

# 課程大綱

## 伺服選用

伺服選用流程

伺服選定  
注意事項

伺服選定  
計算

回生計算

## 伺服使用

伺服接線

參數調整

## 故障排除

異常處理

# ※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 ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )
- 4、轉子慣量 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )
- 5、是否需要煞車 (制動器)
- 6、體積、重量、尺寸

# ※如何選定伺服馬達 ( 2 / 3 )

## 減速機構的影響

1、回轉速度： $N_M = N_t \times R$

2、扭力： $T_L = T_0 \times (1 \div R)$

3、慣量 ( $GD^2$ )： $GD^2_L = GD^2_L \times (1 \div R)^2$

# ※如何選定伺服馬達（3 / 3）

## 1、負載扭力

◎加速扭力 $\leq$ 馬達最大扭力

◎連續實效負載扭力 $\leq$ 馬達額定扭力

◎消耗回生電力 $<$ 驅動器內回生容量

◎負載扭力 $<$ 馬達額定扭力

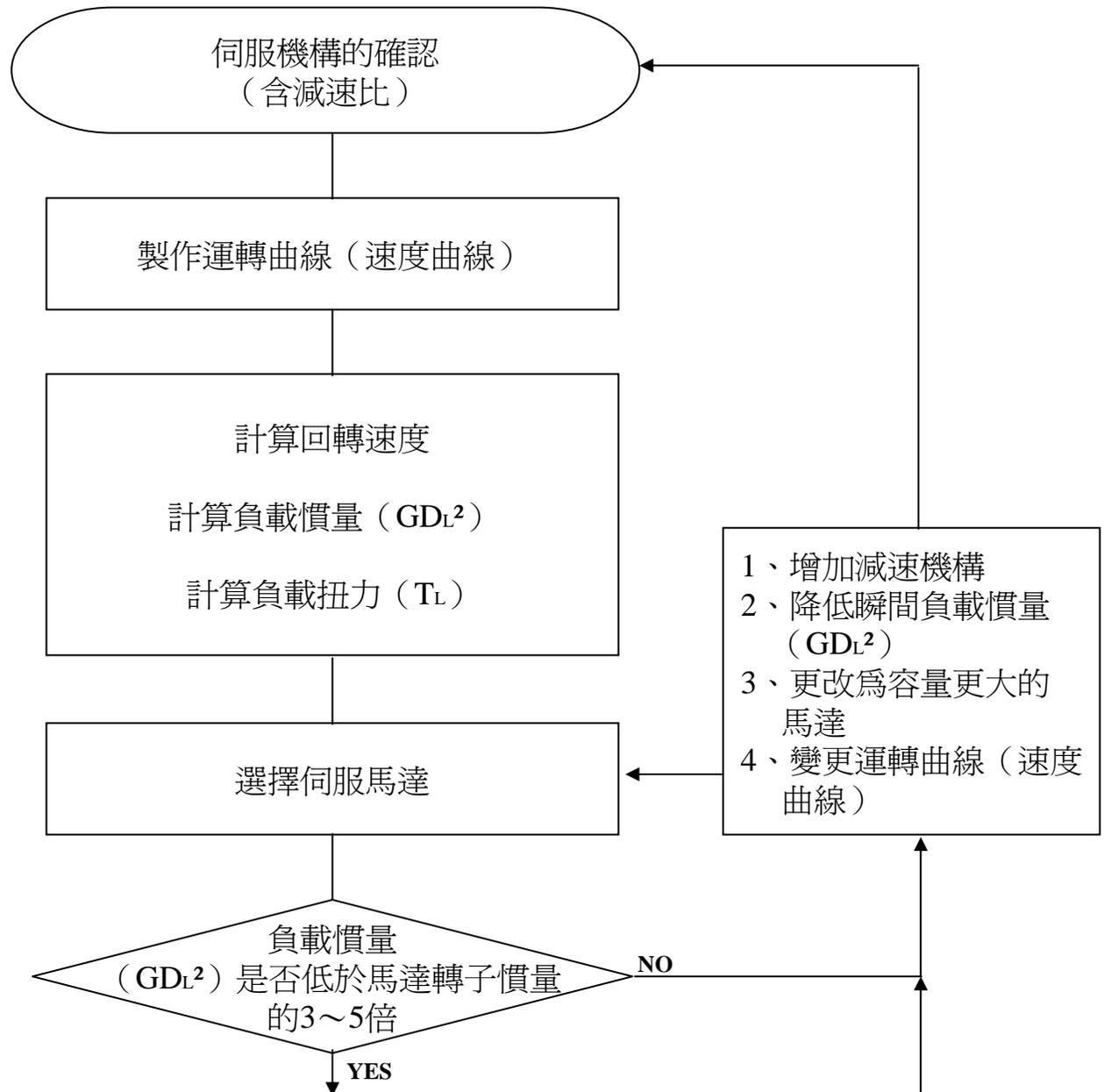
## 2、負載慣性矩 $<$ 3~5倍馬達轉子慣性矩

## 3、最大移動速度 $<$ 馬達最大轉速

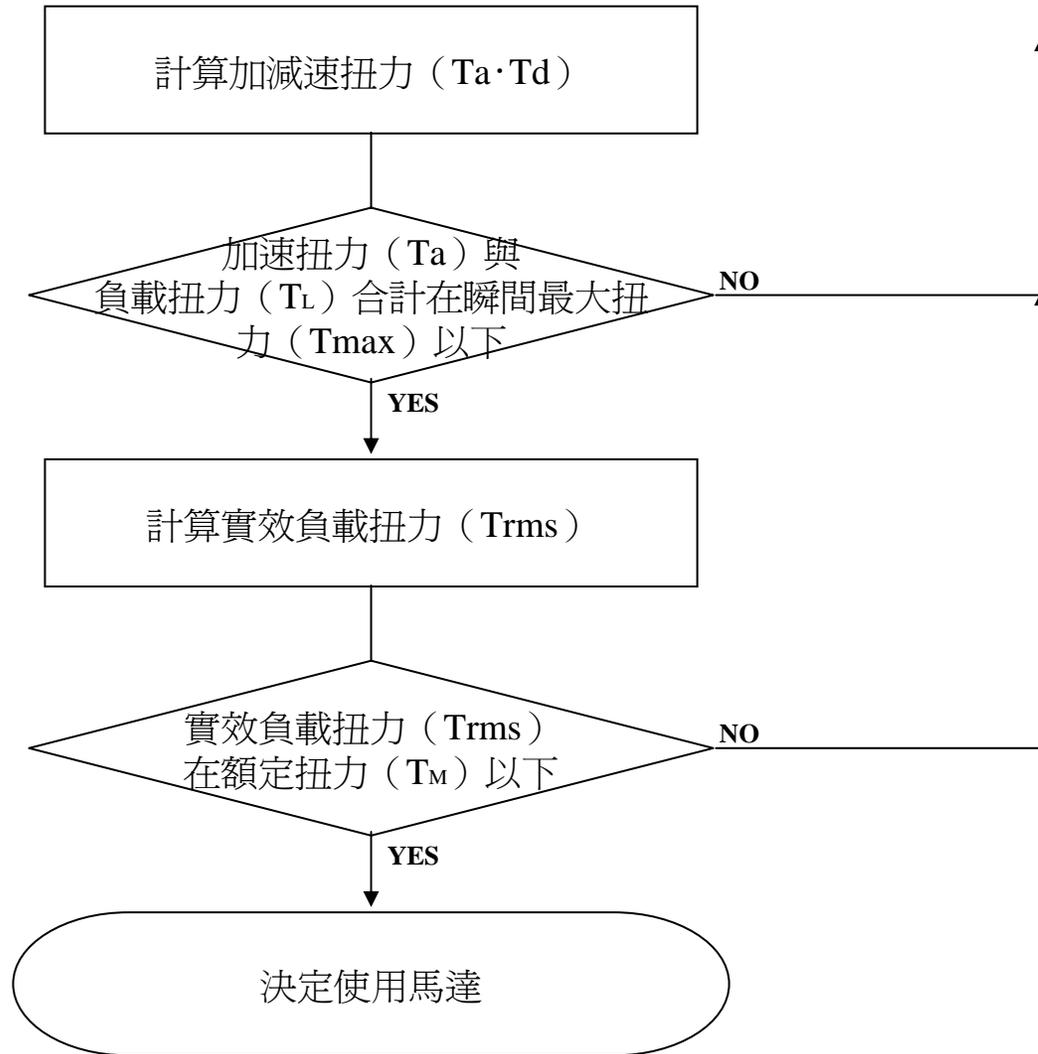
## 4、負載率在85% 以下

## 5、馬達的扭矩特性

# AC伺服馬達的選用流程 (1 / 2)

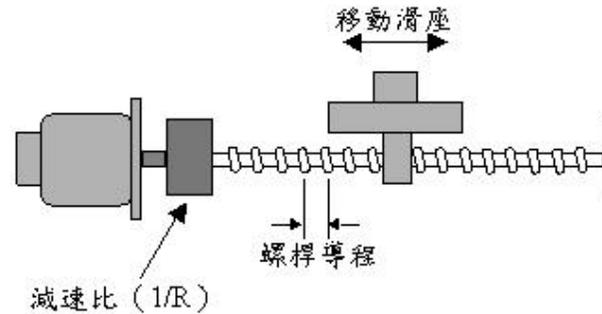


# AC伺服馬達的選用流程 (2 / 2)



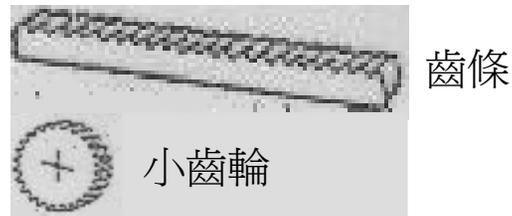
# ※機械傳動方式

## 1、滾珠螺桿傳動



應用場合：短距離移動，高精度

