

V7-PRO 飞行控制管理系统用户手册(V2.2)

版本	修改时间	备注
V2.1	2021/02/24	
V2.2	2021/11/08	
V2.3	2022/1/06	

北京微克智飞科技有限公司
Beijing VK Technology Co.,Ltd

目录

1 安装调试	7
1.1 产品清单	7
1.2 系统链接图	9
1.3 系统安装	10
1.3.1 主控器安装	10
1.3.2 GNSS 安装	12
1.3.3 双天线 RTK 安装	12
1.3.4 雷达安装	13
1.3.5 地面站安装	13
1.4 功能设置	14
1.4.1 通信检查	14
1.4.2 遥控器校准	15
1.4.3 电机检查	16
1.4.4 飞行校准	17
1.4.5 初步参数设置	18
2 飞行调试	21
2.1 磁罗盘校准	21
2.2 感度调试	22
3 航线规划	24
3.1 手动规划	24
3.2 自动规划	25
3.3 航线编辑	26
4 任务作业	28
5 一站多机	32
6 固件升级	32
7 数据下载与回放	33
8 跟随飞行	35
附件 1: 飞控 LED 灯语	39

附件 2: 移动基站 LED 灯语	40
附件 3: 单天线 RTK 模块 LED 灯语	42
附件 4: 双天线测向 RTK 模块灯语	43
附件 5: 发动机信息协议	44
附件 6: UDP 转发	46
附件 7: CRC16 计算方式	48

图- 1 双天线 RTK 系统连接图	9
图- 2 主控器安装方向	10
图- 3 主控器管脚定义	11
图- 4 RTK 和 GNSS 安装偏差	12
图- 5 双天线 RTK 安装方向设置	12
图- 6 VK-GCS 无人机地面站系统	13
图- 7 系统开机界面	14
图- 8 通信连接图	15
图- 9 遥控器校准图	16
图- 10 怠速设置图	17
图- 11 电压校准	17
图- 12 IMU 水平校准	18
图- 13 参数设置	18
图- 14 飞行参数	19
图- 15 SBUS-O 信号设置	21
图- 16 感度设置	22
图- 17 航线规划	24
图- 18 手动规划航线	25
图- 19 自动规划	25
图- 20 预览航线	26
图- 21 航线编辑	26
图- 22 飞行监测主界面	28
图- 23 VK 虚拟摇杆	29
图- 24 键盘控制	29
图- 25 设置飞控编号	32
图- 26 一站多机示意图	32
图- 27 固件升级界面	33
图- 28 POS 数据文件格式	34
图- 29 飞行数据回放示意图	34

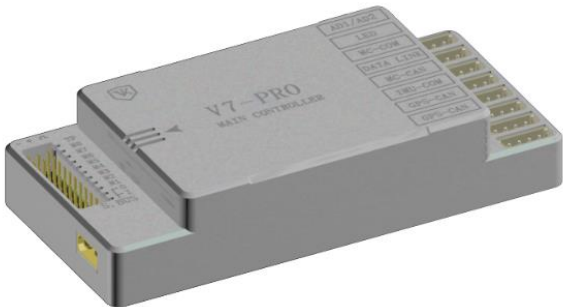
图- 30 飞行日志数据格式	35
图- 31 RTK 基站 APP	36
图- 32 基站布局示意图	37
图- 33 设置跟随偏差	37
图- 34 移动基站设置	38

表-1 系统模块清单	7
表-2 主控器接口功能描述	11

1 安装调试

1.1 产品清单

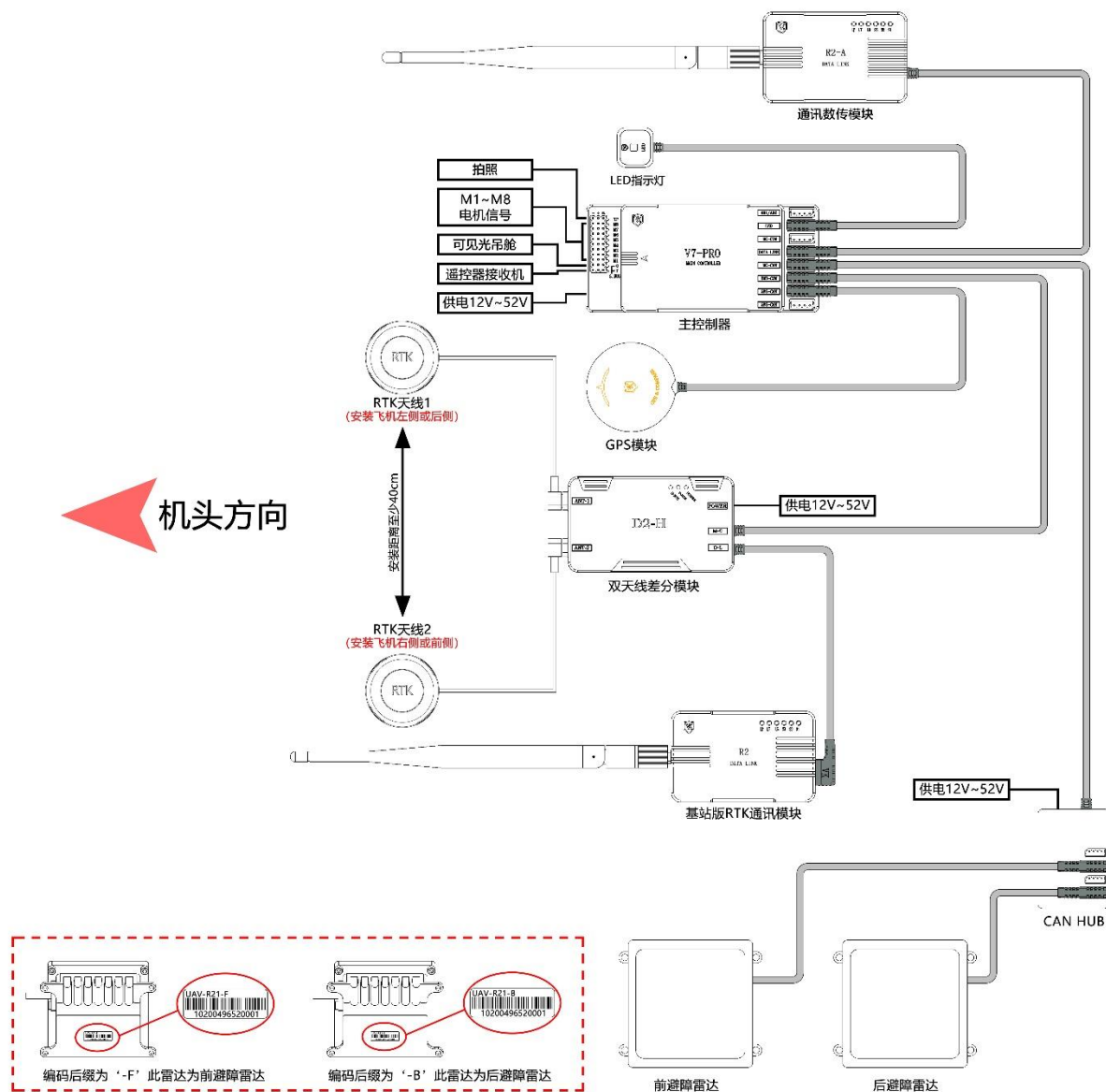
表- 1 系统模块清单

功能模块/ 型号	实物图	说明
主控制器 (标配)		尺寸: 114*53*26 mm 重量: 165 g 供电: 10--58 v 外壳材质: 铝
GNSS-A (标配)		尺寸: 64*64*14mm 重量: 60 g 模式: GPS+GLONASS+BD
GNSS-B (标配)		尺寸: 64*64*14mm 重量: 60 g 模式: GPS+GLONASS+BD
LED (标配)		LED 灯语详见附件 1

避障雷达 (选配) RADAR-OB		尺寸: 66*74*19.3 mm 重量: 110 g 探测距离: 1.5---20 m 水平束波宽度: $\pm 17^\circ$ 垂直束波宽度: $\pm 3^\circ$ 可选配前后避障
RTK 移动 基站 (选配) RTK-G-MP		1) 支持移动基站云服务 2) 支持千寻网络 RTK 打点 (选配) 3) LED 灯语详见附件 2
RTK 机载 模块 (选配) RTK-A-MP		尺寸: 80*48*25 mm 重量: 150 g 模式: GPS+GLONASS+BD 灯语详见附件 3
RTK 机载 模块 (选配) RTK-A-MPH		尺寸: 85*49*21 mm 重量: 100 g 供电: 10---58 v 模式: GPS+GLONASS+BD 支持双天线测向 灯语详见附件 4

1.2 系统链接图

图- 1 双天线 RTK 系统连接图



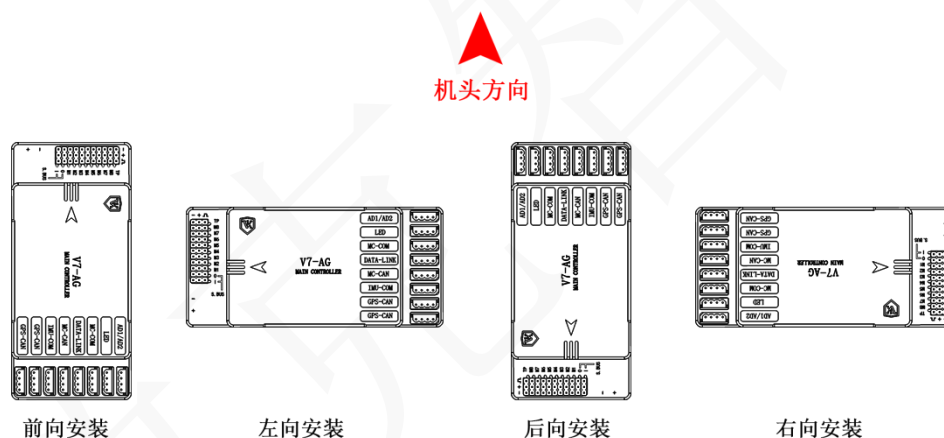
1.3 系统安装

1.3.1 主控器安装

安装注意事项：

- 水平地安装在飞行器面板上并尽量安装在飞行器的正中心，避免震动引起飞行器飞行过程中不稳定。
- 主控制器安装时，必须将印有 V7 标识的一面向上，安装方向可分为：前向、左向、后向和右向四个方向安装；默认为前向安装，小三角标志尖角朝向应与飞行器机头方向一致。如设置右向安装，小箭头应指向飞行器右侧，如下图：

