

《数学控制论》教学大纲

课程编码：112726

课程名称：数学控制论

学时/学分：72/4

先修课程：《数学分析》、《高等代数》、《常微分方程》

适用专业：信息与计算科学

开课教研室：应用数学教研室

一、课程性质与任务

1. 课程性质：本课程是信息与计算科学专业第七个学期的任意选修课。

2. 课程任务：了解现代控制理论的发展现状，线性系统的基本概念；了解凯莱—哈密尔顿定理，格拉姆矩阵，动态方程的标准形，系统实现中的基本概念；了解状态反馈的产生背景，状态反馈的概念，状态反馈的作用。跟踪问题，解耦控制。状态观测器的概念；了解零解、李亚普诺夫意义下的稳定和渐进稳定的定义；了解最优控制理论的发展历史，最优控制理论的研究成果；了解变分的基本概念，性能指标函数，哈密顿函数；了解最小值原理中的相关概念；了解二次型问题的相关概念，状态调节器，跟踪问题的定义。

掌握由系统微分方程或动态结构图建立系统的状态空间方程的方法，线性时不变齐次方程和非齐次方程的求解方法，由动态方程求传递函数矩阵，时变系统的齐次方程和非齐次方程的求解；掌握系统的可控性和可观测性的判据，动态方程的标准形的算法，系统分解的算法，单变量系统和多变量系统的实现算法，并由此解决实际问题；掌握极点配置的算法，用状态反馈进行解耦控制的算法，全维状态观测器和降维状态观测器的实现算法；掌握零解稳定、渐进稳定、系统 BIBS 全稳定和系统 BIBO 全稳定的判定方法；掌握最优控制问题的构成部分；掌握变分的计算，欧拉—拉格朗日方程，横截条件，拉格朗日乘子法；掌握最小值原理的结论；掌握线性时变系统状态调节器和线性定常系统状态调节器的结论。

重点掌握由系统微分方程或动态结构图建立系统的状态空间方程的方法，线性时不变齐次方程和非齐次方程的求解方法；重点掌握状态反馈增益矩阵的算法，观测器增益矩阵的算法。

二、课程教学基本要求

通过本课程的讲授与作业使学生了解现代控制理论的发展现状，线性系统的基本概念，掌握由系统微分方程或动态结构图建立系统的状态空间方程的方法，掌握极点配置的算法，用状态反馈进行解耦控制的算法，全维状态观测器和降维状态观测器的实现算法，掌握稳定的各种判断方法，重点掌握由系统微分方程或动态结构图建立系统的状态空间方程的方法，线性时不变齐次方程和非齐次方程的求解方法和状态反馈增益矩阵的算法，观测器增益矩阵

的算法。

成绩考核形式为考查成绩考核形式：末考成绩（闭卷考试）（70%）+平时成绩（作业、课堂提问、课堂讨论等）（30%）。成绩评定采用百分制，60分为及格。

三、课程教学内容

第一章 状态空间方法基础

1. 教学基本要求

了解现代控制理论，掌握系统动态方程的建立；线性时不变动态方程的解的概念，了解时变线性系统的基本知识。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

掌握系统动态方程的建立；线性时不变动态方程的解的概念；掌握传递函数矩阵的建立，系统动态方程的等价变换，了解连续时间方程的离散化和时变线性系统的基本知识。

3. 教学重点和难点

教学重点是系统动态方程的建立。教学难点是线性时不变动态方程的解。

4. 教学内容

- (1) 系统动态方程的建立
- (2) 线性时不变动态方程的解
- (3) 系统的传递函数矩阵
- (4) 系统动态方程的等价变换
- (5) 连续时间方程的离散化
- (6) 时变线性系统的基本知识

第二章 系统的可控性和可观测性

1. 教学基本要求

了解线性系统的可控性和可观测性，掌握动态方程的相关知识，单变量和多变量系统的实现方法。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

了解线性系统的可控性和可观测性的概念，掌握动态方程的标准型及分解，掌握单变量和多变量系统的实现

3. 教学重点和难点

教学重点是线性系统的可控和可观测性。教学难点是单变量和多变量系统实现。

4. 教学内容

- (1) 线性系统的可控性
- (2) 线性系统的可观测性
- (3) 动态方程的标准形

- (4) 动态方程的分解
- (5) 单变量系统的实现
- (6) 多变量系统的实现

第三章 系统的状态反馈及观测器

1. 教学基本要求

了解系统状态反馈的相关概念和知识,掌握用状态反馈进行解耦控制与状态观测器相关知识。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

了解状态反馈的概念,掌握用状态反馈进行解耦控制与状态观测器的理论和应用。

3. 教学重点和难点

教学重点是用状态反馈进行解耦控制。教学难点状态观测器。

4. 教学内容

- (1) 状态反馈与极点配置
- (2) 用状态反馈进行解耦控制
- (3) 跟踪问题的稳态特性
- (4) 状态观测器

第四章 线性时不变系统的稳定性分析

1. 教学基本要求

了解几种稳定性的概念和联系。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

了解 BIBS 稳定、BIBO 稳定和 T 稳定的概念及几种稳定性之间的关系,掌握运动模式及其收敛、发散和有界的条件和李亚普诺夫意义下的稳定、渐进稳定。

3. 教学重点和难点

教学重点是李亚普诺夫意义下的稳定、渐进稳定。教学难点李亚普诺夫意义下的稳定、渐进稳定。

4. 教学内容

- (1) 运动模式及其收敛、发散和有界的条件
- (2) 李亚普诺夫意义下的稳定、渐进稳定
- (3) 有界输入、有界状态 (BIBS) 稳定
- (4) 有界输入、有界输出 (BIBO) 稳定
- (5) 总体稳定 (T 稳定)
- (6) 稳定性之间的关系

第五章 最优控制概述

1. 教学基本要求

了解最优控制的发展。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

了解最优控制的发展史和最优控制问题的提法。

3. 教学重点和难点

教学重点是最有控制问题的提法。教学难点最有控制问题的提法。

4. 教学内容

(1) 最优控制发展史

(2) 最优控制问题的提法

第六章 最优控制中的变分法

1. 教学基本要求

理解变分的概念，掌握泛函极值的求解方法。

2. 要求学生掌握的基本概念、理论、方法

理解变分的基本概念和性质，掌握有约束条件和无约束条件的泛函极值问题。

3. 教学重点和难点

教学重点是泛函极值问题。教学难点是有约束条件的泛函极值问题。

4. 教学内容

(1) 变分的基本概念

(2) 无约束条件的泛函极值问题

(3) 有约束条件的泛函极值问题

四、学时分配表

章序	内容	课时	备注
一	状态空间方法基础	16	
二	系统的可控性和可观测性	16	
三	系统的状态反馈及观测器	12	
四	线性时不变系统的稳定性分析	12	
五	最优控制概述	6	
六	最优控制中的变分法	10	
合计		72	

五、主用教材及参考书

（一）主用教材：

《现代控制理论基础》 主编：程鹏 出版社：北京航空航天大学出版社 出版时间：2004

（二）参考书：

1. 《控制理论基础》主编：张庆灵 张雪峰 翟丁 出版社：高等教育出版社 出版时间：2008。

2. 《控制理论基础》主编：李训经 雍炯敏 周渊 出版社：高等教育出版社 出版时间：2002。

3. 《线性系统理论》 主编：郑大钟 出版社：清华大学出版社 出版时间：2002。

执笔：韦毅华

审定：朱耀生 梁桂珍