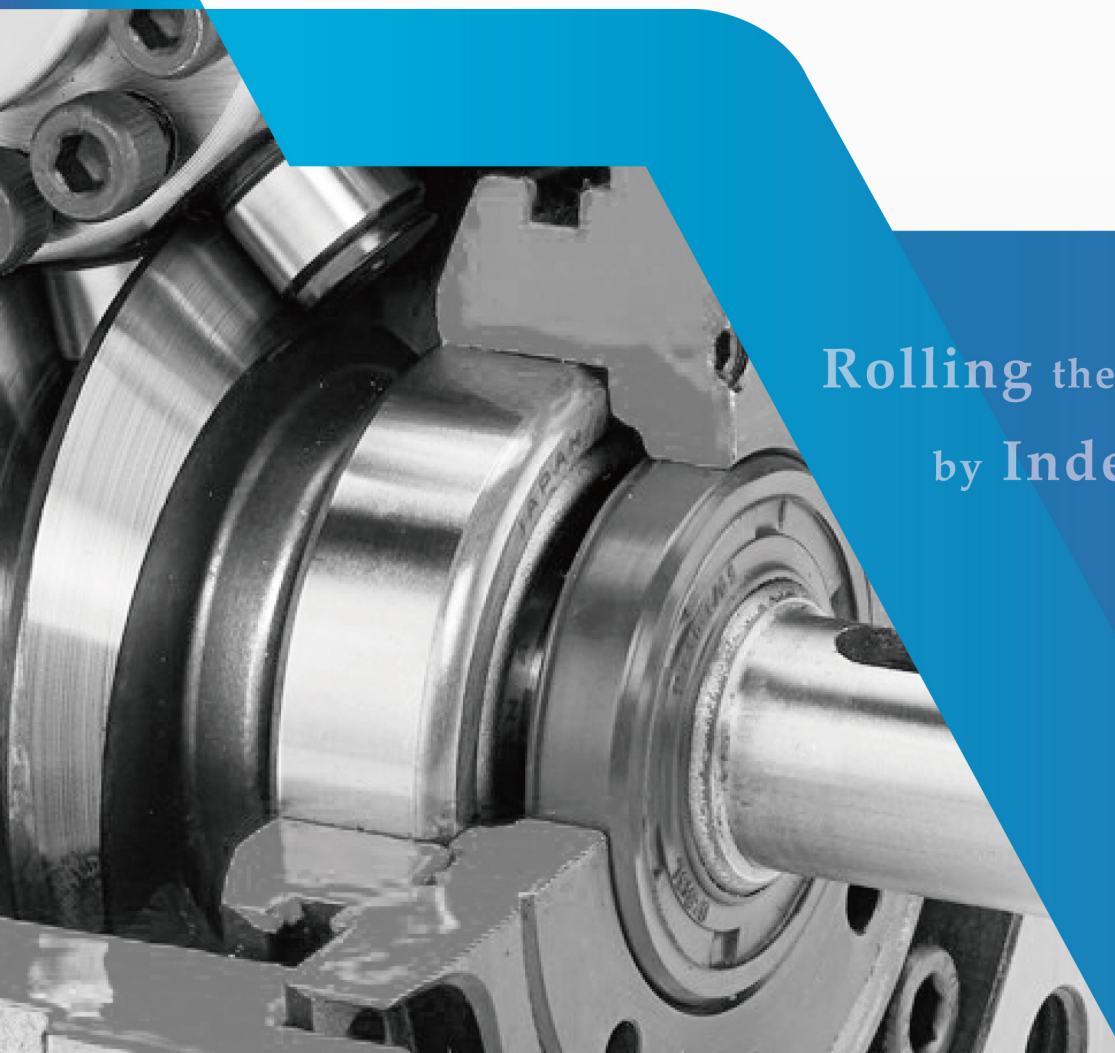




**FJC**

飛技股份有限公司  
Fei Jih Co., Ltd.



Rolling the imagination  
by Indexing Drives.

