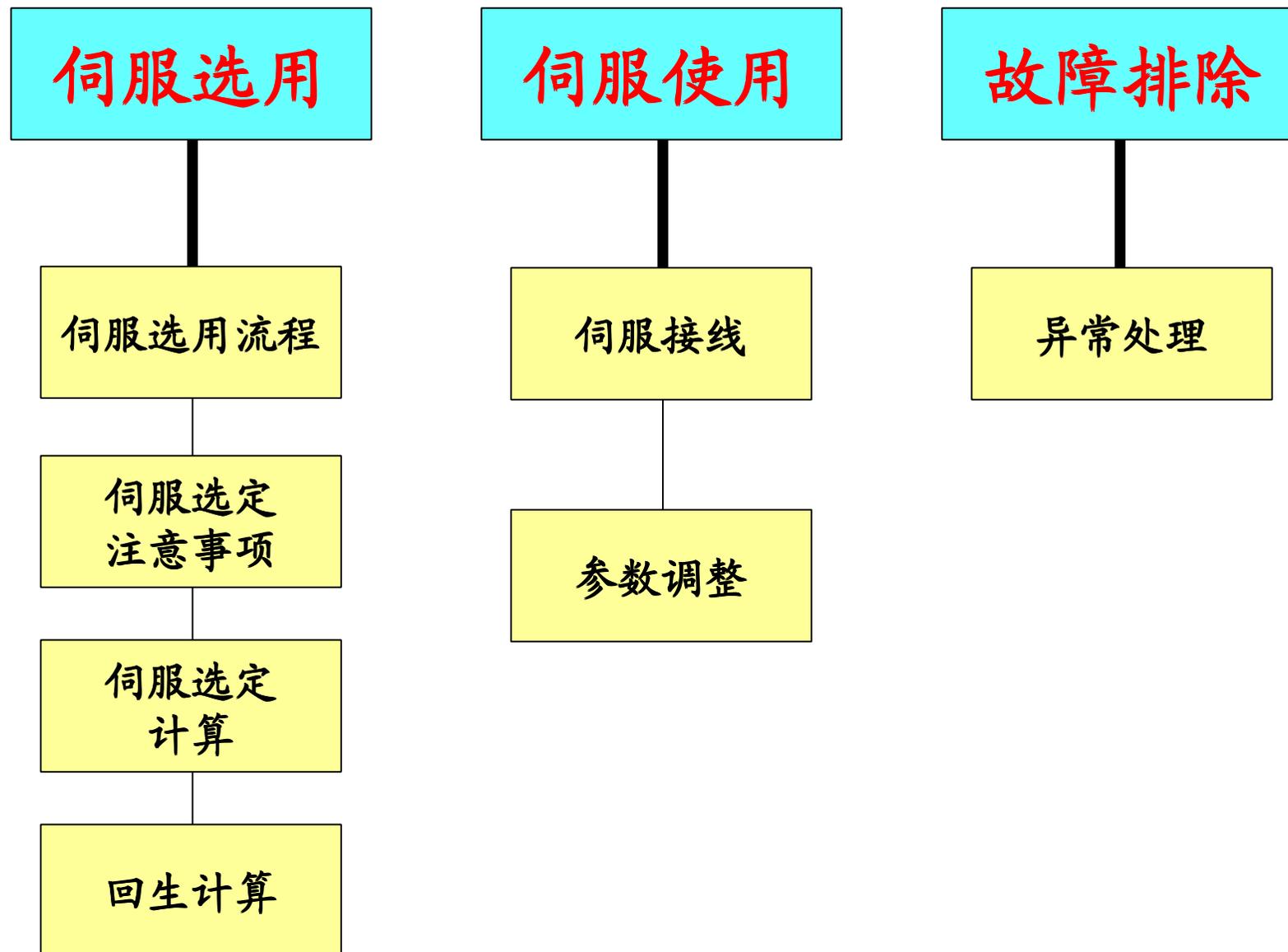


课程大纲



※選用何種馬達

- 1、性能要求：定位、定速、定扭力
- 2、速度要求：高速、低速
- 3、定位要求
- 4、尺寸
- 5、價格

※如何選定伺服馬達 (1 / 3)

馬達選用考慮因素

- 1、負載機構
- 2、動作模式
- 3、負載速度
- 4、定位精度
- 5、使用環境

馬達選用的規格

- 1、馬達容量 (W)
- 2、馬達額定轉速 (rpm)
- 3、額定扭矩及最大扭矩 (N · m)
- 4、轉子慣量 (kg · m²)
- 5、是否需要煞車 (制动器)
- 6、體積、重量、尺寸

※如何选定伺服马达 (2 / 3)

减速机构的影响

1、回转速度: $N_M = N_t \times R$

2、扭力: $T_L = T_t \times (1 \div R)$

3、惯量 (GD2) : $GD2_L = GD2_t \times (1 \div R)^2$

※如何选定伺服马达 (3 / 3)

1、负载扭力

- ◎加速扭力 \leq 马达最大扭力
- ◎连续实效负载扭力 \leq 马达额定扭力
- ◎消耗回生电力 $<$ 驱动器内回生容量
- ◎负载扭力 $<$ 马达额定扭力

