

《飞行控制系统》教学大纲

一、课程基本信息

课程编号	1070002059
课程中文名称	飞行控制系统
课程英文名称	Flight Control System
课程类别	专业与专业方向课
适用专业	自动化
开课学期	第六学期
总学时	48学时，其中课内讲授44学时、实验4学时
总学分	3
开课模式	必修
先修课程	线性代数、自动控制理论、现代控制理论
课程简介	本课程是自动化专业的专业方向课，系统地讲授了飞行器飞行的基本条件、飞行的数学模型、飞行控制技术以及飞行控制系统设计和分析的基本原理，主要内容包括：飞行动力学，刚体飞行器运动数学模型，飞行器的纵向运动，飞行器的侧向运动，纵向运动的稳定与控制，飞行速度控制系统，侧向运动的稳定与控制，飞行器的增稳与控制增稳系统。
建议教材	张曙光等. 飞行力学与飞行控制. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004
参考资料	[1] 吴森堂. 飞行控制系统. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006 [2] 张明廉. 飞行控制系统. 北京: 航空工业出版社, 1994 [3] 张曙光等. 飞行力学与飞行控制. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004

二、课程教学目标

1. 学生通过学习飞行控制系统的基本原理，飞行器飞行的受力特点，及其基本运动规律，理解飞行控制的基本概念，飞行控制任务，飞行控制系统的基本构成。
2. 以飞行器飞行过程中的受力分析为基础，学生通过学习地面坐标系、机体坐标系、航迹坐标系等坐标系基本概念及坐标变换基本理论，能够运用飞行器飞行力学分析和设计飞行器控制系统的正确思路、概念和方法，建立飞行器控制系统复杂模型。训练学生考虑非技术因素的影响综合运用数学、物理等知识解决复杂工程问题，培养学生建立飞行器控制系统模型的能力。
3. 以飞行器质心运动方程为基础，学生通过学习飞行器的各项飞行性能的分析方法（如最大上升高度、最大航程、最大航时等），能够运用飞行器设计思想，实现飞行器设计过程中的某些参数设置。从而提高与航空器设计及应用相关的必要的理论素质和实践应用能力，为进一步从事航空专业学习和研究，或从事与飞行器设计及应用有关的工作如布局选型选参、总体方案性能检验等奠定基础。
4. 学生通过学习第一平飞区域、第二平飞区域概念，能够分析各平飞区域中飞行器控制过程所具有的不同特点。培养学生从飞行现象和实际工程中提出问题、分析问题和解决问题的兴趣，初步了解研究飞行控制系统的工具和方法。

5. 学生通过学习刚性飞行器控制系统分析的概念和方法；能够推导刚性飞行器动力学方程，在各坐标系下对作为刚体的飞行器进行受力分析，进而完成刚性飞行器动力学模型建模。
6. 学生能够建立飞行器的纵向运动方程并实现其线性化，进而分析纵向运动方程特征，最终完成飞行器纵向运动的稳定与控制。
7. 学生通过学习飞行器的侧向运动方程并实现其线性化，进而分析侧向运动方程特征，最终完成飞行器侧向运动的稳定与控制。
8. 学生能够对飞行器飞行速度进行控制，理解飞行器增稳方面的主要方法，能够根据复杂工程问题的实际要求，考虑非技术因素的影响确定合理的飞行器控制方式。培养学生树立安全、环保意识，满足飞控系统性能指标要求的工程设计能力和创新能力。

