

# 1. 实验名称及目的

## 1.1. 实验名称

小型风洞设备使用入门（选做实验）

## 1.2. 实验目的

了解多旋翼动力系统动拉力测试装置需要满足的基本功能以及小型风洞的构成

## 1.3. 关键知识点

### 风洞主要构成示意图

风洞主要由风机、扩张段、风洞管、无人机/测试台固定架及滑轨组成。风机主要是通过旋转的螺旋桨来提供不同风力的近似均值风；扩张段与风洞框为风道；滑轨可以使得无人机/测试台在风道的不同位置进行测试。

测试台固定架主要是由半圆形底座、手拧螺母以及 4080 钢材组成。半圆形底座与手拧螺母的配合可实现测试台/桨叶以不同迎角面对来流，从而模拟无人机螺旋桨在不同飞行速度或姿态时的来流情况，以此测量出桨叶在不同迎角或来流情况下的动力变化。

无人机固定台在测风阻时使用，本实验仅使用动力系统拉力测试架

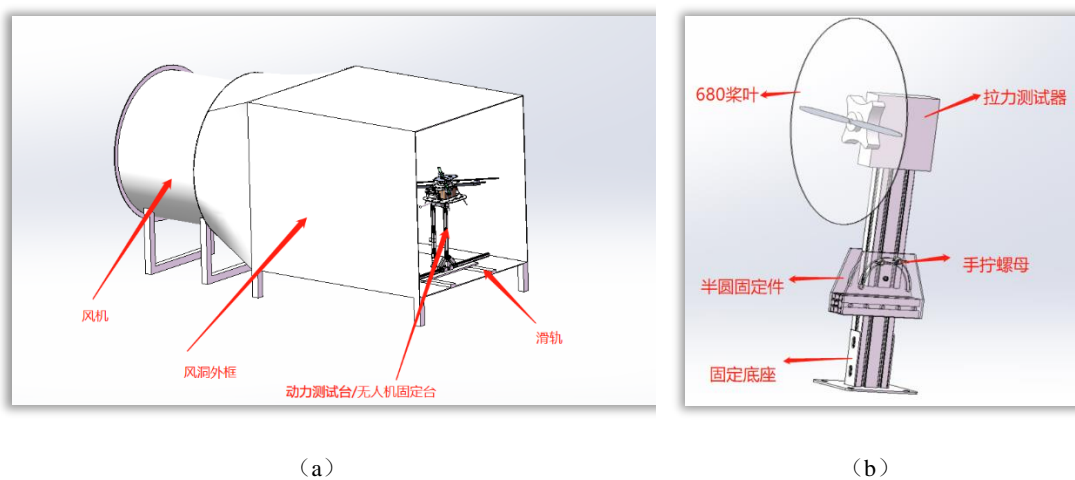


图 1 风洞示意图

## 风洞需要采集的数据

名称	单位
测试台数据时间戳	毫秒 (ms)
电池输出电压	伏特 (V)
电池输出电流	电流 (I)
PWM 值	-
电机/螺旋桨转速	转每分 (rpm)
螺旋桨拉力	牛 (N)
螺旋桨扭矩	牛·米 (N·m)
系统输入功率	-
电机输出功率	-
电机效率	-
螺旋桨力效率	-
动力系统力效	-
测试台迎角	弧度 (rad)
来流速度	米/秒 (m/s)

## 2. 实验效果

## 3. 文件目录

例程目录: [\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e2\\_MultiModelCtrl\1.MultiModelCtrl\](#)

文件夹/文件名称	说明
Ref	风洞相关资料

## 4. 运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 工具链	小型风洞及其风力控制系统 (风源)	1
3	MATLAB 2017B 及以上 <sup>③</sup>	动力测试台固定台架 (分别固定测试台与无人机)	2
4		动力系统综合测试台 (动拉力测量设备)	1
5		无人机配套动力电池	若干

6		无人机配套电机	若干
7		桨叶	若干
8		电机配套电调	若干
9		香蕉头、电烙铁等 配套工具	若干
10		PX4 皮托管+空速计 (测量风速)	1
11		飞控 (实时分别测量 测试台姿态与风速)	2