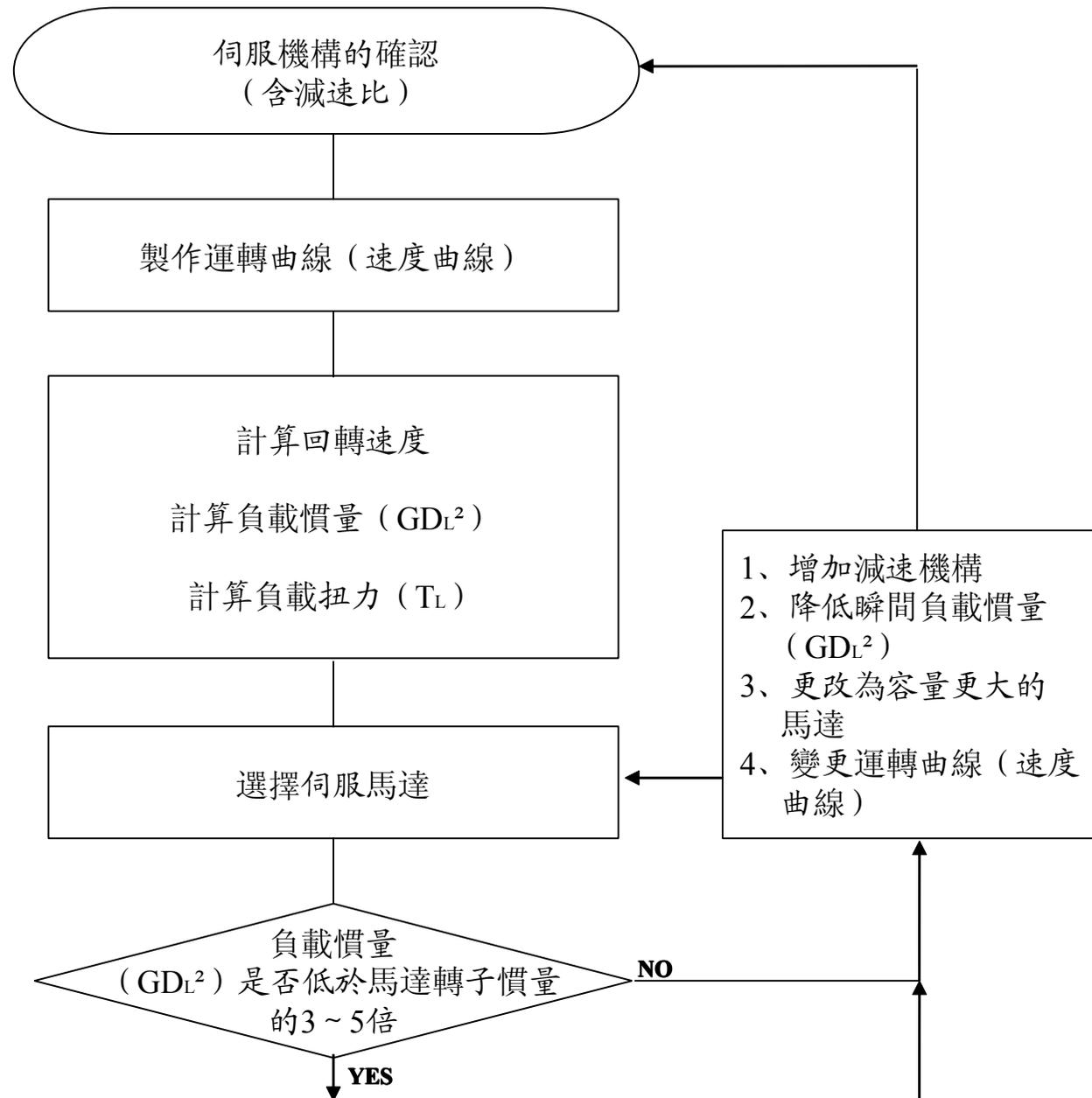
2、负载惯性矩 $<$ 3 ~ 5倍马达转子惯性矩

3、最大移动速度 $<$ 马达最大转速

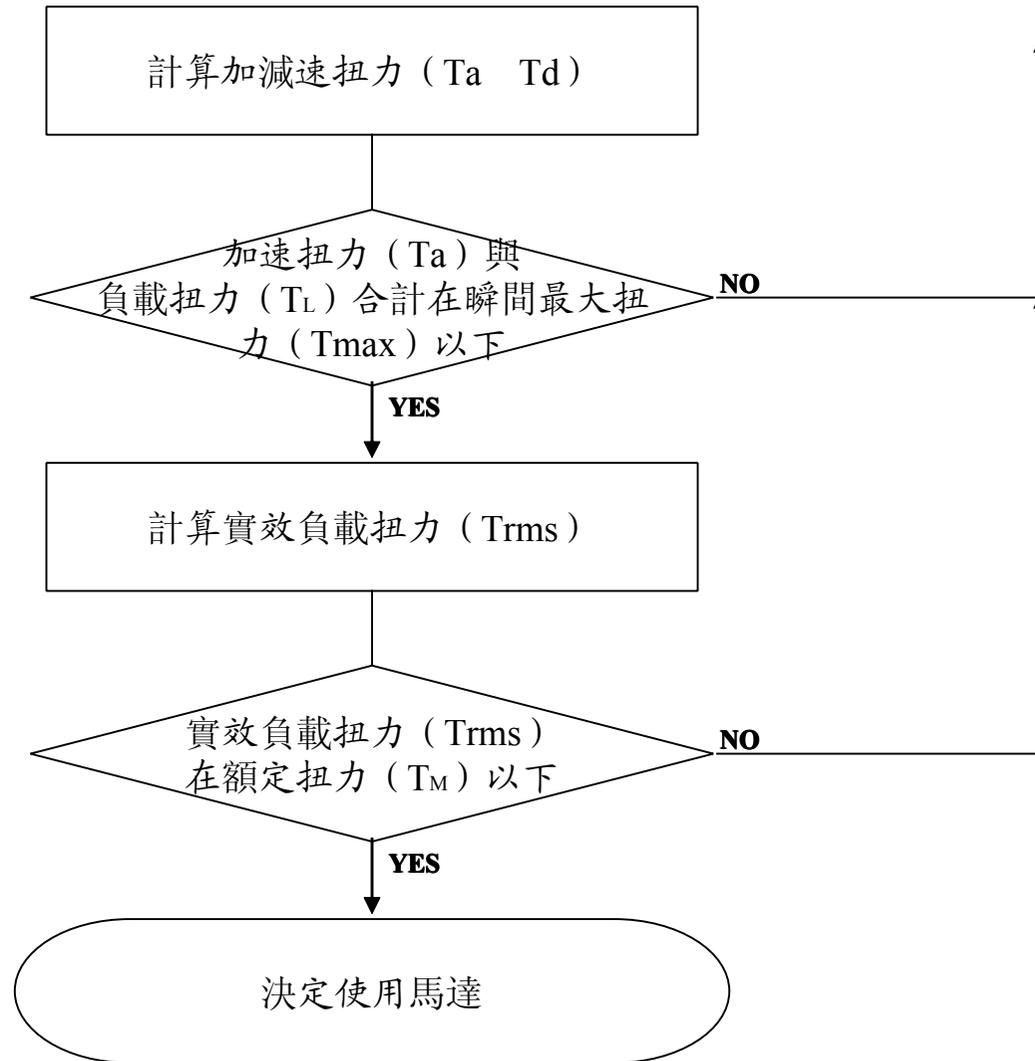
4、负载率在85%以下

5、马达的扭矩特性

AC伺服馬達的選用流程 (1 / 2)

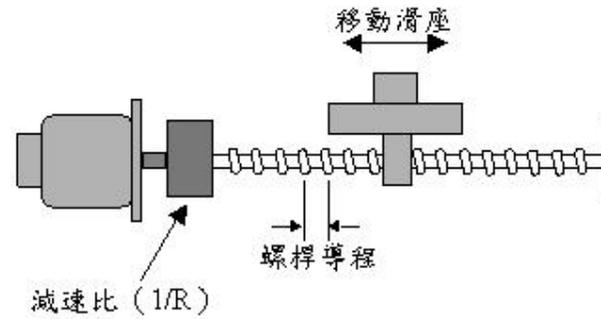


AC伺服馬達的選用流程 (2 / 2)



