

第二章 四桨碟形飞行器力学分析

2.1 前言

四桨碟形飞行器属于旋翼式飞行器的一种,从某种程度上可以看成四个具有相同性能的直升机组合在一起,但与直升机已有很大的不同。四桨碟形飞行器由于具有两对桨翼,一方面可以利用相互抵消的原理将各桨翼产生的反桨矩抵消,而不需要专门的尾桨来抵消反桨矩;另一方面也可以通过调节两对桨翼所产生的升力和扭矩大小,来控制飞行器的姿态,而不需要调节桨叶的桨矩角。既简化了控制方式,又不需要繁杂的桨矩控制部件,减轻飞行器重量,减少了能源消耗。

2.2 结构设计方案

四桨碟形飞行器的主题部分由产生升力的四个旋翼、支撑旋翼的机身及控制板所组成。每个旋翼包括直流电机、桨叶及连接件等部分;为了对飞行器进行保护,避免桨叶损坏,设计了保护架。

保护架采用轻质铝合金作支架,采用泡沫塑料作为支撑脚。

整个飞行器的结构方案如图 2-1 所示。

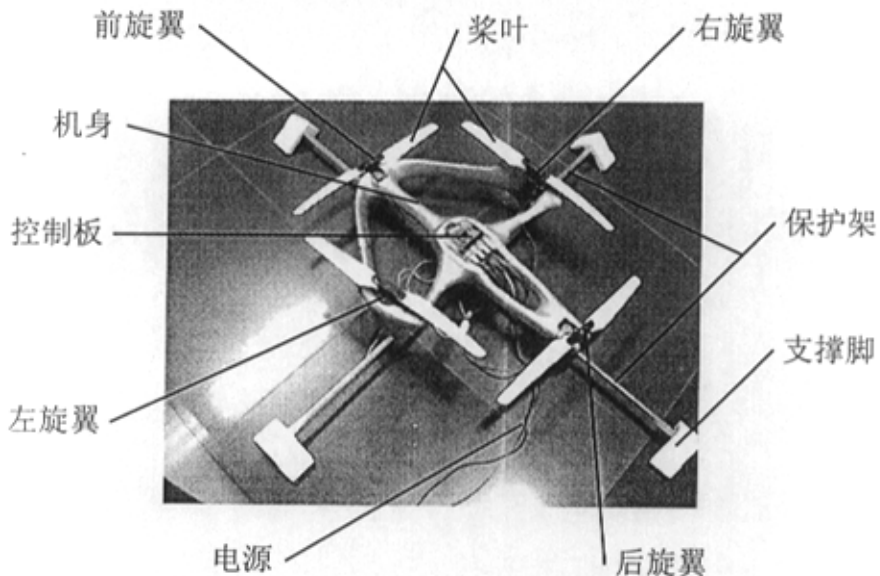


图 2-1 飞行器结构图

由于左右两个旋翼和前后两个旋翼旋转方向不同,因此必须采用两种桨叶,左右两旋翼采用 B 型旋翼,前后两旋翼采用 A 型旋翼。A、B 旋翼如图 2-2 所示。

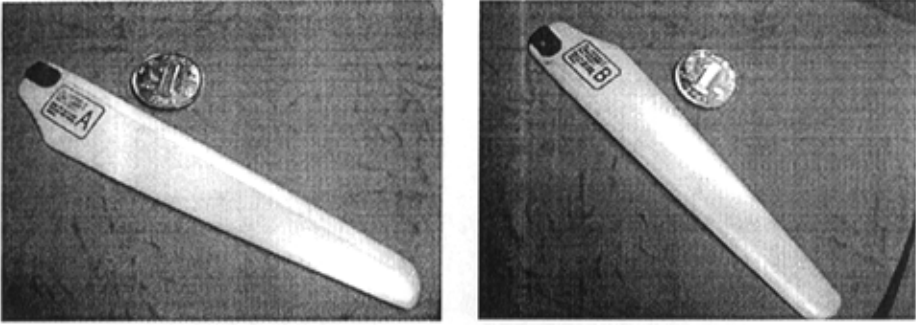


图 2-2 A、B 旋翼

2.3 四桨碟形飞行器空气动力学初步分析^{[11][12]}

2.3.1 模型简析

四桨碟形飞行器与直升机相比，具有如下特点：

共同点：

同样属于旋翼式飞行器，四桨碟形飞行器空气动力学分析可以借鉴旋翼式飞行器飞行动力学基本原理。

不同点：

1) 四桨碟形飞行器只受旋翼和机身所产生的力和力矩，但直升机除此之外还承受尾桨、平尾所产生的力和力矩。

2) 四桨碟形飞行器具有多个桨翼，因此可以通过直接控制和协调各桨翼的转动速度，来改变各个桨翼所产生的升力和扭矩，控制飞行器的姿态和稳定性，而不需要改变桨叶的桨矩角。

3) 由于不存在变矩作用，因此其桨叶挥舞角不随方位角的变化而变化，挥舞运动可以描述为： $\beta_i = k_i \cdot \alpha_{oi}$ α_{oi} ——四桨碟形飞行器悬停时第 i 个旋翼的挥舞角； i ——旋翼编号，对于四桨碟形飞行器， $i=1, 2, 3, 4$ 。

结合以上特点，并对碟形飞行器作如下假设：

1) 假定桨叶和机身都是刚性的，忽略由于弹性变形造成的影响，且桨叶弦长 b 为常数；
可以认为，控制时不用考虑

2) 桨叶切面的升力系数沿旋转半径方向的变化符合规律：

$$\frac{C_y}{C_{y7}} = \frac{0.7R}{r} \quad C_y \text{——升力系数； } C_{y7} \text{——特性切面的升力系数；}$$

3) 假定翼型阻力系数和 C_x 和诱导速度 v 沿桨叶半径不变；

4) 旋翼轴均垂直于机体平面（机体坐标系中 OXZ 平面）；