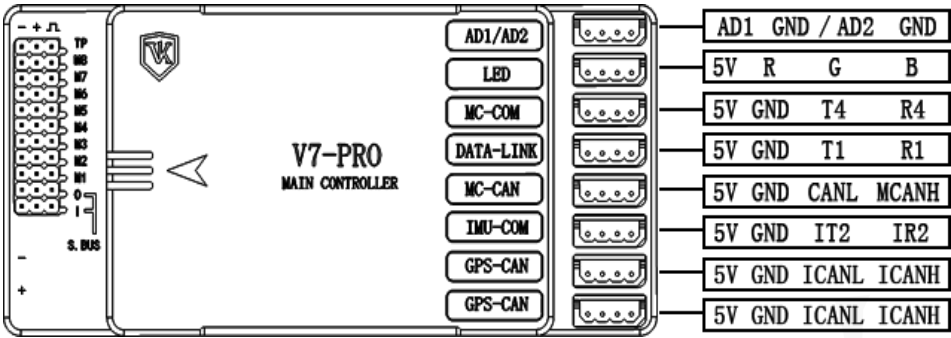
图-2 主控器安装方向



主控制器安装好后，需要将 GNSS 模块、LED 模块、电调信号线等设备与主控制器连接。

注意：电调与主控制器仅连接信号和地即可。

图- 3 主控器管脚定义



V7-PRO 飞行控制系统主要接口功能描述如下：

表- 2 主控器接口功能描述

主控制器端口	功能说明	主控制端口	功能说明
XT30 供电口	10---58 v	AD1/AD2	通用 IO 输出
S.BUS-I	遥控器 S.BUS 输入接口	LED	LED 指示灯接口
S.BUS-O	SBUS 信号输出	MC-COM	功能透传
M1	1 号电机接口	DATA LINK	数传通讯
M2	2 号电机接口	MC-CAN	CAN-HUB 拓展槽
M3	3 号电机接口	IMU-COM	RTK 接口
M4	4 号电机接口	GPS-CAN	GNSS 模块接口
M5	5 号电机接口	GPS-CAN	GNSS 模块接口
M6	6 号电机接口		
M7	7 号电机接口		
M8	8 号电机接口		
TP	拍照接口		

备注：DATA_LINK 的线序颜色如下：5V(红)—GND(黑)—T1(绿)—R1(白)

1.3.2 GNSS 安装

安装注意事项：

- 安装 GNSS 模块时，必须将印有标记的一面朝上，小三角标志尖角朝向与飞行器机头方向一致；
- GNSS 模块为磁性敏感设备，安装和使用应远离其它电子设备和强磁性物质，架高机体平面 10cm 以上；
- 如果是 RTK 版本，只需要安装 RTK 和橙色的 GNSS-A 即可；
- RTK 和 GNSS 模块安装好后，需要设置安装偏差。对于双天线测向 RTK，在下图黄色区域填写天线 1 的安装偏差，蓝色区域填写 GNSS 模块的安装偏差；对于双 GNSS 版本，RTK 偏差为 0，只需填写 GNSS-A 的偏差即可。

图- 4 RTK 和 GNSS 安装偏差



1.3.3 双天线 RTK 安装

- 双天线测向 RTK 模块的两个天线必须是正前后、正左右安装，并且在地面站上页面 **飞行** **参数** → **安装配置** 对应设置正确；

图- 5 双天线 RTK 安装方向设置



- 两个天线之间的距离大于 40cm

1.3.4 雷达安装

➤ 避障雷达安装在飞机的前部/后部，背面条形散热槽朝上，上仰 12 度。

➤

1.3.5 地面站安装

VK_GCS 地面站系统是一款集成多旋翼、固定翼、垂起固定翼；一站单机、一站多机多种机型多种作业模式为一体的无人机地面监测管理系统，软件需运行在 WIN8 以上的操作系统。

图- 6 VK-GCS 无人机地面站系统



若无法打开地面站，请检查电脑系统是否完成，可安装如下两个插件后再进行尝试。

链接: <https://eyun.baidu.com/s/3jITCHE2> 密码: cgNT

链接: <https://eyun.baidu.com/s/3nwQzgdg> 密码: a6i7

1.4 功能设置

完成飞控和地面站的安装后，需要对系统进行功能检查。将飞机上电，打开地面站，第一次调试飞机的时候，需要选择飞机的类型、系统模式选择**单机模式**，操作模式选择**调试模式**，只有在调试模式下，才能够进行飞机重要参数设定；用户模式下机型设置、PID 参数、安装方向等设置将不开放。

图-7 系统开机界面



功能检查必须在**卸桨的条件**下完成，步骤如下：

1.4.1 通信检查

将飞机上电、遥控器上电（遥控器需要将通信模式切换到兼容微克智飞模式，具体可在遥控器 APP 上设置）。打开 VK-GCS.exe，点击**通信设置**，可以选择串口连接、TCP 或者 UDP 连接。若选择串口连接，请确认通信数传的波特率为 115200 bits/s；若选择 TCP 或者 UDP 连接，请设置正确的网络 IP 和端口。点击**连接**，若连接成功，则**飞行监测**会显示当前飞行遥测

数据，若开启语音提示，则会提示通信已连接。

图- 8 通信连接图



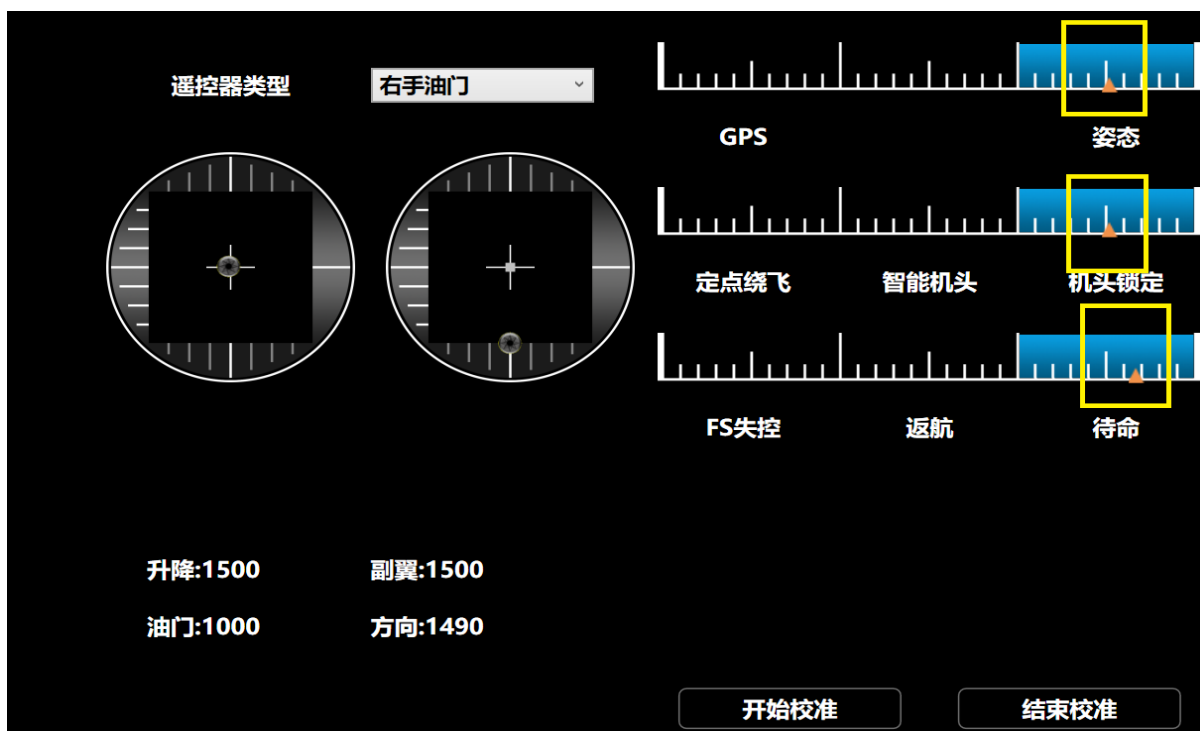
1.4.2 遥控器校准

遥控器的接收机接入飞控 SBUS-I 接口，遥控器和接收机对频成功后，在地面站 **飞行参数** → **遥控器校准** 页面，选择遥控器的手型（地面站不能够改变遥控器的实际手型，这里只是为了显示正确），对照界面各通道的方向和数值显示，调整遥控器的正反舵和行程。然后需要对遥控器进行校准，校准步骤如下：

- 首先各通道正反向设置完成并正确，遥控器上所有摇杆的微调归零，所有通道曲线设置为默认。
- 将摇杆及拨键开关都放置到中位，点击 **开始校准** 或者连续拨动 7 通道 6 次进入遥控器校准模式，此时 LED 指示灯为紫灯 3 闪 ，表示进入到遥控器校准模式，然后推动摇杆（1-4 通道）到最大工作范围并重复几次。
- 完成以上操作后，点击 **结束校准** 或者再连续拨动 7 通道 6 次，退出遥控器校准模式，LED 灯正常闪烁（紫灯熄灭），此时校准完成。

完成遥控器校准后，1—4 通道摇杆的值需要在（1000，2000）之间，最大值与 2000 之间的误差不得大于 20；最小值与 1000 之间的误差不得大于 20。5/6/7/8 拨键通道各段位，蓝色滑块需滑到指定的位置，并且保持橙色三角形尽量落在蓝色滑块中间。