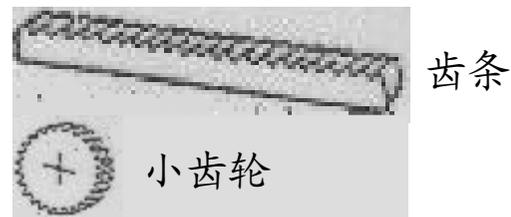
※机械传动方式

1、滚珠螺杆传动



应用场合：短距离移动，高精度

2、齿条及小齿轮传动

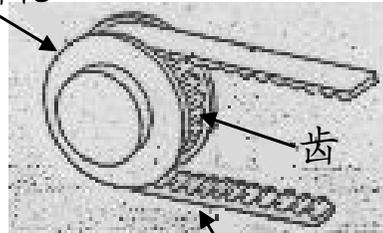


应用场合：较长距离移动

※机械传动方式

3、时规皮带传动

时规齿轮

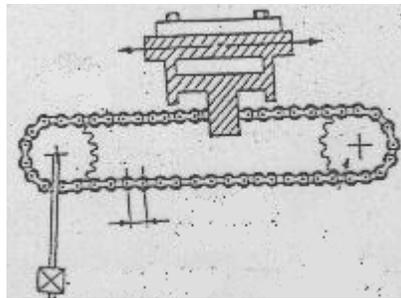


齿

时规皮带

应用场合：大型搬运及精密机械

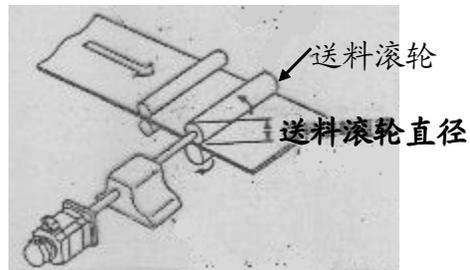
4、链条传动



应用场合：长距离及高速位移

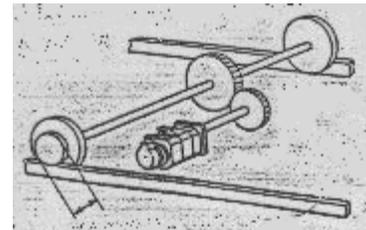
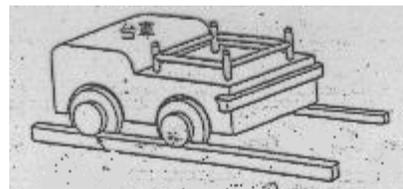
※机械传动方式

5、滚轮送料传动



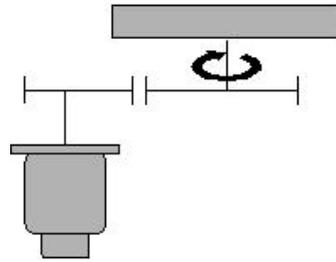
应用场合：冲床机械定尺寸送料及切割机

6、台车传动



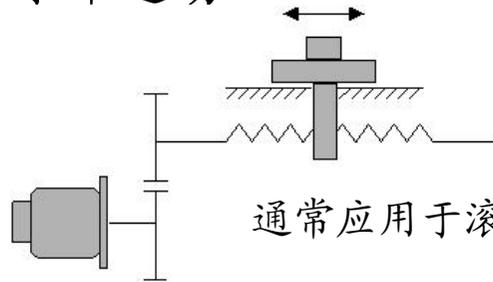
※运动方向

1、旋转运动



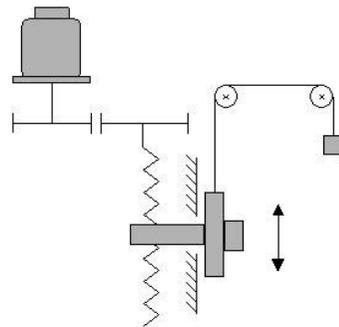
通常应用于分度盘

2、水平运动



通常应用于滚珠螺、齿轮、皮带、链条传动元件

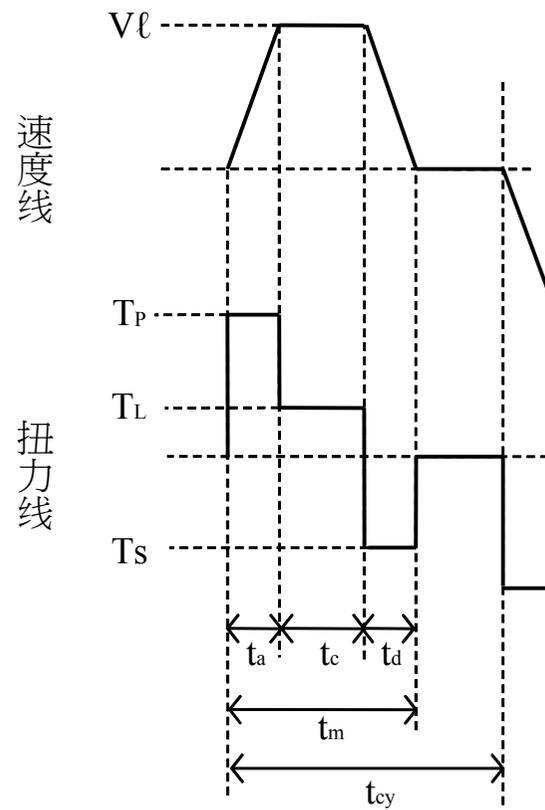
3、垂直运动



通常应用于机械升降轴、机械手臂上下轴

※伺服马达容量计算步骤及公式

1、绘制速度曲线图



※伺服马达容量计算步骤及公式

2、计算回转速度

A、负载端回转速度 (N_l)

N_l = 依据机械构成而变化

B、马达端回转速度 (N_M)

$N_M = N_l \times R$

3、计算负载扭力 (T_L)

T_L = 依据机械构成而变化

4、计算负载惯量 (J_L)

J_L = 依据机械构成而变化

※伺服马达容量计算步骤及公式

5、计算负载运行能量 (P_o)

$$P_o = \frac{2\pi \times N_M \times T_L}{60}$$

6、计算负载启动能量 (P_a)

$$P_a = \left(\frac{2\pi}{60} \times N_M\right) 2 \times \frac{J_L}{t_a}$$

7、选定伺服马达条件

- ◎ 负载扭力 (T_L) < 马达额定扭力
- ◎ P_a + P_o = 1.5 ~ 2倍马达额定输出功率
- ◎ N_M ≦ 马达最大转速
- ◎ 负载惯量 (J_L) < 3 ~ 5倍马达转子惯量

