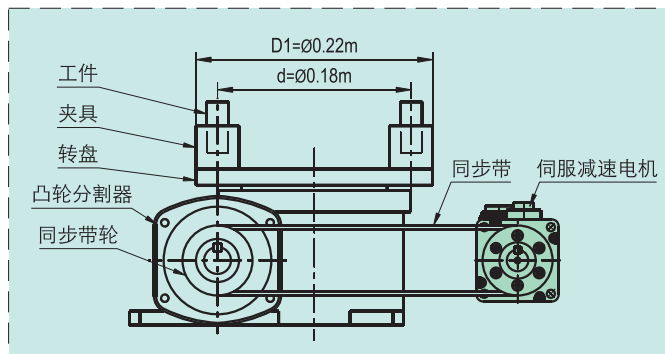


# 案例9：凸轮分割器负载计算和伺服选型

## ● 条件

### 1. 凸轮分割器：

- 1) 分割数N=4
- 2) 驱动角 $\theta=120^\circ$
- 3) 凸轮曲线：变形正弦曲线
- 4) 无次元最大速度 $V_m=1.76$
- 5) 无次元最大加速度 $A_m=5.53$
- 6) 凸轮轴最大转矩系数 $Q_m=0.99$
- 7) 输出轴内部轴承半径 $R=0.05m$
- 8) 输出轴内部轴承摩擦系数 $\mu=0.01$



### 2. 转盘：

- 1) 直径 $D_1=0.22m$
- 2) 质量 $m_1=4kg$

### 3. 夹具：

- 1) 总质量 $m_2=1kg \times 4=4kg$
- 2) 分布圆直径  $d=0.18m$

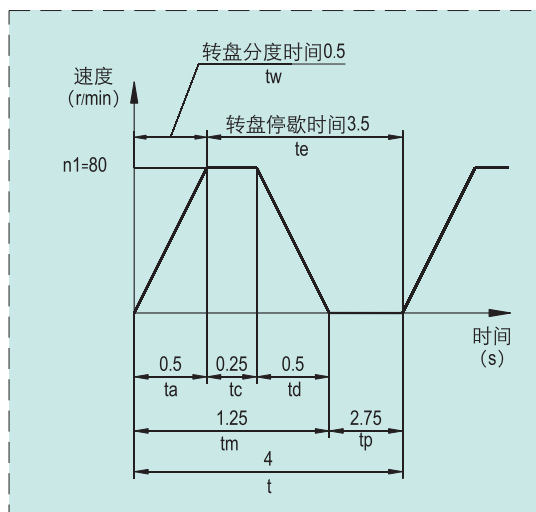
### 4. 工件：

- 1) 总质量 $m_3=0.5kg \times 4=2kg$
- 2) 分布圆直径 $d=0.18m$

### 5. 同步带轮：直径 $D_4=0.06m$

### 6. 转盘运行情况：

- 1) 分度时间  $t_w=0.5s$
- 2) 停歇时间  $t_e=3.5s$
- 3) 每分钟分度次数  $N_1=15$



## ● 计算

### 1. 运行曲线

假设  $t_a = t_d = t_w = 0.5s$ ，即凸轮分割器的输入轴在加速时间 $t_a$ 内转过一个驱动角 $\theta$ ，转盘对应的完成一次分度。

$$\text{负载最高转速: } n_1 = \frac{60 \times \theta}{360 \times \frac{t_a}{2}} = \frac{60 \times 120}{360 \times \frac{0.5}{2}} = 80r/min$$

$$\text{匀速时间: } t_c = \frac{60}{n_1} \cdot \frac{t_a + t_d}{2} = \frac{60}{80} \cdot \frac{0.5 + 0.5}{2} = 0.25s$$

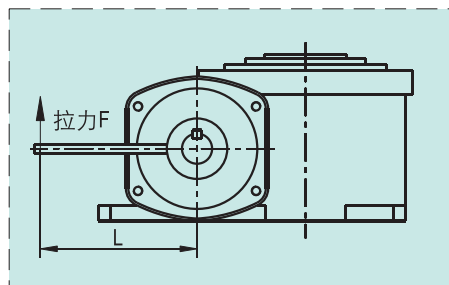
### 2. 计算连续最大负载转矩

#### 1) 输出轴摩擦转矩：

$$M_1 = \mu \times (m_1 + m_2 + m_3) \times g \times R = 0.01 \times (4 + 4 + 2) \times 9.8 \times 0.05 = 0.049N \cdot m$$

#### 2) 测量输入轴摩擦转矩

测量方法如图所示：在转盘、夹具等未安装时，在凸轮分割器的输入端施加一个力臂，力臂长度为L，与力臂垂直的方向施加拉力F，用拉力计或弹簧秤实测。当拉力F可以拉动凸轮分割器转动时，此拉力F与力臂长度L的乘积即为输入端起动摩擦转矩 $M_2$ 。此处假设测量结果 $M_2=0.2N \cdot m$



