

哈尔滨工业大学硕士招生复试参考

科目代码：00112

科目名称：航空宇航科学与技术学科复试

一、复试主要内容

1、复试由专业综合测试和面试两部分组成，外语听力考试在面试中进行。复试的总成绩为 350 分，其中专业综合测试 200 分，面试 150 分。

2、专业综合测试科目

专业综合测试科目设置：航天技术概论、导弹飞行动力学与控制、航天器轨道动力学、多系统动力学、应用弹性力学基础、流体力学、工程热力学、材料物理导论、材料化学导论。其中航天技术概论为必选科目，其余八门课程中任选两门作为测试科目。

(1) 航天技术概论，占 40 分。

主要内容：

导弹部分：

- 1) 导弹的分类和组成及概念；
- 2) 动力装置的分类，发动机的工作原理，推力、总冲、比冲等概念；
- 3) 气体流动基本方程，音速和马赫数、激波和膨胀波、升力和阻力等基础知识；
- 4) 导弹飞行动力学方程；常用坐标系的定义；各种坐标系间的转换关系；俯仰角、偏航角、滚转角、攻角、侧滑角等相关角度的定义；
- 5) 导弹的机动性、稳定性和操纵性、导引规律，制导系统的组成、分类和原理等；
- 6) 导弹的结构特点，有翼导弹的结构气动布局等；
- 7) 战斗部系统的作用、组成和分类，常规战斗部的工作原理等

航天器部分：

- 1) 航天器的分类，航天器的轨道方面的概念等；轨道根数，轨道控制，星下点轨迹等方面的知识；
- 2) 中心引力场中质点的运动（二体问题，三体问题）；
- 3) 几种姿态控制原理；
- 4) 卫星的结构形式、对卫星结构的主要要求、结构材料；
- 5) 航天器的热环境，航天器的温度控制方法；
- 6) 遥测、遥控的原理；
- 7) 航天器返回的过程，返回航天器的分类、防热等方面的知识；
- 8) 航天器的有效载荷；
- 9) 空间站分类，航天飞机，载人航天，空间探测等概念。

参考书：

金永德等. 《导弹与航天技术概论》. 哈尔滨工业大学出版社. 2020 年重印

(2) 多体系统动力学 占 80 分。

主要内容：

1 多体系统拓扑构型的数学描述

多体系统拓扑结构；多体系统的分类；多体系统的数学描述(关联矩阵、通路矩阵等基本概念)

2 分析力学基础

基本概念；动力学普遍方程(动力学虚功原理和虚功率原理)；第二类拉格朗日方程；拉格朗日乘子法；

3 多刚体系统的运动学

系统运动的矢量和矩阵表示方法；刚体运动描述方法；坐标变换的基本原理和方法；转动的角速度和角加速度；邻接刚体的相对运动关系；

4 多刚体系统动力学

刚体定点转动运动学和动力学及牛顿-欧拉方法；基于相对坐标的多体系统动力学建模；约束系统的冗余约束分析；

5 多体系统的数值仿真分析

常微分方程数值求解的基本原理；常用常微分方程数值计算方法及其的稳定性；

参考书目：

1. 多体系统动力学（第 1-6 章）齐朝晖 2008 年科学出版社
2. 高等动力学（第 1、2、4、6 章）刘延柱 2001 高等教育出版社

(3) 应用弹性力学基础，占 80 分。

主要内容：

1. 弹性力学的基本概念

- 1) 体力和面力；2) 内力和应力；3) 正应力和切应力；4) 形变和位移；5) 线应变和切应变；6) 弹性力学的基本假定。

2. 平面问题的基本理论

- 1) 平面应力问题与平面应变问题；2) 平衡微分方程；3) 平面问题中一点的应力状态；4) 几何方程，刚体位移；5) 物理方程；6) 边界条件；7) 圣维南原理及其应用；8) 按位移求解平面问题；9) 按应力求解平面问题，相容方程；10) 常体力情况下的简化，应力函数。

3. 平面问题的直角坐标解答

- 1) 逆解法与半逆解法，多项式解答；2) 矩形梁的纯弯曲；3) 位移分量的求出；4) 简支梁受均布荷载；5) 楔形体受重力和液体压力。

4. 平面问题的极坐标解答

- 1) 极坐标中的平衡微分方程；2) 极坐标中的几何方程及物理方程；3) 极坐标中的应力函数与相容方程；4) 应力分量的坐标变换式；5) 轴对称应力和相应的位移；6) 圆环或圆筒受均布压力；7) 压力隧洞；8) 圆孔的孔口应力集中。

