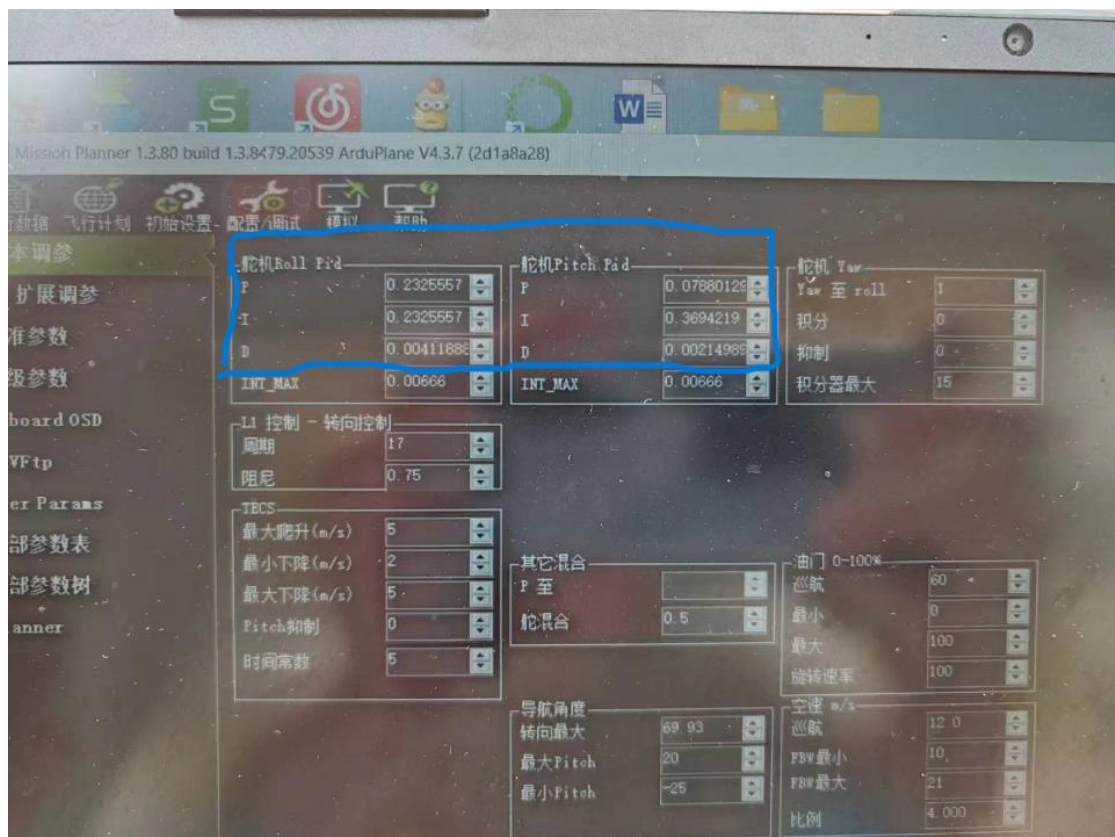
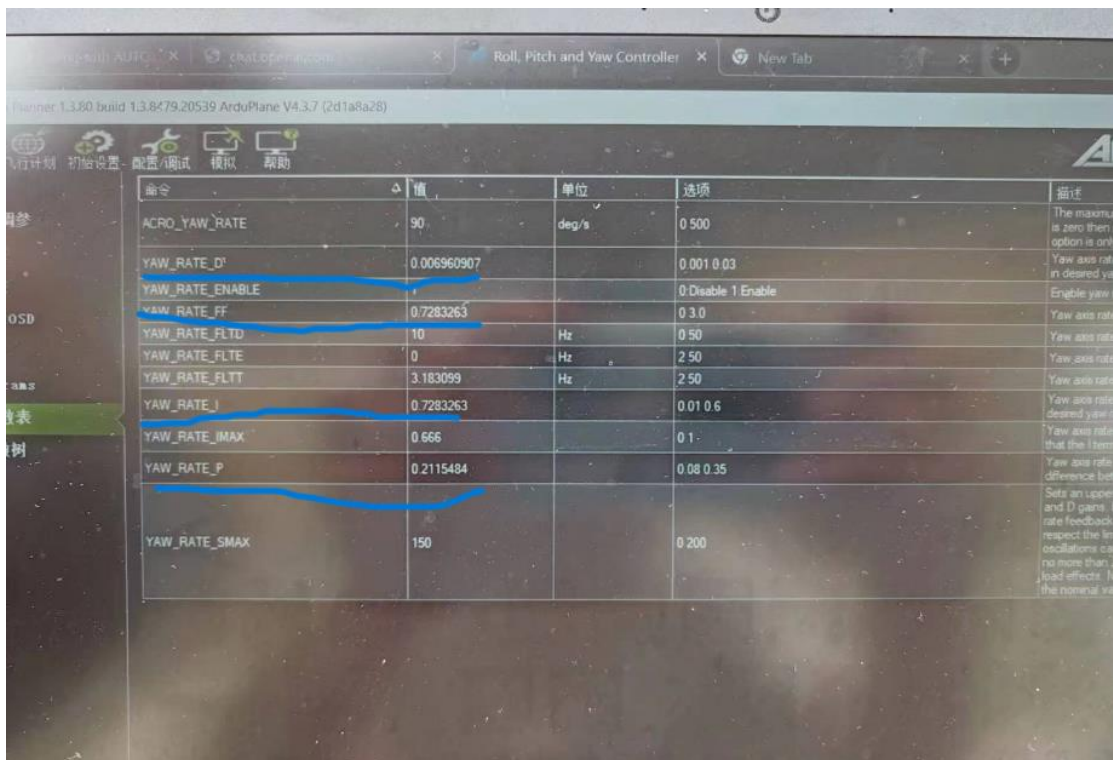