#### 3) 连续最大负载转矩：

$$M_3 = \frac{\frac{360}{\theta \times N} \times Q_m \times M_1 + M_2}{\eta} = \frac{\frac{360}{120 \times 4} \times 0.99 \times 0.049 + 0.2}{0.9} = 0.26N \cdot m \quad (\text{取同步带传动传动效率 } \eta = 0.9)$$

### 3. 计算瞬间最大负载转矩

#### 1) 计算负载惯量

##### ① 转盘转动惯量：

$$J_1 = \frac{m_1 \times D_1^2}{8} = \frac{4 \times 0.22^2}{8} = 0.024kg \cdot m^2$$

② 夹具转动惯量：

$$J_2 = \frac{m_2 \times d^2}{4} = \frac{4 \times 0.18^2}{4} = 0.032 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

③ 工件转动惯量：

$$J_3 = \frac{m_3 \times d^2}{4} = \frac{2 \times 0.18^2}{4} = 0.016 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

④ 负载惯量：  $J_4 = J_1 + J_2 + J_3 = 0.024 + 0.032 + 0.016 = 0.072 \text{kg} \cdot \text{m}^2$

2) 计算输出轴最大加速度

$$\alpha = A_m \times \frac{2\pi}{N} \times \left(\frac{360}{\theta} \times \frac{n_1}{60}\right)^2 = 5.53 \times \frac{2\pi}{4} \times \left(\frac{360}{120} \times \frac{80}{60}\right)^2 = 138.98 \text{rad/s}^2$$

3) 计算输出轴加速负载转矩

$$M_4 = J_4 \times \alpha = 0.072 \times 138.98 = 10 \text{N} \cdot \text{m}$$

4) 计算瞬间最大负载转矩

$$M_5 = \frac{\frac{360}{\theta \times N} \times Q_m \times (M_1 + M_4) + M_2}{\eta} = \frac{\frac{360}{120 \times 4} \times 0.99 \times (0.049 + 10) + 0.2}{0.9} = 8.51 \text{N} \cdot \text{m}$$

(因同步带轮转动惯量相对较小，所需的转矩也可忽略不计，故此处不考虑同步带轮)

瞬间最大负载转矩每分钟累计时间： $t_a \times N_1 = 0.5 \text{s} \times 15 = 7.5 \text{s} < 10 \text{s}$

瞬间最大负载转矩每分钟累计时间一般要求在10s以内，满足条件。

#### 4. 伺服减速电机选型

条件1： $M_3 \times S_1 = 0.26 \times 1.5 = 0.39 \text{N} \cdot \text{m} \leq$  伺服减速电机额定转矩  $M_{m1}$

( $S_1$ 为安全系数，取1.5)

条件2： $M_5 \times S_2 = 8.51 \times 2 = 17.02 \text{N} \cdot \text{m} \leq$  伺服减速电机瞬间转矩  $M_{m2}$

( $S_2$ 为安全系数，取2)

条件3：负载最高转速  $n_1 = 80 \text{r/min} \leq$  伺服减速电机额定转速  $n_m$

以条件1、2、3选伺服减速电机 **MG60A020Y22HF10**

额定转矩： $M_{m1} = 5.8 \text{N} \cdot \text{m} > M_3 \times S_1 = 0.39 \text{N} \cdot \text{m}$

瞬间转矩： $M_{m2} = 20.2 \text{N} \cdot \text{m} > M_5 \times S_2 = 17.02 \text{N} \cdot \text{m}$

额定转速： $n_m = 300 \text{r/min} > n_1 = 80 \text{r/min}$

减速比： $i = 10$

转子惯量： $J_m = 25 \times 10^{-6} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

#### 5. 验算惯量比

1) 换算到电机输出轴的负载惯量：

$$J_5 = \frac{J_4}{\left(\frac{\theta \times N}{360} \times i\right)^2} = \frac{72000 \times 10^{-6}}{\left(\frac{120 \times 4}{360} \times 10\right)^2} = 405 \times 10^{-6} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

2) 惯量比： $JR = J_5 \div J_m = 405 \div 25 = 16.2 < 20$

#### 6. 验算径向容许负载

1) 计算伺服减速电机受到的径向负载

伺服减速电机受到的切向力： $F_t = 2 \times M_5 \times S_2 \div D_4 = 2 \times 8.51 \times 2 \div 0.06 = 567 \text{N}$

伺服减速电机受到的张紧力： $F_0 = 0.5 \times F_t = 0.5 \times 567 = 284 \text{N}$  (粗估张紧力为50%的切向力)

伺服减速电机受到的径向负载： $F_{r1} = F_t + F_0 = 567 + 284 = 851 \text{N}$

2) 计算伺服减速电机的径向容许负载

查阅综合目录P2-12页

伺服减速电机的径向容许负载： $F_{rm} = 72030 \div (X + 55.5) = 72030 \div (5 + 55.5) = 1191 \text{N}$  (取  $X=5$ )

$F_{rm} = 1191 \text{N} > F_{r1} = 851 \text{N}$ ，满足使用。

通过上述步骤，验证了本次选型的伺服减速电机在容量上符合使用条件。



伺服减速电机：MG60A020Y22HF10

伺服驱动器：MKA020Y22



编码器线：MXA60E □



动力线：MXA60M □