

案例12：收放卷（连续运转）负载计算和伺服选型

● 条件

1. 牵引辊运转模式：连续匀速运转
2. 牵引辊参数：直径 $D_1=75\text{mm}$ ；长度 $L_1=800\text{mm}$ ；最大线速度 $V=20\text{m/min}$
3. 放卷辊参数：直径 $D_{21}=75\text{mm}$ ；长度 $L_{21}=800\text{mm}$
4. 收卷辊参数：直径 $D_{31}=75\text{mm}$ ；长度 $L_{31}=800\text{mm}$
5. 辊筒材质参数：铝合金；密度 $\rho_A=2.70 \times 10^3 \text{kg/m}^3$
因辊筒一般不为实心，此例设辊筒材料空间占比为 $\eta_A=50\%$
6. 绕卷材质参数：PE薄膜；密度 $\rho_c=0.93 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；宽度 $L_c=700\text{mm}$
因绕卷无法绝对密实，此例设绕卷材料空间占比为 $\eta_c=95\%$
7. 放卷参数：开始放卷时最大卷径 $D_{22}=250\text{mm}$ ；放卷完成时最小卷径 $D_{23}=80\text{mm}$ ；放卷张力 $F_2=15\text{N}$
8. 收卷参数：开始收卷时最小卷径 $D_{32}=80\text{mm}$ ；收卷完成时最大卷径 $D_{33}=180\text{mm}$ ；收卷张力 $F_3=20\text{N}$

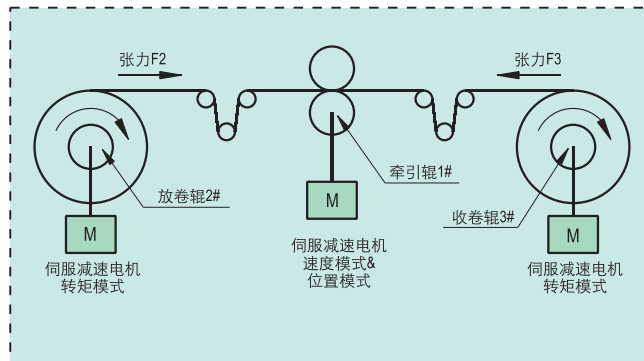
● 计算1：牵引伺服减速电机

1. 收放卷机构连续匀速运转

牵引伺服减速电机1#为速度模式

收放卷电机伺服减速电机2#、3#为转矩模式

典型结构如图：



2. 计算连续最大负载转矩 M_{11}

1) 牵引辊的摩擦转矩 M_{11}

在需要精度的情况需实地测量，

选型阶段可估值计算，此例估值 $M_{11}=2\text{N} \cdot \text{m}$

2) 牵引辊两端收放卷张力差值转矩 M_{12}

$$M_{12} = \frac{(F_2 - F_3) \times D_1}{2} = \frac{(15 - 20) \times 0.075}{2} = -0.19 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3) 连续最大负载转矩 M_1

$$M_1 = M_{11} + M_{12} = 2 - 0.19 = 1.81 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3. 最高负载转速 N_1

最高负载移动速度 $V=20\text{m/min}$

$$N_1 = \frac{V}{\pi \cdot D_1} = \frac{20}{\pi \times 0.075} = 85 \text{ r/min}$$

4. 根据以下条件选择合适的伺服减速电机

1) 伺服减速电机额定转速 $N_{m1} > N_1=85\text{r/min}$

2) 伺服减速电机额定转矩 $M_{m1} > M_1 \times 1.5$ 倍安全系数 $=1.81 \times 1.5=2.72 \text{ N} \cdot \text{m}$

根据以上条件，可选 200W 标准直轴伺服减速电机，速比 $i_1=5$ ，型号**MG60A020Y22HT5**

额定转速 $N_{m1} = 600\text{r/min} > 85 \text{ r/min}$

额定转矩 $M_{m1} = 2.9 \text{ N} \cdot \text{m} > 2.72 \text{ N} \cdot \text{m}$

伺服减速电机输出轴型式为标准直轴式，通过伺服联轴器连接牵引辊，安装方便

本案例安装合理时电机轴不受径向力和轴向力，故无需计算径向负载与轴向负载

5. 验算惯量比JR

牵引辊如有定位要求时，伺服减速电机可采用位置模式，需进行惯量比较

所选电机转子惯量 $J_{m1} = 25 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

换算到伺服减速电机输出轴的负载惯量 J_1

$$J_1 = \frac{\pi}{32} \rho_A \cdot L_1 \eta_A \cdot D_1^4 = \frac{\pi}{32} \times 2.70 \times 10^3 \times 0.8 \times 0.5 \times 0.075^4 = 3355 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$JR = \frac{J_1}{J_{m1} \times i_1^2} = \frac{3355 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-6} \times 5^2} = 5.37 \text{ 倍} < 20 \text{ 倍}, \text{ 满足要求}$$



