

# 鲁棒控制

控制系统 { 确定的  
                非确定的：模型的不精确性和外部干扰

\***鲁棒控制**：一个控制系统在存在不确定的情况下，如果能使系统仍保持预期的性能，使模型的不精确性和外部干扰造成的系统的性能改变是可以接受的。

\***Robust**: 鲁棒，稳健的，有适应能力的

# 1. LTI鲁棒控制器

考虑系统

$$\left. \begin{array}{l} \dot{x} = Ax + Bu + Ew \\ y = Cx + Du + Fw \\ e = y - y_r \end{array} \right\} \quad (5.1)$$

参考输入  $y_r$  满足如下状态方程:

$$\left. \begin{array}{l} \dot{z}_r = A_r z_r \\ y_r = C_r z_r \end{array} \right\}$$

干扰  $w$  满足如下状态方程:

$$\left. \begin{array}{l} \dot{z}_w = A_w z_w \\ w = C_w z_w \end{array} \right\}$$

控制问题:

- 设计控制器, 使达到输出调节, 即  $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$ 。
- 当模型  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  存在一定的扰动时, 系统仍能达到输出调节, 即设计**鲁棒(伺服)控制系统**。

## 2. 鲁棒控制器存在的条件

**定理5-1** 鲁棒控制器存在的充分必要条件是

1)  $(A, B)$  可镇定

2)  $(C, A)$  可检测

意味着系统中不稳定的部分是能控能观测的，因而可通过输出动态反馈镇定。

3)  $m \geq r$

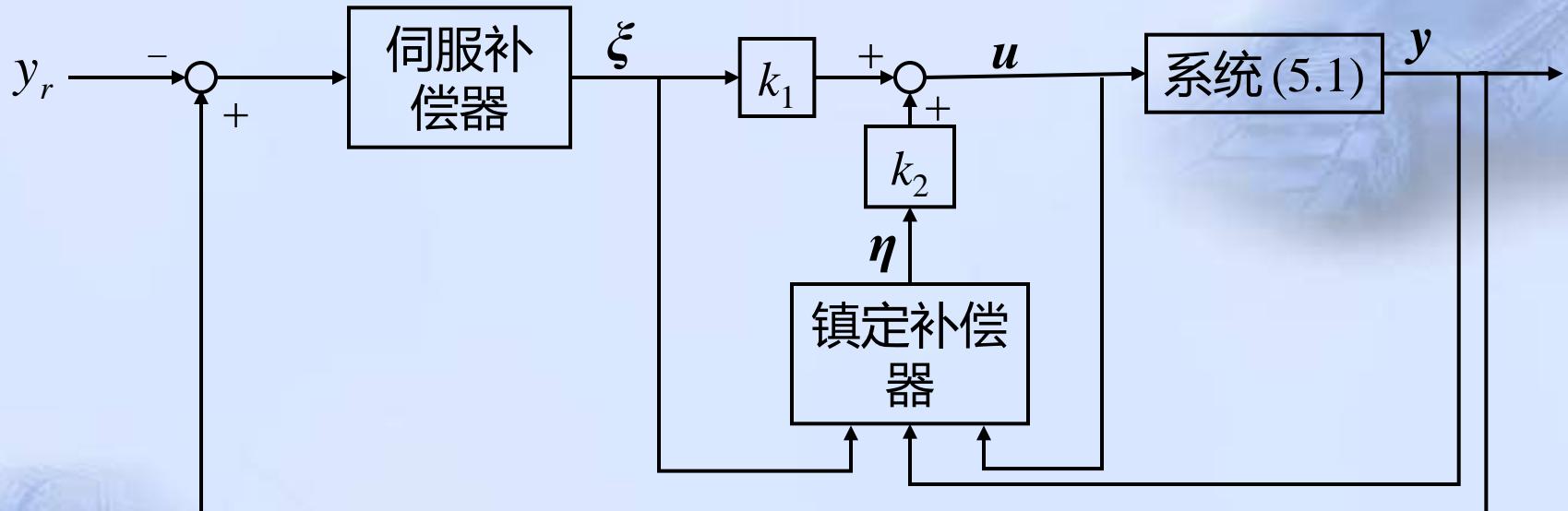
⊕ 输入变量的维数大于等于输出变量的维数

4) 对  $A_r$  或  $A_w$  的任一特征值  $\lambda$

$$\text{rank} \begin{bmatrix} A - \lambda I & B \\ C & D \end{bmatrix} = n + r$$

表明  $A_r$  或  $A_w$  的任一特征值  $\lambda$  都不是系统的传递零点。

### 3. 鲁棒控制器的一般结构



- 鲁棒控制器的结构：由伺服补偿器和镇定补偿器构成。
  - 伺服补偿器的作用：在克服干扰  $w$  的作用实现输出调节，使输出跟踪参考输入，没有稳态误差，它的输出记为  $\xi$ 。 (克服干扰+输出跟踪)
  - 镇定补偿器的作用：使整个闭环系统稳定，它以  $\xi, u, y$  为输入，它的输出记为  $\eta$ 。 (静态反馈，使闭环稳定)
- 在整个控制系统中作用于被控对象的控制向量为  $u = K_1 \xi + K_2 \eta$ ，式中是  $K_1, K_2$  需要设计的反馈矩阵。

## 4. 内模原理

- 伺服补偿器的设计只由干扰向量  $w$  和参考输入  $y_r$  的动态特性( $A_w$  或  $A_r$  的特征值)决定，而与被控对象无关。
- 因此，在伺服补偿器(**克服干扰 + 输出跟踪**)中包含了外部环境(扰动和参考输入)的模型。这说明欲克服外部干扰，实现输出调节，需在控制器内引入一个外部动态的模型。在调节器的设计中这一事实称为**内模原理**。