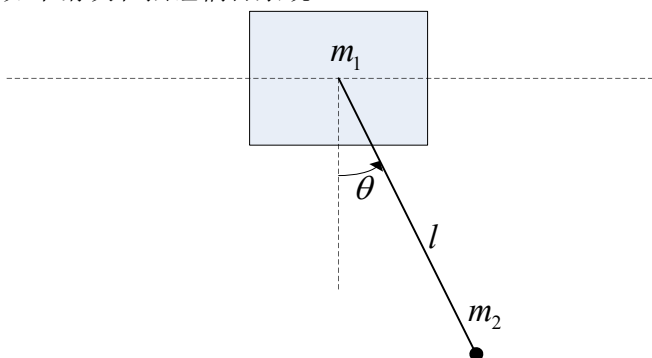


1523301、1523302 班《控制系统设计与数值仿真》第 05 次上机实验

第 1 题:

如下滑块和摆锤耦合系统



已知系统动力学方程如下

$$\begin{cases} (m_1 + m_2)\ddot{x} + m_2 l \ddot{\theta} \cos \theta - m_2 l \dot{\theta}^2 \sin \theta = F \\ m_2 \ddot{x} \cos \theta + m_2 l \ddot{\theta} + m_2 g \sin \theta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中: m_1, m_2 分别是滑块和摆锤的质量, l 是摆杆的长度, g 是重力加速度, x 是滑块的位置坐标, θ 是摆杆的摆角, F 是作用在滑块上的水平控制力。

现在设计了一个非线性控制律, 以期实现滑块位置回零和摆杆摆角回零, 控制律如下

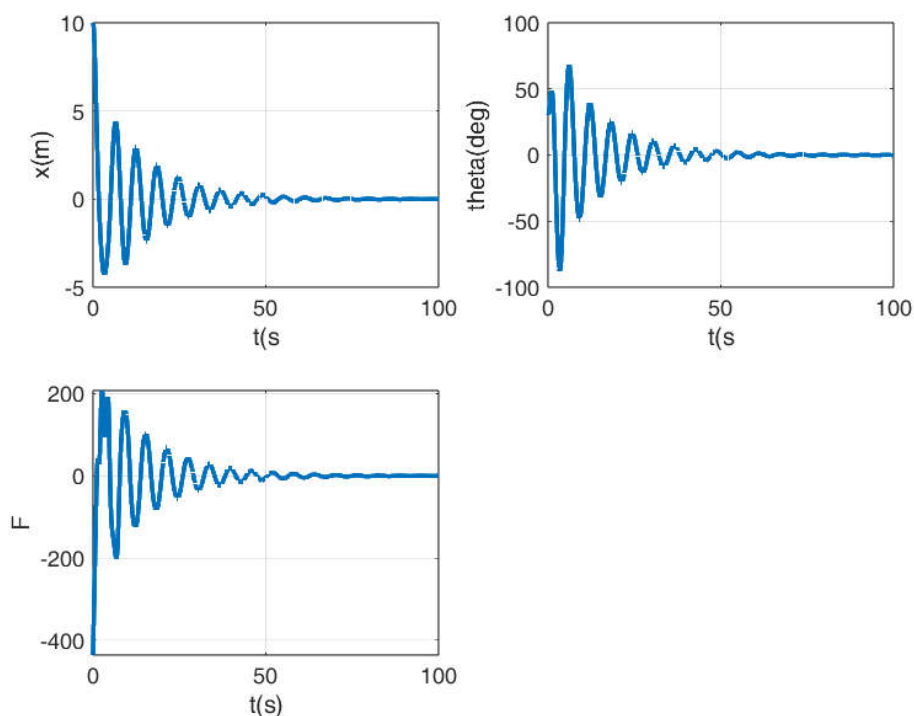
$$F = -m_2(g \cos \theta + l \dot{\theta}^2) \sin \theta - k_p(m_1 + m_2 \sin^2 \theta)(m_1 x - m_2 l \sin \theta) - k_d(m_1 \dot{x} - m_2 l \dot{\theta} \cos \theta) \quad (2)$$

已知入口参数:

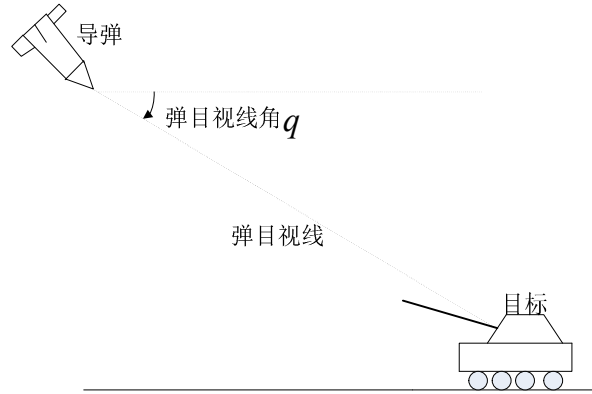
$$\begin{cases} m_1 = 20(\text{kg}), m_2 = 10(\text{kg}), l = 5(\text{m}), g = 9.8(\text{m/s}^2) \\ x(0) = 10(\text{m}), \theta(0) = 30^\circ, \dot{x}(0) = 0, \dot{\theta}(0) = 0 \end{cases}$$

试自编龙格库塔程序对系统的受控运动过程进行仿真。

仿真效果如下图:



第2题:



已知导弹运动简化方程如下

$$\begin{cases} \dot{x}_m = v_m \cos \theta_m \\ \dot{y}_m = v_m \sin \theta_m \\ \dot{v}_m = -g \sin \theta_m - \frac{Q}{m} \\ v_m \dot{\theta}_m = -g \cos \theta_m + \frac{Y}{m} \end{cases}$$

其中 x_m 表示导弹纵程, y_m 表示其飞行高度, v_m 表示导弹速度, θ_m 表示弹道倾角, m 表示导弹质量, g 表示当地重力加速, $Q = \frac{1}{2} \rho v_m^2 S C_Q$ 表示导弹受到的气动阻力, ρ 表示当地大气密度, S 表示导弹气动特征面积, C_Q 表示导弹气动阻力系数 (由空气动力学计算或风洞试验测定), Y 表示导弹受到的气动升力。

目标因为是地面的, 且为简化计, 只考虑其纵向运动, 故其运动学方程为

$$\dot{x}_t = v_t$$

现设导弹制导律的形式已经设计好:

$$Y = kmv_m \dot{q} + mg \cos \theta_m \quad (\text{带重力补偿的变系数自适应比例导引律})$$

并且考虑到实际情况, 应对 Y 进行限幅, 即 Y 的绝对值不能超过 $20mg$ 。

其中 q 表示弹目视线角, \dot{q} 表示弹目视线角速率, 其表达式分别如下

$$q = -\arctan \frac{y_m}{x_t - x_m}, \quad \dot{q} = \frac{v_m}{r} \sin(q - \theta_m) - \frac{\dot{x}_t}{r} \sin q$$