伺服减速电机：MG60A020Y22HT5



伺服驱动器：MKA020Y22



编码器线：MXA60E □



动力线：MXA60M □

● 计算2：放卷伺服减速电机

放卷电机伺服减速电机2#为转矩模式运行

1. 计算连续最大负载转矩M₂

1) 放卷辊的摩擦转矩 M₂₁

在需要精度的情况需实地测量，
选型阶段可估值计算，此例估值 M₂₁=0.8N·m

2) 放卷辊开始放卷时空卷张力转矩 M₂₂

$$M_{22} = \frac{F_2 \times D_{22}}{2} = \frac{-15 \times 0.25}{2} = -1.875 \text{ N}\cdot\text{m}$$

3) 放卷辊放卷完成时空卷张力转矩M₂₃

$$M_{23} = \frac{F_2 \times D_{23}}{2} = \frac{-15 \times 0.08}{2} = -0.6 \text{ N}\cdot\text{m}$$

4) M_{2min} = M₂₁ + M₂₂ = 0.8 - 1.875 = -1.08N·m

$$M_{2max} = M_{21} + M_{23} = 0.8 - 0.6 = 0.2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

即该例放卷过程随着卷径减小，连续负载转矩将逐步加大，由反向制动转为正向驱动

连续最大反向制动负载转矩 M_{2min} = 1.08N·m

连续最大正向驱动负载转矩 M_{2max} = 0.2N·m

连续最大负载转矩 M₂ = 1.08N·m

注意：放卷张力F₂方向与电机运行方向一致，即F₂作用于减速电机轴的转矩方向为拖动电机旋转，则减速电机需输出反向制动转矩与之平衡。计算时M₂₂、M₂₃符号取负。

由式M₂=M₂₁+M₂₂可知，当摩擦转矩M₂₁和张力的转矩M₂₂等大反向时电机负载转矩为0，即放卷辊连续运行工况也可通过控制摩擦转矩M₂₁达到控制张力效果，即此伺服减速电机也可采用磁粉制动器代替。

2. 最高负载转速N₂

最高负载移动速度 V = 20m/min

1) 开始放卷时空卷最大转速 N₂₁ = $\frac{V}{\pi D_{21}} = \frac{20}{\pi \times 0.25} = 25.5 \text{ r/min}$

2) 放卷完成时空卷最大转速 N₂₂ = $\frac{V}{\pi D_{22}} = \frac{20}{\pi \times 0.08} = 79.6 \text{ r/min}$

3) 最高负载转速 N₂ = 79.6r/min

3. 根据以下条件选择合适的伺服减速电机

1) 伺服减速电机额定转速 N_{m2} > N₂ = 79.6r/min

2) 伺服减速电机额定转矩 M_{m2} > M₂ × 1.5倍安全系数 = 1.08 × 1.5 = 1.62N·m

根据以上条件，可选200W标准直轴伺服减速电机，速比 i₁ = 5，型号MG60A020Y22HT5

额定转速 N_{m2} = 600r/min > 79.6r/min

额定转矩 M_{m2} = 2.9×1.25 = 3.6N·m > 1.62N·m

伺服减速电机输出轴型式为标准直轴式，通过伺服联轴器连接牵引辊，安装方便

本案例安装合理时电机轴不受径向力和轴向力，故无需验算径向负载与轴向负载



伺服减速电机：MG60A020Y22HT5

伺服驱动器：MKA020Y22



编码器线：MXA60E □



动力线：MXA60M □

注意：放卷电机处于被动牵引状态下，油封对电机轴的摩擦阻力此时可作为反向转矩输出。此状态电机额定转矩可按照标称额定转矩的1.25倍进行估算和选型

● 计算3：收卷伺服减速电机

收卷伺服减速电机3#为转矩模式运行

1. 计算连续最大负载转矩M₃

1) 收卷辊的摩擦转矩 M₃₁

在需要精度的情况需实地测量，
选型阶段可估值计算，此例估值 M₃₁=1N·m

2) 收卷辊开始收卷时空卷张力转矩M₃₂

$$M_{32} = \frac{F_3 \times D_{32}}{2} = \frac{20 \times 0.08}{2} = 0.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

3) 收卷辊收卷完成时空卷张力转矩 M₃₃ = $\frac{F_3 \times D_{33}}{2} = \frac{20 \times 0.18}{2} = 1.8 \text{ N}\cdot\text{m} > M_{32} = 0.8 \text{ N}\cdot\text{m}$

