

飞控相关的地磁知识小结

原文链接

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/29419423>

1、飞控里面的地磁计的作用？

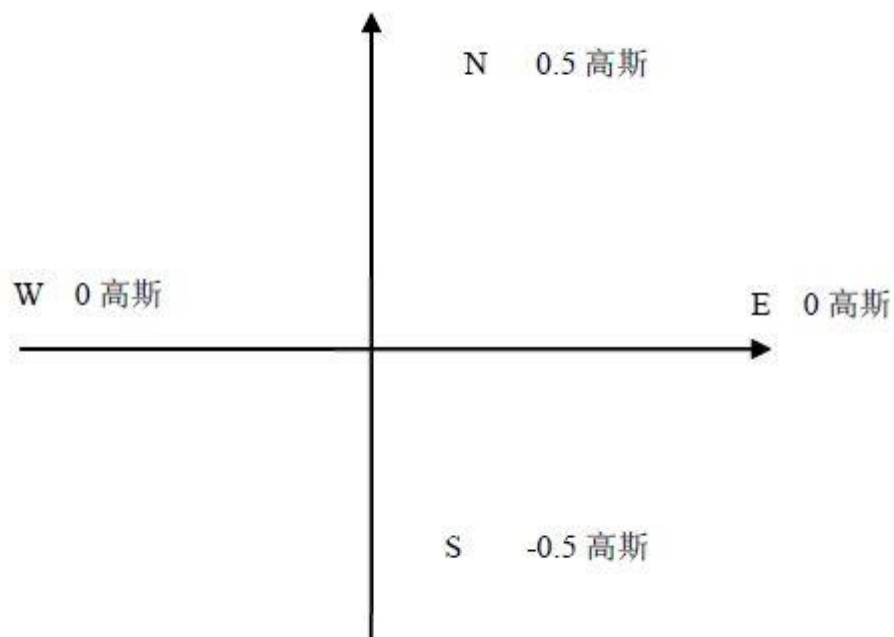
飞控里的传感器单元，最重要的是 IMU，这里一般是泛指，准确的说法是 AHRS（姿态航向参考系统），前面有提到过，加速度计和陀螺仪能准确估计出飞行器的 roll 和 pitch 然而 yaw 是不能通过这两个准确得到的，这里就需要地磁计了。

地磁计主要是**根据地磁向量，求出飞行器与磁北的夹角。**

2、地磁计的原始数据？

姿态解算算法运行前，飞控驱动层要能准确获取地磁计的数据，然而如何判定数据的有效性呢？

根据手册，一般会提供如何配置，并转换成**高斯单位**。判定数据的方法就是**当模块指向真北的时候，x/y 轴的数据正向最大，指南的时候，为负值最大。**而且一般地球磁场（忽略干扰的话）数值很小，大约只有 **0.5 高斯**。



3、计算 yaw 需要加速度计吗？

需要用到加速度计校准飞行器的水平误差，**补偿倾斜角度**。

4、磁偏角？

姿态解算的时候，如要得到精确的 yaw，则需要考虑磁偏角，这是什么？

因为基于**磁北方向的航向角与真北方向的航向角是有差异的**，也就是**磁北和真北存在角度偏差**，而我们姿态解算是靠磁北来算与真北的角度，所以要补偿这个夹角，这个就是磁偏角，因为地磁是会随着时间、地点变化而变化，所以**磁偏角也不是一个固定值**。