## 2、齒條及小齒輪傳動

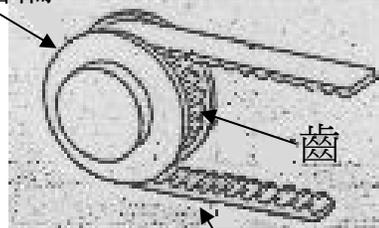


應用場合：較長距離移動

# ※機械傳動方式

## 3、時規皮帶傳動

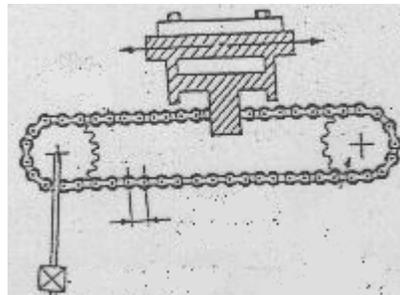
時規齒輪



時規皮帶

應用場合：大型搬運及精密機械

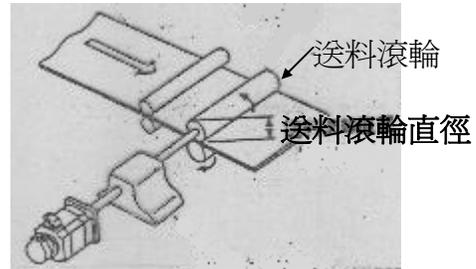
## 4、鏈條傳動



應用場合：長距離及高速位移

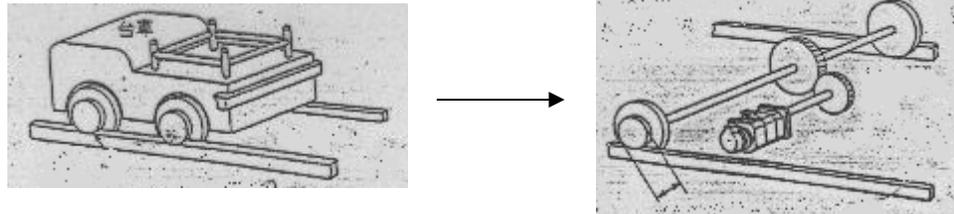
# ※機械傳動方式

## 5、滾輪送料傳動



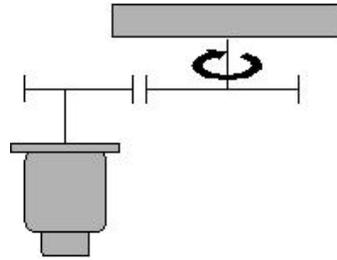
應用場合：衝床機械定尺寸送料及切割機

## 6、台車傳動



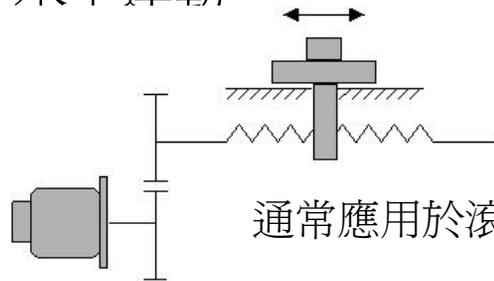
# ※運動方向

## 1、旋轉運動



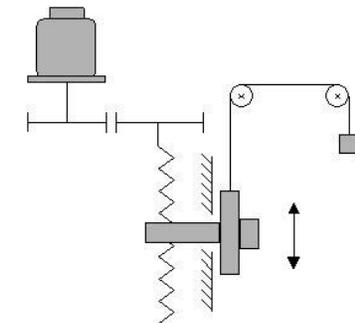
通常應用於分度盤

## 2、水平運動



通常應用於滾珠螺、齒輪、皮帶、鏈條傳動元件

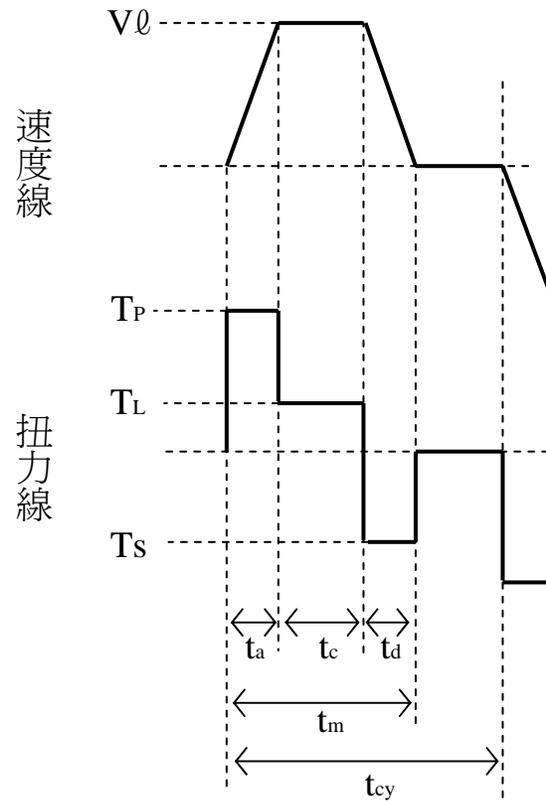
## 3、垂直運動



通常應用於機械升降軸、機械手臂上下軸

# ※ 伺服馬達容量計算步驟及公式

## 1、繪製速度曲線圖



# ※伺服馬達容量計算步驟及公式

## 2、計算回轉速度

A、負載端回轉速度 (  $N\theta$  )

$N\theta$  = 依據機械構成而變化

B、馬達端回轉速度 (  $N_M$  )

$$N_M = N\theta \times R$$

## 3、計算負載扭力 ( $T_L$ )

$T_L$  = 依據機械構成而變化

## 4、計算負載慣量 ( $J_L$ )

$J_L$  = 依據機械構成而變化

# ※伺服馬達容量計算步驟及公式

5、計算負載運行能量 (P<sub>o</sub>)

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

