

海军工程大学 2027 年博士研究生招生考试大纲

科目代码：3017

科目名称：近代控制技术

一、考试要求

主要考查学生对线性系统基本概念的理解与掌握；对控制系统的状态空间描述的基本概念及其各种建立方法。线性控制系统的李雅普诺夫稳定性分析方法及其判别定理；线性控制系统的可控性与可观性判别定理；状态反馈与状态观测器的基本概念与设计等内容；线性系统复频率域分析的基本方法及应用。

二、考试内容

1. 线性系统的时间域分析

状态空间描述的概念、特点，由系统的输入输出描述导出状态空间描述，状态空间描述的约当规范型（对角线型或约当型），由状态空间描述导出系统的传递函数矩阵，状态变量的线性变换。线性连续系统的运动分析，线性连续系统的时间离散化，线性系统的能控性和能观测性的定义与判据，能控规范型和能观测规范型，线性变换，线性系统的结构分解，系统运动的外部稳定性与内部稳定性分析，李雅普诺夫稳定性分析。

2. 线性系统的时间域综合

状态反馈与输出反馈，状态反馈的极点配置问题，输出反馈的极点配置问题，镇定问题，分离性原理与全维状态观测器。

3. 线性系统的复频率域分析

多项式矩阵及其基本特性，单模矩阵，多项式矩阵的初等变换、互质性、既约性，史密斯标准形，传递函数矩阵的矩阵分式描述及其特性。

三、考试形式

考试形式为闭卷、笔试，考试时间为 2 小时，满分 100 分。

题型包括：填空或选择题 15 分、判断题 15 分，分析计算题 70 分。

四、参考书目

《线性系统理论基本教程》，主编郑大钟、赵千川，清华大学出版社，2022 年 11 月第 1 版。

海军工程大学博士研究生招生考试

近代控制技术 样卷

(科目代码 3017)

注意事项:

1. 本试卷共 2 页, 满分 100 分; 考试时间 120 分钟。
2. 所有试题都作答在答题纸(卡)上, 答在试卷上无效。
3. 考试结束后, 考生将答题纸(卡)和本试卷一同装入试卷袋后密封, 并在密封签上签名。

一、单项选择题(本大题共 5 小题, 每小题 3 分, 共 15 分)

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的, 请将其代码填写在答题纸上对应题号内。错选、多选或未选均无分。

1. 给定线性定常系统 (A, B, C) , 若对给定的对称正半定矩阵 $Q \geq 0$, 矩阵方程 $A^T P + PA = -Q$ 的解 P 是正定对称的, 则系统在(平衡点) $x_e = 0$ 处是(李氏意义下)_____。

- A. 渐近稳定的 B. 稳定的, 但不是渐近稳定的 C. 稳定的 D. 不稳定的

2. 已知线性系统状态转移矩阵 $\Phi(t) = \begin{bmatrix} 2e^{-t} - e^{-2t} & e^{-t} - e^{-2t} \\ -2e^{-t} + 2e^{-2t} & -e^{-t} + 2e^{-2t} \end{bmatrix}$, 则该系统的状态矩阵 A 为_____。

- A. $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}$ B. $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ C. $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$ D. $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

3. 对于不能控系统, 以下说法错误的是_____。

- A. 不能控系统是不一定可镇定的。
B. 满足系统可镇定的充要条件, 就存在状态反馈使闭环系统稳定。
C. 满足系统能观测性的条件, 就存在状态反馈使闭环系统稳定。
D. 可能存在状态反馈使闭环系统稳定。

4. 关于李亚普诺夫稳定性定理中的能量函数, 以下说法正确的是_____。

- A. 它必须是正半定的 B. 它必须是负定的 C. 它必须是正定的 D. 它必须是负半定的。

5. 关于线性系统的能控性和能观测性之间是什么关系?

- A. 合作 B. 互逆 C. 对偶 D. 协同

二、判断题(本大题共 5 题, 每题 3 分, 共 15 分)(全部打“√”或“×”得零分。)

6. 由一个状态空间模型可以确定唯一一个传递函数。 ()
7. BIBO 稳定的系统是平衡状态渐近稳定。 ()

8. 互为对偶的状态空间模型具有相同的可控性。 ()
9. 线性系统只有唯一一个平衡点。 ()
10. 线性定常系统状态反馈可镇定的充要条件是系统的不能控子系统是稳定的。 ()

三、计算题 (本大题共 5 小题, 共 70 分)

11. (12 分) 已知系统结构图如下图 1 所示, 其状态变量为 x_1, x_2, x_3 。

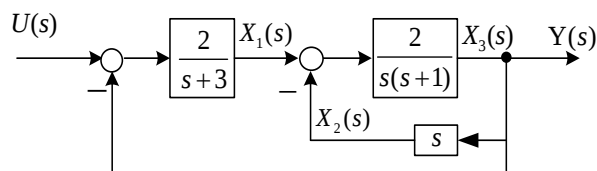


图1

- (1) 写出图示系统的状态方程及输出方程。
- (2) 根据状态空间表达式画出系统的状态变量图。
12. (12 分) 试将下列状态方程化为对角标准形。

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 2 \\ -12 & -7 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 5 \\ 7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

13. (22 分) 已知系统状态方程为

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \\ 1 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [0 \quad 3]x$$

- (1) 若 $x(0) = [1 \quad 1]^T$, 求在 $u(t) = 1(t)$ 作用下的 $x(t)$, $y(t)$ 。
- (2) 若采样周期为 $T = 1$, 试求相应的离散时间状态方程。
- (3) 能否利用状态反馈将闭环系统极点配置为 $-4 \pm j4$, 若可以, 求出状态反馈阵 K 。
14. (12 分) 给定连续时间的定常系统

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -x_1 - (1 + x_2)^2 x_2 \end{aligned}$$

试用李雅普诺夫第二方法判断其在平衡状态的稳定性。

15. (12 分) 给定 2×3 传递函数矩阵 $G(s)$

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{(s+1)}{(s+2)(s+3)^2} & \frac{(s+1)}{(s+3)} & \frac{s}{(s+2)} \\ \frac{-(s+1)}{(s+3)} & \frac{(s+3)}{(s+4)} & \frac{s}{(s+1)} \end{bmatrix}$$

试求 $G(s)$ 的左 MFD 和右 MFD。