# AUTOTUNE 自动调节 3 轴 PID

## 一.AUTOTUNE 飞行模式介绍

AUTOTUNE 是一种 ardupilot 的用于飞机的自动调参系统，它通过飞行员输入的急剧姿态变化来学习 Roll 和 Pitch 调参的关键值，以获得稳定、准确的飞行。在较新版本中，也支持对 Yaw 调参。





如图，可以自动调节 Roll、Pitch、Yaw 三轴的 PID。(PID 简单理解：P 的作用是控制对飞机变化的响应快慢，P 与响应快慢成正相关；D 的作用是预测未来的变化，提前调整飞行状态，也是正相关；I 的作用是消除固定偏差，如果单靠 PD，飞机距指定航线有一个固定距离偏差，就得调大 I 来补偿掉偏差)

## 二 . AUTOTUNE 具体操作介绍

### 1.前期设置&&飞手操作

#### (1) YAW\_RATE\_ENABLE = 1 && ACRO\_YAW\_RATE <=90

YAW\_RATE\_ENABLE 是 ArduPilot 中的一个参数，用于启用或禁用偏航速率控制。当该参数设置为 1 时，偏航轴的速率控制器 (YAW RATE CONTROLLER) 将会被启用，这意味着飞行控制系统将根据遥控器上的方向舵 (rudder) 输入来控制飞行器的偏航速率。通常，在飞行器具有偏航控制面 (如方向舵) 时，可以将该参数设置为 1 来启用偏航速率控制。但是请注意，如果您的飞行器没有偏航控制面 (如仅具有副翼的飞翼)，则不应该启用此参数。

ACRO\_YAW\_RATE 是 ArduPilot 中的一个参数，用于设置在 ACRO 模式下飞行器的最大偏航速率。ACRO 模式是飞行控制中的一种手动操控模式，飞行器的横滚、俯仰和偏航都由遥控器的操纵杆直接控制，而不进行任何稳定控制。该参数允许您限制飞行器在 ACRO 模式下的偏航速率，以确保飞行器的操控不会过于激烈。通常，您可以将 ACRO\_YAW\_RATE 设置为小于或等于飞行器实际的偏航速率能力 (通常为 90°/s)，以限制偏航速率的最大值。

## (2) ARSPD\_AUTOCAL=1&&SERVO\_AUTO\_TRIM=1

ARSPD\_AUTOCAL 参数: ARSPD\_AUTOCAL 是 ArduPilot 中的一个参数, 用于启用或禁用空速 (气速) 自动校准功能。当这个参数设置为 1 时, 飞行控制系统将会在飞行过程中自动校准飞行器的空速传感器 (空速计), 以确保空速测量的准确性和精度。空速校准是非常重要的, 因为准确的空速数据对于飞行控制和导航非常关键, 尤其是在自动驾驶飞行中。