6、計算負載啓動能量 (P<sub>a</sub>)

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

7、選定伺服馬達條件

- ◎負載扭力 (T<sub>L</sub>) < 馬達額定扭力
- ◎ P<sub>a</sub> + P<sub>o</sub> = 1.5~2倍馬達額定輸出功率
- ◎ N<sub>M</sub> ≤ 馬達最大轉速
- ◎負載慣量 (J<sub>L</sub>) < 3~5倍馬達轉子慣量

# ※伺服馬達容量計算步驟及公式

## 8、檢查所選定的伺服馬達

### A、啓動扭力檢查 ( $T_P$ )

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

啓動扭力 ( $T_P$ ) < 瞬間最大扭力

### B、停止扭力檢查 ( $T_S$ )

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

停止扭力 ( $T_S$ ) < 瞬間最大扭力

# ※伺服馬達容量計算步驟及公式

C、實效扭力檢查 ( $T_{rms}$ )

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

實效扭力 ( $T_{rms}$ ) < 額定扭力

# ※伺服馬達容量計算相關公式

1、移動量  $\ell$  (m)

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

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

2、馬達軸回轉速度  $N_M$  (r/min)

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

3、最小啓動時間  $t_{am}$  (s)

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

4、最小制動時間  $t_{dm}$  (s)

