

3、陀螺效应和陀螺力矩

陀螺效应

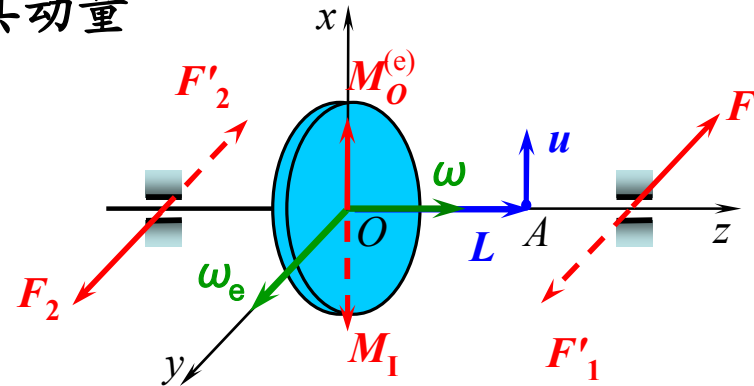
高速转动的机械中，转子的转轴方位发生改变时出现的一种物理现象。

转子以角速度 ω 绕对称轴 z 轴高速转动，其动量矩矢 $L=J_z\omega$ ，沿轴线方向。

假设转轴 z 轴以角速度 ω_e 绕着 y 轴转动。

则动量矩矢 L 的端点 A 获得速度 u 。

$$u = \omega_e \times L$$



根据**赖柴定理**，此时作用于转子的外力主矩矢量 $M_O^{(e)}$ 方向与 u 一致，也就是轴承的动约束力 F_1, F_2 组成的力偶的矩与 u 一致。

$$M_O^{(e)} = u = \omega_e \times J_z \omega$$

根据**作用与反作用定律**，转轴同时会对轴承作用两个与 F_1, F_2 等值反向的作用力(F'_1, F'_2)，它们组成的力偶的矩称为**陀螺力矩**（或**回转力矩**），记为 M_I

$$M_I = -M_O^{(e)} = J_z \omega \times \omega_e$$

当机械中高速转动部件的对称轴被迫在空间改变方位时，即对称轴被迫进动时，转动部件必对约束作用一个附加力偶，这种现象称为**陀螺效应**，附加力偶的矩称为**陀螺力矩**。

陀螺稳定器

$$M_I = J_z \omega \cdot \omega_e$$

例1 已知一喷气飞机的涡轮转子转速 $n=10000\text{rpm}$, 对转轴的转动惯量 $J_z=22.55\text{kg}\cdot\text{m}^2$, 转轴与机身的纵轴一致, 支撑转轴的轴承 AB 间距 $l=60\text{cm}$ 。当飞机以 $v=950\text{km/h}$ 的速度沿半径 $R=1000\text{m}$ 的水平圆弧转弯时, 计算轴承承受的附加动压力。

解: 转子自转角速度 $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \text{ k} = 1047 \text{ k rad/s}$

飞机绕水平圆弧转弯时, 进动角速度

$$\omega_e = \frac{v}{R} \mathbf{i} = 0.264 \mathbf{i} \text{ rad/s}$$

陀螺力矩 M_I 等于

$$M_I = J_z \omega \times \omega_e = 6233 \mathbf{j} \text{ N}\cdot\text{m}$$

轴承承受的附加动压力为:

$$F'_A = F'_B = \frac{M_I}{l} = 10388 \text{ N}$$

可见轴承要承受巨大的附加动压力, 设计时必须要考虑陀螺力矩的影响。