5. 空间问题的基本理论

- 1) 平衡微分方程；2) 物体内任一点的应力状态；3) 主应力，最大与最小的应力；4) 几何方程及物理方程。

6. 空间问题的解答

- 1) 按位移求解空间问题；2) 半空间体受重力及均布压力；3) 按应力求解空间问题；4) 等截面直杆的扭转。

7. 薄板弯曲问题

- 1) 有关概念及计算假定；2) 弹性曲面的微分方程；3) 薄板横截面上的内力；4) 边界条件，扭矩的等效剪力；5) 四边简支矩形薄板的重三角级数解；6) 矩形薄板的单三角级数解。

参考书目

《弹性力学简明教程》第五版，徐芝伦，高等教育出版社

(4) 导弹飞行动力学与控制，占 80 分。

主要内容：

弹道学部分：

- 1) 作用于导弹的力与力矩；
- 2) 瞬时平衡假设；
- 3) 静稳定性；
- 4) 常用坐标系及其变换；
- 5) 导弹运动方程组的建立及其简化与分解；
- 6) 过载及其与导弹运动的关系；
- 7) 铅垂平面内的方案飞行；
- 8) 水平平面内的方案飞行；
- 9) 自动瞄准导弹导引飞行的相对运动方程；
- 10) 追踪法导引关系；

- 11) 平行接近法导引关系;
- 12) 比例导引法导引关系。

动态特性分析部分:

- 1) 作用于导弹的干扰力与干扰力矩;
- 2) 导弹的稳定性与操纵性;
- 3) 导弹运动方程的线性化及其简化与分解;
- 4) 导弹纵向扰动运动分析;
- 5) 导弹侧向扰动运动分析;
- 6) 导弹纵向扰动运动的自动稳定与控制;
- 7) 导弹侧向扰动运动的自动稳定与控制。

参考书:

1. 李新国, 方群. 《有翼导弹飞行动力学》. 西北工业大学出版社, 2005 年
2. 钱杏芳等. 《导弹飞行力学》. 北京理工大学出版社, 2011 年

(5) 航天器轨道动力学, 占 80 分。

主要内容:

- 1) 航天器的轨道
 - 两体运动方程的建立、求解;
 - 中心引力场中的运动;
 - 四种基本轨道的轨道方程、特性及时间方程。
- 2) 轨道的建立、轨道的确定和星下点轨迹
 - 航天器轨道建立的方法;
 - 轨道要素与发射参数的关系;
 - 航天器的轨道确定;
 - 星下点轨迹的描述。
- 3) 轨道机动
 - 轨道过渡的概念、分类和方法;
 - 脉冲机动;
 - 同平面的轨道过渡;
 - 轨道拦截。
- 4) 星际航行
 - 会合周期, 发射窗口;
 - 影响球与圆锥曲线拼合法, 星体的引力摄动;
 - 向月飞行, 行星际飞行;
 - 限制性三体问题。
- 5) 航天器的相对运动
 - 相对运动概念;
 - 轨道坐标系、视线坐标系中的相对运动方程;
 - 交会对接的概念和方法;
 - 编队飞行。

6) 航天器的摄动理论

- 地球的引力摄动与，地球势函数模型；
- 干扰力分量引起的摄动；
- 地球扁度引起的摄动；
- 稀薄大气引起的摄动及轨道的寿命；
- 地球静止轨道卫星的摄动。

参考书目：赵 钧. 《航天器轨道动力学》. 哈尔滨工业大学出版社. 2011 年

(6) 流体力学，占 80 分。

主要内容：

1) 研究的内容和方法

- 连续性介质模型
- 作用在流体上的力
- 流体的主要物理性质

2) 流体静力学

- 流体静压强及其特性，流体平衡微分方程式，力函数、等压面
- 流体中压强的表示方法
- 重力作用下流体的平衡方程式，重力和其它质量力联合作用下流体的平衡
- 静止流体对平面壁、曲面壁的作用力

3) 流体运动学

- 研究流体运动的两种方法
- 恒定流动和非恒定流动，流体的基本概念
- 流体的连续性方程
- 流体微团的运动分析，有旋运动和无旋运动

4) 流体动力学

- 理想流体运动微分方程式，兰姆-葛罗米格形式的微分方程
- 伯努利积分，欧拉积分，重力作用下的伯努利方程及意义
- 粘性流体运动微分方程式，葛罗米柯-斯托克斯方程
- G-S 方程的伯努利积分，重力作用下实际流体微小流束伯努利方程
- 缓变流动及其特性，动量和动能修正系数
- 粘性流体总流的伯努利方程、动量方程