三、课程教学目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点		课程教学目标
	内容	H/L	
1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知用于解决自动控制领域复杂工程问题。	1.3 掌握自动化专业知识，能够将其应用于解决自动控制领域的复杂工程问题。	H	教学目标 1
2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析自动控制领域的复杂工程问题并获得有效结论。	2.2 能够根据自动化专业所学基本原理分析自动控制领域的复杂工程问题，研究求解过程。	H	教学目标 2、3、4、5
3. 设计/开发解决方案：能够设计针对自动控制领域复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的自动控制系统，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境等因素。	3.1 能够根据行业的特定需求，清晰描述自动控制系统的设计任务，识别任务面临的各项制约条件，完成系统综合性设计。	L	教学目标 3、4、5
	3.2 能够综合运用专业理论和技术手段设计针对自动控制领域复杂工程问题的解决方案，并在设计中体现创新意识。	L	教学目标 6、7、8
4. 研究：能够基于专业理论知识，采用科学方法对自动控制领域的复杂工程问题进行研究，能够根据问题设计实验，并对实验结果进行综合分析，通过信息综合得到有效结论。	4.1 能够运用自动化专业理论，采用科学方法对自动控制领域复杂工程问题进行实验方案设计。	L	教学目标 6、7、8

四、理论教学内容与要求

知识模块	知识点	教学要求	计划学时	支撑教学目标
1 飞行控制系统导论 (2 学时)	(1) 飞行控制系统的简史、现状与展望	记住飞行控制系统的简史、现状与展望概况	0.5	教学目标1
	(2) 飞行控制系统的基本组成	记住飞行控制的基本概念；掌握飞行控制系统的工作原理、飞行控制的任务；掌握飞行控制系统的基本构成。	1	
	(3) 飞行器控制的相关政策与法规	记住飞行控制系统的基本要求及相关政策与法规。	0.5	
2 飞行动力学 (10 学时)	(1) 作用在飞机上的外力	重点理解作用在飞机上的升力、阻力及推力等外力的概念及上述各外力与哪些因素有关，并能够对学习内容应用，计算飞行器受到的各外力。	1	教学目标1
	(2) 飞行器常用坐标轴系及其转换	能够理解飞行器各常用坐标轴系的基本概念，如地面坐标系、机体坐标系、航迹坐标系等，并能够熟练应用，能够对各坐标轴系间的转换矩阵进行计算。	2	教学目标2
	(3) 飞行器质心运动方程的建立	理解机理建模的步骤；理解在不同坐标系下对飞行器进行受力分析方法；能够通过应用各坐标轴系间的坐标变换完成飞行器质心运动方程的建立。	3	教学目标3
	(4) 飞机各飞行性能的分析方法	以飞行器质心运动方程为基础，重点理解飞行器的各项飞行性能的分析方法，如最大上升高度、最大航程、最大航时等；记住第一平飞区域、第二平飞区域概念，并重点分析各平飞区域中飞行器控制过程所具有的不同特点。	3	教学目标4
	(5) 飞行器操纵机构	记住飞行器各操纵机构的基本概念；理解各操纵机构在飞行控制过程中所起到的作用；能够解算带有操纵机构的飞行器质心运动方程。	1	
3 刚体飞行器运动数学模型 (8 学时)	(1) 刚性飞行器动力学方程	理解刚性飞行器控制系统分析的概念和方法；能够推导刚性飞行器动力学方程；在各坐标系下对作为刚体的飞行器进行受力分析，进而能够对刚性飞行器动力学模型进行建模。	3	教学目标5
	(2) 刚性飞行器运动学方程的推导	能够推导刚性飞行器运动学方程	2	
	(3) 运动方程组的线性化	记住线性方程组及非线性方程的基本概念；能够对非线性系统进行线性化；理解为什么在大量的基于模型的控制设计过程中都需要对非线性系统进行线性化处理；理解运动方程组的线性化方法。	1	
	(4) 纵向小扰动运动方程组	能够进行纵向小扰动运动方程的建模。	1	
	(5) 横侧小扰动运动方程组	能够进行横侧小扰动运动方程的建模。	1	
4 飞	(1) 纵向运动方程及其线性化	能够分析纵向运动方程的构建方法并进行线性化	1	教学目