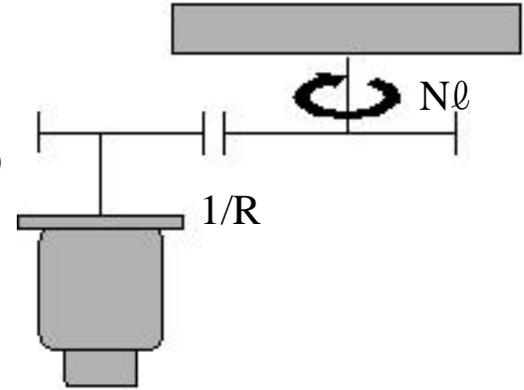
$$t_{dm} = \frac{2 \pi \times N_M \times (J_M + J_L)}{60 \times (T_{PM} + T_L)}$$

# ※負載扭力及負載慣量計算公式

## 1、回轉體

A、負載扭力 $T_L$  (N·m)

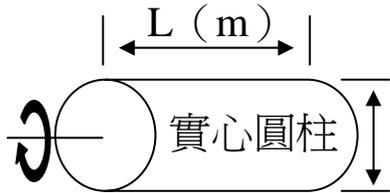
$$T_L = \frac{T\ell}{R \times \eta}$$



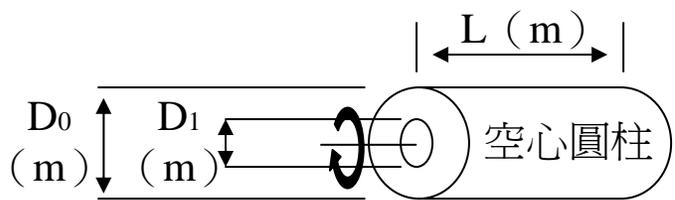
B、負載慣量 $J_L$  (kg·m<sup>2</sup>)

(以馬達軸換算回轉運動部份的慣量)

減速機入力側的回轉運動部份



$$J_K = \frac{1}{8} \times M_K \times D^2 = \frac{\pi}{32} \times \rho \times L \times D^4 \quad (\text{實心圓柱})$$



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

減速機出力側的回轉運動部份

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

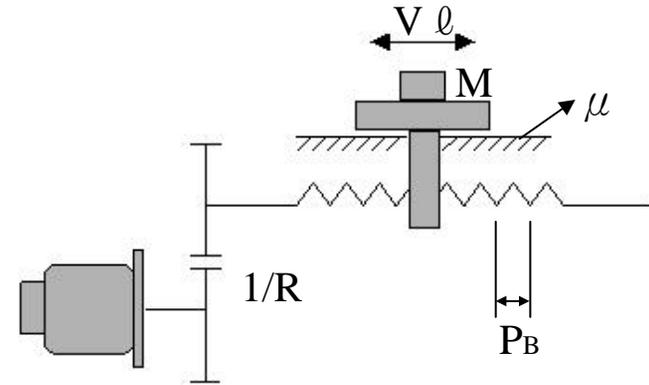
$$* J_L = J_K + J_{L1}$$

# ※負載扭力及負載慣量計算公式

## 2、螺桿（水平）

A、負載扭力 $T_L$  (N·m)

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



B、負載慣量 $J_L$  (kg·m<sup>2</sup>)

直線運動部份

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

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

C、負載軸回轉速度 $N_l$  (r/min)

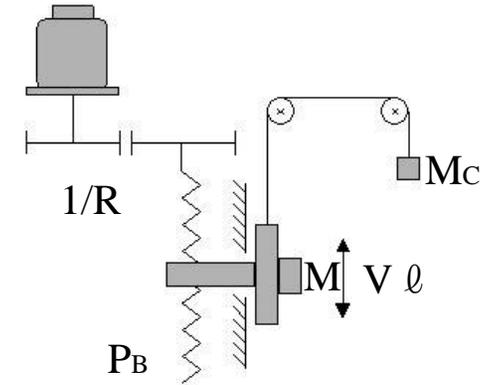
$$N_l = \frac{V_l}{P_B}$$

# ※負載扭力及負載慣量計算公式

## 2、螺桿（垂直）

A、負載扭力 $T_L$  (N·m)

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



B、負載慣量 $J_L$  (kg·m<sup>2</sup>)

直線運動部份

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

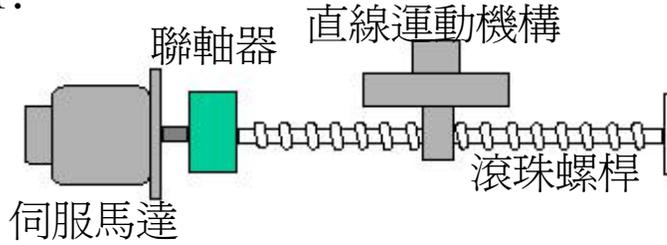
$$* J_L = J_K + J_{L1} + J_{L2}$$

C、負載軸回轉速度 $N\ell$  (r/min)

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

# ※伺服馬達容量選擇範例

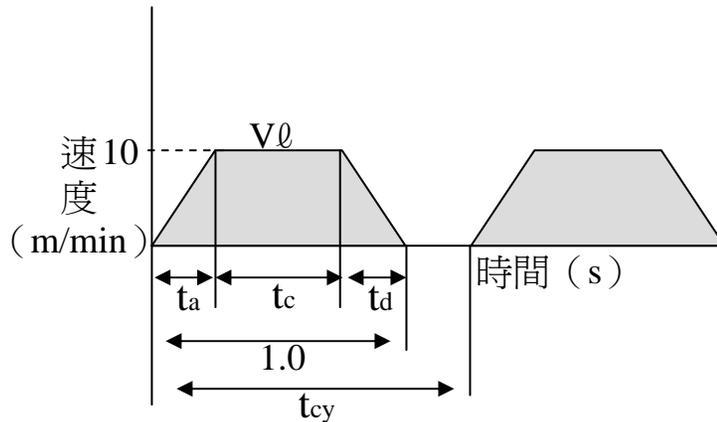
Ex1:



速度 :  $V_l = 10$  m/min  
 直線運動機構質量 :  $M = 200$  kg  
 滾珠螺桿長度 :  $L_B = 1.4$  m  
 滾珠螺桿直徑 :  $D_B = 0.04$  m  
 滾珠螺桿直徑 :  $D_B = 0.04$  m  
 導程 :  $P_B = 0.01$  m  
 聯軸器質量 :  $M_c = 1$  kg  
 聯軸器外徑 :  $D_c = 0.06$  m

動作次數 :  $n = 40$  次/min  
 動作距離 :  $l = 0.15$  m  
 動作時間 :  $t_m = 1.0$  s以下  
 摩擦係數 :  $\mu = 0.2$   
 機械效率 :  $\eta = 0.85$  (85%)

## 1、速度圖



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

$$t_a = t_d$$

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

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

# ※伺服馬達容量選擇範例

## 2、回轉速度

$$* \text{負載端回轉速度 } N \ell = \frac{V \ell}{P_B} = \frac{\square}{\square} = \square \quad (\text{r/min})$$

$$* \text{負載端回轉速度 } N_M = N \ell \times R \text{ (直結)} = \square \times \square = \square \quad (\text{r/min})$$

## 3、負載扭力

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

## 4、負載慣量

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

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

$$\text{直線運動部份 } J_{L1} = M \times \left( \frac{P_B}{2 \pi R} \right)^2 = \square \times \left( \frac{\square}{2 \pi \times \square} \right)^2 = \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

$$* \text{馬達軸換算負載慣量 } J_L = J_B + J_C + J_{L1} = \square \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

# ※伺服馬達容量選擇範例

5、負載運行能量 (P<sub>o</sub>)

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

6、負載啓動能量 (P<sub>a</sub>)

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

7、選定伺服馬達條件

◎負載扭力 (T<sub>L</sub>) < 馬達額定扭力

◎ P<sub>a</sub> + P<sub>o</sub> = 1~2倍馬達額定輸出功率

◎ N<sub>M</sub> ≤ 馬達最大轉速

◎負載慣量 (J<sub>L</sub>) < 3~5倍馬達轉子慣量

依條件選定：

# ※伺服馬達容量選擇範例

選定馬達規格 ( □ )

◎馬達額定輸出功率 = □ (W)

◎馬達額定轉速 = □ (rpm)

◎馬達額定扭力 = □ (N•m)

◎瞬間最大扭力 = □ (N•m)

◎馬達轉子慣量 = □ (kg•m<sup>2</sup>)

## 8、檢查所選定的伺服馬達

### A、啓動扭力檢查 (T<sub>P</sub>)

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

### B、停止扭力檢查 (T<sub>S</sub>)

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

# ※ 伺服馬達容量選擇範例

C、實效扭力檢查 ( $T_{rms}$ )

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

$$= \sqrt{\frac{(\square)^2 \times \square + \square^2 \times \square + (\square)^2 \times \square}{\square}}$$

$$\doteq \square \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

# ※外部回生電阻的選定

是由負載率，負載inertia，動作波形的三個對象來算出回生電阻之概略值。

1、依馬達實効負荷率來推定回生容量。

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

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

2、依負載慣量來推定回生容量

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

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

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

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

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

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

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

# ※外部回生電阻的選定

## 3、依動作波形來推定回生容量

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

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

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

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

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

## 4、求出回生阻抗值

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

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

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

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

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

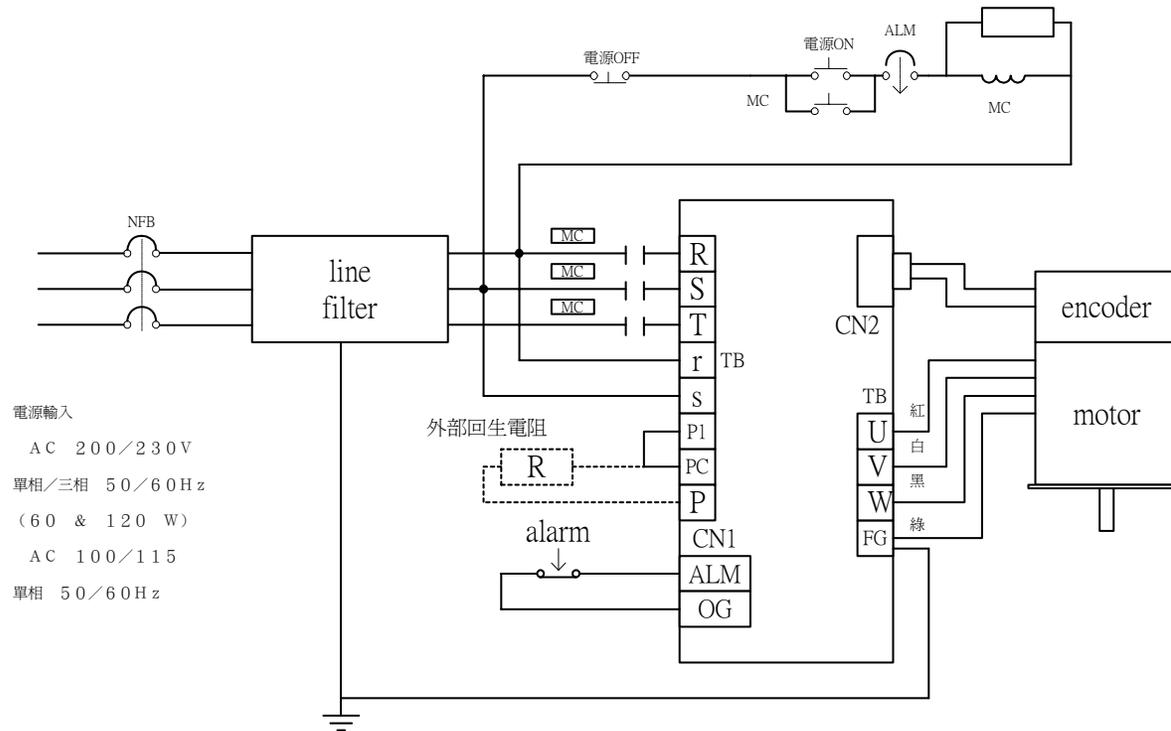
$$V_s = \square V \text{ --- } > \text{EO}$$

