

## 中国科学院大学硕士研究生入学考试

### 《力学专业综合》考试大纲

本科目考试采用闭卷笔试形式，满分为 150 分，由理论力学、材料力学和流体力学组成。其中，第一部分为理论力学，试题小计分值为 80 分；第二部分为材料力学和流体力学，二选一，试题小计分值为 70 分（若两者都选，仅按材料力学或流体力学给分）。考试时间为 180 分钟。

本考试大纲适用于中国科学院大学力学类的硕士研究生入学考试。要求考生能掌握理论力学、材料力学或流体力学的建模分析思路，对所遇到的力学问题进行分析、简化、建模和求解的能力，要求考生对其中的基本概念有很深入的理解，系统掌握理论与应用力学中基本定理和分析方法，具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

#### 一、考试内容

##### 第一部分 理论力学

###### 1. 基础知识

掌握：牛顿三定律，欧拉二定律，牛顿的时空；参考系，坐标系；静力学，力的三要素，力矩，力偶，力系平衡，摩擦力；位移，速度，加速度，坐标依赖性；本性法（自然坐标），本性方程，密切面，主法线，副法线。

###### 2. 刚体运动学和动力学

熟练掌握：刚体的平动和转动，沙勒定理(Chasles' Theorem)；定点转动，定轴转动，定轴转动投影不变性；角速度“向量”，角速度与基点选择的不变性证明，转动张量，欧拉角；刚体复合运动，相对速度，牵连速度，相对加速度，牵连加速度，科里奥利加速度；动量，角动量，能量，刚体（转动）惯量张量，寇尼格定理（Koenig Theorem）；变质量系统的动力学，齐奥可夫斯基公式，航天器的发射。

掌握：刚体运动学在天文学上的应用，岁差、托勒密的地心说和哥白尼的日心说；非惯性参考系中的动力学，达朗贝尔原理。

###### 3. 万有引力定律

熟练掌握：万有引力定律、开普勒三定律，“日行盈缩”问题；第一，第二和第三宇宙速度。掌握：星际航行的轨道设计（Hohmann transfer orbit）、地月轨道的计算，爱因斯坦广义相对论对水星进动的解释。

###### 4. 经典力学的狭义相对论效应

掌握：等效性原理/假设，光速不变性，Minkowski 空间，伽利略变换，洛伦兹变换；牛顿第二定律的相对论表达式，Minkowski 力，托马斯进动频率（Thomas Precession Frequency）。

###### 5. 分析力学

熟练掌握：虚位移，虚功，驻值；最小“作用”原理，“证明”欧几里得空间里两点之间直线最短；（黎曼空间）测地线问题，最速下降线问题；欧拉-拉格朗日方程，哈密尔顿原理和牛顿三定律的等价性证明。

掌握：理想约束问题，拉格朗日乘子。

###### 6. 振动

掌握：自由度定义，单自由度系统振动，固有/自然/共振频率，阻尼，动力学响应；多自由度系统振动，模态/振型，特征态 (eigenstate)；连续系统振动，弦的横向振动，杆的纵向振动，梁的横向振动，分离变量法，达朗贝尔解，波速，色散现象；模态的正交性，自伴算子，Sturm-Liouville 问题，薛定谔方程。

了解：非线性振动，单摆的等时性问题，Duffing 方程，相图，双摆问题，引子，奇异引子，流形，混沌，倒摆问题，拉格朗日稳定性，李雅普诺夫稳定性；微纳米质量谐振器中的反问题。

## 第二部分：

### (一) 材料力学

#### 1. 基本概念

熟练掌握：变形固体的基本假设、外力及其分类、内力、截面法及应力的概念、变形与应变

了解：杆件变形的形式

#### 2. 拉伸、压缩与剪切

熟练掌握：轴向拉伸与压缩的概念、轴向拉伸与压缩时横截面上的内力和应力、直杆轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力、材料拉伸时的力学性能、轴向拉伸或压缩时的变形

掌握：材料压缩时的力学性能、失效、安全因数和强度计算、轴向拉伸或压缩的应变能

了解：温度应力和装配应力、应力集中的概念

#### 3. 扭转

熟练掌握：扭转的概念、外力偶矩的计算扭矩和扭矩图、纯剪切、圆轴扭转时的应力、圆轴扭转时的变形

了解：非圆截面杆扭转的概念、薄壁杆件的自由扭转

#### 4. 弯曲

熟练掌握：弯曲的概念、受弯杆件的简化、剪力和弯矩、剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图、纯弯曲时的正应力

掌握：横力弯曲时的正应力、弯曲切应力、提高弯曲强度的措施

熟练掌握：挠曲线的微分方程、用积分法求弯曲变形、用叠加法求弯曲变形

掌握：提高弯曲刚度的一些措施

#### 5. 应力和应变分析、强度理论

掌握：应力状态的概念、二向和三向应力状态实例

熟练掌握：二向应力状态分析-解析法、二向应力状态分析-图解法、三向应力状态、位移和应变分量、平面应变状态分析、广义胡克定律、四种常用强度理论

#### 6. 组合变形

熟练掌握：组合变形和叠加原理、拉伸或压缩与弯曲的组合、扭转与弯曲的组合

掌握：偏心拉(压)和截面核心

#### 7. 压杆稳定

熟练掌握：压杆稳定的概念、两端铰支和其它支座条件下细长压杆的临界压力、欧拉公式的适用范围\_经验公式

掌握：压杆的稳定校核及提高压杆稳定性的措施

#### 8. 能量法

熟练掌握：杆件变形能的计算、互等定理、卡氏定理、虚功原理

### (二) 流体力学

#### 1. 流体力学的基本概念

掌握：自然界和工程中的流体、固液气体的宏观性质与微观结构

熟练掌握：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。

## 2. 流体运动学

熟练掌握：流体运动的描述(拉格朗日描述与欧拉描述及其间的联系、物质导数与随体导数、迹线、流线及脉线)，流场中的速度分解

掌握：涡量，涡量场，涡线、涡管、涡通量，涡管强度及守恒定理。

## 3. 流体动力学

熟练掌握：控制体，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。

掌握：涡量动力学方程，涡量场的时空特性。流体静力学。

## 4. 粘性不可压缩流动

熟练掌握：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)

掌握：轴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。

## 5. 层流边界层和湍流

熟练掌握：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

掌握：湍流的发生，层流到湍流的转换，雷诺方程和雷诺应力。

## 6. 无粘不可压缩无旋流动

熟练掌握：无粘流动的控制方程，Bernoulli 方程，Bernoulli 方程和动量定理的应用，无粘不可压缩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。

## 7. 液体表面波

熟练掌握：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

了解：非线性水波理论。

## 8. 气体动力学

熟练掌握：声速和马赫数，膨胀波、弱压缩波的形成及其特点；一维定常流动(绝热流和等熵流、变截面管等熵流、等截面绝热摩擦管流)、Laval 喷管；激波与膨胀波(正激波和斜激波、反射与相互作用)，爆轰波；一维非定常均熵流动、有间断面的气体流动；理想可压缩定常流的数学方法；跨声速流动特征。

## 三、主要参考书目

1. 朱照宣, 周起钊, 殷金生. 理论力学, 北京大学出版社, 1982。
2. 赵亚溥. 力学讲义, 科学出版社, 2018
3. 刘鸿文. 材料力学, 高等教育出版社, 2017
4. 庄礼贤, 尹协远, 马晖扬. 流体力学. 中国科学技术大学出版社, 2009

编制单位：中国科学院大学

编制日期：2021 年 6 月 17 日