启用 ARSPD\_AUTOCAL 后, 飞行控制系统会在飞行中对空速传感器进行自动校准。这通常涉及飞行器进行特定的空速状态和动作, 以使传感器获得可靠的校准数据。自动校准过程可能需要一些飞行时间, 并且需要在适当的条件下进行, 以确保获得准确的校准结果。完成校准后, 飞行控制系统将使用校准后的空速数据来提高飞行性能和导航准确性。

SERVO\_AUTO\_TRIM 参数: SERVO\_AUTO\_TRIM 是 ArduPilot 中的一个参数, 用于启用或禁用自动舵面 (控制面) 校准功能。当这个参数设置为 1 时, 飞行控制系统将会自动校准飞行器的舵面 (例如副翼、升降舵等), 以确保舵面的中性位置和行程范围正确。

启用 SERVO\_AUTO\_TRIM 后, 飞行控制系统会在飞行中自动检测舵面的中性位置和行程范围, 并根据检测结果进行自动校准。舵面校准是重要的, 因为准确的舵面中性位置和行程范围对于飞行控制和姿态稳定非常重要。不正确的舵面校准可能导致飞行器在飞行时姿态不稳定或不受控制。

使用 SERVO\_AUTO\_TRIM 参数时, 飞行员通常需要遵循特定的校准过程, 以确保舵面校准正确完成。完成校准后, 飞行控制系统将使用校准后的舵面参数来保持飞行器的稳定姿态和可控性。

## (3) AUTOTUNE\_LEVEL = 6+

AUTOTUNE\_LEVEL 是设置自动调参级别的, 级别越高, 飞手能给的最大输入就越大, 飞机振荡就可以越大, 越利于调参。一般, 在不熟练情况下, 以 level6 为基础水平, 后可以随着参数的优化而提高 level 以求参数最优化, level 最高为 11。

## (4) 飞手操作

依次调节 Roll、Pitch、Yaw 三轴的 PID 参数, 每一轴多次测量以求实现更精准调参。以 Roll 轴为例, 飞机升空后, 飞手在遥控器上最大幅度摇动 Roll 控制杆, 系统将通过 Roll 振荡自动计算 Roll 上的 PID。注: 初次测量小心操作, 因为 PID 值不合适, 振荡会过大, 飞手要控制好飞机。