※伺服马达容量计算步骤及公式

8、检查所选定的伺服马达

A、启动扭力检查 (T_P)

$$T_P = \frac{2\pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times t_a} + T_L$$

启动扭力 (T_P) < 瞬间最大扭力

B、停止扭力检查 (T_S)

$$T_S = \frac{2\pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times t_d} - T_L$$

停止扭力 (T_S) < 瞬间最大扭力

※伺服马达容量计算步骤及公式

C、实效扭力检查 (T_{rms})

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_p^2 \times t_a + T_L^2 \times t_c + T_s^2 \times t_d}{t_{cy}}}$$

实效扭力 (T_{rms}) < 额定扭力

※伺服马达容量计算相关公式

1、移动量 ℓ (m)

$$\ell = \frac{V \ell}{60} \times \frac{t_a + 2t_c + t_d}{2}$$

* 当 $t_a = t_d$ $\ell = \frac{V \ell}{60} \times (t_m - t_a)$

2、马达轴回转速度 N_M (r/min)

$$N_M = N \ell \times R$$

3、最小启动时间 t_{am} (s)

$$t_{am} = \frac{2 \pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times (T_{PM} - T_L)}$$

4、最小制动时间 t_{dm} (s)

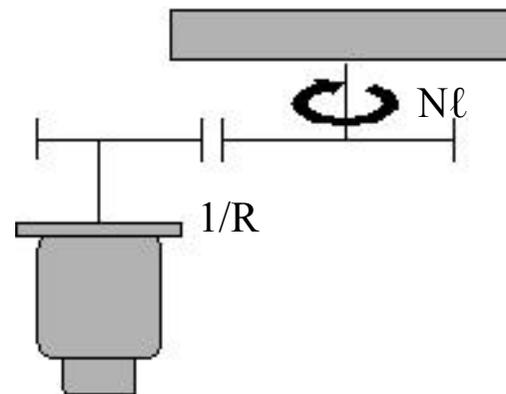
$$t_{dm} = \frac{2 \pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times (T_{PM} + T_L)}$$

※ 负载扭力及负载惯量计算公式

1、回转体

A、负载扭力 T_L ($N \cdot m$)

$$T_L = \frac{T\ell}{R \times \eta}$$



B、负载惯量 J_L ($kg \cdot m^2$)

(以马达轴换算回转运动部份的惯量)

减速机入力侧的回转运动部份

实心圆柱

$$J_K = \frac{1}{8} \times M_K \times D^2 = \frac{\pi}{32} \times \rho \times L \times D^4 \quad (\text{实心圆柱})$$

减速机出力侧的回转运动部份

空心圆柱

$$J_K = \frac{\pi}{32} \times \rho \times L \times (D_0^4 - D_1^4) \quad (\text{空心圆柱})$$

$$J_{L1} = \frac{J_K}{R^2}$$

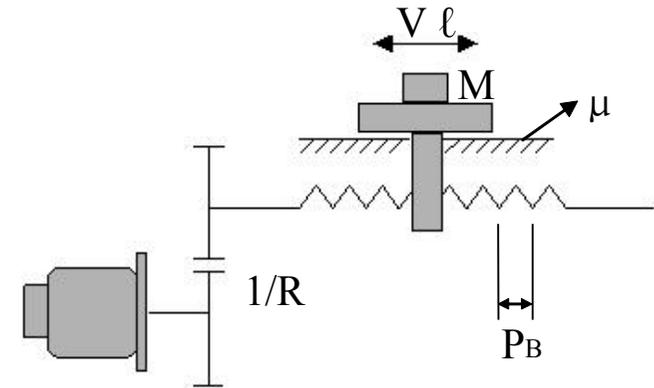
$$* J_L = J_K + J_{L1}$$

※ 负载扭力及负载惯量计算公式

2、螺杆（水平）

A、负载扭力 T_L (N·m)

$$T_L = \frac{9.8 \times \mu \times M \times P_B}{2 \pi \times R \times \eta}$$



B、负载惯量 J_L ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

直线运动部份

$$J_{L2} = M \times \left(\frac{P_B}{2 \pi R} \right)^2$$

$$* J_L = J_K + J_{L1} + J_{L2}$$

C、负载轴回转速 $N l$ (r/min)

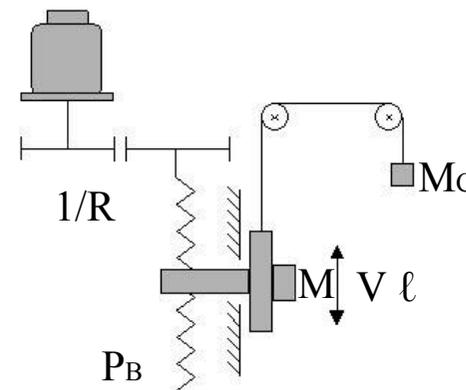
$$N l = \frac{V l}{P_B}$$

※ 负载扭力及负载惯量计算公式

2、螺杆（垂直）

A、负载扭力 T_L ($N \cdot m$)

$$T_L = \frac{9.8 \times (M - M_C) \times P_B}{2 \pi \times R \times \eta}$$



B、负载惯量 J_L ($kg \cdot m^2$)

直线运动部份

$$J_{L2} = (M + M_C) \times \left(\frac{P_B}{2 \pi R} \right)^2$$

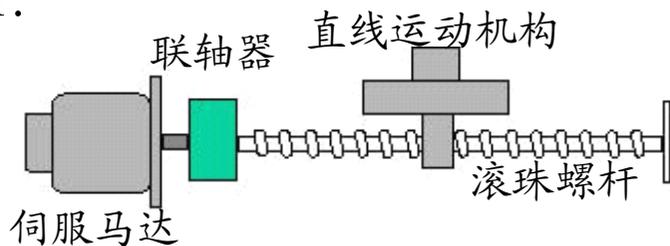
$$* J_L = J_K + J_{L1} + J_{L2}$$

C、负载轴回转速 $N\ell$ (r/min)

$$N\ell = \frac{V \ell}{P_B}$$

※伺服马达容量选择范例

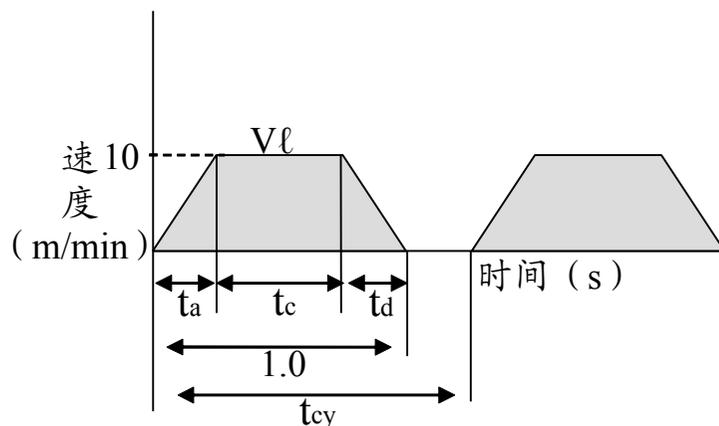
Ex1:



负载速度: $V\ell = 10$ m/min
 直线运动机构质量: $M = 200$ kg
 滚珠螺杆长度: $L_B = 1.4$ m
 滚珠螺杆直径: $D_B = 0.04$ m
 滚珠螺杆导程: $P_B = 0.01$ m
 联轴器质量: $M_c = 1$ kg
 联轴器外径: $D_c = 0.06$ m

动作次数: $n = 40$ 次/min
 动作距离: $\ell = 0.15$ m
 动作时间: $t_m = 1.0$ s以下
 摩擦系数: $\mu = 0.2$
 机械效率: $\eta = 0.85$ (85%)

1、速度图



$$t = \frac{60}{n} = \frac{60}{\square} = 1.5 \text{ (s)}$$

$$t_a = t_d$$

$$t_a = t_m - \frac{60 \times \ell}{V\ell} = \square - \frac{60 \times \square}{\square} = \square \text{ (s)}$$

$$t_c = \square - t_a \times 2 = \square \text{ (s)}$$

※伺服马达容量选择范例

2、回转速度

$$* \text{负载端回转速度 } N_l = \frac{V_l}{P_B} = \frac{\square}{\square} = \square \quad (\text{r/min})$$

$$* \text{负载端回转速度 } N_M = N_l \times R \text{ (直结)} = \square \times \square = \square \quad (\text{r/min})$$

3、负载扭力

$$T_L = \frac{9.8 \times \mu \times M \times P_B}{2\pi \times R \times \eta} = \frac{\square \times \square \times \square \times \square}{2\pi \times \square \times \square} = \square \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

4、负载惯量

$$\begin{aligned} \text{螺杆部份 } J_B &= \frac{\pi}{32} \times \rho \times L \times D^4 = \frac{\pi}{32} \times 7.87 \times 10^{-3} \times \square \times (\square)^4 \\ &= \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2) \end{aligned}$$

$$\text{联轴器部份 } J_C = \frac{1}{8} \times M_C \times D^2 = \frac{1}{8} \times 1 \times (\square)^2 = \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

$$\text{直线运动部份 } J_{L1} = M \times \left(\frac{P_B}{2\pi R}\right)^2 = \square \times \left(\frac{\square}{2\pi \times \square}\right)^2 = \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

$$* \text{马达轴换算负载惯量 } J_L = J_B + J_C + J_{L1} = \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

※伺服马达容量选择范例

5、负载运行能量 (P_o)

$$P_o = \frac{2\pi \times N_M \times T_L}{60} = \frac{2\pi \times \square \times \square}{60}$$
$$= \square \quad (\text{W})$$

6、负载启动能量 (P_a)

$$P_a = \left(\frac{2\pi}{60} \times N_M\right) 2 \times \frac{J_L}{t_a}$$
$$= \left(\frac{2\pi}{60} \times \square\right) 2 \times \frac{\square}{\square} = \square \quad (\text{W})$$

7、选定伺服马达条件

- ◎ 负载扭力 (T_L) < 马达额定扭力
- ◎ P_a + P_o = 1 ~ 2倍马达额定输出功率
- ◎ N_M ≦ 马达最大转速
- ◎ 负载惯量 (J_L) < 3 ~ 5倍马达转子惯量

依条件选定:

※伺服马达容量选择范例

选定马达规格 (□)

◎ 马达额定输出功率 = □ (W)

◎ 马达额定转速 = □ (rpm)

◎ 马达额定扭力 = □ (N•m)

◎ 瞬间最大扭力 = □ (N•m)

◎ 马达转子惯量 = □ (kg•m²)

8、检查所选定的伺服马达

A、启动扭力检查 (T_P)

$$\begin{aligned} T_P &= \frac{2\pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times t_a} + T_L \\ &= \frac{2\pi \times \square \times (\square + \square) \times \square}{60 \times \square} + \square \\ &\doteq \square \text{ (N•m)} \end{aligned}$$

B、停止扭力检查 (T_S)

$$T_s = \frac{2\pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times t_d} - T_L \doteq \square \text{ (N•m)}$$

※伺服马达容量选择范例

C、实效扭力检查 (T_{rms})

$$\begin{aligned} T_{rms} &= \sqrt{\frac{T_p^2 \times t_a + T_L^2 \times t_c + T_s^2 \times t_d}{t_{cy}}} \\ &= \sqrt{\frac{(\square)^2 \times \square + \square^2 \times \square + (\square)^2 \times \square}{\square}} \\ &\approx \square \text{ (N}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

※外部回生电阻的选定

是由负载率，负载inertia，动作波形的三个对象来算出回生电阻之概略值。

1、依马达实效负荷率来推定回生容量。

$$P = (\pi \times T_C \times N_M \times P_f^2 \times \eta) \div (2 \times 60 \times \beta)$$

$$\beta = T_P \div T_C \quad \because T_a = T_p = \beta \times T_c$$

2、依负载惯量来推定回生容量

$$T_a = ((2 \pi \times N_M \times (J_M + J_L)) \div (60 \times T_a)) + T_L$$

$$T_d = ((2 \pi \times N_M \times (J_M + J_L)) \div (60 \times T_a)) - T_L$$

$$P_f = T_{rms} \div T_C$$

$$E_R = (1 \div 2) \times (J_M + J_L) \times (2 \pi \times N_M \div 60)^2$$

$$E_C = (1 \div 2) \times C \times (V_s^2 - (\sqrt{2} \times V_C)^2)$$

$$E = E_R \times \eta - E_C$$

$$P = E \div t_{cy}$$

※外部回生电阻的选定

3、依动作波形来推定回生容量

$$P_f = T_{rms} \div T_C$$

$$E_b = (1 \div 2) \times 2\pi \times N_M \times T_L \div 60 \times T_d$$

$$E_C = (1 \div 2) \times C \times (V_s^2 - (\sqrt{2} \times V_C)^2)$$

$$E = E_R \times \eta - E_C$$

$$P = E \div t_{cy}$$

4、求出回生阻抗值

$$R_{MIN} = V_s \div I$$

$$N_M' = \sqrt{(N_M^2 - (60 \div 2\pi)^2 \times 2 \times E_C \div (J \times \eta))}$$