① : 推荐配置请见: <https://rflysim.com/>

## 5. 实验步骤

### 5.1. 选做实验：风速测量装置连接

#### Step 1: 了解风洞的操作与连接口

本实验使用的风洞与控制系统为成品，控制系统与风洞供电线已配备，连接即可以开始使用，其可提供的风可分为 8 档，此处不再介绍其安装与连接（如图 2 所示）。



图 2 风洞外部结构

#### Step 2: 皮托管与空速计的连接

准备一块飞控，以及 PX4 空速计与相应的皮托管等配件。在风洞内打好的最左边的细孔中固定连接一金属长杆并用其来固定皮托管，使其入流口方向垂直与来流方向，皮托管与其配套的透明软管相连，如图 3 所示；

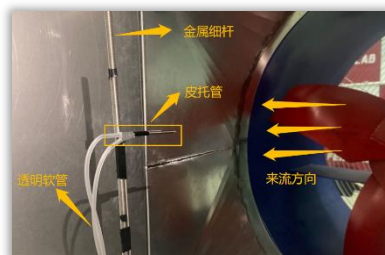


图 3 皮托管的安装

### Step 3: 空速计与飞控的连接

从皮托管连接出来的透明软管接至空速计上，并且在另一端使用 SH1.25 端子与飞控的 IIC1 口（MX1.25 端子）进行连接（如图 4 所示），之后将空速计与飞控粘连在风洞内部底部，防止被风吹飞。

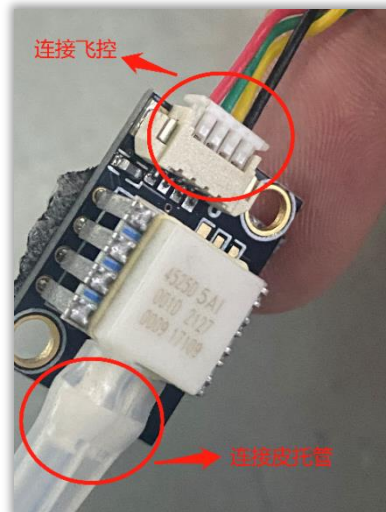


图 4 空速计的连接

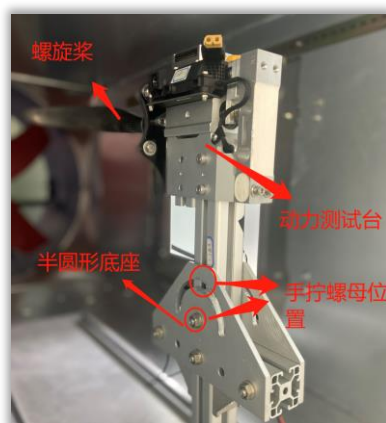
## 5.2. 选做实验：动拉力测量装置连接

### Step 1: 动力单元与测试台的连接

动力测试台与电机-螺旋桨等的连接与[静拉力模型中的连接](#)一致；

### Step 2: 动力测试台与固定架的连接

如图 5 所示，由于需要测量不同迎角下的螺旋桨的动力变化情况，动力测试台底下需要连接一个半圆形底座，通过手拧螺母来实现测试台迎角的变化从而改变螺旋桨迎角（这里的迎角指的是螺旋桨平面与来流的角度）的变化；



---

图 5 动力测试台的安装

### Step 3: 飞控与动力测试台的连接

飞控实质上并不需要与测试台连接，只需要与桨叶平面垂直并在测量动拉力时全程供电测量动力测试台相对来流的迎角，因此，如图 6 所示，只需要将飞控粘连在测试台上方保持与桨叶平面垂直即可（注意若在测动拉力时若需要实时测量来流速度，那需要两块飞控）。

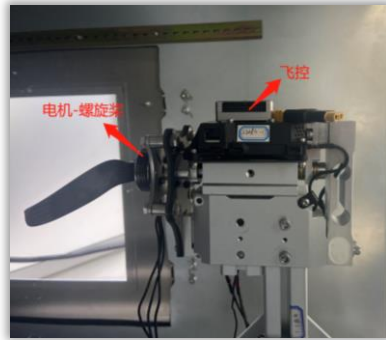


图 6 飞控的安装

## 6. 参考资料

[1].

