

案例8：旋转工作台负载计算和伺服选型

● 条件

1. 旋转工作台：

- 1) 外径 $D_1 = 0.24\text{m}$
- 2) 内径 $d_1 = 0.042\text{m}$
(未确定直角法兰伺服减速电机的型号，初选0.042m)
- 3) 质量 $m_1 = 3.46\text{kg}$

2. 气动夹具

- 1) 数量 $N = 4$
- 2) 总质量 $m_2 = 1\text{kg} \times 4 = 4\text{kg}$
- 3) 分布圆直径 $d = 0.18\text{m}$

3. 工件：

- 1) 数量 $N = 4$
- 2) 总质量 $m_3 = 1\text{kg} \times 4 = 4\text{kg}$
- 3) 分布圆直径 $d = 0.18\text{m}$

4. 旋转工作台运行情况：

- 1) 单次分度角度 $\theta = 90^\circ$
- 2) 单次分度时间 $t_m = 0.25\text{s}$
- 3) 停歇时间 $t_p = 2.75\text{s}$
- 4) 每分钟分度次数 $N_1 = 20$

5. 轴承：

- 1) 滚道半径 $r = 0.021\text{m}$
(未确定直角法兰伺服减速电机的型号，初选0.021m)
- 2) 摩擦系数 $\mu = 0.01$

● 计算

1. 运行曲线

假设 $t_a = t_d = 0.1\text{s}$

$$t_c = t_m - t_a - t_d = 0.25 - 0.1 - 0.1 = 0.05\text{s}$$

负载最高转速：

$$n_1 = \frac{60 \times \theta}{360 \times \left(\frac{t_a + t_d}{2} + t_c \right)} = \frac{60 \times 90}{360 \times \left(\frac{0.1 + 0.1}{2} + 0.05 \right)} = 100\text{r/min}$$

2. 计算最大轴向负载

最大轴向负载：

$$F_{a2} = (m_1 + m_2 + m_3) \times g = (3.46 + 4 + 4) \times 9.8 = 112.31\text{N}$$

查阅综合目录，3款直角法兰伺服减速电机的轴向容许负载 F_{am} 分别为1100N、1400N、1600N。

$F_{am} > F_{a2} = 112.31\text{N}$ ，3款规格的轴向容许负载均可满足使用。

3. 计算连续最大负载转矩

连续最大负载转矩：

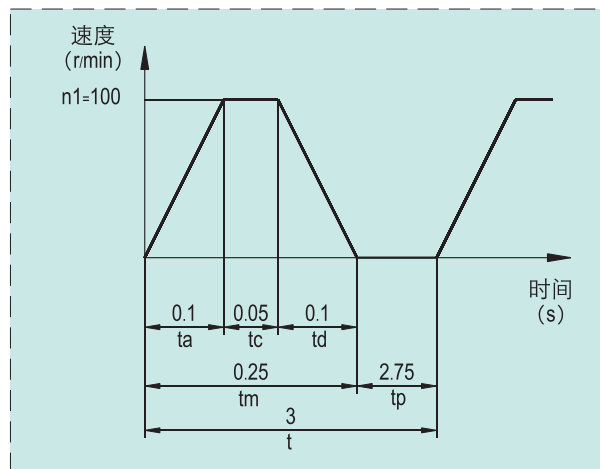
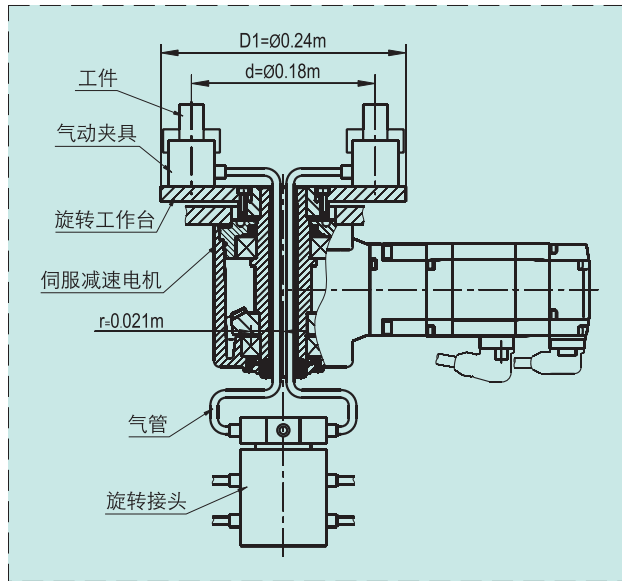
$$M_1 = \mu \times (m_1 + m_2 + m_3) \times g \times r = 0.01 \times (3.46 + 4 + 4) \times 9.8 \times 0.021 = 0.024\text{N} \cdot \text{m}$$