5) 旋涡理论基础

- 涡线、涡管、涡束和旋涡强度
- 速度环量和斯托克斯定理
- 二元旋涡的速度和压强分布

6) 理想流体平面势流

- 速度势函数和流函数，几种简单的平面势流
- 简单势流的叠加，偶极流
- 流体对圆柱体的无环量、有环量绕流，库塔-儒可夫斯基定理

7) 相似理论基础

- 流体力学相似条件，粘性流体流动的力学相似准数
- 量纲分析方法

8) 流动的阻力与损失

- 粘性流体的两种运动状态，圆管中的层流和紊流
- 沿程损失系数的实验研究，局部阻力与损失计算
- 薄壁小孔口及圆柱外伸管嘴的出流

9) 管路的水力计算

- 短管、长管的水力计算，串、并联管路的水力计算
- 有压管路的水击

10) 粘性流体绕物体流动

- 边界层的概念和特点
- 边界层的微分方程，动量积分关系式

参考书目：

1. 《工程流体力学》，陈卓如，王洪杰等，高等教育出版社（第三版）2013
2. 吴望一.《流体力学》. 北京大学出版社. 2021

(7) 工程热力学，占 80 分。

主要内容：

1) 基本概念

- 热力学系统（热力系）的定义及其描述。
- 热力系的平衡状态以及由这样的平衡状态构成的准（内部）平衡过程。
- 温度、压力、比体积、热力学能、焓和熵是描述平衡（均匀）状态的六个常用的状态参数。
- 温度、压力、比体积这三个基本状态参数之间的关系称为状态方程。
- （传）热量和（作）功（量）是在热力过程中热力系与外界交换的两种基本能量形式。
- 功和热量都是过程量（参数）。
- 过程量与状态量的特性及相互区别。

2) 热力学第一定律

- 一般热力系的热力学第一定律基本表达式—基本能量方程。
- 闭口系、开口系、稳定流动系统的能量方程。
- 功和热量的基本计算公式以及功和热量在状态坐标图中的表示。

3) 热力学第二定律

- 熵流、熵产、熵方程及其应用。
- 卡诺定理和卡诺循环及其应用。
- 克劳修斯积分式及其应用。
- 孤立系熵增原理及其应用。
- 热量的可用能及其的不可逆损失。

4) 气体的热力性质

- 实际气体和理想气体。
- 理想气体状态方程和气体常数。
- 理想气体的比热容、热力学能、焓和熵的计算式。
- 实际气体与理想气体在状态方程和集聚态上的偏离。

- 范德瓦耳方程等新的实际气体状态方程。
 - 通用压缩因子图及其在求得实际气体热力性质中的作用。
- 5) 热力学微分关系式
- 特征函数及四个常用的特征函数。
 - 麦克斯韦关系式。
 - 纯物质的熵、焓、热力学能及比热容的普遍关系式。
- 6) 水蒸气的热力性质
- 水蒸气饱和状态及其相关概念。
 - 水蒸气产生过程及水蒸气图。
 - 水蒸气热力过程。
- 7) 理想混合气体与湿空气
- 理想混合气体的成分表示方法及其热力性质计算。
 - 湿空气、饱和湿空气与未饱和湿空气、湿空气的绝对湿度、相对湿度、含湿量。
 - 露点温度、湿球温度。
 - 含湿图及其应用。
- 8) 理想气体的热力过程
- 研究热力过程的任务和目的及热力过程两种分类。
 - 理想气体典型定值（定压、定容、定温、定熵）过程中的状态参数变化规律、过程图示、功和热量的计算与图示。
 - 多变过程及其与理想气体典型定值（定压、定容、定温、定熵）过程的关系。
 - 不作功过程和绝热过程中，摩擦存在与否对状态参数变化及能量交换的影响。
 - 混合过程
 - 充气与放气过程。
- 9) 气体与蒸汽的流动
- 气体稳定流动基本方程。
 - 气体流经喷管时气流参数与流道截面积之间的变化关系。
 - 气体流速与流量计算以及临界流动和最大流量。
- 10) 气体的压缩
- 单级活塞式压气机的工作过程及理论功耗。
 - 带有中冷器的多级活塞式压气机的优点以及中间最佳压比的选择方法。
 - 压气机的绝热、定温、多变三种效率。
 - 引射器的工作过程。
- 11) 气体动力循环
- 分析计算动力循环的任务和目的。
 - 活塞式内燃机循环和影响循环热效率的因素及提高循环热效率的途径。
 - 燃气轮机装置循环和影响循环热效率的因素及提高循环热效率的途径。
- 12) 蒸汽动力循环
- 蒸汽动力基本循环—朗肯循环和循环热效率的影响因素及其提高途径。
 - 蒸汽再热循环、抽汽回热循环。

