



多旋翼飞行器设计与控制

第十一讲 底层飞行控制



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



东方智慧



都江堰





核心问题

给定期望的位置，如何控制多旋翼的电机使其能够飞到目标位置？



大纲

1. 多旋翼底层飞行控制框架和模型化简
2. 位置控制
3. 姿态控制
4. 控制分配
5. 电机控制
6. 本讲小结



1. 多旋翼底层飞行控制框架和模型化简

□ 多旋翼底层飞行控制框架

多旋翼的底层飞行控制可以分为四个层次，分别为位置控制、姿态控制、控制分配和电机控制

位置控制：期望的三维位置 $\mathbf{p}_d$ $\rightarrow$ 解算期望姿态角 Θ_d (滚转、俯仰和偏航 ϕ_d, θ_d, ψ_d) 以及期望总拉力 f_d

姿态控制：期望姿态角 Θ_d $\rightarrow$ 解算期望力矩 τ_d

控制分配：期望力矩和升力 τ_d, f_d $\rightarrow$ 解算 n 个电机的期望转速 $\omega_{d,k}$, $k=1, 2, \dots, n$

电机控制：期望转速 $\omega_{d,k}$ $\rightarrow$ 解算每个电机的期望油门指令 $\sigma_{d,k}$, $k=1, 2, \dots, n$

