

# 中国科学院大学硕士研究生入学考试

## 《流体力学》考试大纲

### 一、考试科目基本要求及适用范围概述

本流体力学考试大纲适用于中国科学院大学力学专业的硕士研究生入学考试。流体力学是现代力学的重要分支，是许多学科专业的基础理论课程，本科目的考试内容主要包括流体的物理性质、流体运动学、动力学和静力学，无粘不可压缩、可压缩流动，粘性不可压缩流动及湍流、流体波动和旋涡理论等方面。要求考生对其基本概念有较深入的了解，能够熟练地掌握基本方程的推导，并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

### 二、考试形式

考试采用闭卷笔试形式，考试时间为 180 分钟，试卷满分 150 分。

试卷结构：判断题、简答题、计算题

### 三、考试内容：

#### （一）流体的物理性质

固液气体的宏观性质与微观结构，连续介质假设及其适用条件，流体的物理性质(粘性、可压缩性与热膨胀性、输运性质、表面张力与毛细现象)，质量力与表面力。

#### （二）流体运动学

流体运动的描述(拉格朗日描述与欧拉描述及其间的联系、物质导数与当地导数、迹线、流线及脉线)，流场中的速度分解，涡量，涡量场，涡线、涡管、涡通量，涡管强度及守恒定理。

#### （三）流体动力学

连续性方程(雷诺输运定理)，动量方程(流体的受力、应力张量)，能量方程(热力学定律)，本构关系，状态方程，流体力学方程组及定解条件，正交曲线坐标系，量纲分析与流动相似理论，流体力学中的无量纲量及其物理意义、相似原理的应用。

#### （四）流体静力学

控制方程，液体静力学规律，自由面的形状，非惯性坐标系中的静止液体。

#### （五）无粘流动的一般理论

无粘流动的控制方程，Bernoulli 方程，Bernoulli 方程和动量定理的应用。

#### （六）无粘不可压缩流体的无旋流动

控制方程及定解条件，势函数及无旋流动的性质，平面定常无旋流动(流函数、源汇、点涡、偶极子、镜像法、保角变换)，无旋轴对称流动，非定常无旋流动。

#### （七）液体表面波

控制方程(小振幅水波) 及定解条件，平面单色波，水波的色散和群速度，水波的能量及其传输，速度与压力场特性，表面张力波及分层流体的重力内波，非线性水波理论。

#### (八) 旋涡运动

涡量动力学方程和涡量的产生, 涡量场(空间特性、时间特性), 典型的涡模型。

#### (九) 粘性不可压缩流动

控制方程及定解条件, 定常的平行剪切流动(Couette 流动、Poiseuille 流动等), 非定常的平行剪切流动(Stokes 第一和第二问题、管道流动的起动问题), 圆对称的平面粘性流动(圆柱 Couette 流及其起动过程), 小雷诺数粘性流动。

#### (十) 层流边界层和湍流

边界层的概念, 层流边界层方程(Blasius 平板边界层), 边界层的分离, 湍流的发生, 层流到湍流的转捩, 雷诺方程和雷诺应力。

#### (十一) 无粘可压缩流动

声速和马赫数, 膨胀波、弱压缩波的形成及其特点, 一维等熵流(定常和非定常), 激波(正激波和斜激波), 拉瓦尔喷管流动的特征。

### 四、考试要求:

#### (一) 流体的物理性质

- (1) 了解固液气体的宏观性质与微观结构, 深入理解并掌握连续介质假设及其适用条件。
- (2) 熟练掌握流体的物理性质的基本概念, 了解毛细现象。

#### (二) 流体运动学

- (1) 熟练掌握流体运动的两种描述、物质导数与随体导数的概念。
- (2) 熟练掌握迹线、流线及脉线的概念、物理意义及求法。
- (3) 掌握速度势的概念及数学描述, 掌握流场中的速度分解方法。
- (4) 理解并掌握涡量及守恒定律, 了解涡线、涡管、涡通量, 涡管强度等概念。

#### (三) 流体动力学

- (1) 熟练掌握连续性方程、动量方程和能量方程的推导及应用。
- (2) 掌握本构关系及状态方程。
- (3) 掌握流体力学方程组及定解条件, 了解正交曲线坐标系下的流体力学方程组。
- (4) 掌握量纲分析与流动相似理论的概念, 熟练掌握雷诺数的定义和意义。

#### (四) 流体静力学

- (1) 理解并掌握静力学基本控制方程。
- (2) 掌握液体静力学规律及应用(自由面的形状, 非惯性坐标系中的静止液体)。

#### (五) 无粘流动的一般理论

- (1) 掌握无粘流动的控制方程的推导及应用。
- (2) 熟练掌握 Bernoulli 方程推导, 灵活运用 Bernoulli 方程和动量定理。

#### (六) 无粘不可压缩流体的无旋流动

- (1) 理解并掌握控制方程及定解条件、势函数概念及无旋流动的性质。
- (2) 熟练掌握并灵活运用平面定常无旋流动基本概念及方法(流函数、源汇、点涡、偶极子、镜像法、

保角变换)。

(3) 了解无旋轴对称流动、非定常无旋流动。

#### (七) 液体表面波

(1) 熟练掌握小振幅水波的控制方程推导及定解条件。

(2) 掌握平面单色波、水波的色散和群速度等概念，了解水波的能量及其传输的计算，速度与压力场特性。

(3) 了解表面张力波及分层流体的重力内波、非线性水波理论。

#### (八) 旋涡运动

(1) 掌握涡量动力学方程和涡量的产生。

(2) 熟悉涡量场的基本空间特性、时间特性，了解典型的涡模型(点涡、兰金涡、奥森涡、泰勒涡)。

#### (九) 粘性不可压缩流动

(1) 理解不可压缩流体模型及其判别条件，掌握控制方程的推导及定解条件。

(2) 熟练掌握并灵活运用定常的平行剪切流动问题(Couette 流动、Poiseuille 流动等)。

(3) 掌握非定常的平行剪切流动问题(Stokes 第一和第二问题、管道流动的起动等)、圆对称的平面粘性流动(圆柱 Couette 流及其起动过程)、小雷诺数粘性流动。

#### (十) 层流边界层和湍流

(1) 掌握边界层的概念。

(2) 掌握层流边界层方程推导(Blasius 平板边界层)。

(3) 了解边界层的分离、湍流的发生、层流到湍流的转捩。

(4) 掌握脉动速度、平均速度、瞬时流场、平均流场、雷诺平均方程等基本概念。

#### (十一) 无粘可压缩流动

(1) 熟练掌握声速和马赫数的概念。

(2) 掌握膨胀波、弱压缩波的形成及其特点。

(3) 熟练掌握定常一维等熵流的分析及计算，了解非定常一维等熵流的分析及计算。

(4) 深入理解激波(正激波和斜激波)的成因及激波关系式，了解拉瓦尔喷管流动的特征。

## 五、主要参考书目：

1. 《流体力学》 庄礼贤 尹协远 马晖扬著，中国科学技术大学出版社，2009 年版本
2. 《流体力学》(上下册) 吴望一编著，北京大学出版社，2010 年版本

编制单位：中国科学院大学

编制日期：2024 年 6 月 14 日