

经过考量，决定弹道模型的解算全部由电控端进行完成：这在一定程度上可以减少通信带来的误差影响以及可以尽可能为云台的操作带来更“丝滑”的感觉。

1.弹道模型与弹道补偿

得到目标惯性系下的位置与速度估计后，通过弹道模型计算弹丸飞行时间从而确定运动预测步长与弹道下坠补偿。

2.弹道模型

般情况下17mm弹丸发射角度接近水平，因此竖直方向速度分量极小，故忽略竖直方向空气阻力，仅考虑水平方向空气阻力对弹丸的作用。设弹丸水平方向受到的空气阻力大小与速度平方成正比： $|\mathbf{f}| = k \mathbf{Vx}^2$ ，则水平方向动力学模型为：

$$-kVx^2 = m * dVx/dt$$

根据初始条件：

$$Vx(0) = Vx0$$

解得

$$Vx(t) = Vx0 / (K1 * Vx0 + 1)$$

其中 $K1 = K / m$ 。水平速度 $Vx(t)$ 对时间 t 积分得到水平位移 $x(t)$ ：

$$x(t) = \int_0^t Vx(r)dr = 1/K1 * \ln(K1 * Vx0 + 1)$$

根据位置估计值可得到目标水平距离 x 与水平速度 Vx ，则弹丸飞行时间 T 满足：

$$x + Vx * T = 1/K1 * \ln(K1 * Vx0 * T + 1)$$

利用牛顿迭代求解飞行时间 T ，定义函数：

$$f(t) = 1/K1 * \ln(k1 * Vx0 + 1) - x - Vx * t$$

有

$$f(t) = Vx0 / (K1 * Vx0 + 1) - Vx$$

迭代公式为：

$$T0 = 0$$

$$Tk + 1 = Tk - f(Tk) / f'(Tk) \text{ (分母是一阶导数，符号我打不出来...)}$$

综上：云台应瞄准经过 T 秒后目标位置，即期望航向角 θ 为：

$$\theta = \tan^{-1}[(Yn + Vy * T) / (Xn + Vx * T)]$$

