

# 基于 Matlab 软件对多旋翼无人机结构仿真设计分析

李陈龙 张浩鸿 徐熠辰 王 玥 王季鑫 迟英姿 胡明敏

南京工业大学浦江学院, 中国·江苏 南京 211100

**【摘要】**多旋翼无人机的结构设计在无人机的研究中占有重要地位,为实现无人机高效、安全的飞行任务,本文采用UG构建简易的无人机三维模型,并对圆筒式无人机机臂结构进行有限元静力学分析。分析结果表明,在选用相同材料的情况下,不同直径、厚度、压力参数的选取,都将影响无人机机臂飞行过程中振荡的变形程度。

**【关键词】**结构设计; 有限元; 静力学; 变形程度

## Simulation Design and Analysis of Multi-rotor UAV Structure Based on Matlab Software

Li Chenlong, Zhang Haohong, Xu Yichen, Wang Yue, Wang Jixin, Chi Yingzi, Hu Minmin

Pujiang University, Nanjing University of Technology, Jiangsu China, Nanjing, 211100

[Abstract] The structural design of multi-rotor UAV plays an important role in the research of UAV. In order to realize the efficient and safe flight task, this paper uses UG to construct a simple three-dimensional UAV model, and conducts finite element static analysis on the arm structure of cylindrical UAV. The analysis results show that, the selection of different diameter, thickness and pressure parameters will affect the deformation degree of the oscillation in the flight of the same material.

[keyword] Structural design; finite element; Statics; Deformation degree

### 1 简介

四旋翼无人机是一种四旋翼的旋翼式飞行器,而旋翼则由包括一系列处在对角位置的螺旋桨构成,可以进行包括垂直、起降、空中、悬停等一系列飞行动作。随着无人机的各项关键技术的发展,四旋翼无人机已慢慢向多功能化和高效的方向发展,与传统的单旋翼飞行器相比,有可折叠、质量轻、强度高等特点,四旋翼无人机四个旋翼互相抵消回旋影响,无需单旋翼飞行器的尾部旋翼,更加节能同时也减小了飞行器的体积。

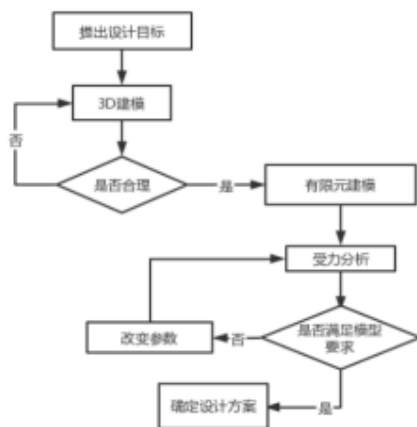


图1 思路流程

#### 1.1 研究背景及现状

近年来随着多旋翼无人机技术的高速发展,应用场景越来越

越多,多旋翼无人机成为研究工作者研究的热点之一。以多旋翼无人机结构数学模型为基础,对多旋翼无人机结构进行了仿真设计的归纳总结,运用Matlab软件对多旋翼无人机结构进行建模仿真设计分析,增强机架结构设计的合理性,从而增强多旋翼无人机的飞行性能,进而提升无人机研究设计的工作效率。

#### 1.2 目标和内容

本文旨在研究四旋翼无人机的结构设计,构建无人机的有限元模型,在满足机翼结构强度及刚度的条件下,以机臂的直径和厚度为优化目标,完成对该无人机变形程度、稳定性的校核,保证无人机在飞行过程中有足够的冗余强度,从而优化飞行状态。

