

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(Charles' 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: 杆件变形的基本形式

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。

二、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: 2023 年 6 月 26 日