

能量机关：

能量机关先导问题：

其实能量机关的主要问题就算在T秒内，能量机关转过的角度。（T：发弹延时+弹丸滞空时间+能量机关亮起时间+云台移动时间等）

小能量机关转速固定为 $10RPM$ ，T秒内转动的角度即为 $60^\circ * T$ 。

大能量机关转速按照三角函数呈周期变化。速度目标函数为： $spd = 0.785 * \sin(1.884 * t) + 1.305$ ，其中 spd 的单位为 rad/s ， t 的单位为 s 。

假设速度目标函数为： $spd = A\sin(\omega x + \varphi) + C$ ，其中 spd 的单位为 rad/s ， t 的单位为 s 。

进行如下公式推导：

假设初始时间为 t_1 ，末尾时间为 t_2 ，对速度目标函数 $spd = A\sin(\omega x + \varphi) + C$ 进行积分，得 t_1 到 t_2 能量机关总共转过的角度差 $\Delta\theta$ 为：

$$\begin{aligned}\Delta\theta &= \int_{t_1}^{t_2} spd = -\frac{A}{\omega} [\cos(\omega t_2 + \varphi) - \cos(\omega t_1 + \varphi)] + C(t_2 - t_1) \\ &= \frac{2A}{\omega} \left[\sin \frac{\omega(t_1 + t_2) + 2\varphi}{2} \sin \frac{\omega(t_2 - t_1)}{2} \right] + C(t_2 - t_1)\end{aligned}$$

设 $\Delta t = t_2 - t_1$ ，得：

$$\Delta\theta = \frac{2A}{\omega} \left[\sin \frac{\omega(\Delta t + 2t_1) + 2\varphi}{2} \sin \frac{\omega\Delta t}{2} \right] + C\Delta t$$

即：

$$\frac{\omega}{2A}(\Delta\theta - C\Delta t) = \sin \left[\frac{\omega}{2}(\Delta t + 2t_1) + \varphi \right] \sin \frac{\omega\Delta t}{2}$$

即：

$$\arcsin \left[\frac{\omega(\Delta\theta - C\Delta t)}{2A \sin \frac{\omega\Delta t}{2}} \right] = \frac{\omega}{2}(\Delta t + 2t_1) + \varphi$$

化简出 t_1 ，得：

$$t_1 = \frac{1}{\omega} \left[\arcsin \frac{\omega(\Delta\theta - C\Delta t)}{2A \sin \frac{\omega\Delta t}{2}} \right] - \varphi - \frac{\Delta t}{2}$$

由于官方给定的速度目标函数为： $spd = 0.785 * \sin(1.884 * t) + 1.305$ ，代入推导公式，得：

$$\begin{aligned}t_1 &= \frac{1}{1.884} \left[\arcsin \frac{1.884 \times (\Delta\theta - 1.305 \times \Delta t)}{1.57 \sin(0.942\Delta t)} \right] - \frac{\Delta t}{2} \\ \Delta\theta &= \frac{1.57}{1.884} [\sin(0.942\Delta t + 1.884t_1) \sin(0.942\Delta t)] + 1.305\Delta t\end{aligned}$$

因此，仅需知道角度差 $\Delta\theta$ 和时间差 Δt ，就可以得到 t_1 ，即得到 t_1 在能量机关转动周期中真正对应的的时间，记为 t_1 (周期)，而非程序计时得到的 t_1 ，记为 t_1 (程序计时器)。 t_1 (周期)固定不变，在某一时刻，此时计时为 t_2 (程序计时器)，再加上初始程序计时的 t_1 (程序计时器)，得到两者的时间差 Δt ，通过 $\Delta t + t_1$ (周期)，就得到当前时刻对应于周期中的时间，记为 t_2 (周期)。通过 t_2 (周期)代表 t_1 (周期)，时间间隔为 T 代表 Δt ，代入公式：

$$\Delta\theta = \frac{1.57}{1.884} [\sin(0.942\Delta t + 1.884t_1) \sin(0.942\Delta t)] + 1.305\Delta t$$

即得到当前时刻起，经过时间间隔T后，大能量机关转动过的角度。