案例12：收放卷（连续运转）负载计算和伺服选型

4) 连续最大负载转矩 M_3

$$M_3 = M_{31} + M_{33} = 1 + 1.8 = 2.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2. 最高负载转速 N_3

最高负载移动速度 $V = 20 \text{ m/min}$

1) 开始收卷时空卷最大转速 N_{31}

$$N_{31} = \frac{V}{\pi \cdot D_{32}} = \frac{20}{\pi \times 0.08} = 79.6 \text{ r/min}$$

2) 收卷完成时满卷最大转速 N_{32}

$$N_{32} = \frac{V}{\pi \cdot D_{33}} = \frac{20}{\pi \times 0.18} = 35.4 \text{ r/min}$$

3) 最高负载转速 $N_3 = 79.6 \text{ r/min}$

3. 根据以下条件选择合适的伺服减速电机

1) 伺服减速电机额定转速 $N_{m3} > N_3 = 79.6 \text{ r/min}$

2) 伺服减速电机额定转矩 $M_{m3} > M_3 \times 1.5 \text{ 倍安全系数} = 2.8 \times 1.5 = 4.2 \text{ N} \cdot \text{m}$

根据以上条件，可选 200W 标准直轴伺服减速电机，速比 $i_1 = 10$ ，

型号 **MG60A020Y22HT10**

额定转速 $N_{m3} = 300 \text{ r/min} > 79.6 \text{ r/min}$

额定转矩 $M_{m3} = 5.8 \text{ N} \cdot \text{m} > 4.2 \text{ N} \cdot \text{m}$

伺服减速电机输出轴型式为标准直轴式，通过伺服联轴器连接牵引辊，安装方便

本案例安装合理时电机轴不受径向力和轴向力，故无需验算径向负载与轴向负载

通过上述步骤，验证了本次选型的伺服减速电机符合使用条件



伺服减速电机：MG60A020Y22HT10



伺服驱动器：MKA020Y22



编码器线：MXA60E □

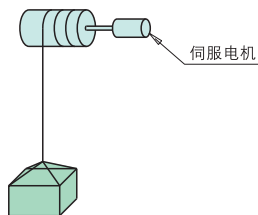


动力线：MXA60M □

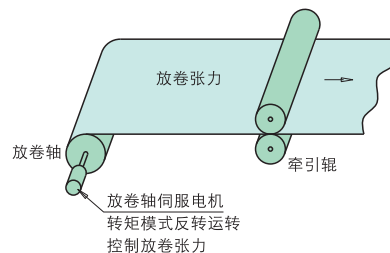
● 收放卷应用的直流母线并接

一、直流母线并接原理

- 电机驱动负载，按能量守恒原理将做功消耗电能，但在某些应用场合如：大惯量负载的强减速、垂直负载上升、下降，转矩模式下的放卷张力应用，此类型应用由于惯性力、重力、张力的作用反向拖动电机发电，电机不消耗电能反而作为电源发电。根据能量守恒原理，此时发电的电能由电机动力线输送至伺服驱动器或变频器，导致驱动器或变频器直流母线电压上升，此时若将供电电压相等的多台伺服驱动器或变频器直流母线并接，可以将 A 电机发电的电能由并接的直流母线送至 B 电机驱动器或变频器使用，节约电能，同时避免 A 电机的驱动器或变频器直流母线电压升高。



垂直负载应用



放卷张力应用

二、优点

- 降低驱动器或变频器温度；避免驱动器或变频器直流母线过电压报警；节约电能。

三、缺点

- 增加接线；若驱动器或变频器内部发生强电回路故障，易导致并接在同一直流母线上的其他驱动器或变频器损坏。

四、直流母线并接原则和条件

- 1、仅限本公司单轴伺服驱动器或单轴变频器之间并接。
- 2、输入电源电压相同，且必须使用同一断路器供电。
- 3、单相 220V 供电必须为同一相线上的驱动器或变频器才可并接，不同相线供电的驱动器或变频器由于不同相之间的电压有微小偏差，无法绝对相等，因此不可并接，否则将损坏驱动器或变频器。
- 4、根据负载特点和工作时间，有目的地选择并接轴号和并接轴数。

例如：

1#轴为间歇运转负载，2#轴为发电型负载，3#轴为连续运转负载

选择 2# 和 3# 并接才有意义，同时2#的发电能量 3#必须能完全消耗，2#轴和3#轴必须同一断路器同一相线供电，若3#轴无法完全消耗发电能量，则还需增加并接轴数。

若1#和 2#并接，由于 1# 间歇运转，不运转时耗电极少，无法吸收电能，因此1#与2# 并接无使用价值。

