

中国科学院研究生院
2007 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：流体力学

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上均无效。

提示：张量形式的动量方程为

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + f_i$$

一、简答题(共 60 分)

1. (10 分)什么样的流体不能用连续介质假设?
2. (10 分)流体的动力学压强和静力学压强分别指什么? 在什么条件下两者相等?
3. (10 分)速度的散度和旋度有何差别, 其物理意义是什么?
4. (15 分)马赫数(Ma)和雷诺数(Re)是怎么定义的, 分别表示什么物理意义?
5. (15 分)在流场的速度分解中, 每项表示的物理意义是什么? (提示: Helmholtz 速度分解为 $\vec{V} = \vec{V}_p + \mathbf{S} \nabla \bar{r} + \mathbf{A} \nabla \bar{r}$, 其中 \mathbf{S} 和 \mathbf{A} 分别是对称矩阵和反对称矩阵)

二、计算题(共 90 分)

1. (30 分) 以 Lagrange 变量 (a, b, c) 给出的流场

$$x = ae^{-2t/k}, \quad y = be^{t/k}, \quad z = ce^{t/k}$$

式中 k 为非零常数, 请判断流场

- (a) 是否定常? (b) 是否是可压缩的? (c) 是否有旋流场?

2. (30 分) 在二维不可压势流中有一圆柱, 它在直角坐标系 (x, y) 中圆心位于坐标原点, 半径为 3。在 $(0, 6)$ 处有一自由点涡, 其强度为 $-\Gamma$ ($\Gamma > 0$)。试求:

- (1) 该自由点涡在圆内的镜像涡的位置和强度;
- (2) 该自由点涡的运动轨迹和周期;
- (3) 若使原自由点涡保持静止, 需叠加的均匀无环量来流的速度大小和方向。

3. (30 分) 有一无穷大斜面，倾角为 α 。有密度为 ρ 的不可压缩流体沿斜面向下流动。在流经相当长的距离后，由于粘性作用，流体呈一稳定的薄层，厚度为 h 。求薄层内流体的速度分布和压强分布。

