1. 采用MATLAB或者C++语言编写弹道计算程序，采样周期为0.001s，针对，分别计算10s的轨迹，输出主要状态：俯仰角、俯仰角速度、攻角、弹道倾角和高度；

采用MATLAB编写程序，运行仿真后得到如下各状态量的变化曲线：



图1. 俯仰角 图2. 俯仰角速度



图3. 攻角 图4. 弹道倾角



图5. 高度

1. 根据(1)所得的结果，大致估计当把作为控制量输入u时，分别把俯仰角、俯仰角速度和攻角作为输出y时，响应特性符合怎样的典型环节组合？(一阶惯性、二阶惯性和积分)

由图可知，俯仰角速度及攻角的变化曲线从初始值上升经历震荡后趋于稳定值，故其响应特性符合二阶惯性环节；俯仰角是俯仰角速度的一阶积分，故其响应特性符合二阶惯性+积分环节。

1. 对于(2)中的结果，试图利用最小二乘法估计出环节对象的特征参数，并进行拟合对比。

**1.**

当舵偏角为-3deg时，通过仿真数据对特征参数进行辨识。

**a. 攻角**

由于攻角的响应特性符合二阶惯性环节，故设传递函数为：

对其拉普拉斯逆变换后，得到：

则：

令,则：

由最小二乘辨识方法可得：

通过MATLAB编程，仿真得到辨识结果：=

解得：

所以:

**b. 俯仰角速度**

分析同上，仿真得到俯仰角速度与舵偏角的传递函数为：

**c. 俯仰角**

由于俯仰角是俯仰角速度的一阶积分，故其传递函数为：

对上述三类状态量进行仿真对比，效果图如下：



(a) 攻角 (b) 俯仰角速度 (c) 俯仰角

图6.

**2.**

当舵偏角为-1deg时，通过仿真数据对特征参数进行辨识。分析同上，则可得到攻角的传递函数：

俯仰角速度的传递函数：

俯仰角的传递函数：

仿真对比如下图所示：



(a) 攻角 (b) 俯仰角速度 (c) 俯仰角

图7.

**3.**

当舵偏角为1deg时，通过仿真数据对特征参数进行辨识。分析同上，则可得到攻角的传递函数：

俯仰角速度的传递函数：

俯仰角的传递函数：

仿真对比如下图所示：



(a) 攻角 (b) 俯仰角速度 (c) 俯仰角

图8.

由上述三类情况可知，当舵偏角取不同角度时，其仿真数据辨识得到的结果均能较好的拟合物理模型中的状态变化，但其拟合精度随着舵偏角的增大而逐渐减小。