$$P_{MAX} = 2\pi \times N_M' \times T_d \div 60 \times \eta$$

$$R_{MAX} = V_s^2 \div P_{MAX}$$

$$V_s = \square V \text{ --- } > \text{HO}$$

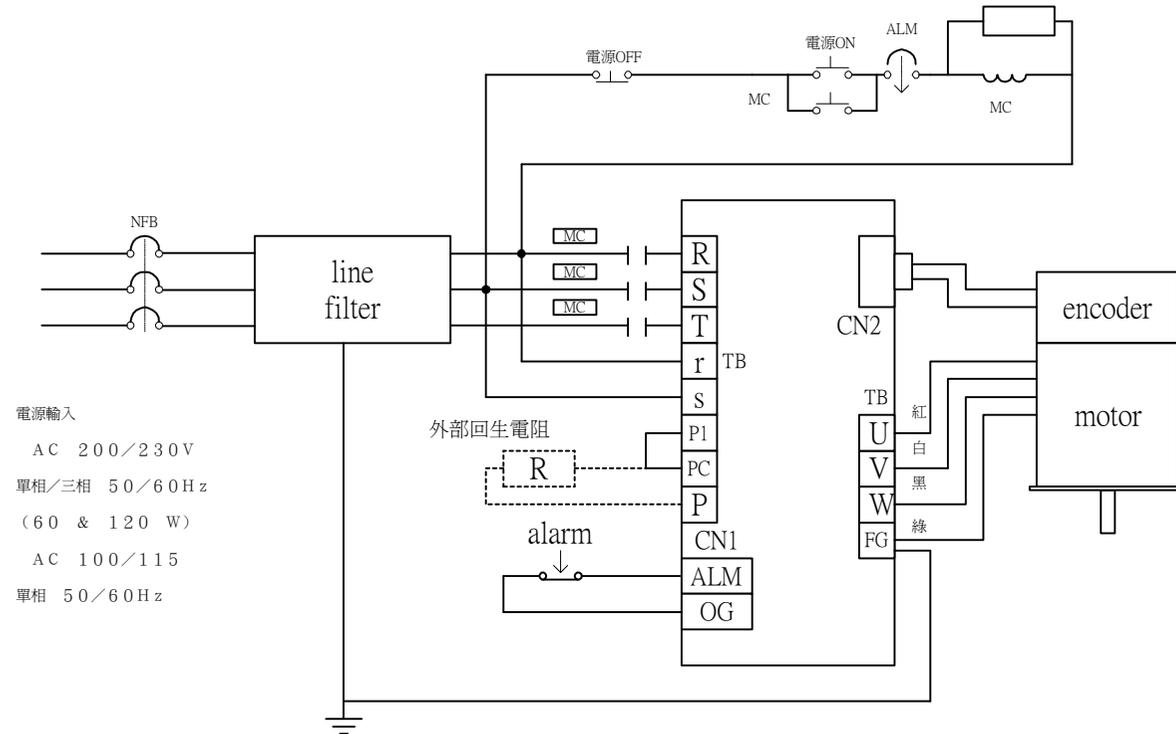
$$V_s = \square V \text{ --- } > \text{EO}$$

$$I_p = \square A \text{ --- } > \text{HO}$$

$$I_p = \square A \text{ --- } > \text{EO}$$

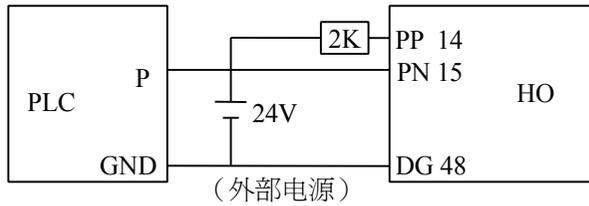
※ 安装方式外部配线

电源与马达连接图

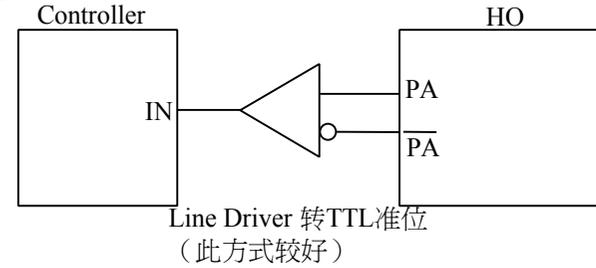


※位置命令接线方式

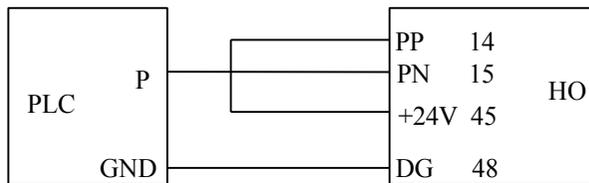
A.



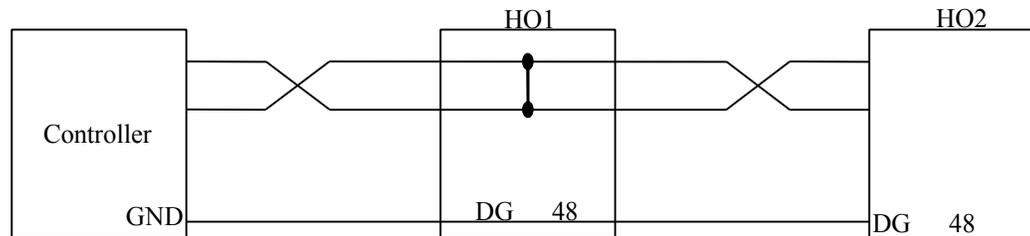
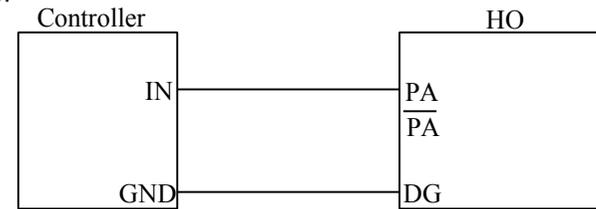
A.



B.