图- 9 遥控器校准图



1.4.3 电机检查

1) 电调校准

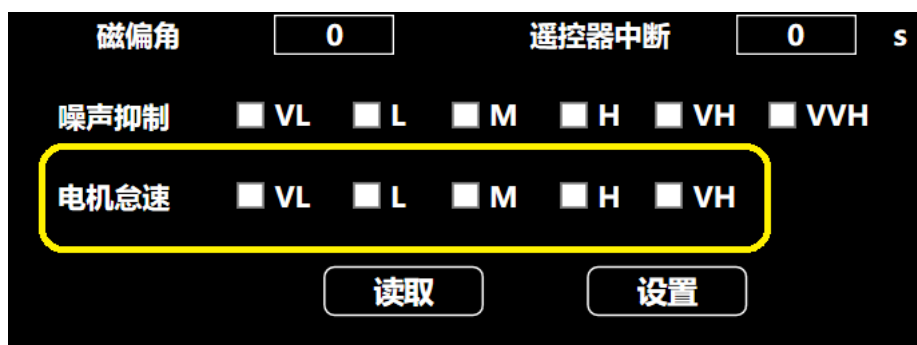
卸掉桨叶，将遥控器的副翼和油门同时推到最大，然后飞控和电调同时上电，此时飞控会进入电调校准模式，紫灯 4 闪●●●●。电调会发出滴滴的响声，此时已进入电调校准模式，副翼回中，油门拉到最低，电调发出滴滴滴的响声，电调校准完成。

危险提示：此时校准完成后飞控的油门处于直通模式，无需解锁推油门电机就会转，一定要在卸桨的条件下进行。

2) 电机检测

接上飞机动力电池，进入到电机检查页面，依次点击电机 1---8 检查按钮，查看电机的转向是否正确。若电机检查时，地面站上有信号输出显示，但是电机不转，尝试在飞行参数→机型设置中将电机怠速等级调高一级。

图- 10 怠速设置图



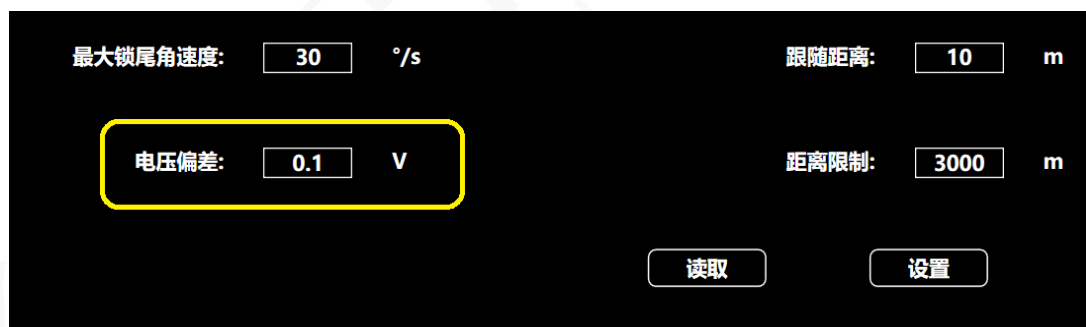
该界面展示了飞行控制系统的怠速设置。顶部有两个输入框，分别用于设置“磁偏角”和“遥控器中断”，当前值均为0，单位为秒（s）。下方是“噪声抑制”设置，包含六个复选框：VL、L、M、H、VH、VVH。再下方是“电机怠速”设置，包含五个复选框：VL、L、M、H、VH。该区域被一个黄色圆角矩形框选中。底部有两个按钮：“读取”和“设置”。

1.4.4 飞行校准

1) 电压校准

飞控系统检测的动力电池电压可能和电池实际的电压有些偏差，这个时候需要做一下电压校准，在[飞行参数]→[电压偏差]处填入电池的真实电压和当前显示电压的差，点击[设置]即可完成电压校准。

图- 11 电压校准

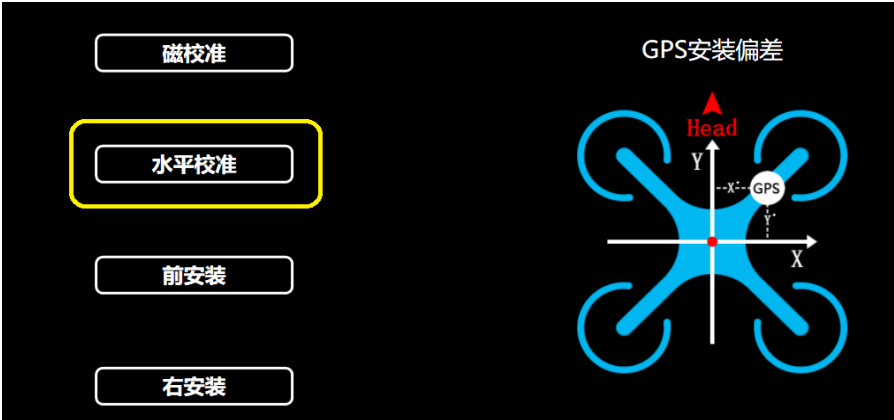


该界面展示了飞行控制系统的电压校准设置。顶部有两个输入框，分别用于设置“最大锁尾角速度”和“跟随距离”，当前值分别为30和10，单位分别为°/s和m。下方是“电压偏差”设置，包含一个输入框，当前值为0.1，单位为V。该区域被一个黄色圆角矩形框选中。右侧还有一个“距离限制”输入框，当前值为3000，单位为m。底部有两个按钮：“读取”和“设置”。

2) 水平校准

由于飞控的安装平面和机体平面可能存在一定的偏差，需要进行水平校准，否则会影响飞行性能。将飞机放在水平的平面上，确保飞机基本水平，此时如果飞机的姿态角度有大于2度的偏差，则需要进行水平校准。进入[飞行参数]→[安装配置]，点击[水平校准]，此时会发现之前的角度偏差会被清零，水平校准完成。

图- 12 IMU 水平校准

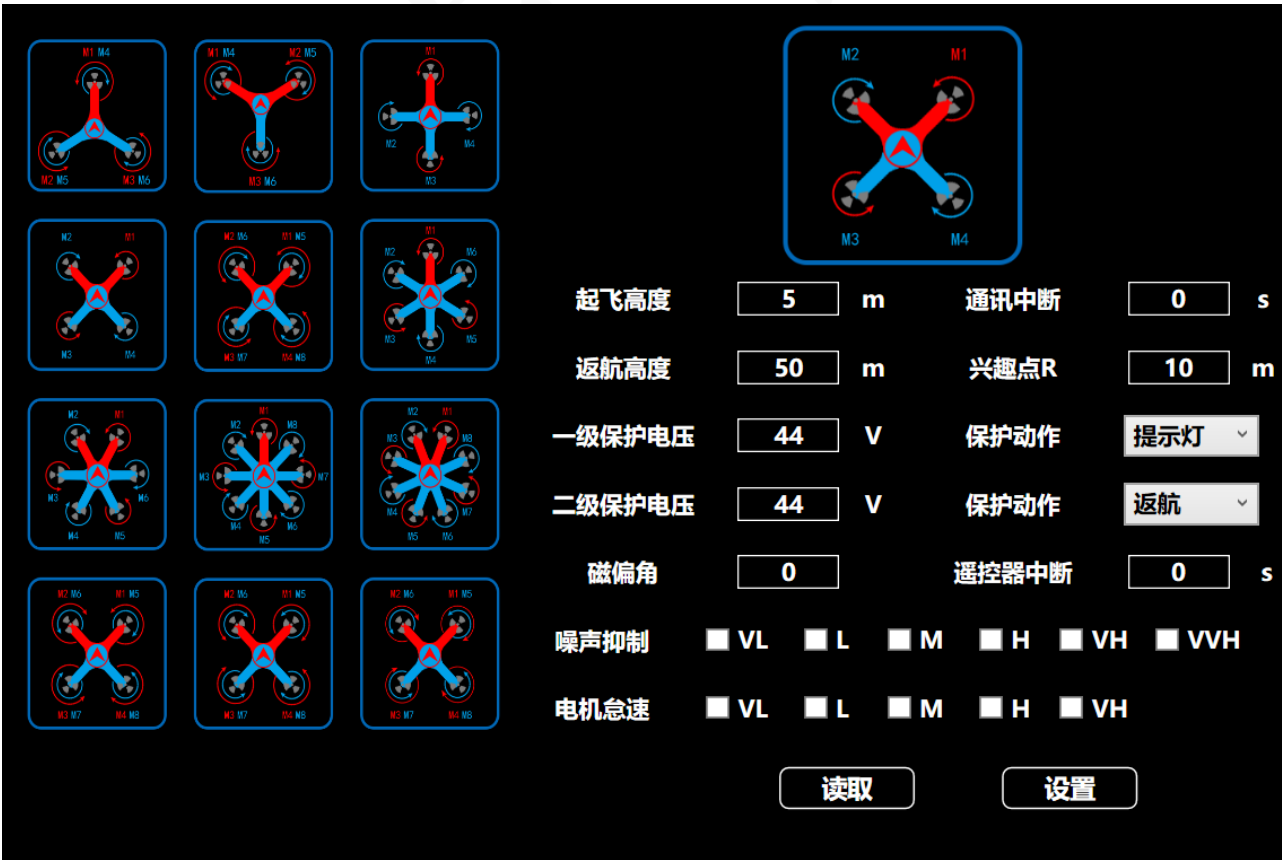


1.4.5 初步参数设置

1) 机型设置

机型设置很重要，设置错误会直接导致摔机事故，务必谨慎确认。

图- 13 参数设置



- 起飞高度：解锁起飞后，飞机默认的悬停高度
- 通信中断：0---关闭此功能；X：表示全自动模式下，飞机链路中断 X 秒后，飞机会自动返航
- 返航高度：返航模式下，飞机会先爬升到此高度，然后飞往起飞点
- 兴趣点 R：在遥控器自动环绕模式下，飞机的环绕半径
- 遥控器中断：设置 X，表示遥控器信号失联 X 秒后，飞机进入返航，在 X 秒期间飞机会保持悬停；设置 0 表示遥控器信号失联后会立刻返航
- 噪声抑制：噪声抑制是飞控算法对机体震动的滤波，一般来说，飞机的螺旋桨尺寸越大、电机的 KV 值越低，选择噪声抑制等级越高。大于 30 寸的桨，噪声抑制建议 VVH；大于 25 寸的桨，噪声抑制建议 VH；20 寸左右的桨，噪声抑制选择 H；15—20 寸之间的桨，噪声抑制选择 M；更小的选择 L 或 VL。
- 电机怠速：电机的最小转速，在保证飞机解锁能够旋转的前提下，怠速设置越低越好

