

陀螺仪分类：

自身结构特点分类：三自由度陀螺仪、二自由度陀螺仪

在飞行器上的功能来分：

姿态陀螺仪：它在飞行器上提供某一姿态的参考基准，并且用来测量与控制飞行器的姿态。这类仪表包括自由陀螺仪，垂直陀螺仪，陀螺方向仪。

测速陀螺仪表：它们用来测量飞行器的姿态角速度，姿态角加速度，线加速度。这类仪表包括速率陀螺仪与陀螺加速度表等。

陀螺平台：它们能在承受较大的外负荷力矩的情况下起到姿态陀螺仪的作用，并且可以用来稳定与控制飞行器上的其他部件或设备，包括单轴陀螺平台，双轴陀螺平台，三轴陀螺平台及多环平台等。

进动矢量表达式： $\omega \times H = M$ $\omega_y = \frac{M_x}{H \cos \beta}$

定轴性随地球自转：极地，赤道，轴南北极，任意纬度 ψ （ $2^* \psi$ ）

陀螺力矩： $M_{\text{陀}} = H \times \omega_{\text{牵}}$

$$\begin{array}{l} \text{技术方程式：} \begin{array}{l} \begin{array}{c} H \\ M_x \quad M_y \quad M_z \\ \dot{\omega}_x \quad \dot{\omega}_y \quad \dot{\omega}_z \\ J \dot{\omega}_x \quad J \dot{\omega}_y \quad J \dot{\omega}_z \\ \omega_x \quad \omega_y \quad \omega_z \\ H \omega_x \quad H \omega_y \end{array} \end{array} \begin{array}{l} \begin{array}{c} M_x = M_{\text{内}} \\ \dot{\alpha} = \omega_x \\ M_y \cos \alpha = M_{\text{外}} \\ \dot{\beta} \cos \alpha = \omega_y \end{array} \end{array} \begin{array}{l} \begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \end{array} \begin{array}{l} \begin{array}{c} M_{\text{内}} = J_e \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} \cos \alpha \\ M_{\text{外}} = J_e \ddot{\beta} \cos^2 \alpha - H \dot{\alpha} \cos \alpha \end{array} \end{array} \end{array}$$

以技术方程式为基础可得出常值力矩和冲击力矩下的运动分析：

冲击力矩：

$$\begin{array}{l} J_e \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} = 0 \\ J_e \ddot{\beta} - H \dot{\alpha} = 0 \\ \ddot{\beta} + \mu^2 \dot{\beta} = 0 \\ \dot{\beta} = A \sin \mu t + B \cos \mu t \\ \dot{\alpha} = A \cos \mu t - B \sin \mu t \end{array}$$

由冲击力矩的特点我们可以得到：

$$t = 0$$

$$\dot{\beta} = \dot{\beta}_0, \dot{\alpha} = 0$$

$$\dot{\beta} = \dot{\beta}_0 \cos \mu t$$

$$\dot{\alpha} = -\dot{\beta}_0 \sin \mu t$$

$$\beta = \frac{\dot{\beta}_0}{\mu} \sin \mu t + \beta_0$$

$$\alpha = \frac{\dot{\beta}_0}{\mu} \cos \mu t + \alpha_0 - \frac{\dot{\beta}_0}{\mu}$$

特点：

- ① 在冲击载荷下产生的运动是一个绕平衡位置的周期运动，高频微幅震动，章动
- ② H 越大，振幅越小，频率越高
- ③ 因为 μ 很大，所以可以看成是一个平衡位置附近的震动，表示定轴特性
- ④ 技术方程组角度出发，可忽略惯性力矩，此时不存在章动，同时，考虑摩擦阻尼的存在章动将消失。

常值力矩：

$$J_e \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} \cos \alpha = M_x$$

$$J_e \ddot{\beta} \cos^2 \alpha - H \dot{\alpha} \cos \alpha = 0$$

$$\ddot{\alpha} + \mu^2 \alpha = 0$$

$$\dot{\alpha} = A \sin \mu t + B \cos \mu t$$

$$\dot{\beta} = -A \cos \mu t + B \sin \mu t + \frac{M_x}{H}$$

由常值力矩的特点可以得到：

$$t = 0$$

$$\dot{\alpha} = 0, \dot{\beta} = 0$$

$$\dot{\alpha} = \frac{M_x}{H} \sin \mu t$$

$$\dot{\beta} = -\frac{M_x}{H} \cos \mu t + \frac{M_x}{H}$$

$$\alpha = \frac{M_x}{H \mu} (1 - \cos \mu t)$$

$$\beta = \frac{M_x}{H \mu} (\mu t - \sin \mu t)$$

- ① 微幅高频震动，震动重心可以看出有两部分组成移动分量，进动，振动分量，章动。

② 章动因为常值分量加上去一瞬间，产生一个冲击。

H 很大，且考虑摩擦，章动可以忽略

③ 不考虑章动分量的时候，会有 $\beta = \frac{M_x}{H} t$ $\alpha = \frac{M_x}{H\mu}$ （分析一下）

二自由度技术方程组（在三自由度上进行退化）：

$$M_x = J_e \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} \cos \alpha$$

