

河北工业大学 2011 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 [B] 卷

科目名称 流体力学(II)

科目代码 851 共 1 页

适用专业、领域 080706 化工过程机械

注：所有试题答案一律写在答题纸上，答案写在试卷、草稿纸上一律无效。

一、简要回答下列问题：（共 40 分，每小题 4 分）

1、不可压缩流体连续性方程的物理意义。2、对欧拉法中流体速度的质点导数 $\vec{a} = \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} + \frac{\partial \vec{v}}{\partial t}$ 进行分析。3、流线。4、无旋流动。5、湍流粘度。6、动量损失厚度。7、写出湍流时均速度轴向分量 \bar{u} 的定义式，指出式中各符号的含义。8、流动相似。9、等压面。10、量纲分析有何作用？

二、（18 分）已知流场的流函数 $\psi = ax^2 - ay^2$ ，（1）证明此流动是无旋流动；（2）求出相应的速度势函数；（3）证明流线与等势线正交。

三、（22 分）试推求直角坐标系下的流体平衡微分方程式（即欧拉平衡方程式）及其 dp 的综合式，并说明该微分方程式的物理意义。

四、（15 分）经实验观察发现，球形物体在粘性流体中运动所受阻力 F_D 与球体直径 d 、球体运动速度 v 、流体的密度 ρ 和动力粘度 μ 有关，试用 π 定理量纲分析法建立 F_D 的公式结构。

五、（30 分）不可压缩流体沿水平放置的平板壁面作层流流动，主体流速为 $u_0 = \text{const}$ ，平板长度为 L ，简化

后的边界层动量方程为：
$$\rho \frac{d}{dx} \int_0^{\delta} (u_0 - u) u dy = \tau_w$$
，（式中： ρ 为流体密度； δ 为边界层厚度； τ_w 为作用于平壁面上的剪应力）

1) 设速度分布 $u = f(y) = a + by + cy^2 + dy^3$ ，其中 a, b, c, d 为待定常数。试证明层流边界层的速度分布为：
$$\frac{u}{u_0} = \frac{3}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3$$
。

2) 推导层流边界层厚度的变化规律 $\delta = \delta(x)$ 。

六、（25 分）试利用普朗特混合长理论，从雷诺方程入手，分析不可压缩流体在等压条件下，在 x 轴方向沿无限大平板做定常湍流时，湍流核心区的速度分布规律。

提示：雷诺方程：
$$\rho f_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 v_x + \frac{d\tau_{xy}^{(t)}}{dy} = \rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right)$$

普朗特混合长理论：
$$\tau_{xy}^{(t)} = \rho l^2 \left(\frac{dv_x}{dy} \right)^2$$
，式中 $l = ky$ 。