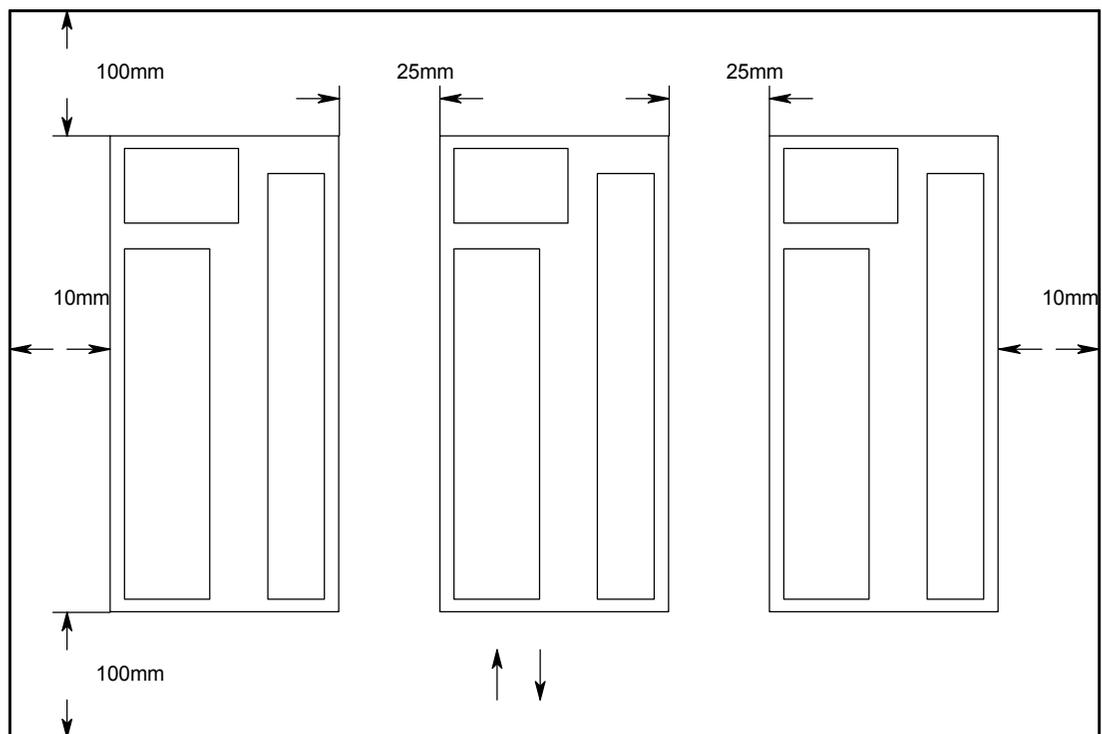
B.



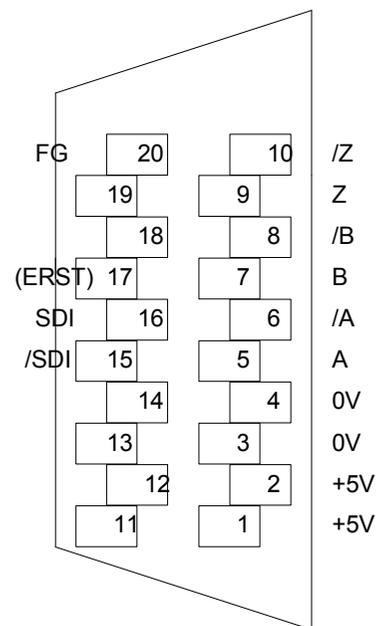
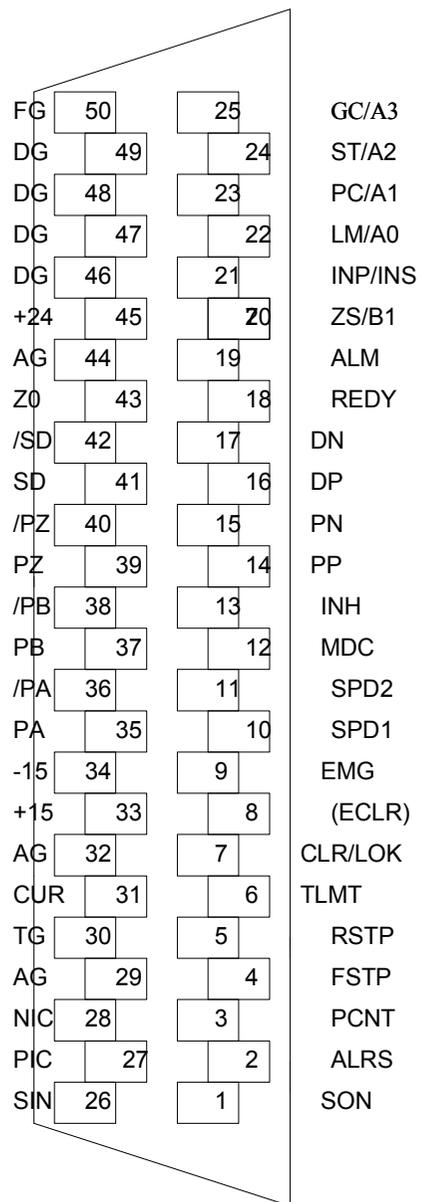
所有的控制线以并连方式接到两台驱动器上，
且DG一定要串接。

※ 安装方式外部配线

安装方向以及间隔



※CN1及CN2端子说明



※参数说明及调整

NO	名称
0	控制模式
1	类比输出显示
2	正转/反转切换方式
3	编码器信号(输出分频)
4	速度到达判定
5	动态刹车
6	驱动禁止时动作
7	CCW 内部扭矩限制值

NO	名称
8	CW 内部扭矩限制值
9	回生电阻保护level
10	JOG运转
11	零速度输出/brake输出切换
12	扭矩指令filter时常数
13	外部扭矩指令scaling
14	外部扭矩指令输入offset

NO	名称
15	Brake sequence 时间
16	驱动器识别码
17	零速度检出时动作
18	加减速限制
19	速度smoothing filter时间常数
20	直线加减速时常数

※参数说明及调整

N O	名称
2 1	电子温度侦测 LEVEL
2 2	速度比例增益
2 3	速度积分时间常数
2 4	零速度判定
2 5	外部速度指令 输入比例值
2 6	外部速度指令 输入offset
2 7	位置指令输入脉冲 型式

N O	名称
2 8	电子齿轮比
2 9	
3 0	
3 1	
3 2	定位完了范围
3 3	
3 4	CCW最大积存 脉冲数
3 5	CW最大积存 脉冲数
3 6	
3 7	
3 8	位置比例增益

N O	名称
3 9	前馈增益
4 0	位置smoothing 时间常数
4 1	内部速度限制1 内部速度限制2 内部速度限制3
4 2	
4 3	
4 4	内部速度指令1 内部速度指令2 内部速度指令3
4 5	
4 6	

※故障排除

Alarm code 輸出	alarm 名稱	alarm 動作內容
0	正常	
1	主迴路電壓不足	電源電壓在低於規格電壓以下時動作
2	回生異常	回生電阻的負載過大或回生迴路異常時動作
3	過負載	馬達及驅動器的過負載狀態時動作
4	IPM異常	主迴路用功率轉換模組檢出異常
5	編碼器異常(ABZ)	檢出編碼器及編碼器電纜線異常而動作
6	溫度異常(Over heat)	檢出系統溫度高於規格值
7	保留	
8	記憶體異常	檢出CPU內部的記憶體異常而動作