4. 计算瞬间最大负载转矩

1) 计算负载转动惯量

$$\text{① 旋转工作台转动惯量： } J_1 = \frac{m_1 \times (D_1^2 + d_1^2)}{8} = \frac{3.46 \times (0.24^2 + 0.042^2)}{8} = 0.026\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{② 气动夹具转动惯量： } J_2 = \frac{m_2 \times d^2}{4} = \frac{4 \times 0.18^2}{4} = 0.0324\text{kg} \cdot \text{m}^2$$



③工件转动惯量:

$$J_3 = \frac{m_3 \times d^2}{4} = \frac{4 \times 0.18^2}{4} = 0.0324 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

④负载转动惯量: $J_4 = J_1 + J_2 + J_3 = 0.026 + 0.0324 + 0.0324 = 0.091 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

2) 计算负载角加速度

$$\text{负载角加速度: } \alpha = \frac{2\pi \times n_1}{60 t_a} = \frac{2\pi \times 100}{60 \times 0.1} = 104.72 \text{ rad/s}^2$$

3) 计算加速负载转矩

$$\text{加速负载转矩: } M_2 = J_4 \times \alpha = 0.091 \times 104.72 = 9.53 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4) 计算瞬间最大负载转矩

$$\text{瞬间最大负载转矩: } M_3 = M_1 + M_2 = 0.024 + 9.53 = 9.55 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{瞬间最大负载转矩每分钟累计时间: } t_a \times N_1 = 0.1 \text{ s} \times 20 = 2 \text{ s} < 10 \text{ s}$$

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。

5. 伺服减速电机选型

条件1: $M_1 \times S_1 = 0.024 \times 1.5 = 0.036 \text{ N} \cdot \text{m} \leq \text{伺服减速电机额定转矩 } M_{m1}$

(S_1 为安全系数, 取1.5)

条件2: $M_3 \times S_2 = 9.55 \times 2 = 19.1 \text{ N} \cdot \text{m} \leq \text{伺服减速电机瞬间转矩 } M_{m2}$

(S_2 为安全系数, 取2)

条件3: 负载最高转速 $n_1 = 100 \text{ r/min} \leq \text{伺服减速电机额定转速 } n_m$

以条件1、2、3选伺服减速电机 **MG90A020Y22RF20**

额定转矩: $M_{m1} = 10.2 \text{ N} \cdot \text{m} > M_1 \times S_1 = 0.036 \text{ N} \cdot \text{m}$

瞬间转矩: $M_{m2} = 35.8 \text{ N} \cdot \text{m} > M_3 \times S_2 = 19.1 \text{ N} \cdot \text{m}$

额定转速: $n_m = 150 \text{ r/min} > n_1 = 100 \text{ r/min}$

减速比: $i = 20$

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

6. 验算惯量比

1) 换算到电机输出轴的负载惯量:

$$J_5 = \frac{J_4}{i^2} = \frac{91000 \times 10^{-6}}{20^2} = 227.5 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

2) 惯量比: $JR = J_5 \div J_m = 227.5 \div 25 = 9.1 < 20$

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。

7. 计算电机齿轮比

1) 伺服电机编码器分辨率 $E = 131072$ 脉冲/圈

2) 电气停止精度 $\delta = \pm 0.01 \text{ mm}$, 机构运动分辨率 $W = 0.01 \text{ mm/脉冲}$

$$D = \frac{F1-09/F1-10}{F1-11/F1-12} = \frac{W \cdot E \cdot i}{P_h} = \frac{0.01 \times 131072 \times 1}{10} = \frac{131072}{1000}$$

F1-09/F1-10: 电子齿轮比分子, F1-11/F1-12: 电子齿轮比分母, 菜单设定范围: 1~9999。

3) 求得 F1-09 = 13 F1-10 = 1072 F1-11 = 0 F1-12 = 1000

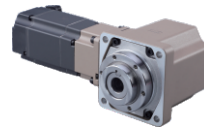
8. 验算PLC或运动控制器高速脉冲最高输出频率能否满足伺服电机最高工作转速要求, 若无法满足, 需增大机器运动分辨率W, 修改电子齿轮比D

1) 伺服电机未减速前最高工作转速 $n_2 = n_1 \times i = 100 \times 20 = 2000 \text{ r/min}$

2) 伺服电机以最高工作转速运转时所需的高速脉冲最高频率 $f_1 = \frac{n_2 \times E}{60 \times D} = \frac{2000 \times 131072 \times 3600}{60 \times 262144} = 60 \text{ kHz}$

3) PLC或运动控制器高速脉冲最高输出频率 $f_2 = 100 \text{ kHz} > f_1 = 60 \text{ kHz}$, 满足要求。

通过上述步骤, 验证了本次选型的伺服减速电机在位置控制上符合使用条件



伺服减速电机: MG90A020Y22RF20



伺服驱动器: MKA020Y22



编码器线: MXA60E □



动力线: MXA60M □