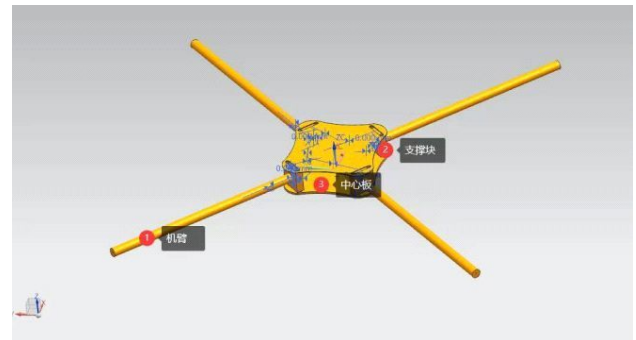


图2 机身整体

### 2 结构设计

#### 2.1 框架设计

四旋翼无人机结构主要分为中心板、机臂及脚架三部分。结构设计过程中需要考虑控制元件、动力元件及信号元件之间的相

互协调,从而更有效地提高无人机空间利用率及日常维护的便捷性。机身以对角线 150\*150mm 680 轴距为主,边长为 130mm 的正方形(倒圆角)为中心板,上下中心板距离 30mm;圆筒式机臂以 X 型固定分布在中心板四周,通过在中心板受力较小的部位开设减重孔,达到降低整体重量的目的。脚架采用 T 字形支撑,构型简单且牢固。

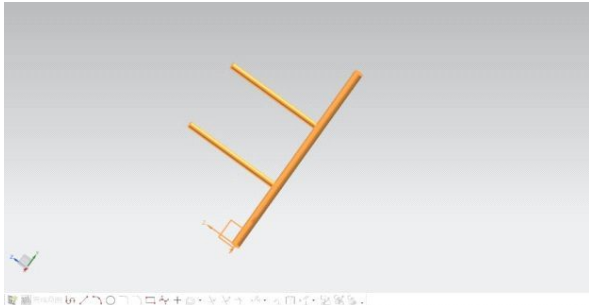


图3 T字形脚架

### 2.2有限元建模

在UG中初步绘制简易四旋翼无人机三维模型,电机选用U4114-V320型号,整体机架以Aluminum\_5086为主材料,此材料具有强度高,密度小,散热好等优点,在实验中为满足设计无人机控制变量分析各参数对机臂变形程度的影响,设定多种参数进行对比。

同时,固定中心板、机臂衔接部位选用3mm厚U形支架进行加工。选用3D四面体网络四边形四节点单元网络,对机臂进行网格划分。其中Aluminum\_5086材料的各项性能如表一所示。

表一

Aluminum_5086材料性能参数	
参数	数值
质量密度/ kg/mm <sup>3</sup>	2.66E-06
杨氏模量/ mN/mm <sup>2</sup> (kPa)	72000000
泊松比	0.33
屈服强度mN/mm <sup>2</sup> (kPa)	217000
极限抗拉强度mN/mm <sup>2</sup> (kPa)	290000
热膨胀系数	2.5e-0051/C
导热系数mW/mm-C	117000
比热kg-K	900000000

### 2.3受力分析

四旋翼无人机在飞行过程中,忽略电机扭矩产生的应力对臂端变形程度较小,主要以受螺旋桨拉力对结构产生的影响为主。

机臂与中心板、电机三者间的关系构建:本试验以分析机臂受力情况为主,其余影响因素(如电机震动等)暂视为固定值,将电机的升力拟定为设定的压力值,在机臂与中心板、电机间添加固定约束。