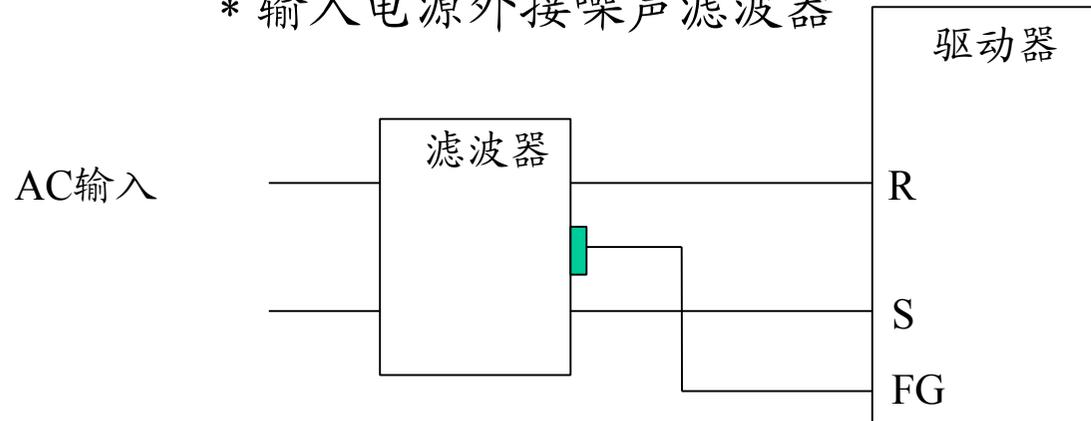
※故障排除

Alarm code 输出	alarm 名称	alarm 动作内容
9	紧急停止	紧急停止信号被输入时动作
10	保留	
11	位置偏差过大	位置偏差脉波计数器在超过设定容许值以上时动作
12	过速度	马达转速超过容许转数时动作
13	CPU异常	检出CPU异常而动作
14	驱动禁止异常	CCW/CW的两者之驱动禁止信号同时输入时动作
15	厂商用	

※故障排除

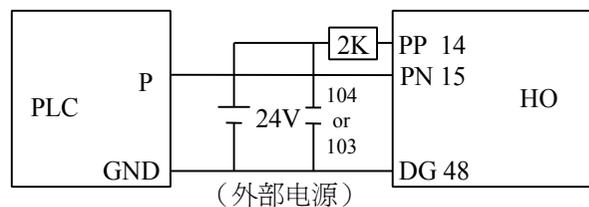
噪声对策:

- * 将动力线（电源线、马达线等的强电回路）与信号线相距30公分以上来配线，不要在同一配线管（duct）配线。
- * 信号线编码器输入线请使用双绞对线(含隔离)，配线的长度，指令输入线为3公尺，编码器输入线20尺以内为宜。
- * 接地请以使用第3种接地（接地电阻值为 100Ω 以下）为宜，而且必须单点接地
- * 输入电源外接噪声滤波器

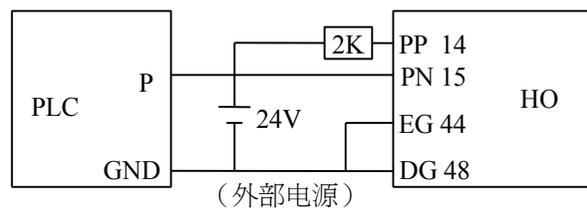


※故障排除

* 在信号在线连接电容（但会降低响应频率）



* 将DG与EG连接（若外部电源异常时，Encoder会有损坏的危险）



※符号对照表

$N\ell$	负载轴回转速度	(r/min)
$1/R$	减速比	
NM	马达回转速度 $\rightarrow N\ell \times R$	(r/min)
$T\ell$	负载轴换算后的负载扭力	(N · m)
T_L	马达扭力 $\rightarrow T\ell \times (1 \div R)$	(N · m)
$V\ell$	负载的速度	(m/min)
μ	摩擦系数	
P_B	导螺杆导程	(m)
M	直线运动部份的质量	(kg)
η	机械效率	
T_{pm}	伺服马达的最大扭力	(N · m)

※回生符号对照表

J_M	转子惯量	[kgm ²]
J_L	负载惯量	[kgm ²]
J_L / J_M	惯量比	[倍]
T_M	定格转矩	[Nm]
T_P / T_S	使用最大转矩	[倍]
N_M	使用最大回转数	[1/min]
T_P	加速转矩	[Nm]
T_S	减速转矩	[Nm]
T_L	运行转矩	[Nm]
t_a	加速时间	[sec]
t_d	减速时间	[sec]
t_c	运行时间	[sec]
t_{cy}	动作周期	[sec]
P_f	马达实效负荷率	(0~1)

※回生符号对照表

I_P	回生放电晶体最大电流	[A]
C	使用驱动器的电容容量	[F]
V_C	驱动器入力电压	[V _{AC}]
η	马达驱动器效率	(0~1)
V_S	回生电压	[V]
E_R	回转·减速能量	[J]
E_C	电容充电能量	[J]
E	回生能量	[J]
N_M'	回生开始时回转数	[1/min]
P_{MAX}	回生开始时电力	[W]
	外部回生抵抗选定值	
P	必要回生容量	[W]
R_{MAX}	最大阻抗值	[Ω]
R_{MIN}	最小阻抗值	[Ω]
I_{RMAX}	最大实效电流	[Arms]
I_{RMIN}	最小实效电流	[Arms]
t_{RMAX}	最长阻抗ON时间	[msec]
t_{RMIN}	最短阻抗ON时间	[msec]

※单位换算对照

$$1\text{gf} \cdot \text{cm} \cdot \text{S}^2 = \underline{0.980665 \times 10^{-7}} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$1\text{kgf} = \underline{9.80665} \text{N}$$

$$1\text{kgf} \cdot \text{m}^2 = \underline{9.80665} \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{GD}^2 = 4 \times g \times J \text{ (kg} \cdot \text{m}^2 \text{)}$$

$$g = 9.8 \text{ (m} \cdot \text{S}^2 \text{)}$$

培训试题

1、试绘出马达选用流程。

2、回生阻抗计算可依据哪三个项目作计算？

3、现有一PLC控制器最大输出频率为10 kHz，搭配HO15及CB301C27F马达，想以10 kHz的频率使马达达到3000rpm，请问电子齿轮比参数28、29、30、31分别需设定为多少？

28 = _____ (value)

29 = _____ (value)

30 = _____ (value)

31 = _____ (value)

4、要使HO驱动器正常工作（使马达运转），CN1最少需接哪几条线？

5、单位换算：

A、 $1\text{gf} \cdot \text{cm} \cdot \text{S}^2 =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

B、 $1\text{kgf} =$ _____ N

C、 $1\text{kgf} \cdot \text{m}^2 =$ _____ $\text{N} \cdot \text{m}$