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

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

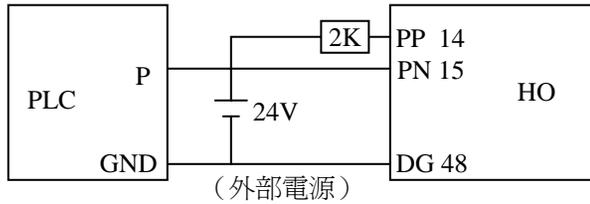
# ※安裝方式外部配線

## 電源與馬達連接圖

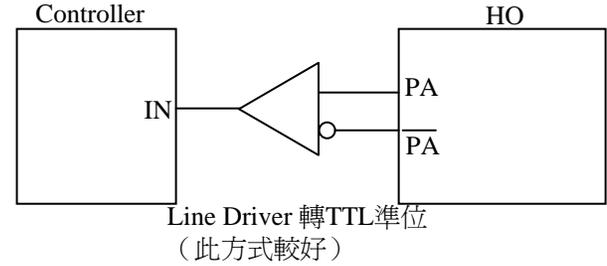


# ※位置命令接線方式

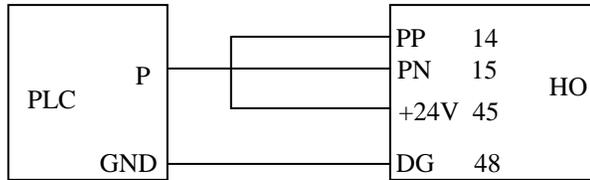
A.



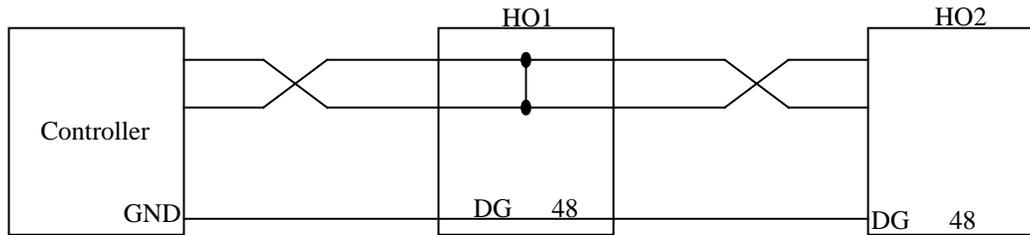
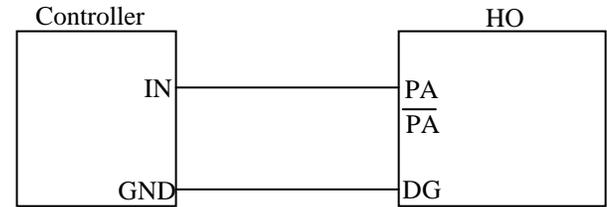
A.



B.



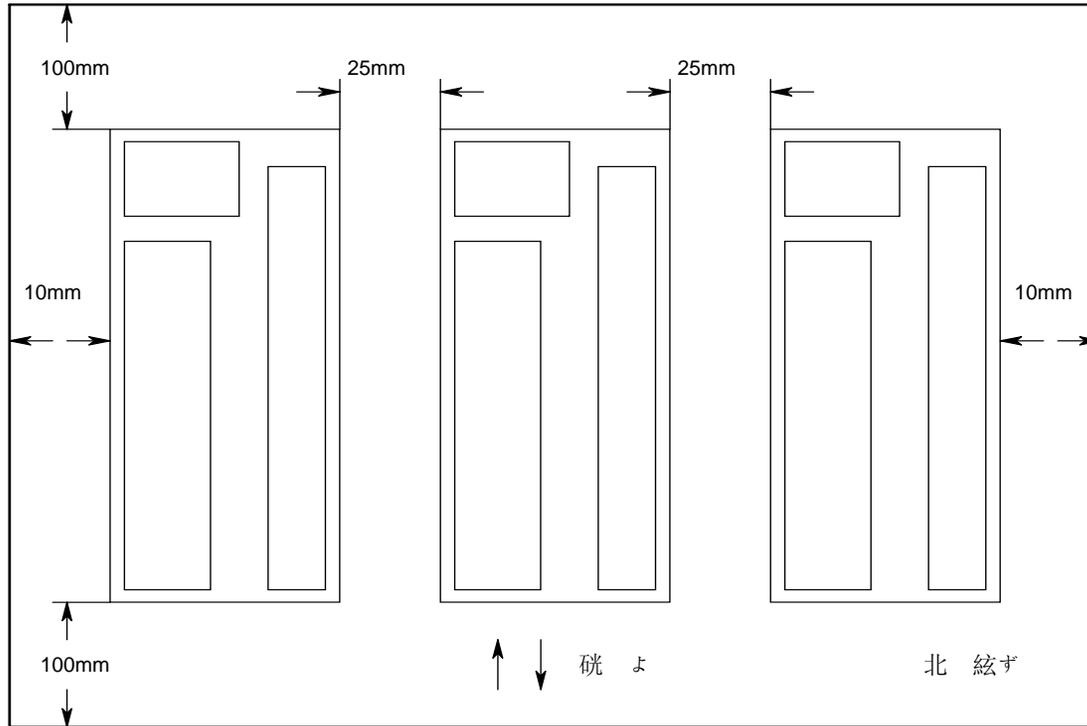
B.