三自由度陀螺仪分类：

自由陀螺仪：在飞行器上用来重现发射点动惯性坐标系，并且以此为方位基准，测量飞行器的姿态偏差角，输出与该偏差角成比例的信号给飞行器姿态控制系统。在某些程序飞行时还用来输出程序飞行控制指令信号，因此有初始对准修正装置。

垂直陀螺仪：飞行器用来重现当地地平坐标系，并以此为方向基准，测量飞行器相对于当地水平面（或地垂线）的姿态偏差角，输出与该偏差角成比例的信号给姿态控制系统。也可以输出程序飞行控制指令信号。（摆式加速度计）。

陀螺方向仪：在飞行器上用来实现当地子午线，并以此为方位基准，测量飞行器航向偏差角，输出与该偏差角成比例的信号给姿态控制系统。因此必须有敏感子午线的敏感元件所组成的跟踪修正装置。

三自由度速率陀螺仪：在飞行器上用来测量飞行器姿态角速度，输出与姿态角速度成比例的信号给飞行器的姿态控制系统。

自由陀螺仪的组成：

- ① 陀螺马达，高速旋转的转子，要求有尽量大的角动量 H 使平衡精度提高。
- ② 万向支架，把陀螺马达支撑起来，保证转子轴有三个转动自由度，对万向支架的要求是，质量轻，有足够的刚度，支架中心和陀螺组件重心相重合
- ③ 输电装置，电刷环式输电装置，接触可靠，摩擦要小，360°转动。
- ④ 角度传感器，解除可靠摩擦要小角度和输出成一定斜率质量轻对零位进行调整，防止较大的零偏输出。
- ⑤ 紧缩装置，在运输过程中不动，消除不良运动导致的损害，给陀螺转子轴定向。
- ⑥ 基座壳体，用来装配零件，并借以固定到飞行器或驾驶仪壳体上，刚度大，质量轻，制造精度高。

弹道式自由陀螺仪的安装

- ① 俯仰变化大因此为了防止失去自由度，因此用水平陀螺仪的外环轴测量俯仰角。
- ② 初始安装，要进行对准即自由陀螺仪测量轴与单体姿态测量轴重合或平行。
- ③ 在安装时，质心不平衡和支架弹体变形引起的误差降到最小。
- ④ 陀螺仪一定要安装到弹体形变最小的位置。

二自由度陀螺仪应用（原理）

陀螺力矩：

$$M_{\text{陀}} = H \cos \alpha \dot{\phi} - H \sin \alpha \dot{\gamma}$$

弹簧恢复力矩：

$$M_{\text{弹}} = K_{\text{弹}} L_1^2 \alpha = K \alpha$$

惯性力矩：

$$M_{\text{惯}} = J_X \ddot{\alpha}$$

阻尼力矩：

$$M_{\text{阻}} = K_{\text{阻}} \dot{\alpha}$$

摩擦力矩 $M_{\text{摩}}$

因此有式子

$$M_{\text{弹}} + M_{\text{惯}} + M_{\text{摩}} + M_{\text{阻}} = M_{\text{陀}}$$
$$K_{\text{弹}} L_1^2 \alpha + J \ddot{\alpha} + K_{\text{阻}} \dot{\alpha} = H \cos \alpha \dot{\phi} - H \sin \alpha \dot{\gamma}$$

因为角度都是小量，因此 $K_{\text{弹}} L_1^2 \alpha + J \ddot{\alpha} + K_{\text{阻}} \dot{\alpha} = H \dot{\phi}$ （陀螺仪运动方程式）

因为最终角度转动停止，因此可得 $\alpha = \frac{H}{K} \dot{\phi}$, $\mu = K_{\mu} \alpha = K_{\mu} \frac{H}{K} \dot{\phi}$

误差因素：非线性误差（ α 很小），交叉误差（伽马点），摩擦误差，弹性延迟误差，转子的不平衡

液浮陀螺仪基本原理：

组成：陀螺电机（磁滞电机），浮筒组件（支撑），浮液（密度大），力矩器（产生控制力矩，起电弹簧作用），信号器（产生与角度成正比的电信号），壳体（支撑）。

阻尼力矩： $M_D = 2\pi \frac{\eta l r^3}{\delta} \dot{\alpha}$

摩擦力矩： $M_{\text{摩}} = F_{\text{陀}} \mu r_1 = \frac{H \dot{\alpha}}{l} \mu r_1$

加速度计：线加速度计，摆式加速度计，开环加速度计，闭环加速度计，