2) 飞行参数

图- 14 飞行参数

GNSS模式最大飞行速度:	8	m/s	最大角度:	25	°
遥控模式最大爬升速度:	4	m/s	遥控模式最大下降速度:	3	m/s
返航速度:	8	m/s	自动飞行最大爬升速率:	2	m/s
自动飞行最大下降速率:	1.5	m/s	返航落地下降速率:	0.4	m/s
一级高度限制:	2000	m	二级高度限制:	2500	m
最大锁尾角速度:	30	°/s	跟随距离:	10	m
电压偏差:	0.0	V	距离限制:	500	m
避障距离:	6.0	m	航线通信失联开关	开启	
			读取	设置	

- GPS 模式最大飞行速度：遥控器 GPS 模式下推杆的最大飞行速度
- 最大角度：飞机在任何模式下的最大飞行角度
- 遥控模式最大爬升速度：遥控器模式，油门推到最大的爬升速度
- 遥控模式最大下降速度：遥控器模式，油门拉到最小的下降速度
- 返航速度：返航模式下的最大水平速度
- 自动飞行最大爬升速度：地面站自动飞行模式下的最大爬升速度
- 自动飞行最大下降速度：地面站自动飞行模式下的最大下降速度
- 返航落地下降速度：在返航模式，接近地面时的下降速度，建议大于 0.2
- 一级高度限制：达到一级高度限制，飞机进入返航模式
- 二级高度限制：达到二级高度限制，飞机进入迫降模式
- 最大锁尾角速度：自动模式下，飞机最大的航向角速度
- 跟随距离：暂无用
- 电压偏差：飞控测量电压与实际电压之间的偏差，可以通过设置此值来校准地面站显示电压
- 距离限制：飞机到起飞点的距离达到距离限制时，飞机进入返航模式，0 表示关闭此功能
- 避障距离：飞机距离障碍物达到此距离后，飞机会进入避障动作
- 航线通信失联开关：开启—航线模式下，如果通信失联，则飞机会自动返航
关闭—航线模式下，通信失联，飞机会飞完整条航线再返航。

3) SBUS-O 接口设置

SBUS-O 接口可复用为吊舱控制接口和降落伞信号接口，若飞机没有装配降落伞，请勿设置降落伞功能，防止误操作造成空中开伞停转摔机。

若设置为虚拟摇杆，则可以通过主界面的虚拟摇杆模拟 SBUS 信号的输入；若设置遥控器 9—16 通道，则将遥控器的 9—16 通道信号映射到 SBUS-O 的 1—8 通道。

图- 15 SBUS-O 信号设置



2 飞行调试

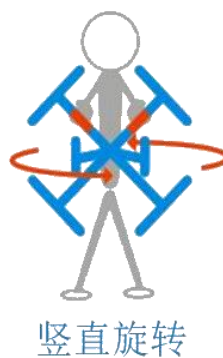
2.1 磁罗盘校准

安装检查工作完毕后，可以到外场进行试飞测试，试飞前必须做一次磁罗盘校准，校准方法如下图：

- 遥控器 5 通道连续拨动 8 次或者进入 **飞行参数** → **安装配置**，点击 **磁校准**，LED 指示灯变为绿色，进入水平校准模式。



- 将飞行器水平旋转校准，直到 LED 指示灯变为蓝色，进入竖直校准模式。



- 机头垂直朝上然后旋转，LED 指示蓝灯熄灭变为闪烁校准成功，LED 指示灯变为红灯长亮则校准失败，需重新校准。

2.2 感度调试

首次试飞，请确认飞机的姿态角度是否正确（此步骤主要为了防止飞控安装方向设置错误），可在姿态模式下解锁测试一下舵机和电机的对应关系是否正常，第一次试飞尽量以姿态模式调试，这样才能将性能调试到最优。

图- 16 感度设置

横滚基础	-		+	120
横滚姿态	-		+	450
横滚增稳	-		+	6
俯仰基础	-		+	120
俯仰姿态	-		+	450
俯仰增稳	-		+	6
航向基础	-		+	350
航向姿态	-		+	450
航向增稳	-		+	3
高度距离系数	-		+	80
垂直速度系数	-		+	350
垂直加速系数	-		+	20
垂直加速误差	-		+	15
水平距离系数	-		+	80
水平速度系数	-		+	120
水平加速系数	-		+	25
水平误差系数	-		+	20
角度机动性	-		+	20
速度机动性	-		+	30

读取

设置

调参说明：

- 横滚俯仰基础：姿态模式下首先调节基础感度，可以采用默认值 120（30 寸桨以上的飞行器请将此参数设置为 100）。在姿态模式下尽量不动杆，观察飞行器的自稳能力，简单的方法就是小幅度的打一下杆回中，看飞行器是否能够快速的恢复水平，若不能，则以每次加 5 的数值向上增加。增大此感度直到飞行器出现轻微的抖动，然后下调 20%即为合适的感度。基础感度尽量不要超过 180，否则会有较大的自激振荡风险；
- 横滚俯仰姿态：姿态感度是调节飞行器对飞行指令跟随快慢的参数，即飞行时飞行器的机动性表现。在基础感度调试良好的情况下，快速打杆/满舵打杆，看飞行器是否能够快速进行角度响应（姿态模式下最大角度限制为 20 度）。若感觉打杆的时候飞行器的响应比较慢，则加大此参数即可；
- 横滚俯仰增稳：此系数是增加飞行器的稳定性，并且在一定的程度上防止自激振荡。若无论怎么调节基础/姿态感度都无法抑制飞行器的抖动，可尝试将此参数设置为 0。一般情况下，默认 3 或 4 可满足飞行需求。当姿态模式下打角度回中时出现在回中位置上轻微晃动后才平稳可增加此数值，每次加 1 即可，尽量不要超过 15；
- 航向基础/姿态：航向感度的调节方法和横滚/俯仰基础感度的类似，手动打航向跟随慢可增加此参数，一般来说默认值 350 即可满足飞行要求，若感觉航向自稳能力不够，表现在有风的情况下，航向有点左右转动，则同时以每次加 10 的数值增加这个参数即可；
- 航向增稳：此系数是增加航向通道的稳定性。默认 3 或 4 可满足飞行需求；
- 高度距离系数：默认 80 即可满足要求，在搜星比较差的环境下，高度可能会出现不稳定的状况，可将此参数减小至 40；
- 垂直速度系数：调节油门的响应速度，感度越大，油门响应越快，感度越小，响应越慢，一般飞行器 350 数值可满足要求；
- 垂直加速系数/误差：调节高度通道的快速稳定能力，同时一定程度能调节油门的响应速度；
- 水平距离系数：默认 80 即可，非特殊机型不需要调节；
- 水平速度系数：若飞行器在悬停时抗风性不佳，位置漂移较大，或者水平速度跟随较差，刹车距离过长，可适当增加这个参数；

- 水平加速系数: 水平速度阻尼, 若飞机悬停时有比较细小的游荡, 可适当增加此系数, 一般 25 即可满足;
- 水平误差系数: 非特殊飞行场景, 保持 20 即可;
- 角度机动性: 姿态模式下角度的响应速度, 默认系数 20, 此系数越大响应越快;
- 速度机动性: GPS 模式下速度的跟随, 系数越大, 速度跟随响应越快。

3 航线规划

通过点击 **航线规划** 按钮来打开或者关闭航线规划窗口, 系统具备 2 种航线规划模式: 手动规划和自动规划, 如下图:

图- 17 航线规划



3.1 手动规划

点击添加航点, 选择手动规划, 如下图:

图- 18 手动规划航线



然后鼠标左键在地图上点击即可添加简单的航线。

3.2 自动规划

自动规划较多的应用于航拍作业，通过规划航测区的边界和设置航线的行间距以及方向来自动生成航线，步骤如下：

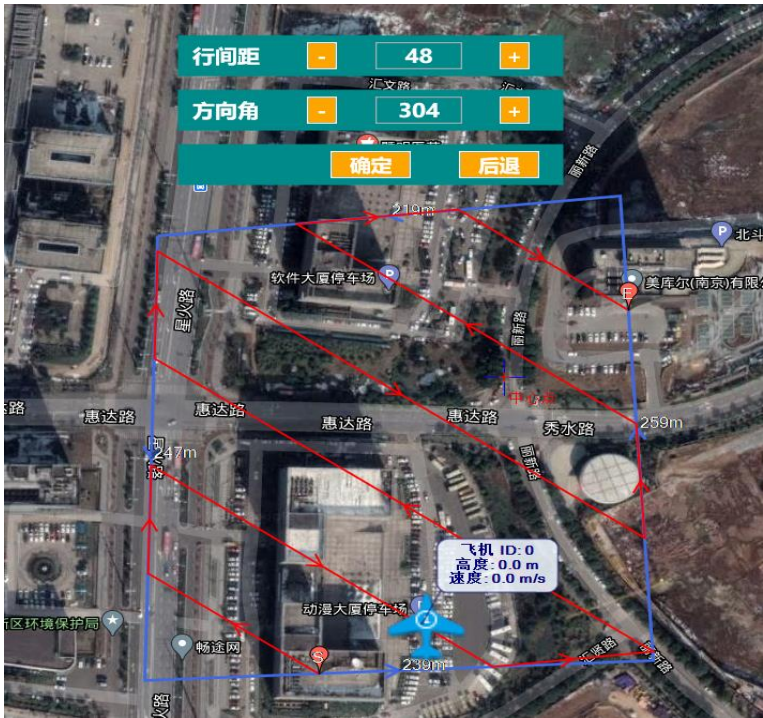
- 1) 点击添加航点，选择自动规划

图- 19 自动规划



- 2) 在地图上鼠标左键点击来规划测绘去的边界，设置行间距和方向角，即可动态的生成预览航线。

图- 20 预览航线



3) 点击, 可结束当前航线规划。

3.3 航线编辑

图- 21 航线编辑



- 航线编号：可最多同时支持 10 条航线的显示，可通过航线编号的切换来选择不同的航线
- 经度/纬度/高度/速度：设置某个航点的位置，某个航点或者整条航线的高度和速度
- 航点动作：支持协调转弯、悬停转弯、机头锁定、抛物、降落、水平环绕等多种航线模式，具体使用可参见微克智飞空间视频教程，网址如下：

