

《飞行控制》课程教学大纲

课程基本信息 (Course Information)					
课程代码 (Course Code)	AV311	*学时 (Credit Hours)	48	*学分 (Credits)	3
*课程名称 (Course Name)	飞行控制 Flight Control of Aircrafts				
课程性质 (Course Type)	专业基础课 basic course of aerospace engineering				
授课对象 (Audience)	Senior students, majoring in Aerospace Engineering				
授课语言 (Language of Instruction)	中文 Chinese				
*开课院系 (School)	航空航天大学 / School of Aeronautics and Astronautics				
先修课程 (Prerequisite)	飞行力学, 自动控制原理 Flight Mechanics, Principle of Automatic Control				
授课教师 (Instructor)	刘世前(Shiqian LIU)	课程网址 (Course Webpage)	ftp://portal.sjtu.edu.cn/public-files/ visiting name: liushiqian		
*课程简介 (Description)	<p>本课程是航空航天大学本科学生的一门必修课，本课程主要内容包 括：飞机刚体运动动力学，飞行稳定性和操纵性分析，飞行品质与设计规 范，古典飞行控制设计方法，现代飞行控制设计方法，典型飞行控制系统， 现代飞行控制技术。</p> <p>通过该课程的学习，使得学生熟悉飞行控制的基本概念，能够运用 飞行控制知识对基本动力学现象进行解译，熟悉飞行控制的基本设计理论 和方法，并用之进行飞行控制律的设计，为今后从事飞行器控制系统设计、 制造以及研究工作打下基础。</p>				
*课程简介 (Description)	<p><i>Flight Control of Aircrafts</i> is a basic course for the senior students majoring in Aerospace Engineering. The contexts are focus on the following topics: rigid-body motion dynamics of airplanes, analysis of flight stability and manipulator performance, introduction of flight qualities and design rules, classical flight control design methods, modern flight control design methods,</p>				

	<p>design of the typical flight control systems, and some modern flight control technology, etc.</p> <p>By learning the course, students would be familiar with basic conceptions of flight control, be able to interpret basic flight dynamics phenomena, and to design flight control laws by using basic flight control theory and methods. Student minds would be expanded by modern flight control technology, and make a stone foundation for their future research work on flight control system design or manufacture.</p>
--	--

课程教学大纲 (Course Syllabus)

<p>*学习目标 (Learning Outcomes)</p>	<p>第 1 章 绪论</p> <p>本章通过探讨几个飞行控制问题, 介绍飞行控制研究对象, 从空气动力学、飞行力学与性能及飞行控制关系入手, 描述飞行控制这门课程在航空领域作用和定位; 然后简要介绍飞行控制发展进程; 最后, 介绍飞行控制的分类和研究方法等, 给学生对飞行控制有一个总体印象。</p> <p>该章掌握知识要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 飞行控制系统的组成; (2) 飞行控制系统基本设计方法; (3) 飞行控制与飞行动力学、空气动力学之间的关系。 <p>第 2 章 飞机的飞行性能</p> <p>本章介绍飞机运动涉及的典型坐标系, 包括: 机体坐标系、地面/惯性坐标系、气流坐标系、稳定坐标系、航迹坐标系等。</p> <p>该章掌握知识要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 坐标旋转变换的规则; (2) 典型坐标系之间的关系; <p>第 3 章 飞机运动的静稳定和控制</p> <p>本章以飞机的纵向、横侧向运动动力学为对象, 分析纵向、横侧向运动相关的静稳定及其影响因素, 以及驾驶员如何操纵飞机。</p> <p>该章掌握知识要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 纵向定直飞行飞机力和力矩平衡 (2) 纵向曲线飞行中附加气动力矩及其平衡 (3) 横侧向静稳定及力矩平衡 (4) 定常直线侧滑飞行飞机的侧力和力矩平衡 (5) 定常曲线飞行中侧力和力矩平衡 <p>第 4 章 飞机刚体运动动力学</p> <p>本章介绍现代飞机飞行动力学方程, 假设飞机被视为刚体, 从线运动和角运动两个角度, 依据牛顿第二定律、动量矩定理, 建立现代飞机的 6 自由度模型。运用</p>
--------------------------------------	--

小扰动理论进行模型线性化，并以状态空间形式进行表示。运用纵横分离原理，将6自由度模型分解为纵向运动、横侧向运动两类3自由度运动模型。

该章掌握知识要点：

- (1) 刚体运动6自由度动力学方程，运动学方程；
- (2) 小扰动线性化设计方法；
- (3) 纵横分离基本思想；
- (4) 纵向运动小扰动线性化动力学、运动学模型；
- (5) 横侧向运动小扰动线性化动力学、运动学模型。

第5章 飞机运动的动稳定和控制

本章以飞机的纵向、横侧向运动动力学为对象，分析纵向、横侧向运动相关的动稳定及其影响因素，考察纵向运动两个典型模态：短周期模态与长周期模态特征，并分析操纵控制对纵向运动稳定性的影响。考察横侧向运动三个典型模态：滚转收敛模态、螺旋模态、荷兰滚模态特征，并分析操纵控制对横侧向运动稳定性的影响。

