



多旋翼飞行器设计与控制

第九讲 状态估计

全



北航可靠飞行控制研究组
BUAA Reliable Flight Control Group

东方智慧



兼听则明

前言

如何对多传感器信息进行融合？

大纲

1. 姿态估计
2. 位置估计
3. 速度估计
4. 障碍估计
5. 本讲小结

1. 姿态估计

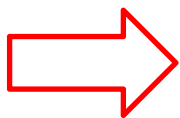
□ 测量原理

(1) 俯仰角和滚转角测量原理

根据第六讲气动阻力模型，忽略速度与角速度的交叉项，**比力**^b $\mathbf{a}_m$ 满足

$$\begin{bmatrix} a_{x_b m} \\ a_{y_b m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{v}_{x_b} + g \sin \theta \\ \dot{v}_{y_b} - g \sin \phi \cos \theta \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} -\frac{k_{\text{drag}}}{m} v_{x_b} \\ -\frac{k_{\text{drag}}}{m} v_{y_b} \end{bmatrix}$$

其中 ^b $\mathbf{a}_m = [a_{x_b m} \ a_{y_b m} \ a_{z_b m}]^T$ 是加速度计测量值。当系统处于稳定状态，比如匀速运动或者静止，即 $\dot{v}_{x_b} = \dot{v}_{y_b} = 0$



$$\begin{bmatrix} a_{x_b m} \\ a_{y_b m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g \sin \theta \\ -g \sin \phi \cos \theta \end{bmatrix}$$

1. 姿态估计

□ 测量原理

(1) 俯仰角和滚转角测量原理

因此，**低频**的俯仰角和滚转角信号观测量可以由加速度计读数近似获得，表示如下

$$\theta_m = \arcsin\left(\frac{a_{x_b m}}{g}\right)$$
$$\phi_m = -\arcsin\left(\frac{a_{y_b m}}{g \cos \theta_m}\right)$$

其中 ${}^b\mathbf{a}_m = [a_{x_b m} \quad a_{y_b m} \quad a_{z_b m}]^T$ 是加速度计测量值。

注：如果**机体振动很大**，那么 $a_{x_b m}, a_{y_b m}$ 将被噪声**严重污染**，这样将进一步影响角度 θ_m, ϕ_m 的估计。因此，机体的**减振**很重要。

1. 姿态估计

□ 测量原理

(2) 偏航角测量原理

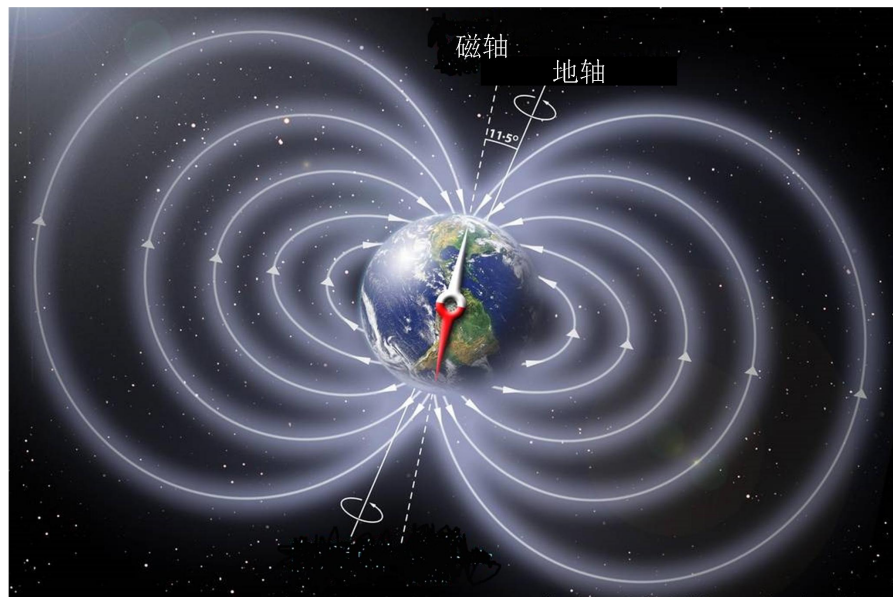


图9.1 地磁场示意图（感谢爱丁堡大学Peter Reid提供的图片）

磁轴和地轴不是重合的。磁场在地球表面的水平投影**不是严格指向地轴**。

磁偏角是磁场强度矢量的水平投影与正北方向之间的夹角，即磁子午线与地理子午线之间的夹角。如果磁场强度矢量的指向偏向正北方向以东称**东偏**，偏向正北方向以西称**西偏**。各个地方的磁偏角不同，而且由于磁极也处在运动之中，某一地点磁偏角会随时间而改变。因此，要精确找到**正北方向**，需要经过两步。

1. 姿态估计

□ 测量原理

(2) 偏航角测量原理

1) 第一步，确定磁场方向在水平面的向量，求出方位角。

磁力计的读数为 ${}^b\mathbf{m}_m = [m_{x_b} \ m_{y_b} \ m_{z_b}]^T$ 。考虑到磁力计可能不是水平放置，所以需要利用两轴倾角传感器测量的角度 (θ_m, ϕ_m) 将磁力计的测量值投影到水平面。因此，先做如下变换[1]

$$\bar{m}_{x_e} = m_{x_b} \cos \theta_m + m_{y_b} \sin \phi_m \sin \theta_m + m_{z_b} \cos \phi_m \sin \theta_m$$

$$\bar{m}_{y_e} = m_{y_b} \cos \phi_m - m_{z_b} \sin \phi_m$$

其中 $\bar{m}_{x_e}, \bar{m}_{y_e}$ 表示磁力计读数在水平面的投影。

[1] Caruso M J. Applications of magnetoresistive sensors in navigation systems[R]. SAE Technical Paper, 1997.

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/318110122131006073>