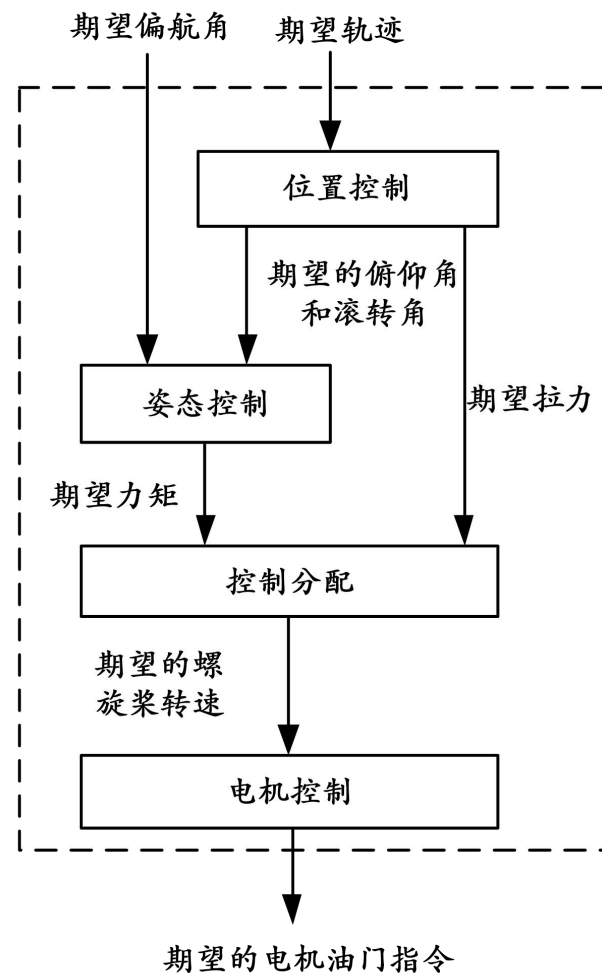


图11.1 多旋翼底层飞行控制框架



1. 多旋翼底层飞行控制框架和模型化简

□ 多旋翼底层飞行控制框架

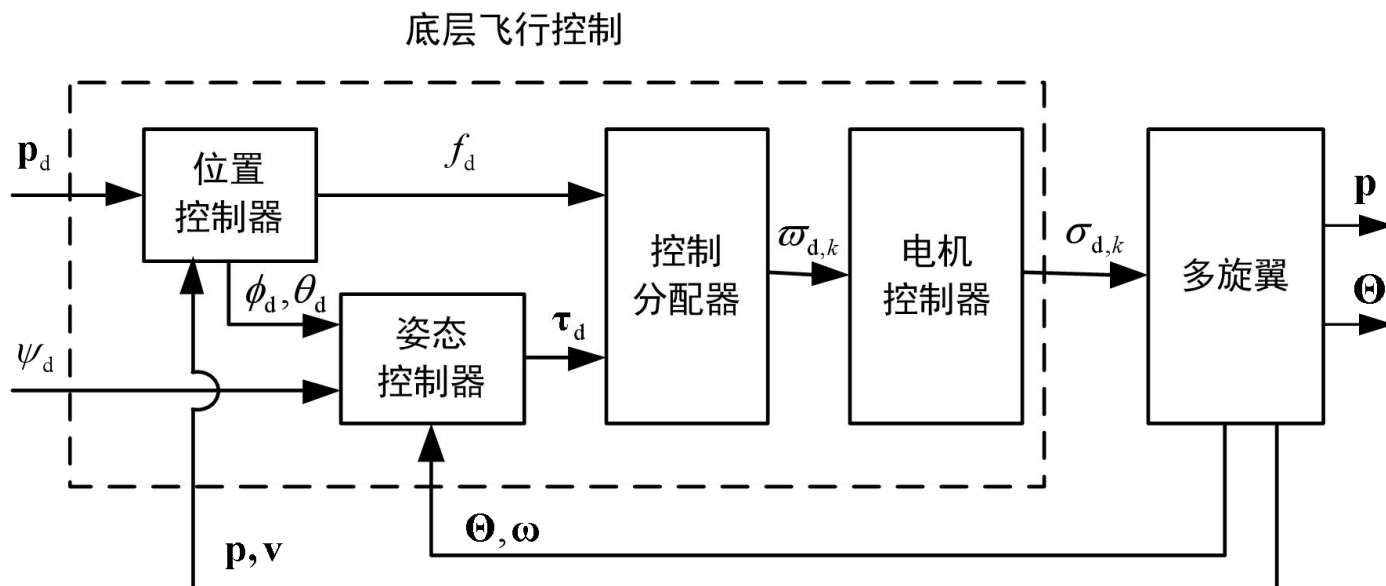


图11.2 多旋翼全自主控制闭环框图

欠驱动系统：4个输入（总拉力 f 和三轴力矩 τ ）控制6个输出（位置 p 和姿态角 Θ ）。设计多旋翼飞行控制器时，可以采用**内外环的控制策略**，其中**内环对多旋翼飞行器姿态角进行控制**，而**外环对多旋翼飞行器的位置进行控制**。由内外环控制实现多旋翼飞行器的升降、悬停、侧飞等飞行模式。



1. 多旋翼底层飞行控制框架和模型化简

□ 线性模型化简

基于第六讲的多旋翼非线性模型，忽略 ${}^b\omega \times (J \cdot {}^b\omega) + G_a$ ，得到简化的多旋翼模型如下：

$$\begin{aligned} {}^e\dot{\mathbf{p}} &= {}^e\mathbf{v} \\ {}^e\dot{\mathbf{v}} &= g\mathbf{e}_3 - \frac{f}{m}\mathbf{R}\mathbf{e}_3 \\ \dot{\Theta} &= \mathbf{W} \cdot {}^b\omega \\ \mathbf{J} \cdot {}^b\dot{\omega} &= \tau \end{aligned} \quad \left\} \longleftrightarrow \begin{aligned} \ddot{p}_{x_e} &= -\frac{f}{m}(\sin\psi \sin\phi + \cos\psi \sin\theta \cos\phi) \\ \ddot{p}_{y_e} &= -\frac{f}{m}(-\cos\psi \sin\phi + \cos\phi \sin\theta \sin\psi) \\ \ddot{p}_{z_e} &= g - \frac{f}{m}\cos\theta \cos\phi \end{aligned}$$

其中， ${}^e\mathbf{p} = [p_{x_e} \ p_{y_e} \ p_{z_e}]^T \in \mathbb{R}^3$ 为对地位置， ${}^e\mathbf{v}$ 为对地速度， Θ 为飞机机体欧拉角， ${}^b\omega$ 为飞机机体角速度， $\mathbf{R}$ 为旋转矩阵， $\mathbf{J}$ 为转动惯量矩阵， $\mathbf{e}_3 = [0 \ 0 \ 1]^T$ ，其他符号定义详见第六讲。

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/325242320324011214>