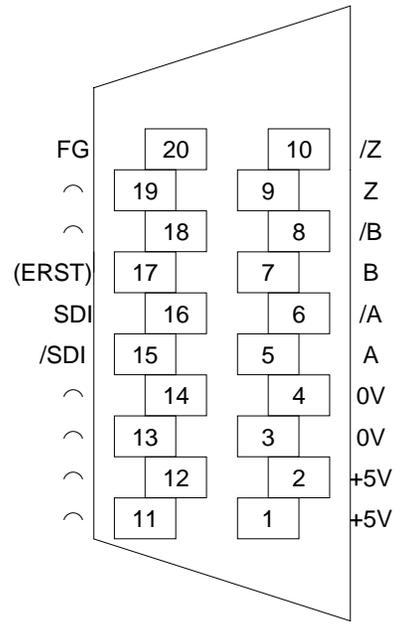
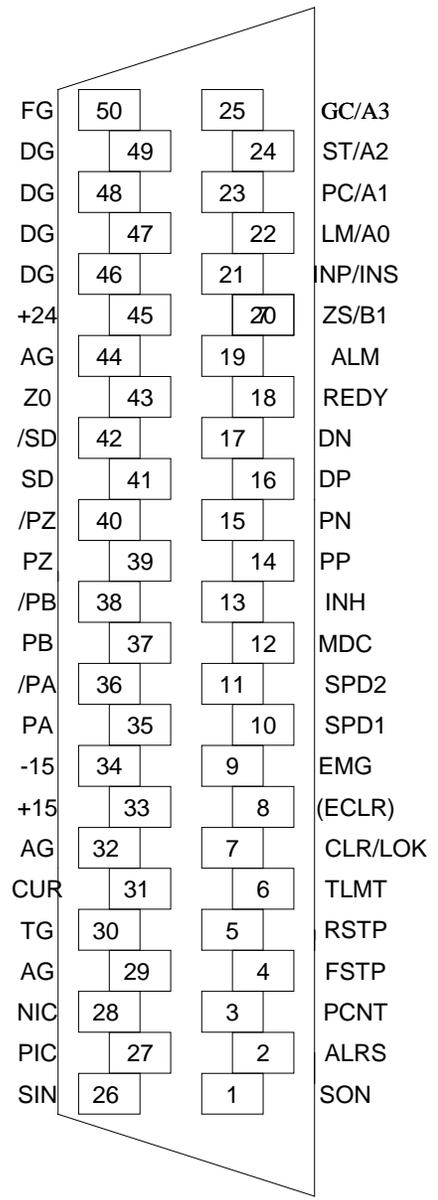
所有的控制線以並連方式接到兩台驅動器上，且DG一定要串接。

# ※安裝方式外部配線

安裝方向以及間隔



# ※CN1及CN2端子說明



# ※參數說明及調整

N O	名 稱
0	控制模式
1	類比輸出顯示
2	正轉／反轉 切換方式
3	編碼器信號 (輸出分頻)
4	速度到達判定
5	動態剎車
6	驅動禁止時動作
7	CCW 內部扭矩限制 值

N O	名 稱
8	CW 內部扭矩限制 值
9	回生電阻保護level
1 0	JOG運轉
1 1	零速度輸出／ brake輸出切換
1 2	扭矩指令 filter時間常數
1 3	外部扭矩指令 scaling
1 4	外部扭矩指令 輸入offset

N O	名 稱
1 5	Brake sequence 時 間
1 6	驅動器識別碼
1 7	零速度檢出時動作
1 8	加減速限制
1 9	速度smoothing filter時間常數
2 0	直線加減速時常數

# ※參數說明及調整

N O	名稱
2 1	電子溫度偵測 LEVEL
2 2	速度比例增益
2 3	速度積分時間常數
2 4	零速度判定
2 5	外部速度指令 輸入比例值
2 6	外部速度指令 輸入offset
2 7	位置指令輸入脈衝 型式

N O	名稱
2 8	電子齒輪比
2 9	
3 0	
3 1	
3 2	定位完了範圍
3 3	
3 4	CCW最大積存 脈衝數
3 5	CW最大積存 脈衝數
3 6	
3 7	
3 8	位置比例增益

N O	名稱
3 9	前饋增益
4 0	位置smoothing 時間常數
4 1	內部速度限制1 內部速度限制2 內部速度限制3
4 2	
4 3	
4 4	內部速度指令1
4 5	內部速度指令2
4 6	內部速度指令3

# ※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

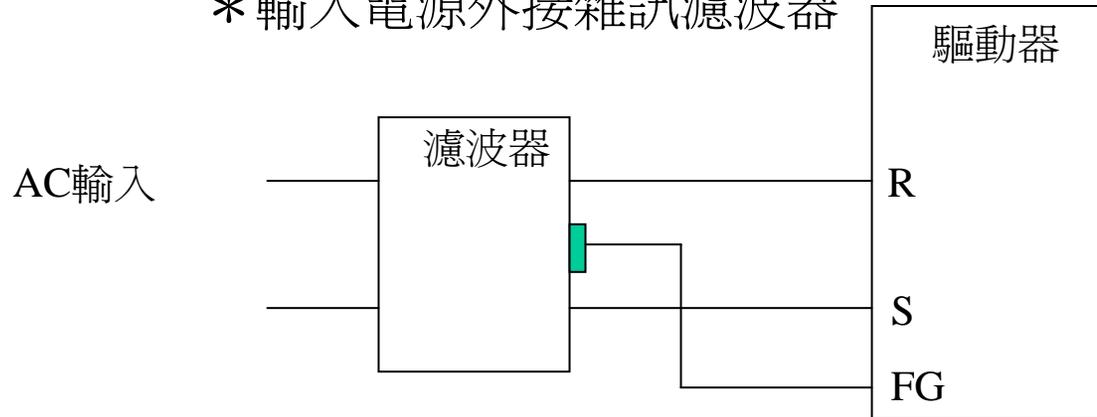
# ※故障排除

Alarm code 輸出	alarm 名稱	alarm 動作內容
9	緊急停止	緊急停止信號被輸入時動作
10	保留	
11	位置偏差過大	位置偏差脈波計數器在超過設定容許值以上時動作
12	過速度	馬達轉速超過容許轉數時動作
13	CPU異常	檢出CPU異常而動作
14	驅動禁止異常	CCW/CW的兩者之驅動禁止信號同時輸入時動作
15	廠商用	