<https://member.bilibili.com/platform/upload-manager/article>

- 航线任务：可支持定点拍照和定时拍照
注：以上编辑更改，可针对单独航点，也可针对整条航线，若航点序号显示的是单独的数字，则说明在编辑该航点；若显示的是 ALL, 表示在编辑整条航线
- 保存航线：可将当前序号的航线保存本地
- 打开航线：可将本地的航线文件导入地面站系统
- 上传航点：将当前序号的航线上传到飞控上
- 下载航点：将飞控里面保存的航线下载到地面站上并显示
- 平移航线：可以选择一定区域特定的航线，通过拖拽的方式进行平移（本功能只在 2D 地图中使用）
- KMZ/KML：支持导入 KMZ/KML 文件生产航线或者扫描航线的边界
- 上传禁飞区：将本地规划的禁飞区上传到飞控
- 下载禁飞区：将飞控里的禁飞区下载到本地并显示
- 删除禁飞区：删除本地以及飞控（如果通信连接正常）里面保存的禁飞区
- 高度类型：航线编辑的时候高度类型有 3 种：相对 1 点高度、海拔高度、相对地形高度。其中相对地形高度仅仅在三维航点规划的时候才能够使用，具体功能参见视频教程：
<https://www.bilibili.com/video/BV1HQ4y1z7iD/>

4 任务作业

图- 22 飞行监测主界面



- 1) 姿态显示：显示飞行姿态、位置、等信息，同时显示 GPS、磁罗盘等部件的数据信息；
- 2) 指点飞行：点击此窗口，然后在地图上左键点击，设置飞行动作，确定即可；
- 3) 吊舱控制：支持 SBUS-O 控制吊舱，可采用 VK 虚拟摇杆来模拟 SBUS 输入，也可以通过实体摇杆来控制，实体摇杆购买链接：

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.15.1a3c2029jEHkQ5&id=556384774586&n=s=1&abbucket=3#detail>

VK 虚拟摇杆如下图：

图- 23 VK 虚拟摇杆

SBUS控制

设备

虚拟摇杆

最小值

1300

最大值

1700

保存

功能描述	通道输出	通道映射	正反向	
左右	1500	1	正向	
俯仰跟踪	1500	2	正向	
跟踪上下	1500	3	正向	
航向	1500	4	正向	
拍照	1000	5	正向	
录像	1000	6	正向	
变焦	1000	7	正向	
常规模式	1000	8	正向	
对焦	1500	9	正向	
其他模式	1500	10	正向	
一键变焦	1500	11	正向	
跟踪开启	1500	12	正向	

- 4) 视频显示：支持 RTSP 协议的 H264 格式视频流的直接显示，需设置视频流的地址；
- 5) 键盘控制：打开此窗口，飞机进入到键盘控制模式；退出后，飞机进入悬停模式；

图- 24 键盘控制

键盘控制

W/S控制油门，A/D控制方向

W

A

1

D

S

方向键控制前后左右

↑

←

3

→

↓

退出

- 6) 跟随飞行: 对于行业基站 RTK 版本, 可选择具备基站跟随功能版本, 最大跟随速度 20m/s, 具体功能后续章节详细介绍;
- 7) 设置返航点: 可以设置异地返航点, 此功能建议在配置雷达高度计的情况行进行, 否则风险较大;
- 8) 设置聚焦点: 开启此功能后, 无论飞机处于何种飞行模式, 飞机的机头始终指向设置的聚焦点; 取消此功能后, 机头恢复正常的控制逻辑;
- 9) 发动机信息: 支持部分厂家油电混发动机信息的显示, 若第三方的发动机接入微克系统, 按照附录 5 的协议, 通过 TTL 串口, 波特率为 115200 bits/s, 将发送机信息输入到飞控的 MC-COM 口即可;
- 10) 视觉导航信息: 装配视觉导航模块后, 显示视觉信息;
- 11) 摇杆控制飞机: 可以通过摇杆接入电脑 USB 来实现对飞机的控制, 飞行摇杆的购买链接:
<https://detail.tmall.com/item.htm?spm=a1z10.3-b-s.w4011-14780232544.60.6c47333bej8KD&id=567018626209&rn=0de62a113a3123c5096a71a2a11295c9&abbucket=13&skuld=4577905782925>
- 12) 地图下载: 首先在电脑 D 盘下创建文件夹 D:\GisMap, 地图选项切换到天地图, 然后下载屏幕显示区域内的各层级地图, 再将地图选项切换到天地图离线, 则可在离线模式下使用已下载的地图;
- 13) 数据回放: 可以回放飞控 SD 卡保存的飞行数据, 用于事故以及性能分析; 也可直接回地面站自动保存的数据, 但此数据不够精细, 仅仅能作为粗略分析;
- 14) 曲线显示: 将飞行信息通过曲线的形式表现出来, 方便作为定量分析;
- 15) 开启语音: 打开此功能, 地面站约 20s 的周期播报飞行的电压、高度、速度 (win7 系统不支持此功能);
- 16) 距离测量: 选择此功能, 鼠标在地图上左键点击, 可进行直线距离测量;
- 17) 删除 POS: 可删除地图上显示的 POS 点, 但此操作并不删除飞控里面记录的 POS 信息;
- 18) 删除航迹: 删除地图上的航迹信息, 主要为了防止地面站长时间工作 (超过 1 小时) 的轨迹点过多, 导致地面站运行的流畅度下降;
- 19) 解锁: 在卫星良好的条件下, 点击此按钮飞机解锁转降, 3 秒内若无下一步动作, 飞机会自动锁定;
- 20) 自动起飞: 解锁后, 点击此按钮飞机会自动爬升到设定的自动起飞高度悬停;

- 21) 开始航线：当飞机在空中后，开始此功能，飞机会进入航线巡航模式，此模式请确保航线已经正确上传；
- 22) 航线暂停：在飞机上执行航线的过程中，点击此功能，飞机会进入悬停模式；
- 23) 断点续飞：航线中断后，此功能可使飞机回到之前中断的点，继续剩余的航线；
- 24) 返航：飞机返航到起飞点并自动落地上锁，返航下降的最后阶段，支持遥控器微调位置和下降速度；
- 25) 原地降落：点击此按钮，飞机会保持位置不变开始下降，若装配了雷达高度计，则飞机的下降速度会根据实际离地距离自动控制；若无雷达高度计，飞机会以 0.5m/s 的恒定速度匀速下降；
- 26) 拍照：点击一次，拍照一次；
- 28) 开伞：支持开启 PWM 驱动的降落伞（需将 SBUS-O 功能设置为降落伞）；
- 29) 飞机居中：此功能可将视角切换到以飞机为中心；
- 30) 避障雷达开关：可开启/关闭避障雷达；
- 31) 雷达高度计开关：可开启/关闭避障雷达；

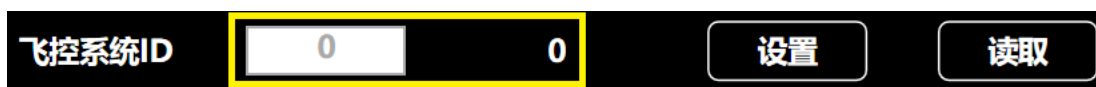
注：关于飞行功能，建议学习微克空间的视频教程，会更直观。

5 一站多机

通过设置不同的飞机不同的 ID，可以直接一站控制多机，步骤如下：

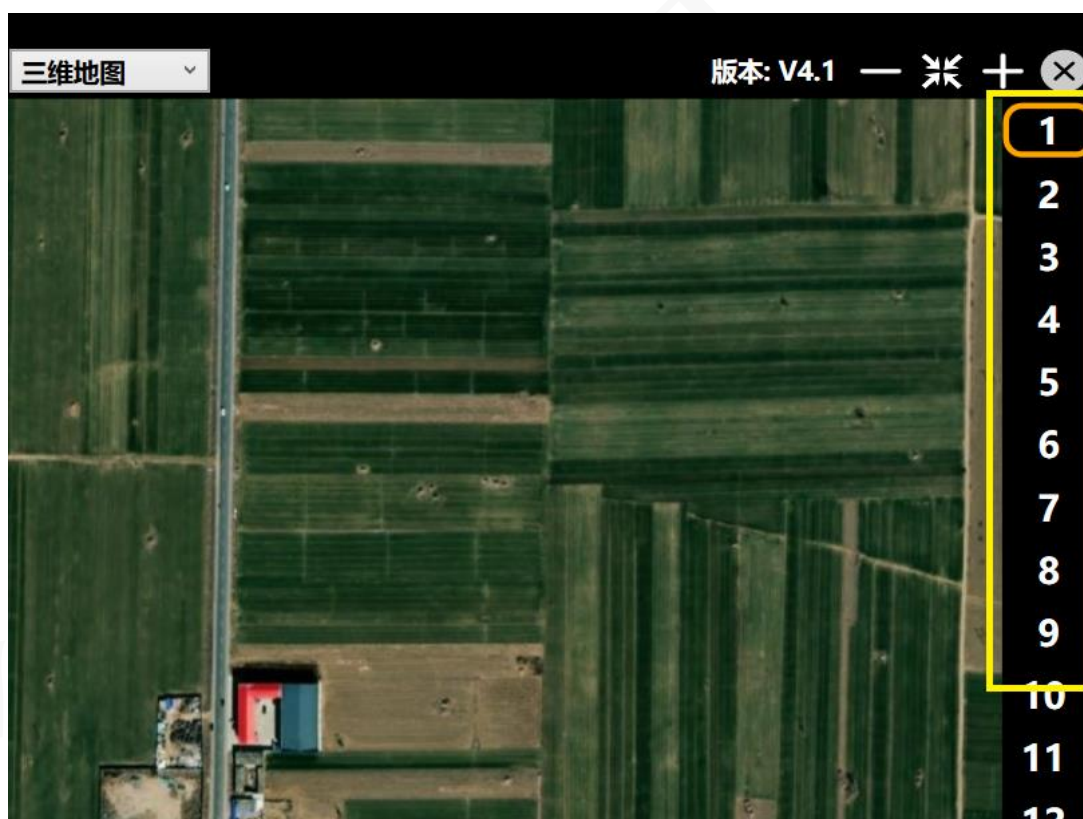
- 1) 首先单机模式打开地面站，将飞控的 ID 分别设置为 1.2.3.4.....，如下图所示

