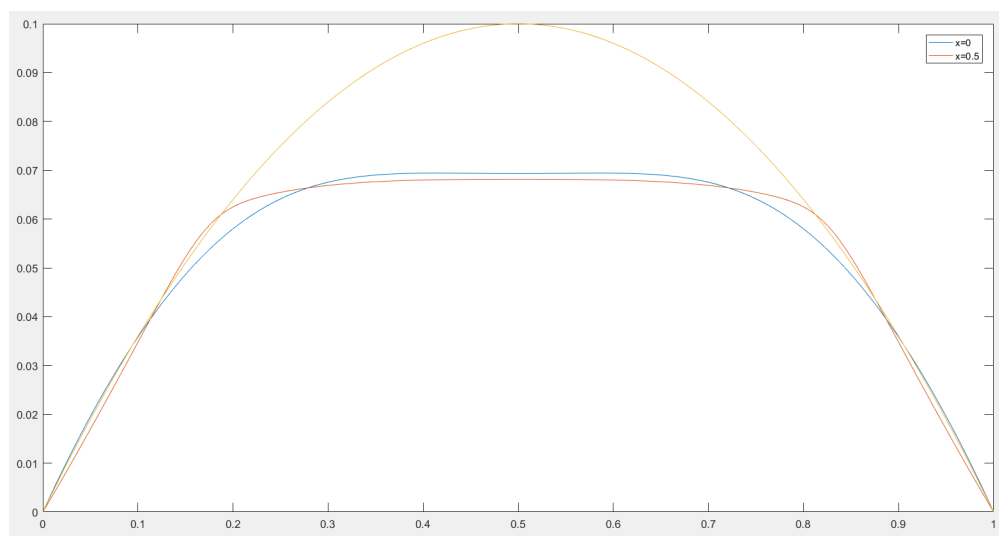


图 4: 泊肃叶流的2D图像