行器的纵向运动(4学时)		化。		标6
	(2) 纵向运动全面传函及其特征	理解纵向运动全面传递函数构建方法及其特征。	1	
	(3) 纵向运动的近似	理解纵向运动的近似方法。	1	
	(4) 油门杆的作用与反操纵问题	理解油门杆的作用与反操纵问题。	1	
5 飞行器的侧向运动(4学时)	(1) 侧向运动方程及其线性化	理解侧向运动方程的构建方法及其线性化过程。	2	教学目标7
	(2) 侧向运动全面传递函数特征	能够构建侧向运动全面传递函数并理解其特征。	1	
	(3) 侧向运动的近似及典型模态	记住侧向运动的近似及典型模态。	1	
6 纵向运动的稳定与控制(6学时)	(1) 俯仰角位移自动驾驶仪及其控制原理	记住俯仰角位移自动驾驶仪及其控制原理。	1	教学目标6
	(2) 俯仰角位移控制系统的动态性能	理解俯仰角位移控制系统的动态性能。	1	
	(3) 俯仰角位移控制系统的稳态精度	记住 俯仰角位移控制系统的稳态精度分析方法。	1	
	(4) 俯仰角位移系统在风干扰下的分析	理解俯仰角位移系统在风干扰下的分析方法。	1	
	(5) 自动配平与自动驾驶仪的自动回零问题	理解自动配平与自动驾驶仪的自动回零问题	1	
	(6) 飞行高度的稳定与控制	理解飞行高度的稳定与控制方法	1	
7 飞行速度控制系统(4学时)	(1) 速度控制与纵向运动关系	理解速度控制与纵向运动关系。	2	教学目标8
	(2) 升降舵或发动机油门实现速度控制的基本方案	记住升降舵或发动机油门实现速度控制的基本方案	2	
8 侧向运动的稳定与控制(6学时)	(1) 风干扰下的侧向运动结构图及其分析	理解风干扰下的侧向运动结构图及其分析方法。	1	教学目标7
	(2) 滚转运动控制系统	理解滚转运动控制系统设计方法	1	
	(3) 航向角运动的稳定与控制	理解 航向角运动的稳定性控制方法	1	教学目

时)	(4) 侧向偏离的控制与稳定	理解侧向偏离的稳定性控制方法	1	标8
	(5)侧向运动自动导引	理解 侧向运动自动导引方法	1	
	(6)飞行器的增稳	了解 飞行器的增稳技术	1	

五、实验教学内容与要求

实验项目	实验原理	教学要求	实验设备及材料	实验类型	计划学时	支撑教学目标	必做/选做
1. 飞机纵向控制系统	以飞机纵向运动方程及全面传递函数为数学模型,通过俯仰角位移控制系统的分析与设计,实现飞行高度的稳定性控制。	理解飞机纵向运动方程及全面传递函数的建模方法,并通过俯仰角位移自动驾驶员及其控制原理,分析俯仰角位移控制系统的动态性能,及俯仰角位移系统在风干扰下的特性,最终实现飞行高度的稳定性控制。培养学生控制系统建模、调试和实验分析的能力。	Matlab 实验平台及 Simulink 软件系统;	验证型	2	教学目标 3	必做
2. 飞机侧向控制系统	以飞机侧向运动方程及全面传递函数为数学模型,通过建立风干扰下的侧向运动结构图,结合滚准运动控制,实现对飞机侧向偏离的稳定性控制。	理解飞机侧向运动方程及全面传递函数的建模方法,并通过建立风干扰下的侧向运动结构图并对其进行分析,结合滚准运动控制,实现对飞机侧向偏离的稳定性控制。培养学生控制系统建模、调试和实验分析的能力。	同实验1	验证型	2	教学目标 3	必做

六、考核要求及考核方式

1. 考核要求

- (1) 课程考核内容应能够切实考核是否达成各项课程目标；
- (2) 考核内容至少覆盖本课程知识点的60%；
- (3) 考核难度：基本难度题约60%，中等难度题约30%，高等难度题约10%。

2. 考核方式

考核环节	权重（%）	备注
期末考试	60	开卷考试
平时考核	30	作业、出勤、课堂小测验
实验操作	10	实验态度、操作技能和报告成绩