当然，一般这个角度不是很大的值，大约在 5 度左右，精度要求高的话可以补偿。

5、如何计算磁偏角？

可以根据 GPS 得到**当前飞行器的经纬度**，**通过经纬度去计算磁偏角**，相应的计算参看开源飞控 PX4 代码。

6、地磁干扰？

由于地磁磁场太过微弱，只有 0.5 高斯，所以很容易受到外界干扰，数据变化较大。

一般将地磁干扰分成两种，**一种是硬磁干扰，另一种是软磁干扰。**

硬磁干扰：认为是飞行器上被磁化的物质所产生的，**一般干扰是一个固定值**，不随着航向的变化而变化；

软磁干扰：认为是**地磁磁场与飞行器周围的磁化物质相互作用而产生的**，这个干扰数值通常不是一个固定值，**与航向有关。**

7、地磁校准？

那如何去除干扰？通常是在使用前进行校准。

一般方法就是将飞行器按特定角度进行转动，**得到不同姿态下的磁场强度值**，通过对测量值进行分析来校准，主要用来纠正零偏。

8、校准方法的区别？

校准地磁的算法，常见的有最小二乘拟合椭球、求取零点偏移等方法。那不同的算法是否差异较大？或者效果更好？

以 PX4 的校准算法为例，

提取一组校准使用的 mag 数据，进行 matlab 仿真，结果如图所示：

前三个数据为求零偏计算的结果，后三个是考虑椭球拟合的 px4 算法结果，

MagX_offset =

-0.0190

MagY_offset =

0.0675

MagZ_offset =

-0.0565

sphere_x =

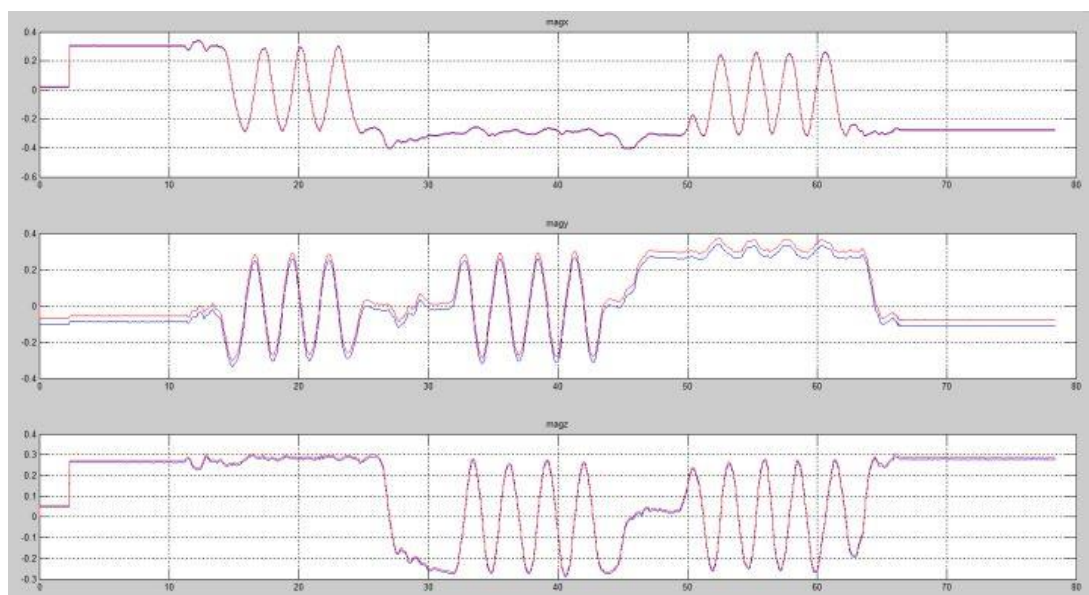
-0.0245

sphere_y =

0.1010

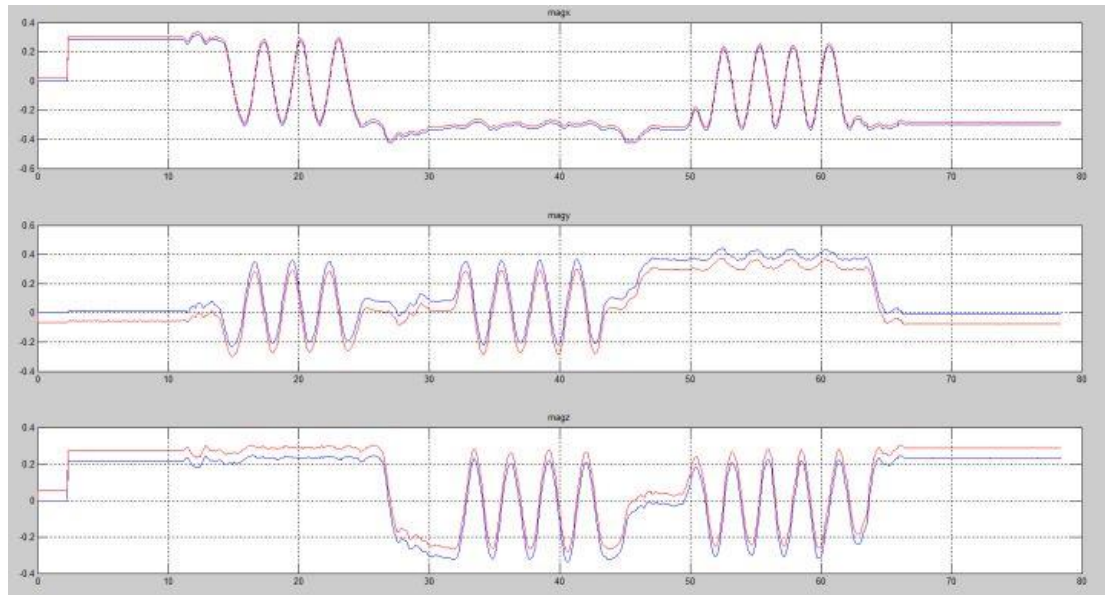
sphere_z =

-0.0481



红色是 px4 的校准算法结果，蓝色是求零偏的算法结果，几乎一致，**效果差不多**。可以看到，因为求取的结果差异不大，因此可以使用简单的校准算法即可。

那校准前与校准后的呢？下面是一组正常的 mag 数据（误差不大），



蓝色校准前，红色校准后。可见，校准还是会有一定差异的。

9、不校准的影响？

Mag 如果不进行校准，而**原始数据的零点偏移很大的时候**，这时候计算 **yaw** 会**有很大的误差**。

10、如何判定是否需要校准？

为什么到一个新地方就需要校准？

不同的地理环境，会让地磁数据发生变化，即零偏会发生变化，所以一般在新的地理环境下都需要进行校准。

a)看 mag 的原始数据值，旋转一圈，最大最小值得到的零点是否偏离 0 很大；

