

现在常用的电调一般靠脉宽决定转速,脉宽 1ms 代表最低转速,脉宽 2ms 代表最高转速。电调对频率没有太严格的要求,一般在 50~400Hz 范围内,不能太高,比如 PWM 频率到达 800Hz,那么整个周期只有 1.25ms,脉宽最大也不会超过 1.25ms,这样就没办法通过脉宽控制电机速度了。

飞控和电调之间的通信协议还有很多,我们刚才提到的 PWM 是一种模拟协议,模拟协议还有 Multishot、Oneshot125 等。除了模拟协议,有些电调还可以解析数字协议,如 DShot300、DShot600、DShot1200 等。由于模拟信号主要通过脉宽确定转速,所以模拟信号无法确定油门的最大和最小值,因此使用模拟信号电调时需要增加一个电调校准的过程,后面会介绍具体的校准过程。数字信号的协议带有校验位,传输信号时不会出错,传输的转速信息也是绝对值,所以不需要校准电调。

接下来介绍无刷电调是如何将电池的直流电转换为三相交流电驱动电机转动的,为了实现这个功能,无刷电调一般都带有 6 个 MOS 管 (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, 金属-氧化物半导体场效应晶体管)。大家可以把 MOS 管理解成开关,这个开关可以通过芯片引脚的高低电平控制,6 个 MOS 管的布局如图 2.12 所示,左侧为电调的基本组成,有电源的正负极输入,输入后连接 6 个 MOS 管,然后有 3 根电机线输出,连接右侧无刷电机的 A、B、C 端。

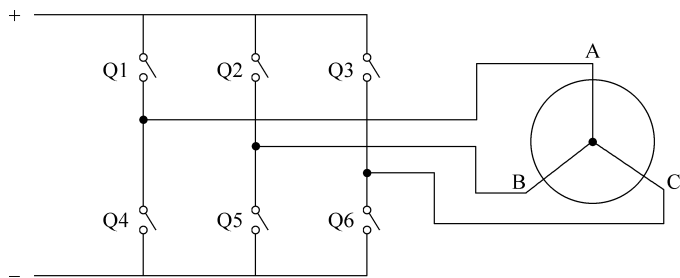


图 2.12 无刷电调中 6 个 MOS 管的布局

根据前面介绍的无刷电机工作原理,要让电机转起来,电调就需要具备给 A、B、C 交替通电的能力。如果想先给 A 接正极,B 接负极,C 不通电,这种情况

这些信息会直观反映传感器的各种问题。注意,当有报错信息存在时,无人机是无法解锁起飞的。

飞行状态在主界面的左下方显示,可以通过选项卡的形式选择显示数据、动作、消息、起飞检查、仪表、状态、舵机等信息,最常用的是数据、动作和消息等信息,如图 3.14 所示。数据界面可以直接显示每个参数的具体值,可以通过设置来决定这个界面显示几个数据,以及显示什么数据;动作界面可以对无人机进行一些简单的控制,比如加锁、解锁、起飞、返航、降落、飞行模式切换、执行航线、修改飞行速度和飞行高度等;消息界面会显示飞控反馈的版本号、执行动作、报错等信息,如果没有看清楚仪表盘界面闪过的信息,还可以切换到消息界面查看记录。



图 3.14 MissionPlanner 飞行状态的数据、动作和消息界面

主界面的地图区域用来显示无人机的位置、机头指向、返航距离等标志,帮助飞手更直观地了解无人机状态。

刚才介绍了主界面的内容,接下来通过顶栏切换到飞行计划界面,如图 3.15 所示。飞行计划界面主要用来设置无人机的飞行航线,飞手可以直接通过在地面站软件点击鼠标来绘制无人机航线,绘制完航线后,航点列表就会显示在下方,列表中会显示每个航点的具体经纬度、高度等信息,用户也可以编辑、修改这几个参数,地图上的航点图标会自动更新。同时,地面站软件会根据前后航点自动计算出当前航点的坡度、角度、距离、方位角等信息。可以在飞行计划界面右

靠性也很强。那么 PID 算法在无人机飞控中是怎么起作用的呢？假设无人机在空中接收到一个指令要求飞到一个指定位置悬停，无人机就会以恒定的速度向目标点飞行，达到目标点时悬停，但是由于无人机有惯性，肯定会超过目标点，如果提前减速也有可能无法到达指定位置，这时候就用到了 PID 算法。

要了解 PID 在无人机中具体的工作原理，首先来看 PID 算法的核心公式：

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (5.1)$$

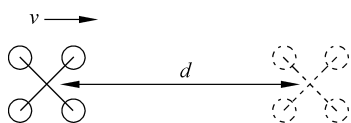


图 5.8 无人机回到目标位置

式中， $u(t)$ 为输出量， $e(t)$ 为输入量， K_P 、 K_I 、 K_D 分别为比例、积分、微分。第一次看到这个公式可能会觉得比较抽象，如果将该式放到无人机指定位置悬停的例子中，如图 5.8 所示， $u(t)$ 为 PID 算法计算出的速度 v ， $e(t)$ 为

无人机到目标点的距离 d ，接下来看一下如何使用 PID 达到稳定效果。

首先只用比例控制，无人机距离目标点的位置是 16m，将 K_P 设为 0.5，也就是无人机的速度 v 始终是距离 d 的一半，PID 计算周期设为 1s，以下计算可以演示无人机到达目标位置的过程。

运算时间(s)	速度(m/s)	速度(m/s) = 0.5 × 距离(m)
1	8	= 0.5 × 16
2	4	= 0.5 × 8
3	2	= 0.5 × 4
4	1	= 0.5 × 2
5	0.5	= 0.5 × 1

可以看到，随着时间的推移，无人机与目标点的距离不断减小，同时速度也在不断减小，最终会在无限接近目标点的情况下停下来，但这是在理想状态下，实际情况会有多种因素影响，比如风的影响。假设无人机飞向目标位置时是逆风，风速为 2m/s，此时无人机的速度表示空速，通过以下计算说明此时会发生什么情况。



图 6.14 飞行模式设置界面

飞控可以保持水平和航向,此时无人机是不能维持在原地悬停的,需要不断地通过遥控器控制才能稳定在原地。

2. AltHold

定高模式下,除了基本水平稳定和航向稳定,飞控还会根据气压计维持高度的稳定,但是在前后左右方向还是会受风的影响,需要飞手通过遥控器来调整位置。

3. Loiter

悬停模式下,飞控也参考了定位模块的数据,无人机在这个模式下可以完全悬停在空中几乎不动,这也是最简单的一种无人机飞行模式,适合新手使用。

4. Auto

自动模式执行的前提是通过地面站软件给飞控设置任务,例如设置一条飞