图- 25 设置飞控编号



- 2) 重新多机模式开启地面站，地面站右侧会出现不同的飞机选择编号，通过选择不同的编号可以实现控制不同的飞机

图- 26 一站多机示意图



6 固件升级

VK_GCS 地面站可以提供在线升级飞行系统的控制固件和 IMU 固件，升级的时候，请在单机模式下进行，并且先将系统 ID 设置为 0，否则会导致升级无法成功。

一般控制固件会包含“CONTROL”字段，IMU 固件会包含“IMU”字段，请确保不会将错误的

固件升级到飞控计算机中去，升级步骤需要循序渐进，不可同时升级控制固件和 IMU 固件。

图- 27 固件升级界面



7 数据下载与回放

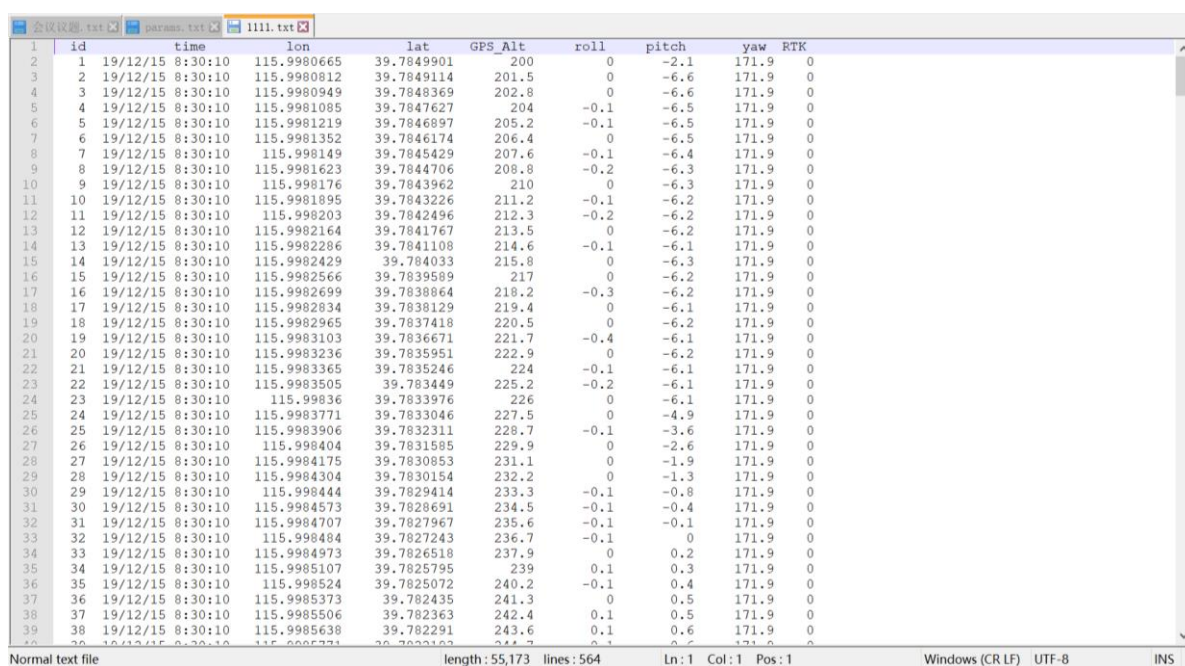
1) 数据下载

V7-PRO 飞行控制器内部有数据存储黑匣子，最多可以保存 50 个飞行架次的飞行数据（每次解锁落锁为一个飞行架次），1 个架次的 POS 数据，以及从出厂以来所有的飞行日志。