# ※故障排除

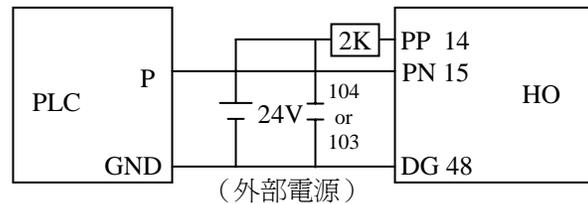
雜訊對策：

- \* 將動力線（電源線、馬達線等的強電迴路）與信號線相距30公分以上來配線，不要在同一配線管（duct）配線。
- \* 信號線編碼器輸入線請使用雙絞對線(含隔離)，配線的長度，指令輸入線為3公尺，編碼器輸入線20尺以內為宜。
- \* 接地請以使用第3種接地（接地電阻值為 $100\Omega$ 以下）為宜，而且必須單點接地
- \* 輸入電源外接雜訊濾波器

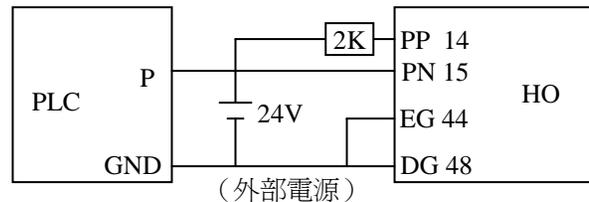


# ※故障排除

\* 在信號線上連接電容（但會降低響應頻率）



\* 將DG與EG連接（若外部電源異常時，Encoder會有損壞的危險）



# ※符號對照表

$N_l$	負載軸回轉速度	( r/min )
$1/R$	減速比	
$N_M$	馬達回轉速度 $\rightarrow N_l \times R$	( r/min )
$T_l$	負載軸換算後的負載扭力	( N • m )
$T_L$	馬達扭力 $\rightarrow T_l \times ( 1 \div R )$ 負	( N • m )
$V_l$	載的速度	( m/min )
$\mu$	摩擦係數	
$P_B$	導螺桿導程	( m )
$M$	直線運動部份的質量	( kg )
$\eta$	機械效率	
$T_{pm}$	伺服馬達的最大扭力	( N • m )

# ※回生符號對照表

$J_M$	轉子慣量	[kgm <sup>2</sup> ]
$J_L$	負載慣量	[kgm <sup>2</sup> ]
$J_L / J_M$	慣量比	[倍]
$T_M$	定格轉矩	[Nm]
$T_P / T_S$	使用最大轉矩	[倍]
$N_M$	使用最大回轉數	[1/min]
$T_P$	加速轉矩	[Nm]
$T_S$	減速轉矩	[Nm]
$T_L$	運行轉矩	[Nm]
$t_a$	加速時間	[sec]
$t_d$	減速時間	[sec]
$t_c$	運行時間	[sec]
$t_{cy}$	動作週期	[sec]
$P_f$	馬達實効負荷率	(0~1)

# ※回生符號對照表

$I_P$	回生放電晶體最大電流	[A]
$C$	使用驅動器的電容容量	[F]
$V_C$	驅動器入力電圧	[V <sub>AC</sub> ]
$\eta$	馬達驅動器效率	(0~1)
$V_S$	回生電圧	[V]
$E_R$	回轉・減速能量	[J]
$E_C$	電容充電能量	[J]
$E$	回生能量	[J]
$N_M'$	回生開始時回轉數	[1/min]
$P_{MAX}$	回生開始時電力	[W]
	外部回生抵抗選定值	
$P$	必要回生容量	[W]
$R_{MAX}$	最大阻抗值	[Ω]
$R_{MIN}$	最小阻抗值	[Ω]
$I_{RMAX}$	最大実効電流	[Arms]
$I_{RMIN}$	最小実効電流	[Arms]
$t_{RMAX}$	最長阻抗ON時間	[msec]
$t_{RMIN}$	最短阻抗ON時間	[msec]

# ※單位換算對照

$$1\text{gf} \cdot \text{cm} \cdot \text{S}^2 = \underline{0.980665 \times 10^{-4}} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

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

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

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

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

## 培訓試題

- 1、試繪出馬達選用流程。
- 2、回生阻抗計算可依據哪三個項目作計算？
- 3、現有一PLC控制器最大輸出頻率為10 kHz，搭配HO15及CB301C27F馬達，想以10 kHz的頻率使馬達達到3000rpm，請問電子齒輪比參數28、29、30、31分別需設定為多少？  
28 = \_\_\_\_\_ (value)  
29 = \_\_\_\_\_ (value)  
30 = \_\_\_\_\_ (value)  
31 = \_\_\_\_\_ (value)
- 4、要使HO驅動器正常工作（使馬達運轉），CN1最少需接哪幾條線？
- 5、單位換算：  
A、 $1\text{gf} \cdot \text{cm} \cdot \text{S}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{kg} \cdot \text{m}^2$   
B、 $1\text{kgf} = \underline{\hspace{2cm}} \text{N}$   
C、 $1\text{kgf} \cdot \text{m}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{N} \cdot \text{m}$