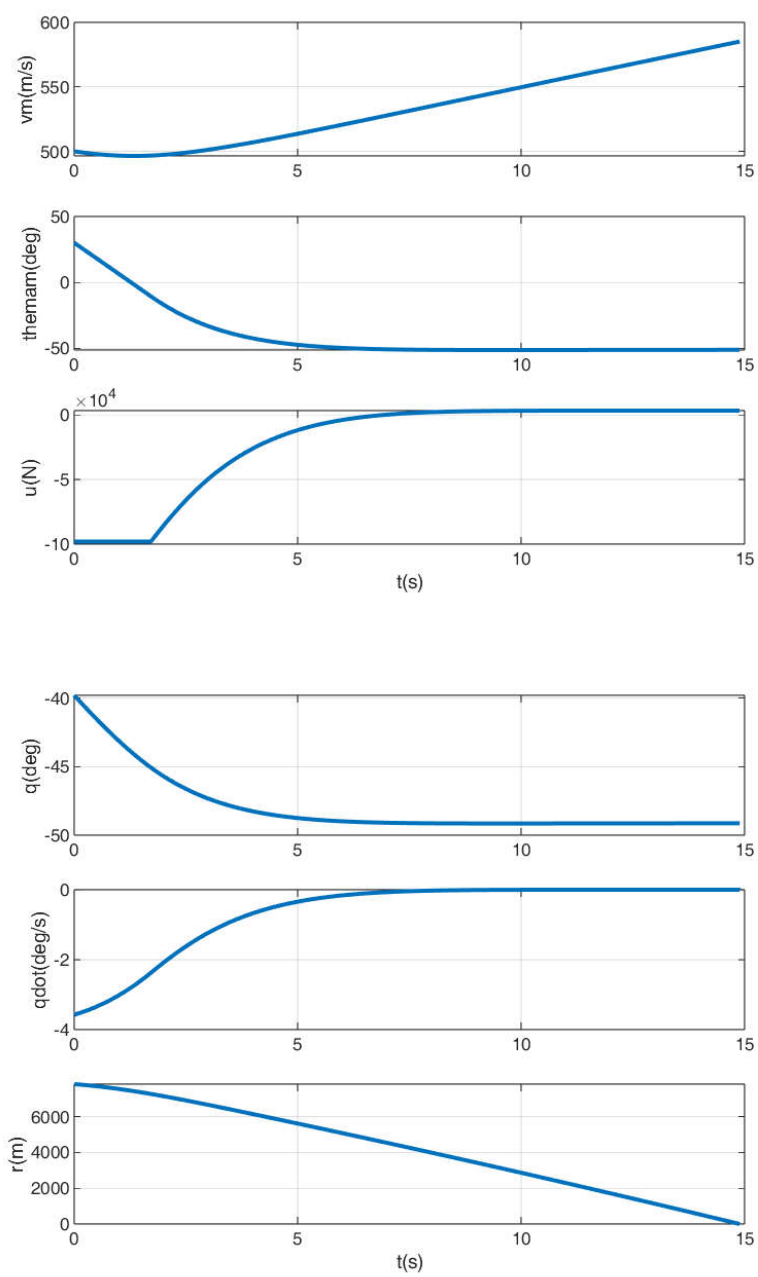
其中 r 表示弹目距离, 可通过导引头在线测量。

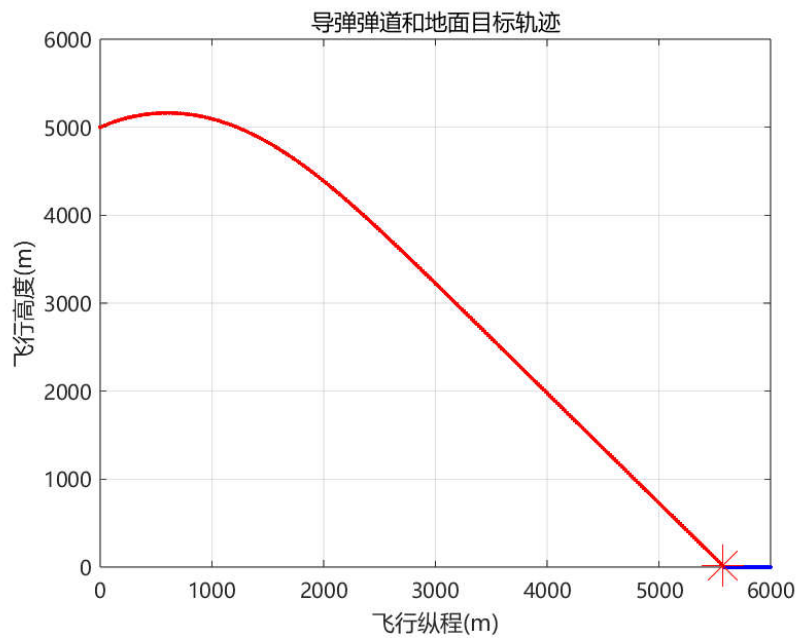
仿真参数:

$m = 500(\text{kg})$, $x_m(0) = 0(\text{m})$, $y_m(0) = 5000(\text{m})$, $v_m(0) = 500(\text{m/s})$, $\theta_m(0) = 0^\circ$ (即水平发射), $x_t(0) = 6000(\text{m})$, $v_t = -72(\text{km/h})$ (目标匀速直线运动), $\rho = 1.225(\text{kg/m}^3)$, $g = 9.8(\text{m/s}^2)$, $S = 0.01(\text{m}^2)$, $C_Q = 0.1$.

请自编龙格库塔仿真程序, 验证制导律的有效性。

仿真效果图如下:





请务必注意：

每个题目建立一个文件夹，文件夹的名字定为“第 i 题” (i=1,2). 然后以自己的姓名加学号命名一个总的文件夹，譬如张三同学的文件夹为“张三 1523300**”，将以上两个文件夹装进去。最后通过系统提交总的文件夹。