- 双工质（双蒸气、燃气—蒸汽联合、注蒸汽—燃气轮机装置）动力循环。
- 热电联产循环。

13) 制冷循环

- 逆向卡诺循环和供热循环。
- 空气压缩制冷循环。
- 蒸汽压缩制冷循环。
- 制冷剂的热力性质。
- 蒸汽引射制冷和吸收式制冷循环。

14) 化学热力学基础

- 化学反应系统中的反应热、热效应、标准生成焓、燃料理论燃烧温度等概念。
- 盖斯定律和基尔霍夫定律。
- 化学反应的最大有用功、化学反应方向的判断及化学平衡。

15) 能量直接转换及可再生能源

- 能源分类、能源形态及其开发利用程度与人类文明程度和环境状况的相互关系。
- 能源科学合理利用技术。
- 磁流体发电、燃料电池等能量直接转换新技术。
- 目前太阳能、生物质能、风能、地热能、海洋能等可再生能源的估计储存量、主要利用方式及利用程度和未来重点发展方向。

参考书目：

1. 严家騄、王永青、张亚宁. 《工程热力学》. 高等教育出版社. 2021.9
2. 沈维道 童钧耕 主编. 《工程热力学》（第5版）. 高等教育出版社. 2016

(8) 材料物理导论（80分）

主要内容：

(1) 了解自由电子理论、能带理论、现代电子理论及材料的基本物理性质（原子间的结合与电子；自由电子近似；近自由电子近似；布里渊区理论；电子密度泛函；托马斯-费米理论；原子的作用力；科恩-萨姆泛函；导电性；超导性；热传导与热电效应；原子的磁性；原子间磁性及相互作用）

(2) 掌握材料结构、组织变化与控制、材料的力学性质（准晶体和非晶态；相变的基本概念；有序-无序转变；玻璃态转变和非晶态合金；材料的组织；热处理基础；材料的组织变化；组织的控制；晶体的塑性变形；位错的运动和塑性；各种金属的塑性；高温蠕变；非晶态金属的强度）

(3) 掌握材料表面界面结构、行为和低维材料（吸附和偏析；表面扩散和界面扩散；表面力；表面和界面结构；表面力；表面与界面的结构；实际表面结构；晶体的界面结构；电子的表面势和表面态；表面的电子结构；表面空间电荷层；表面电子输运；界面和晶界电子运输；薄膜形成过程；薄膜的结构和缺陷）

(4) 掌握硅酸盐聚集态的结构、扩散、相变(硅酸盐晶体结构; 硅酸盐熔体的结构; 玻璃结构理论; 扩散动力学过程; 扩散机制; 扩散系数; 扩散系数影响因素; 液相-固相的转变; 液相-液相的转变; 固相-固相的转变; 气相-固相的转变)

(5) 高分子链的结构、聚集态结构、高聚物的分子运动和高聚物的性质(高分子链的结构; 高分子结晶的形态和结构; 高聚物的取向态结构; 共混高聚物的织态结构; 高聚物的分子热运动; 高聚物的分子热运动; 高聚物的玻璃化转变; 高聚物的粘性流动; 高聚物的力学性质; 高聚物的电学性质)

杨尚林, 张宇, 桂太龙主编 《材料物理导论》 哈尔滨工业大学 1999

(9) 材料化学导论 (80 分)

主要内容:

- (1) 材料高温化学(冶炼和提纯; 高温氧化; 自蔓延合成)
- (2) 金属的相变和析出(相变和析出动力学; 金属氢化物)
- (3) 材料表面化学(表面热力学; 表面分析方法;)
- (4) 材料电化学(电极电位和极化; 化学电源)
- (5) 材料激发化学(等离子体化学; 光化学)
- (6) 硅酸盐材料化学(硅酸盐热力学; 硅酸盐固相反应; 硅酸盐固相烧结;)
- (7) 高分子化合物的合成(基本概念; 高分子化学的合成; 高分子聚合反应;)
- (8) 聚合物的化学反应(聚合物化学反应特性; 聚合物侧基的化学反应; 接枝聚合和嵌段聚合; 聚合物的化学交联; 聚合物的降解; 高聚物的老化与防老化)

邓启刚, 席慧智, 刘爱东主编, 《材料化学导论》哈尔滨工业大学 1999

3、面试主要内容。

- (1) 从事科研工作的基础与能力;
- (2) 综合分析与语言表达能力;
- (3) 外语听力及口语;
- (4) 大学学习情况及学习成绩;
- (5) 专业课以外其他知识技能的掌握情况;
- (6) 特长与兴趣;
- (7) 身心健康状况。

二、复试比例及主要内容

具体考核形式届时以复试方案为准。