b)又或者通过 yaw 进行判定，飞行过程中，飞行器往前飞行（只打 pitch 杆），是否飞的很直；c)地面实时看 yaw，每次旋转 90 度，转一圈，看每次 yaw 的收敛情况和收敛方向，如最终收敛的角度与旋转的 90 度较大误差，则需要校准。

11、地磁校准能解决一切问题吗？

答案是否定的，在某些极端情况下，地磁的干扰不能完全通过校准进行消除。

简单来说，**比如外界的干扰造成地磁向量出现偏差，所以这时候通过这个有偏差的地磁向量作为参考去校准，所得到的值也是不正确的，校准只能解决数据偏移问题，不能解决干扰问题。**因此会造成 yaw 不够精确，保证飞行的直线，这个要求在植保机尤为重要。出现这种情况下，只能通过其他办法进行补偿，**比如加入 GPS 数据，这里笔者提供一个思路，前飞时，获取 gps 的 heading_2d 信息，即飞行器前进的角度，如果不是直线飞行，yaw 有误差，则两者之间会有误差，将该误差进入解算中进行补偿，可得到较为准确的 yaw（注：该方法只适用于飞行速度较快的情况下）。**

12、地磁如何作用姿态解算？

举两个常见的例子说明：

a)mahony 算法中，地磁校正的原理是，将参考坐标系（NED 系）中的地磁向量作为参考，认为是 $(b_x, 0, b_z)'$ ，因为前面讲过，地磁向量指向正北是，水平的 x/y 轴，值最大。所以飞行器的地磁在机体系下的测量值 $(m_x, m_y, m_z)'$ ，经过矩阵转换，得到参考坐标系下的值 $(h_x, h_y, h_z)'$ ，与参考向量相比，**水平上的地**

磁向量值，肯定是相同的（不管坐标系如何变化），即 $bx^2 = hx^2 + hy^2$ ，再将其转换到机体坐标系，得到的向量与测量向量 $(mx, my, mz)'$ 求误差，这个误差就认为是 yaw 的误差角度，对其做 PI 修正。

注意，这里的 z 轴可以不考虑，即假定参考向量是 $(bx, 0, 0)'$ ，参考坐标系的测量值为 $(hx, hy, 0)'$ ，这种方法的好处是 mag 数据只会影响到 yaw 的计算，而不会与 roll、pitch 耦合。

b)PX4 的 attitude_estimator_q 中，本质与 mahony 算法一样，不过形式上地磁的部分处理有些不一样。

将地磁的测量值转换到参考坐标系（NED 系）下后，通过 $\text{atan}(y/x)$ 来得到 yaw，不管角度是否正确，假定为有误差的，水平认为没有误差的，形成 $(0, 0, \text{mag_err})$ 向量，再转换到机体坐标系，乘以一个校正的参数，作为补偿加入到解算中。