将飞控通电，地面站连上飞控，进入任务功能菜单，数据形式分别如下：

- POS 数据：POS 数据记录了飞控触发拍照信号时的飞机的位置、姿态、高度等信息，POS 数据断电后依然会保留在飞控内部，直到下一个架次的拍照信号触发。

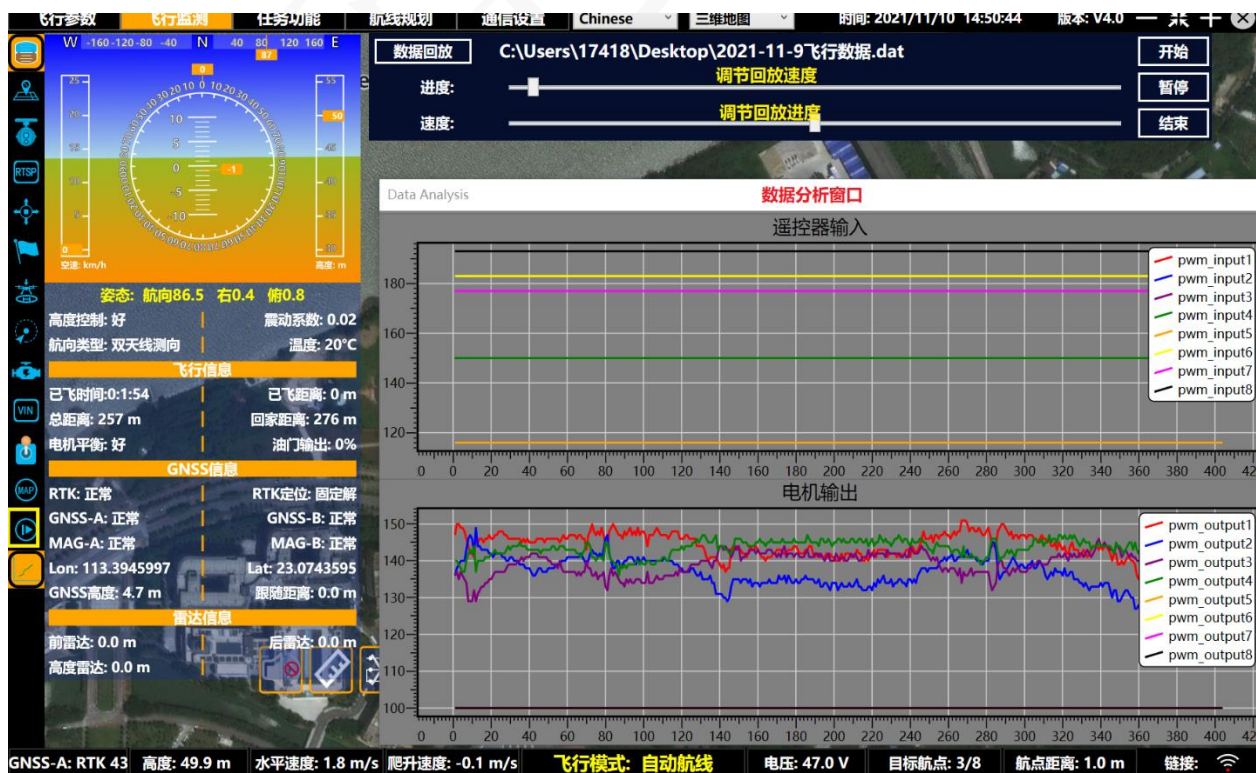
图- 28 POS 数据文件格式



id	time	lon	lat	GPS_Alt	roll	pitch	yaw	RTK
1	19/12/15 8:30:10	115.9980665	39.7849901	200	0	-2.1	171.9	0
2	19/12/15 8:30:10	115.9980812	39.7849114	201.5	0	-6.6	171.9	0
3	19/12/15 8:30:10	115.9980949	39.7848369	202.8	0	-6.6	171.9	0
4	19/12/15 8:30:10	115.9981085	39.7847627	204	-0.1	-6.5	171.9	0
5	19/12/15 8:30:10	115.9981219	39.7846897	205.2	-0.1	-6.5	171.9	0
6	19/12/15 8:30:10	115.9981352	39.7846174	206.4	0	-6.5	171.9	0
7	19/12/15 8:30:10	115.998149	39.7845429	207.6	-0.1	-6.4	171.9	0
8	19/12/15 8:30:10	115.9981623	39.7844706	208.8	-0.2	-6.3	171.9	0
9	19/12/15 8:30:10	115.998176	39.7843962	210	0	-6.3	171.9	0
10	19/12/15 8:30:10	115.9981895	39.7843226	211.2	-0.1	-6.2	171.9	0
11	19/12/15 8:30:10	115.998203	39.7842496	212.3	-0.2	-6.2	171.9	0
12	19/12/15 8:30:10	115.9982164	39.7841767	213.5	0	-6.2	171.9	0
13	19/12/15 8:30:10	115.9982286	39.7841108	214.6	-0.1	-6.1	171.9	0
14	19/12/15 8:30:10	115.9982429	39.784033	215.8	0	-6.3	171.9	0
15	19/12/15 8:30:10	115.9982566	39.7839589	217	0	-6.2	171.9	0
16	19/12/15 8:30:10	115.9982699	39.7838864	218.2	-0.3	-6.2	171.9	0
17	19/12/15 8:30:10	115.9982834	39.7838129	219.4	0	-6.1	171.9	0
18	19/12/15 8:30:10	115.9982965	39.7837418	220.5	0	-6.2	171.9	0
19	19/12/15 8:30:10	115.9983103	39.7836671	221.7	-0.4	-6.1	171.9	0
20	19/12/15 8:30:10	115.9983236	39.7835951	222.9	0	-6.2	171.9	0
21	19/12/15 8:30:10	115.9983365	39.7835246	224	-0.1	-6.1	171.9	0
22	19/12/15 8:30:10	115.9983505	39.783449	225.2	-0.2	-6.1	171.9	0
23	19/12/15 8:30:10	115.99836	39.7833771	226	0	-6.1	171.9	0
24	19/12/15 8:30:10	115.9983771	39.7833046	227.5	0	-4.9	171.9	0
25	19/12/15 8:30:10	115.9983906	39.7832311	228.7	-0.1	-3.6	171.9	0
26	19/12/15 8:30:10	115.998404	39.7831585	229.9	0	-2.6	171.9	0
27	19/12/15 8:30:10	115.9984175	39.7830853	231.1	0	-1.9	171.9	0
28	19/12/15 8:30:10	115.9984304	39.7830154	232.2	0	-1.3	171.9	0
29	19/12/15 8:30:10	115.998444	39.7829414	233.3	-0.1	-0.6	171.9	0
30	19/12/15 8:30:10	115.9984573	39.7828691	234.5	-0.1	-0.4	171.9	0
31	19/12/15 8:30:10	115.9984707	39.7827967	235.6	-0.1	-0.1	171.9	0
32	19/12/15 8:30:10	115.998484	39.7827243	236.7	-0.1	0	171.9	0
33	19/12/15 8:30:10	115.9984973	39.7826518	237.9	0	0.2	171.9	0
34	19/12/15 8:30:10	115.9985107	39.7825795	239	0.1	0.3	171.9	0
35	19/12/15 8:30:10	115.998524	39.7825072	240.2	-0.1	0.4	171.9	0
36	19/12/15 8:30:10	115.9985373	39.782435	241.3	0	0.5	171.9	0
37	19/12/15 8:30:10	115.9985506	39.782363	242.4	0.1	0.5	171.9	0
38	19/12/15 8:30:10	115.9985638	39.782291	243.6	0.1	0.6	171.9	0
39	19/12/15 8:30:10	115.9985771	39.782219	244.7	0.1	0.6	171.9	0
40	19/12/15 8:30:10	115.9985904	39.782147	245.8	0.1	0.6	171.9	0

- 飞行数据：飞行数据详细记录了系统 GNSS 定位、姿态传感器、磁罗盘、遥控器输入、电机输出等信息，是分析飞行事故的最重要的手段。该数据可以通过地面站从飞控内部读取，并进行回放分析（回放前请先断开与飞控之间的通信链接）。

图- 29 飞行数据回放示意图



- 飞行日志：飞行日志记录了，文件格式如下

图-30 飞行日志数据格式

1	*****1/22*****
2	*飞行总架次: 22 *飞行架次编号: 1 *飞机类型: 42 *飞机固件号: 21
3	*解锁点位置: 0.0019329, 39.780418 *解锁时间: 21年 9月 2日,14:29:47 *解锁点位置: 0.0019463, 39.7804194 *
4	*本次飞行时间: 0s *总飞行时间: 0min *本次飞行里程: 0m *总飞行里程:
5	*解锁时电压: 23.1V *解锁时电压: 23.1V *
6	*最大横滚角: 0 *最大俯仰角: 0 *最大水平速度: 0m/s *最大上升速度:
7	*GPS最大星数: 0 *GNSS最小星数: 100 *GPS定位时间: 1285s *
8	*磁传感器: 0 *加计陀螺: 0 *气压计: 0 *GNSS: 0
9	*****1/22END*****
10	*****2/22*****
11	*飞行总架次: 22 *飞行架次编号: 2 *飞机类型: 42 *飞机固件号: 21
12	*解锁点位置: 116.5478806, 39.7803817 *解锁时间: 21年 9月 6日,20:55:51 *解锁点位置: 116.5478572, 39.7803744 *
13	*本次飞行时间: 0s *总飞行时间: 0min *本次飞行里程: 0m *总飞行里程:
14	*解锁时电压: 24.4V *解锁时电压: 24.4V *
15	*最大横滚角: 0 *最大俯仰角: 0 *最大水平速度: 0m/s *最大上升速度:
16	*GPS最大星数: 0 *GNSS最小星数: 100 *GPS定位时间: 21s *
17	*磁传感器: 0 *加计陀螺: 0 *气压计: 0 *GNSS: 0
18	*****2/22END*****
19	*****3/22*****
20	*飞行总架次: 22 *飞行架次编号: 3 *飞机类型: 42 *飞机固件号: 21
21	*解锁点位置: 0.0019329, 39.780418 *解锁时间: 21年 9月 2日,14:29:47 *解锁点位置: 0.0019463, 39.7804194 *
22	*本次飞行时间: 0s *总飞行时间: 0min *本次飞行里程: 0m *总飞行里程:
23	*解锁时电压: 23.1V *解锁时电压: 23.1V *
24	*最大横滚角: 0 *最大俯仰角: 0 *最大水平速度: 0m/s *最大上升速度:
25	*GPS最大星数: 0 *GNSS最小星数: 100 *GPS定位时间: 1285s *
26	*磁传感器: 0 *加计陀螺: 0 *气压计: 0 *GNSS: 0
27	*****3/22END*****

8 跟随飞行

配置微克公司行业版本的移动基站和机载 RTK 系统，能够实现固定基站模式的精准飞行和移动基站模式下的跟车飞行灵活运用。可以下载 RTK 基站 APP 来进行固定基站和移动基站之间的切换，APP 下载地址为：链接：<https://eyun.baidu.com/s/3c2Y8Ks4> 密码：OEMY

可以通过点图-31 中的红色方框按钮来进行基站工作模式的切换，模式切换后会自动保存，下次上电依然会工作在上次设置的模式。可以通过绿色按钮来进行基站位置的设置，此功能不具备保存属性，每次上电后需要重新设置。

- 固定基站：固定基站模式下，基站上电后不能够再进行移动，这种模式下，机载 RTK 能够输出 5cm 精度的相对精度，能够具备较高精度的返航。

注意：固定基站模式下如果基站的放置位置发生改变，会造成飞行的不稳定甚至事故

- 移动基站：移动基站模式下，基站可以任意移动，机载板卡具备单点定位的位置精度，但能够输出 5cm 的和基站之间的相对位置，此种模式大量应用于车载/舰载移动起飞和降落场景。

图- 31 RTK 基站 APP



若采用跟车飞行模式，首先通过 APP 将基站设置为移动基站模式，然后将主基站和从天线放置于车顶，并正确的设置基站和车载从天线的连线与车头之间的方位偏差，具体步骤如下：

- 1) 将主基站固定在车顶的左侧，将从天线蘑菇头放置于车辆的右侧，并设置基站天线安装方向为 90 度，可参照下图中的装订方式；

图- 32 基站布局示意图



- 2) 观察下图中的黄色字体部分，RTK 定向和跟随锁定必须是锁定状态，飞机才能够进入跟随模式；
- 3) 设置跟随的左右偏差、前后偏差、航向偏差、高度偏差（飞机高于车辆，设置正值，建议不低于 3 米）；

图- 33 设置跟随偏差



- 4) 飞行正常起飞，确认飞机状态正常后，点击开始跟随；
- 5) 可以通过左移、右移、前移、后移按钮来实时调整飞机的跟随的位置；
- 6) 飞行任务结束后，点击车载降落，飞机可以降落到车载平台的起飞位置；
- 7) 车载跟随飞行模式下，支持最大跟飞速度为 25m/s。

图- 34 移动基站设置

跟飞模式

数据源 飞控

GNSS卫星数 ANT1: 26 ANT2: 22

经度 116.5476593

纬度 39.780369

海拔 45.5 m 天向速度 0.0 m/s

东西速度 0.0 m/s 南北速度 0.0 m/s

工作模式 0 固定基站

定向状态 RTK定向 -20

车载起飞 开始跟随 车载降落 退出

左右距离 0 m 设置 左移 右移

前后距离 0 m 设置 前移 后移

航向偏差 0 ° 设置 左旋 右旋

高度距离 10 m 设置 上移 下移

基站天线安装方向 0 deg(-90~90) 设置

左右(m) 前后(m) 上下(m) 航向(°) 设置降落偏差

0 0 0 0 获取降落偏差

跟随锁定 左右: -0.12 m 前后: 0.72 m 天向: -0.36 m

附件 1：飞控 LED 灯语

	指示灯状态	状态描述
红色 (可组合)		系统初始化/磁罗盘校准失败
		定位差
		定位很差
		低电压报警
		后台锁定
绿色 (可组合)		磁罗盘水平校准
		姿态模式
		GPS 定点模式
		自动模式
		定位准备好可以起飞
蓝色 (单独显示)		磁罗盘竖直校准
		传输警告
		IMU 无数据
		GPS 丢星警告
		速度警告
		遥控器位置警告
黄色 (单独显示)		加计报警
		陀螺报警
		磁力计报警
		温度超 65° 报警
紫色		AB 点记录 A 点
		AB 点记录 B 点
		遥控器校准
		电调校准
青色		定高状态差
		电机平衡差
白色		仿地雷达已连接
		IMU 部件升级