## 2.调参可视化

### (1) 观察 UI 界面的 PID 调节情况

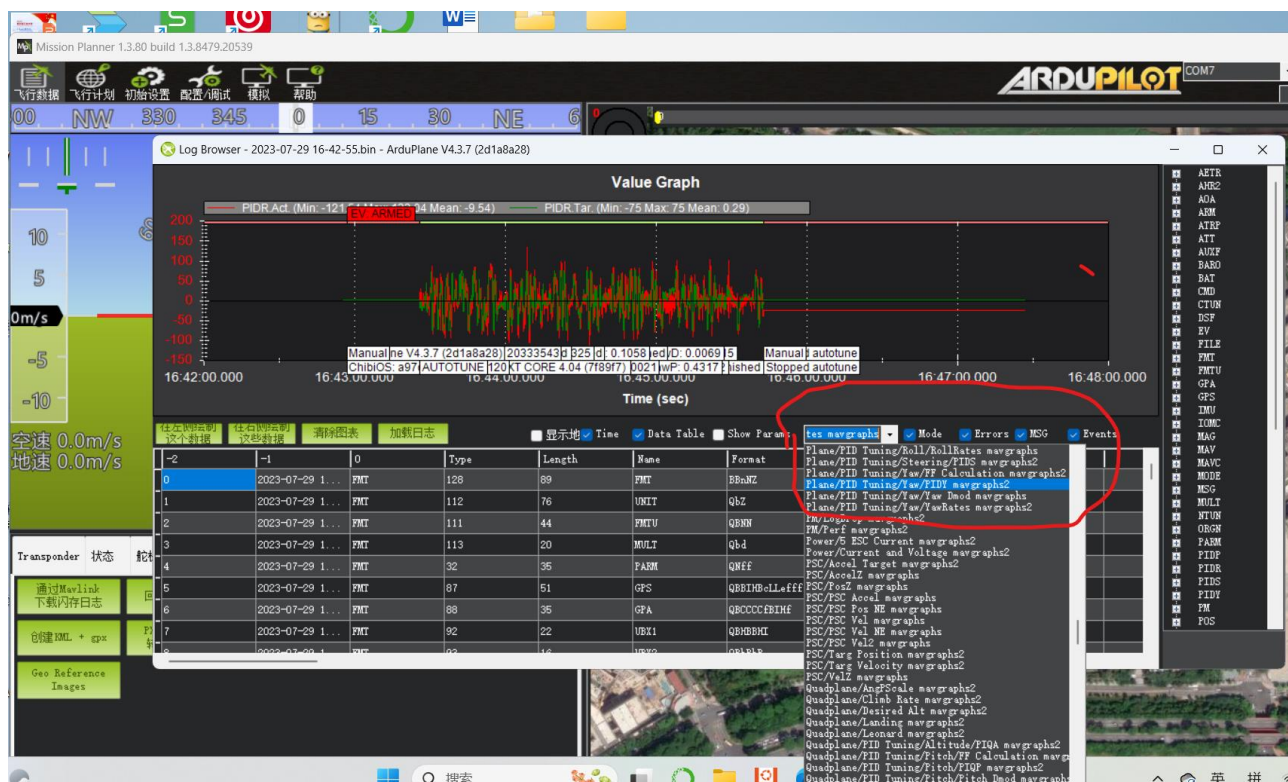


UI 界面会显示三轴 PID 的变化。当显示 Finished 时标志着本轮调参完成。

## (2) 飞行后 logger 绘制三轴速率拟合图







可选择 RollRates、PitchRates、YawRates 来检测调参效果。

### (3) 进阶调参

#### 1. NAVL1\_PERIOD

默认值为 25，这是一个非常保守的值，旨在适应调参不良的飞行器。它控制飞行器在自动模式（如 AUTO、RTL 和 LOITER）下转弯的急剧程度。大多数飞行器应该使用更低的数值。一旦您成功进行了滚转（Roll）和俯仰（Pitch）的自动调参（Autotune），如果您尚未调整 NAVL1\_PERIOD，则应将其降低到 18。要继续调整，您应该在 AUTO 模式下进行矩形任务飞行，并逐步将 NAVL1\_PERIOD 减少 1，直到飞行器转弯速率让您满意，并且在飞行时不出现“摇尾巴”的情况。

较小的 NAVL1\_PERIOD 值意味着飞行控制器会更频繁地更新航向角，从而更快地跟踪目标航线，但可能会导致较多的计算开销。较大的 NAVL1\_PERIOD 值意味着更新频率较低，可能导致无人机在横向上跟踪航线的效果较差，但会降低计算负荷。

#### 2. PTCH2SRV\_RLL

此参数控制转弯时添加多少升降舵来保持飞机的机头水平。许多飞行器可能需要将此参数从默认值 1.0 进行微小调整。

增加 PTCH2SRV\_RLL 参数的值会增加副翼的响应速度，使无人机更敏感地对俯仰运动进行补偿。这可能有助于在快速变化的飞行条件下更快地稳定无人机，但同时也可能增加副翼舵面的摆动和飞行器的振荡风险。

降低 PTCH2SRV\_RLL 参数的值会减少副翼的响应速度，使无人机对俯仰运动的补偿更加平缓。这可以降低飞行器在风或其他扰动条件下的震荡和不稳定性，但可能会降低无人机对于快速俯仰运动的响应能力。

要判断是否需要调整此参数，您可以在 FBWA 模式下保持副翼操纵杆保持到位，同时不给予任何升降舵输入，进行紧密的圆形飞行。如果飞机上升，则应该将 PTCH2SRV\_RLL 减小一点（尝试初始值降低到 0.95）。如果飞机在盘旋时下降，则可以尝试将 PTCH2SRV\_RLL 增加一点（尝试初始值增加到 1.05）。如果需要将此参数调整到 1.3 以上或 0.8 以下，则可能存在一些问题，例如错误的重心设置、不良的推力线、不良的空速校准、过于柔软的俯仰环调参或者错误的指南针校准。您应该尝试解决这些问题。

### 3.参考

1.<https://ardupilot.org/plane/docs/automatic-tuning-with-autotune.html>

2.<https://www.youtube.com/watch?v=9pSop7XQ700&list=LL&index=2&t=237s>

3.<https://www.youtube.com/watch?v=Z0s4JG0Q88M&list=LL&index=1&t=23s>

4.[https://www.bilibili.com/video/BV1L24y1f78h/?spm\\_id\\_from=333.100](https://www.bilibili.com/video/BV1L24y1f78h/?spm_id_from=333.100)

7.[top\\_right\\_bar\\_window\\_custom\\_collection.content.click&vd\\_source=a6b3902c015eda9c8021430a48f7b4574](#)

5. ....