

飞行力学

课程编号：03112104

课程中文名称：飞行力学

课程英文名称：Flight Mechanics

开课学期：秋季

学分/学时：3/48

先修课程：线性代数、高等数学/数学分析、自动控制原理

建议后续课程：现代飞行控制系统、现代制导与控制、飞行控制系统设计与综合分析等

适用专业/开课对象：一年级硕士/博士研究生

团队负责人：吴云洁 责任教授：吴云洁 执笔人：赵江/李卫琪/张晶/杨凌宇 核准院长：王磊

一、课程的性质、目的和任务

飞行力学是导航、制导与控制专业的专业基础课程之一，本课程系统全面的介绍了飞机和导弹飞行动力学的基本理论和方法，主要包括：飞机和导弹作用力和力矩特性分析；飞机和导弹运动的数学模型；运动轨迹的基本概念和特性分析；飞行轨迹优化设计方法；纵向扰动运动模型的建立及处理方法；纵向自由扰动运动的特点；纵向短周期扰动运动分析；侧向动态特性分析；工程实际中应用飞行力学解决典型问题的范例；飞行动力学的一些特殊问题等。通过本课程的学习，使学生掌握飞机和导弹飞行的受力特点，了解其基本运动规律；建立飞行力学分析和设计的正确思路、概念和方法，为制导与控制系统设计奠定基础；培养学生从飞行现象和工程实际中提出问题、分析问题和解决问题的兴趣和能力。

二、课程内容、基本要求及学时分配

飞行力学课程涉及飞机和导弹研究、设计、试验、应用中主要的飞行动力学理论和方法，研究对象以固定翼飞机和近程有翼导弹为主，主要涉及到的内容包括空气动力学基础、飞机和导弹的运动模型、动态特性分析等。章节内容和要求如下：

第1章 空气动力学（9学时，李卫琪）

1.1 空气动力学基本知识

1.2 飞行器空间运动的表示、关于稳定性和操纵性的概念

1.3 空气动力及空气动力系数（含纵向、横侧向）

1.4 纵向气动力及气动力矩

1.5 侧向气动力及气动力矩

1.6 铰链力矩

基本要求：

掌握常用的空气动力学概念，包括流场、马赫数、临界马赫数、激波等；掌握飞行器常用坐标系和运动参数的定义以及它们之间的关系；掌握作用在飞行器上的纵向气动力和气动力矩、侧向气动力和气动力矩的物理成因及计算公式，理解气动特性与飞行器运动状态之间的关系；掌握铰链力矩的定义及其描述。

第2章 飞机的运动方程（6学时，张晶）

2.1 刚体的一般运动方程

2.2 平面大地情况下常用坐标系

2.3 飞机运动方程的建立

2.4 线性化原理

2.5 非平静大气中飞机运动方程

基本要求：

掌握坐标变换的一般方法和性质，掌握旋转坐标系中的矢量导数公式，理解绝对导数与相对导数的概念及它们之间的关系；掌握飞行器动力学和运动学方程的推导过程及结果；掌握地面坐标系、机体坐标系、气流坐标系和航迹坐标系及其相互转换关系；掌握线性化的概念与方法；掌握风对飞机运动的影响及气动等价作用。

第3章 飞机的运动特性（6学时，张晶）

3.1 飞机运动方程线性化及分组

3.2 飞机纵向运动

3.3 飞机横侧向运动

基本要求：

掌握飞机纵向、横侧向运动方程，掌握飞机纵向、横侧向运动的典型模态及其特性；理解纵向、横侧向运动传递函数描述；掌握定速静稳定性与定载静稳定性；理解飞行状态、气动导数变化对模态特征参数的影响。

第4章 飞机的飞行性能（3学时，李卫琪）

4.1 平飞性能

4.2 上升和下滑性能

4.3 定常飞行状态及其与操纵的关系

4.4 续航性能

4.5 机动性能

4.6 固定翼飞机起落性能

基本要求：

了解飞机基本飞行性能及其与气动特性及发动机特性之间的关系；了解续航性能及最佳巡航性能等基本概念及原理；了解飞机机动性与敏捷性之间的关系；机动性能；了解固定翼飞机起降性能中相关速度及速度限制的定义。