边界条件的设定:机臂与中心板处通过支撑块连接,通过添加位移边界条件使其完全固定,机臂外端是安装电机位置,如图4、图5所示。

2.4 设定最大拉力载荷 500N,固定中心板、支撑块,施加 x、y、z 三个方向的位移约束

以四个机臂轴作为研究对象,中心板承托着整体机架的重量,将中心板作为固定端,四个机臂受模拟平均升力荷载,滑

块则作为连接中心板与机臂的构件,通过滑块进行构件仿真类型将中心板与机臂构件进行面与面粘连从而实现模拟螺丝与螺母间的固定。

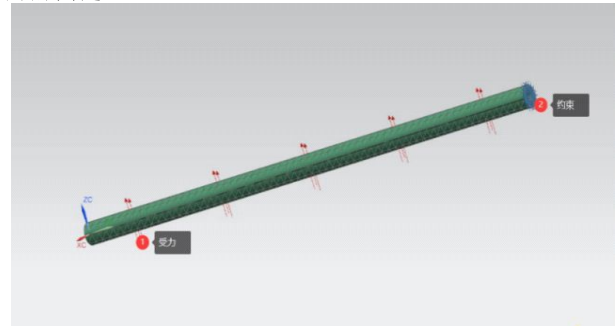


图4 单机臂有限元模型

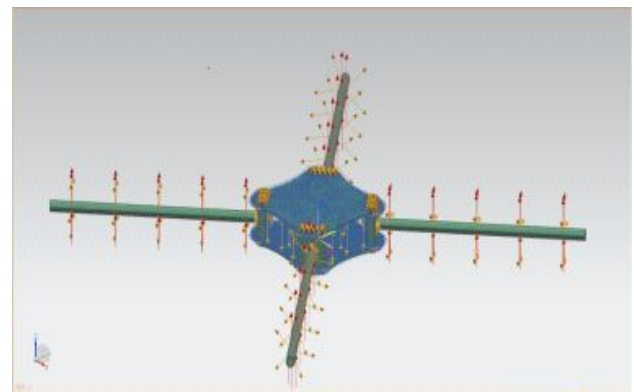


图5 固定约束

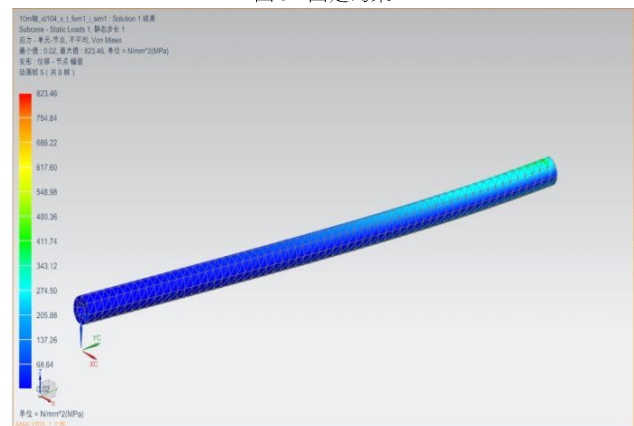


图6 500N下机臂变形云图

由上图可知,当电机转速 500N 时,下机臂会发生形变。

2.4.1 数据组 1: 选取机臂直径 12mm,臂厚 3mm 与 5mm,效果图如下所示:

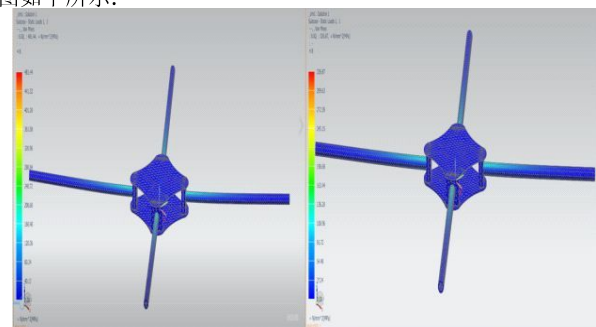


图7

2.4.2 数据组 2: 选取机臂直径 14mm, 臂厚 3mm 与 5mm, 效果图如下所示:

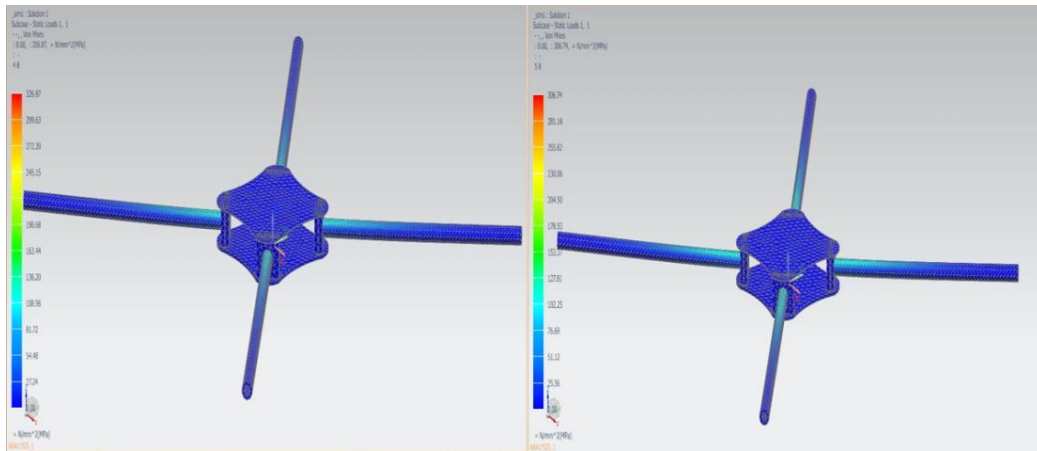


图 8

2.4.3 数据组 2: 选取机臂直径 16mm, 臂厚 3mm 与 5mm, 效果图如下所示

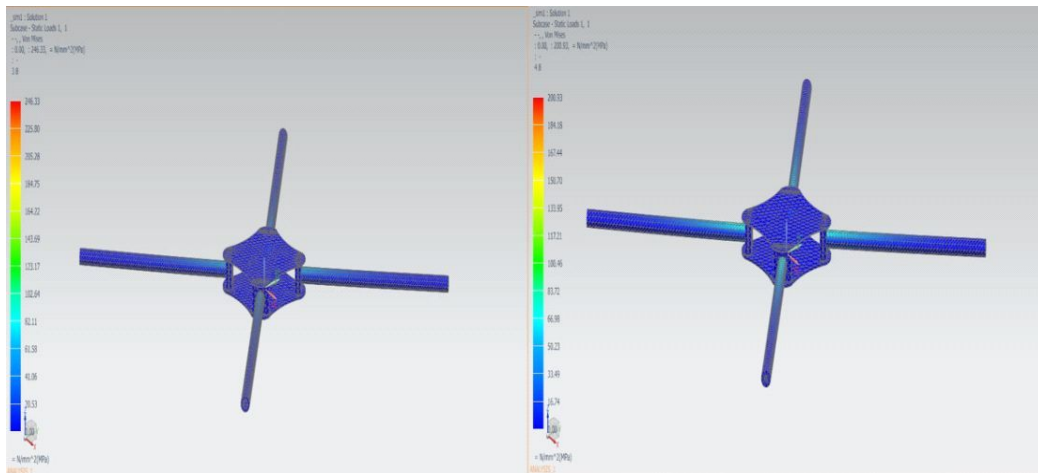


图 9

可得: 在满足无人机控制机臂直径与受力不变的条件下, 尽量要求改变机臂壁厚, 经过六组实验数据的对比, 可以发现当壁厚为 5mm 时, 应力位置比壁厚 3mm 时靠近固定点, 即靠近无人机机架中心位置时产生的应力比壁厚 3mm 的小。在控制机臂壁厚与受力不变的情况下, 直径为 16mm 比 14mm 靠近无人机机架中心位置应力比 3mm 的小。故在第七组数据中最佳数据组为机臂直径 16mm, 壁厚 3mm。

据对比实验, 进行数据分析。数据如下图所示:

压力为100N、300N、500N下									
组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
直径/mm	12	12	12	14	14	14	16	16	16
壁厚/mm	3	4	5	3	4	5	3	4	5

### 3 总结

研究得知, 由于电机在不同转速产生升力不同, 但为保证

实验的干扰项稳定, 故选取相同直径不同壁厚的机臂下, 通过模拟应力可得知该机臂在与支撑块处所承受的最大应力, 本文

采用UG构建简易的无人机三维模型, 并对圆筒式无人机机臂结构进行有限元静力学分析。为满足设计无人机控制机臂直径与

受力不变的条件下尽量改变机臂壁厚的设计要求, 通过建立多种数据对比实验, 完成3D模型。利用UG软件完成对3D模型的受力分析, 同时以主要设计参数为优化变量进行参数化优化分析, 得出了机臂壁厚的优化参数, 结果证明, 结构更加合理紧凑。

### 参考文献:

[1] 刘峰, 喻辉, 高鸿渐, 代海亮, 马佳. 重载四旋翼无人机结构优化设计与强度计算[J]. 中国民用航空飞行学院航空工程学院, 广汉618307; 2. 中国民用航空局第二研究所通用航空研究所, 成都610041. 2018(2).

[2] 刘峰, 高鸿渐, 喻辉, 等. 基于有限元的四旋翼无人机碳纤维结构优化设计固有模态分析[J]. 玻璃钢复合材料, 2017(4), 27-13.