2021 秋飞行动力学及控制原理考试题（B 卷）

自动化学院

一、名词解释题（$3 \times 10 = 30$ 分）

1. 相对高度
2. 校正空速
3. 侧滑角
4. 气动中心（焦点）
5. 临界马赫数
6. 临界迎角
7. 清洗网络以及在俯仰控制中引入的原因
8. 风标静稳定性
9. 失速迎角
10. 航迹滚转角
11. 当量空速

二、简答题（$5 \times 6 = 30$ 分）

1. 解释空速管测量指示空速的工作原理。
2. 为什么单纯推油门杆不能导致飞机速度提升？
3. 飞机常见的几种阻力、成因及减阻措施。
4. 短周期模态的自然频率过小，可以采取什么措施校正？
5. 解释荷兰滚模态发散的成因。

三、计算题（10 分）

给一个横侧向运动方程组的矩阵形式，让你求它的荷兰滚模态的根和滚转阻尼模态的根。类似下图，但它给的是拉氏变换前的、矩阵形式的微分方程组，还带控制项。

以前面的算例为例，检验横航向方程简化后的近似程度，横侧运动方程为

$$\begin{bmatrix} s+0.1024 & 0 & 1 & -0.0369\overline{p}(s) \\ 11.3447 & s+2.2612 & -0.5563 & 0 \\ -3.8016 & -0.0244 & s+0.1289 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ p(s) \\ r(s) \\ \phi(s) \end{bmatrix} = 0.$$

特征多项式为

$$\Delta_0(s) = s^4 + 2.4925s^3 + 4.324212s^2 + 8.766443114s - 0.024077185,$$
$$\Delta_0(s) = (s^2 + 0.2126s + 3.84573)(s + 2.28261)(s - 0.0027429).$$

用第二种求解螺旋模态根的方法求得的根为 _____。

四、推导题（10 分 +20 分）

1. 利用定载静稳定性条件推导定载静稳定导数，并解释它和定速静稳定性的关系。

表 1: 特征根精确解与简化求解结果对比

模态	精确解	简化求解的根	偏差
荷兰滚模态	$s_{1,2} = -0.106315 \pm 1.95817i$	$s_{1,2} = -0.11565 \pm 1.94972i$	$\overline{\Delta s} = 8.78\% \pm 0.43\%i$
滚转模态	$s_3 = -2.28261$	$s = -2.2612$	$\dfrac{\overline{\Delta s}}{\overline{\Delta s}} = 0.94\%$
螺旋模态	$s_4 = 0.0027429$	$s = 0.0028843$	

该关系与前面的结果完全相同，称为定载静稳定性导数。如果

$$\left(\frac{\mathrm{d}C_m}{\mathrm{d}\alpha}\right)_{n_2=1} < 0,$$

在 $n_z = 1$ 的条件下，当飞行速度增加时，迎角必须减少；但迎角减少使得俯仰力矩增加，出现抬头力矩，阻止迎角减少，而使得阻力增大，飞行速度降低，从而使速度得到稳定。

2. 推导无风时航迹系下的飞机动力学方程。

$$\vec{F}_{\text{track}} = m\left(\frac{\tilde{\mathrm{d}}\vec{V}_{\text{track}}}{\mathrm{d}t} + \vec{\omega}_{\text{track}} \times \vec{V}_k\right) = m\begin{bmatrix} \dot{V}_k \\ V_k\dot{\chi}\cos\gamma \\ -V_k\dot{\gamma} \end{bmatrix}.$$

$$\vec{F}_{\text{track}} = S_{\chi\gamma}\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ mg \end{bmatrix}_{\text{earth}} + S_\mu^T S_{\alpha\beta}\begin{bmatrix} T \\ Y \\ 0 \end{bmatrix}_{\text{body}} + S_\mu^T\begin{bmatrix} -D \\ 0 \\ -L \end{bmatrix}_{\text{air}}.$$

航迹坐标系中的力方程式（无风时）为

$$\begin{cases} m\dot{V}_k = -D + Y\sin\beta + T\cos\alpha\cos\beta - mg\sin\gamma, \\ mV_k\dot{\gamma} = L\cos\mu - mg\cos\gamma - Y\sin\mu\cos\beta \\ \qquad\qquad + T(\sin\mu\cos\alpha\cos\beta + \cos\mu\sin\alpha), \\ mV_k\dot{\chi}\cos\gamma = L\sin\mu + Y\cos\mu\cos\beta \\ \qquad\qquad + T(\sin\mu\sin\alpha - \cos\mu\cos\alpha\sin\beta). \end{cases}$$