第5章 有翼导弹弹道学（9学时，赵江）

5.1 导弹飞行的力学环境

5.2 导弹运动方程组的建立

5.3 方案飞行与方案弹道

5.4 导引飞行与弹道

基本要求：

掌握导弹气动力矩各项的物理成因及其与导弹运动状态之间的关系，掌握导弹静稳定性的定义和判断依据。熟练推导导弹质心运动和绕质心转动的动力学方程，掌握需用过载、可用过载和极限过载的概念。理解“瞬时平衡”假设的内容与实质。设计满足任务指标要求且可行的飞行方案。掌握导引弹道特性的分析方法。

第6章 有翼导弹动态特性（9学时，赵江）

6.1 导弹动态特性分析基础

6.2 导弹纵向扰动运动的动态特性分析

6.3 导弹弹体的侧向动态特性分析

基本要求：

熟练掌握导弹运动方程线性化处理的条件和方法，能够应用线性化方法建立导弹扰动运动的微分方程。理解纵向动力系数的内涵，明确纵向扰动运动动力系数的表达式、量纲、计算方法，能够应用拉普拉斯变换方法求解析解，理解特征根的性质，掌握纵向扰动运动传递函数的推导方法，理解动态稳定性与静稳定性概念的区别。掌握导弹侧向扰动运动模态的分析方法，理解侧向扰动运动三种模态的运动现象，能够分析并推导出侧向稳定边界条件的表达式，并能给出其稳定边界图，理解引起“副翼反逆现象”的原因及其克服方法。

第 7 章 弹道导弹与运载火箭的飞行动力学（6 学时，李卫琪）

7.1 圆球形大地情况下常用坐标系

7.2 圆球形大地情况下的运动方程

7.3 地球的参考椭球模型

7.4 以地面坐标系为参考基准的飞行器质心运动方程

7.5 运载火箭运动方程的特殊点

7.6 弹道导弹与运载火箭的弹道方案飞行基本要求：

基本要求：

了解圆球形大地情况和参考椭球模型下的坐标系定义；了解考虑地球自转情况下飞行器动力学方程区别；了解运载火箭实际使用坐标体系及运动方程的特点；了解方案弹道飞行的基本原理。

三、教学方法

本课程内容具有较强的抽象性，课堂教学以多媒体结合板书的方式开展。多媒体教学的图示和讲解更为形象，能够直观地加深学生对本节课重点内容的理解，并增加课程的信息量。板书主要完成相关原理、计算与理论推导的讲授，记录课程的主要内容及思路，包括课堂需要掌握的重要知识点及概念，强化学生对基础知识的记忆。教学中多与学生采用互动教学的方式，引导学生思维，提升学生的学习自主性及兴趣。

四、课内外教学环节及基本要求

课程为理论课教学，以课堂讲授为主，交流讨论为辅，每周 3 学时，共 16 周，累计 48 学时。为配合课堂教学，巩固学生所学的基本概念，设有习题分析环节，并采用课下思考、课堂讨论的方式加强学生对课程的理解。习题分析与讨论作为平时成绩的参考，并针对所讲授的案例，布置大作业，通过仿真试验，加强学生对飞行力学理论知识和方法的掌握。在教学过程中，将根据情况，采用研讨会的形式（预计 1-2 次），邀请航空航天领域的专家对应用领域的前沿问题、热点问题介绍和研讨，帮助同学们加深理论与工程应用之间的联系，并了解最新的发展方向。

五、考核方式及成绩评定

本课程考核方式为期末闭卷考试和平时成绩的综合评定，成绩为百分制：

- 1、期末闭卷考试成绩占 70%（包括概念题、简答题、计算题、分析题等）；
- 2、平时成绩占 30%（大作业成绩占 20%，考勤占 10%）。

期末闭卷考试是对课程全部知识和方法的综合考核；大作业内容主要是对纵向/侧向扰动运动动态特性的分析与仿真等，考察学生对飞行力学相关理论知识和方法的掌握与应用。

六、教材和参考资料

教材：

[1] 《飞行控制系统》，张明廉，航空工业出版社，1994，ISBN 9787800467578。

[2] 《有翼导弹飞行动力学》，李新国、方群，西北工业大学出版社，2005，ISBN 978-7-5612-1806-8。

参考资料：

[1] 《导弹飞行力学》，钱杏芳等，北京理工大学出版社，2000，ISBN 7-81045-714-4。

[2] 《航空飞行器飞行动力学》，方振平等，北京航空航天大学出版社，2005，ISBN 978-7-81077-670-7。