

then $\Delta_{CH[4]} = K_3\Delta_{CHANNEL[3]} - K_X\Delta_{GYRO-X} + K_Z\Delta_{GYRO-Z} + K_4\Delta_{CHANNEL[4]}$;

if $e_{ROLL} \in [-10^\circ, -5^\circ] \cup [5^\circ, 10^\circ]$

then $\Delta_{CH[4]} = K_3\Delta_{CHANNEL[3]} - K_R\Delta_{ROLL} - K_X\Delta_{GYRO-X} + K_Z\Delta_{GYRO-Z} + K_4\Delta_{CHANNEL[4]}$;

if $e_{ROLL} \in [-15^\circ, -10^\circ] \cup [10^\circ, 15^\circ]$

then $\Delta_{CH[4]} = K_3\Delta_{CHANNEL[3]} - K_R\Delta_{ROLL} + K_Z\Delta_{GYRO-Z} + K_4\Delta_{CHANNEL[4]}$;

$CH[4]_k = CH[4]_{k-1} + \Delta_{CH[4]}$;

式中： K_R 、 K_X 、 K_Z 、 K_3 、 K_4 为控制系数， $CH[4]_k$ 为左旋翼控制输出量；
参数 K_P 、 K_R 、 K_X 、 K_Y 、 K_Z 、 K_3 、 K_4 需要通过实验来确定。

面临的问题：

- 1 控制系统还难以建立合理的模型，控制系数的确定需要大量反复的实验；难以确定出最优控制参数。
- 2 当飞行条件改变时，比如载重增加等，控制参数需要重新调整；
- 3 碟形飞行器的控制率有待进一步研究，离实用还有一定差距；
- 4 稳定性还难以从理论上进行验证；

3.2 硬件设计

3.2.1 总体设计^{[24][25][26][31]}

本半自主飞行控制系统主要实现人的遥控操作及自动增稳功能。飞行器通过接收机接收到的遥控指令完成操作者的遥控操作，同时具有感知飞行姿态并自动调整的功能。

整个控制系统包括电源功能模块、遥控接收模块、角度传感模块、角速率传感模块、电机驱动模块、MCU 及接口与扩展等部分。该控制系统的原理图如图 3-2 所示。

电源功能模块主要为其他模块提供电压，主要提供的电压有 2.5V，3.3V、5.0V 和 7.5V。其中 2.5V 电压为信号放大器提供电源，3.3V 为微处理器提供电源，5.0V 为角度传感器和角加速度传感器及接收模块提供电源，7.5V 为电机提供电源。

遥控接收模块主要用来实现人的遥操作，共有四个通道的信号，分别为飞行器提供升降、前后飞、左右飞、及旋转指令。为了提高飞行器的智能度和可操作性，因此为飞行器安装角度传感器作为姿态反馈传感器，通过角度传感器采集到的角度信号，可以感知到飞行器当前姿态，并与目标姿态比较，形成闭环控制。由于四桨碟形飞行器是一个极其发散的系统，为提高其飞行稳定性，因此加入角速率陀螺反馈环。