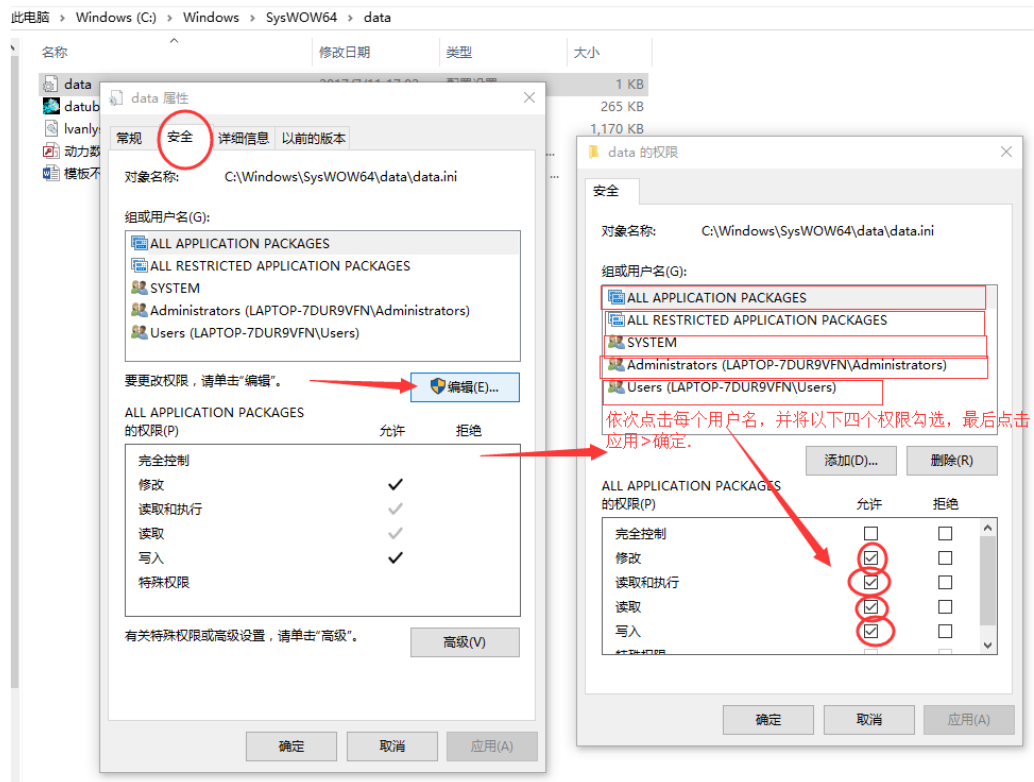
## 7. 常见问题

Q1: 安装螺旋桨时如何在弯轴上进行平衡校准

A1: 参见 [..\1.PowerTestBench\ref\桨平衡器的正确使用方法.pdf](#)

Q2: 测试台配套软件不能保存数据

A2: 因为系统更改了 UAS-TEST-G10 文件夹的权限，导致设置无法保存，可以按照以下步骤修改权限：



右键点击文件夹（UAS-TEST-G10）或文件（如 data.ini），选择“属性”。  
 在属性窗口中，切换到“安全”选项卡。  
 点击“编辑”按钮，进入权限修改界面。  
 选择每个用户组（例如 Administrators、SYSTEM、Users）。  
 对于每个选中的用户组，勾选“完全控制”、“修改”、“读取和执行”和“读取”这四个权限。  
 点击“应用”然后“确定”保存更改。

Q2: 编译报错，无法加载库文件



A2: 这可能是由于安装平台时 PX4PSP 工具箱未更新到最新版，更新 RflySim 安装包后按照如下配置重新安装平台即可

Toolbox one-key installation script: RflySimA... — □ ×

(1) Software package installation directory  
C:\PX4PSP

(2) PX4 firmware compiling command: firmware versions <= PX4-1.8 use format px4fmu-v3\_default; >= PX4-1.9 use format px4\_fmuv3\_default  
px4\_fmuv6c\_default

(3) PX4 firmware version (1: PX4-1.7.3, ... , 6: PX4-1.12.3, 7: PX4-1.13.2, 8: PX4-1.14.4, 9: PX4-1.15.0)  
9

(4) PX4 firmware compiling toolchain (1: WinWSL[suitable for all versions], 2: Msys2[suitable for <= PX4-1.8], 3: Cygwin[for >=PX4-1.8])  
1

(5) Whether to reinstall PSP toolbox (yes to reinstall and no to remain current installation)  
yes

(6) Whether to reinstall the dependent software packages (CopterSim, QGroundControl, CopterSim, etc. About 5 minites)  
no

(7) Whether to reinstall the selected compiling toolchain (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)  
no

(8) Whether to reinstall the selected PX4 firmware source code (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)  
no

(9) Whether to pre-compile the selected firmware with the selected command (yes to compile and no to remain unchanged, about 5 minites)  
no

(10) Whether to block the actuator outputs in the PX4 firmware code ("yes" to use Simulink controller, "no" to use PX4 official controller)  
no

OK Cancel