

# 倒立摆控制（状态观测器+状态反馈）

倒立摆的状态空间方程（平衡点附近线性化）

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.363 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 15.244 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0.494 \\ 0 \\ -0.741 \end{pmatrix} u$$

$$(y) = \begin{pmatrix} x \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{pmatrix}$$

## 龙伯格观测器

- 观测器的状态空间方程

$$\dot{\hat{x}} = (A - LC)\hat{x} + Bu + Ly$$

其中， $L$  为待定的增益矩阵

- 状态估计误差满足以下微分方程

$$\dot{\tilde{x}} = \dot{x} - \dot{\hat{x}} = (A - LC)\tilde{x}$$

- 观测器误差收敛到0的条件是误差系统的极点在左半平面（特征值实部小于0），可以使用scipy进行极点配置求解增益矩阵

```
1 L = place_poles(A.T, C.T, desired_poles).gain_matrix.T
```

place\_poles根据极点求解A-BK的反馈矩阵K，对于A-LC的形式，为了求解增益矩阵K，需要先转置，然后对结果转置

## 离散时间观测器设计

和连续系统类似，极点配置时确保在单位圆内

## 参考资料

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/588922235>

[https://panqiincs.me/2023/12/07/discrete-observer-](https://panqiincs.me/2023/12/07/discrete-observer-design/)

[design/https://techteach.no/publications/discretetime\\_signals\\_systems/discrete.pdf](https://techteach.no/publications/discretetime_signals_systems/discrete.pdf)