 长亮  闪烁

附件 2：移动基站 LED 灯语



BT: 蓝牙指示灯，快闪表示蓝牙未连接；长亮表示基站蓝牙链接正常。

RX: 基站电台发送指示灯，闪烁一次代表基站向外一包 CORS 数据，基站正常工作的时候，此 LED 应该 1HZ 闪烁

TX: 基站电台接收指示灯，闪烁一次代表接收到一包机载 RTK 下传的数据

FIX: 基站工作状态指示灯，具体闪烁意义如下：

4 闪：无定位

3 闪：单点定位

2 闪：RTK 位置浮点解，定位精度亚米级

1 闪：RTK 位置固定解，定位精度厘米级

P_L: 蓝牙以及 RTK 初始化指示灯，具体闪烁意义如下：

连续快闪：正在进行基站设置

2 闪：基站工作在移动基站模式

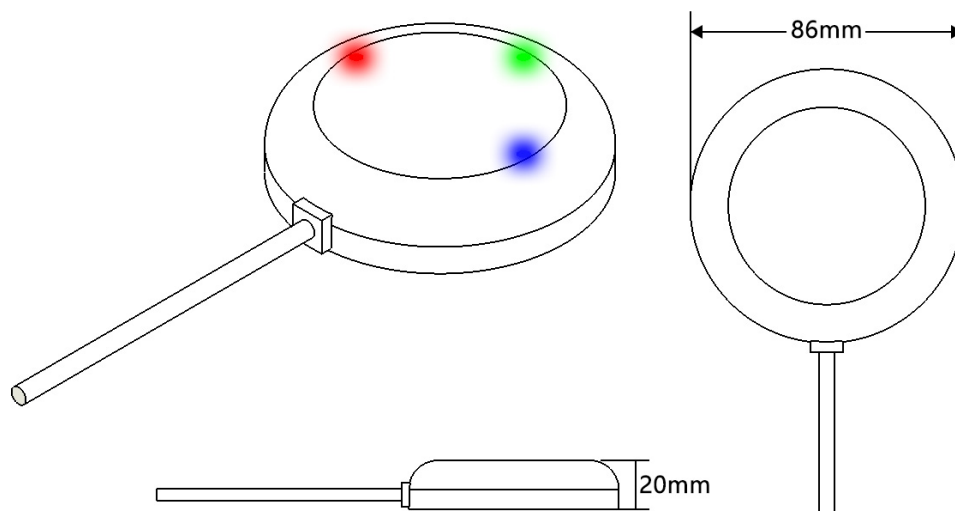
1 闪：基站工作在固定基站模式

长亮：蓝牙初始化失败

GPS：闪烁代表正在搜星

RTK：无

附件 3：单天线 RTK 模块 LED 灯语



红色：无

绿色：机载 RTK 模块定位状态

4 闪：无定位

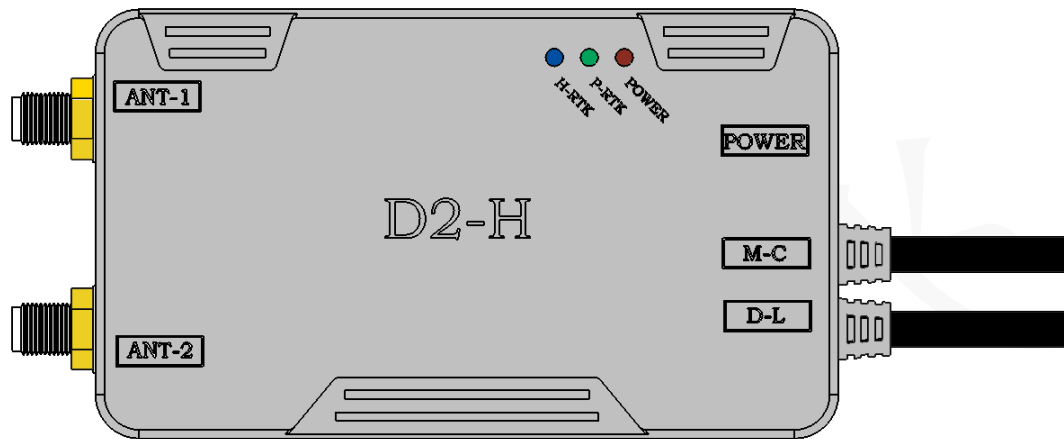
3 闪：单点定位

2 闪：RTK 位置浮点解，定位精度亚米级

1 闪：RTK 位置固定解，定位精度厘米级

蓝色：闪烁一次代表收到一次 CORS 数据

附件 4：双天线测向 RTK 模块灯语



P_RTK: RTK 定位状态指示灯，具体闪烁意义如下：

- 4 闪：ANT-1 无定位
- 3 闪：ANT-1 单点定位
- 2 闪：ANT-1 RTK 位置浮点解，定位精度亚米级
- 1 闪：ANT-1 RTK 位置固定解，定位精度厘米级

H_RTK: RTK 定向状态指示灯，具体闪烁意义如下：

- 长亮：RTK 模块初始化失败
- 3 闪：ANT-2 卫星数为 0
- 2 闪：ANT-2 卫星数>0，但未锁定双天线测航向
- 1 闪：锁定固定解双天线测航向

附件 5：发动机信息协议

通信接口：ttl 串口，连接飞控的 MC-COM 接口

115200 波特率，8 位数据位，1 位停止位，无校验位。

数据格式

包头	数据长度	数据内容	校验
2 字节	1 字节	N 字节	2 字节
A55A	数据内容部分长度	参考下表	Crc16

注：1) CRC16 是包含包头在内所有数据的检验。

2) uint16_t 在发送时，低字节先发送。uint32_t 同。

3) 发送频率 1hz。油电控制板每 1 秒发送一次数据，飞控不应答。

数据内容：

项目	字节	单位	备注
协议版本	uint8_t	从 1 开始	更改协议时区分版本
发动机转速	uint16_t		RPM
发动机油门	uint16_t		
发动机电压	uint16_t	0.1v	
充电电流	uint16_t	0.1A	
发动机运行时间	uint32_t	Min	总运行时间不清零
剩余保养时间	uint16_t	Min	保养后清零
剩余锁机时间	uint16_t	Min	锁机倒计时
运行状态	uint8_t		0:停止, 1:等待, 2:运行, 3:锁机
报警信息	uint16_t		按位来表示可同时容纳 16 种警报
剩余油量	uint8_t	%	0%-100%

气缸 1 温度	uint16_t	°C	0°C~300°C
气缸 2 温度	uint16_t	°C	0°C~300°C
PCB 温度	uint8_t	°C	0°C~255°C

注：

1) 若飞控发送解锁命令给油电控制板，则油电控制板发送过来的剩余解锁时间总是=0xffff，即表示油电系统处于解锁状态，这时在 APP 上不显示“剩余锁机时间”这一项。

2) 在剩余锁机时间倒计时到 0 时，油电系统的发动机不得马上熄火！以免飞行中突然熄火导致坠机事故！

必须在正常熄火停机后，检查锁机剩余时间，决定是否允许再次启动发动机。

附件 6：UDP 转发

- 数据传输协议：UDP 组播；
- 端口号：IP 和 PORT 可设置
- 数据总帧长 33 字节，数据发送采用小端模式，即 16 位整型数先传低 8 位，后传高 8 位，32 位整型数从低 8 位到高 8 位先后依次发送。

序号	字段名称	数据类型	字段长度	说 明
	帧头	Byte	1	0X55
	帧头	Byte	1	0XAA
	发送方标识	Byte	1	0X 40： 无人机地面站
	飞机编号	Byte	1	飞机的 ID 号
	数据长度	Byte	1	0X1A（绿色字体部分）
	航向角	Short	2	单位：0.1 度，-180—180， 北偏东为正
	横滚角	Short	2	单位:0.1 度，左负右正
	俯仰角	Short	2	单位：0.1 度，俯负仰正
	无人机经度	int	4	1e-7
	无人机纬度	int	4	1e-7
	无人机海拔 高度	Short	2	单位 0.1m
	无人机速度	Short	2	0.1，单位 m/s
	GPS 年	Short	2	

	GPS 月	Byte	1	
	GPS 日	Byte	1	
	GPS 时	Byte	1	
	GPS 分	Byte	1	
	GPS 秒	Byte	1	
	GPS 毫秒	Byte	1	100, 单位毫秒 如收到 byte 为 7, 则为 700ms
	CRC16 校验		2	前面所有字节进行校验

附件 7: CRC16 计算方式

// CRC 高位字节值表

```
const uint8_t auchCRCHi[] = {
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40};
```

// CRC 低位字节值表

```

const uint8_t auchCRCLo[] = {
    0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7,
    0x05, 0xC5, 0xC4, 0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E,
    0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09, 0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9,
    0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD, 0x1D, 0x1C, 0xDC,
    0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
    0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32,
    0x36, 0xF6, 0xF7, 0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D,
    0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A, 0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38,
    0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF,
    0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
    0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1,
    0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4,
    0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F, 0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB,
    0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA,
    0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
    0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0,
    0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97,
    0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C, 0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E,
    0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88, 0x48, 0x49, 0x89,
    0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
    0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83,
    0x41, 0x81, 0x80, 0x40};

```

```
//获取 CRC16 校验值(CRC-CCITT (0xFFFF))
```

```
// puchMsg:要校验的数组
```

```
// usDataLen:校验的长度
```

```
//返回值: CRC16 码
```

```
uint16_t Get_Crc16(uint8_t *puchMsg, uint16_t usDataLen)
```

```
{  
    uint8_t uchCRCHi = 0xFF; //高 CRC 字节初始化  
    uint8_t uchCRCLo = 0xFF; //低 CRC 字节初始化  
    uint32_t uIndex;          // CRC 循环中的索引  
    while (usDataLen-->0)    //传输消息缓冲区  
    {  
        uIndex = uchCRCLo ^ *puchMsg++; //计算 CRC  
        uchCRCLo = uchCRCHi ^ auchCRCHi[uIndex];  
        uchCRCHi = auchCRCLo[uIndex];  
    }  
    return (uchCRCHi << 8 | uchCRCLo);  
}
```