该章掌握知识要点：

- (1) 运动稳定性基本概念：静稳定、动稳定；
- (2) 运动模态基本形式：特征根为实根、复根及不同形式对应不同运动模态；
- (3) 纵向运动两个典型模态：短周期模态与长周期模态特征,形成原因；
- (4) 侧向运动三个典型模态：滚转收敛模态、螺旋模态、荷兰滚模态特征,形成原因；
- (5) 初值输入对纵向运动、侧向运动典型模态的响应、操纵控制输入对纵向运动、侧向运动典型模态及运动稳定性的影响。

第6章 飞机飞行品质与设计规范

飞行品质与设计规范 本章首先介绍飞行控制系统设计任务和目标，飞行品质的基本概念(操纵性、稳定性及品质规范)以及飞行品质规范发展过程与规范要求，包括：飞机三轴飞行品质，纵向飞行品质，横侧向飞行品质。重点讲述了飞机飞行品质评价准则，包括：低阶等效准则，CAP准则，C*准则，航迹稳定规范，横侧向品质要求，控制系统的稳定裕度等。

该章掌握知识要点：

- (1) 飞行品质等级划分及品质规范对飞机类型、飞行场域的划分；
- (2) 飞机飞行品质规范与飞行控制系统设计之间的关系；
- (3) 低阶等效拟配设计方法；
- (4) 纵向 CAP 评价准则含义与应用；
- (5) C*准则设计基本原理。

第7章 古典飞行控制设计方法

本章主要讲解飞行控制系统设计的古典方法，包括：根轨迹法，频域法，系统的比例-积分-微分(PID)调节法等。其中，根轨迹法不仅包括单回路根轨迹设计，而且包括多回路根轨迹设计；频域法主要是使用 Bode 图设计飞行控制律，系统的 PID 调节法主要是针对单输入单输出(SISO)和多输入多输出(MIMO)系统的增益调参设计方法。

该章掌握知识要点：

- (1) 单、多回路根轨迹设计方法与应用；
- (2) Bode 图设计飞行控制律；

	<p>(3) SISO 和 MIMO 系统的增益调参设计.</p> <p>(4) 超前-滞后校正</p> <p>(5) PID 控制设计</p> <p>第 8 章 现代飞行控制设计方法</p> <p>本章简要介绍现代飞行控制设计常用方法, 包括极点配置、线性二次型最优控制方法, 进行现代飞行控制律设计。其中, 极点配置不仅要掌握设计方法, 而且要了解极点选择与飞行控制系统的关系; 线性二次型最优控制方法, 如线性二次型调节器。</p> <p>该章掌握知识要点:</p> <p>(1) 极点配置法控制律设计;</p> <p>(2) 线性二次型调节器(LQR)。</p> <p>第 9 章 飞行控制实验教学</p> <p>本章主要介绍旋翼飞行器飞行基本动力学建模, 姿态、位置飞行控制设计, 航迹规划设计, 以及综合运用经典、现代飞行控制设计方法, 设计、仿真与飞行验证双、四旋翼飞行控制。该章的内容是主要是将本课程所学习的内容在飞行验证平台进行实践教学, 拟提高学生对飞行控制的工程实践能力。</p> <p>该章掌握实验要点:</p> <p>(1) 双旋翼姿态控制实验;</p> <p>(2) 双旋翼自动干扰系统(ADS)鲁棒镇定实验;</p> <p>(3) 四旋翼姿态控制实验;</p> <p>(4) 四旋翼悬停实验;</p> <p>(5) 四旋翼直线飞行实验;</p> <p>(6) 四旋翼航迹规划与跟踪实验;</p> <p>以上实验内容根据学生掌握情况, 进行分组实验。</p>
--	---

<p>*教学内容、进度安排及要求(Class Schedule & Requirements)</p>	教学内容	学时	教学方式	作业及要求	基本要求	考查方式
	绪论	3 学时	课堂	课堂测试 课后习题	独立完成	作业成绩
	飞行性能——坐标系介绍	3	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	飞行静稳定和控制	9	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	飞机刚体运动动力学	6 学时	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	飞机运动稳定和控制	9 学时	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	飞行品质与设计规范	5 学时	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	古典飞行控制设计方法	9 学时	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩
	现代飞行控制设计方法	4 学时	课堂	课后习题	独立完成	作业成绩

	飞行控制实 验教学	6 学时	课后教学实 验	实验报告	团队协作	报告成绩
*考核方式(Grading)	平时成绩(作业+考勤) 15% + 期末考试 70% + 课程设计与实验 15%					
*教材或参考资料 (Textbooks & Other Materials)	现代飞机飞行动力学与控制, 刘世前, 上海交通大学出版社, 2014, 第 1 版, ISBN 978-7-313-12041-0 Flight dynamics and control of modern aircrafts, Shiqian Liu, Shanghai Jiaotong University Press, 2014, ISBN 978-7-313-12041-0					
其它 (More)						
备注 (Notes)						

备注说明:

1. 带*内容为必填项。
2. 课程简介字数为 300-500 字; 课程大纲以表述清楚教学安排为宜, 字数不限。