## 高速之轉動

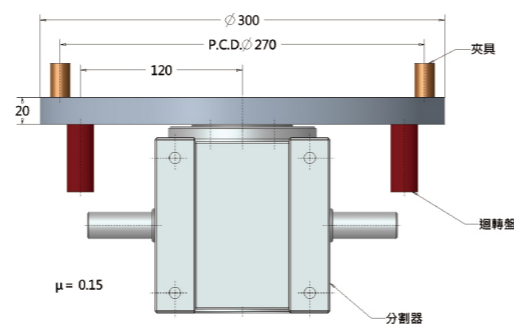
讓飛技的客製力，成為您運轉的後盾

# 使用範例及計算

## 例一、使用於間歇迴轉圓盤

選用適當規格之間歇分割器及所需動力之馬達，請參考圖一所示，並依據下列之計算。

- (1) 間歇分割定位等份數：S=6
- (2) 驅動角度： $\theta h=120^\circ$  (為走1停2之比)
- (3) 入力軸之迴轉數：N=60 rpm (每分鐘迴轉數)
- (4) 凸輪曲線：變形正弦曲線
- (5) 迴轉盤之尺寸： $\phi 300\text{mm} \times 2\text{mm} \times t$
- (6) 夾具之重量：3kg / 組
- (7) 工件之重量：0.25kg / 組
- (8) 轉盤依靠其底部之滑動面支持本身重量負荷，有效半徑；R=120mm
- (9) 夾具和工作物的位置於節圓直徑 $\phi 270\text{mm}$ 處



### 解答

1-1 凸輪曲線為變形正弦曲線，因此 $V_m=1.76$ ， $A_m=5.53$ ， $Q_m=0.99$

$V_m$ ：最大無次元速度

$A_m$ ：最大無次元之加速度

$Q_m$ ：無次元之凸輪軸最大扭係數

1-2 負載扭矩： $T_t$

(1) 靜扭矩(慣性扭矩)： $T_i$

(a) 轉盤重量： $W_1$ ，夾具重量： $W_2$ ，工件重量： $W_3$

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 2 \times 7.8 \times \frac{1}{1000} = 11.027(\text{kg})$$

$$W_2 = 3 \times 6 = 18(\text{kg})$$

$$W_3 = 0.25 \times 6 = 1.5(\text{kg})$$

(b) 迴轉盤慣性矩： $I_1$ ，夾具慣性矩： $I_2$ ，工件慣性矩： $I_3$ ，各為

$$I_1 = \frac{W_1 \cdot R^2}{2G} = \frac{11.027 \times 0.15^2}{2 \times 9.8} = 0.0127(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

$$I_2 = \frac{W_2 \cdot R^2}{G} = \frac{18 \times 0.135^2}{9.8} = 0.0335(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

$$I_3 = \frac{W_3 \cdot R^3}{G} = \frac{1.5 \times 0.135^2}{9.8} = 0.0028(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

(c) 總慣性矩： $I$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0.0127 + 0.0335 + 0.0028 = 0.049$$

(d) 出力軸最大角加速度： $\alpha$

$$\alpha = A_m \times \frac{2\pi}{S} \times \left( \frac{360}{\theta h} \times \frac{N}{60} \right)^2 = 5.53 \times \frac{2\pi}{6} \times \left( \frac{360}{120} \times \frac{60}{60} \right)^2 = 52.119(\text{rad/s}^2)$$

(e) 靜扭矩(慣性扭矩)： $T_i$

$$T_i = I \times \alpha = 0.049 \times 52.119 = 2.5538(\text{kg} \cdot \text{m})$$

$\alpha$ ：角加速度

$\theta h$ ：入力軸驅動角度

$\mu$ ：摩擦係數

$\gamma$ ：速度比

$\Omega$ ：角速度(弧度/秒)

$\dot{\Omega}$ ：角加速度(弧度/秒<sup>2</sup>)

(2) 摩擦扭矩： $T_f$

$$T_f = \mu \times W \times R = 0.15 \times (11.027 + 18 + 1.5) \times 0.12 = 0.5494(\text{kg} \cdot \text{m})$$

(3) 作工扭矩： $T_w$

在間歇分割器時沒有作功，因此 $T_w=0$

(3) 負載扭矩： $T_t$

$$T_t = T_i + T_f + T_w = 2.5538 + 0.5494 + 0 = 3.1032(\text{kg} \cdot \text{m})$$

1-3 實際負載扭矩： $T_e$  安全負載之因數 $f_c=1.5$

$$T_e = T_t \times f_c = 3.1032 \times 1.5 = 4.6548(\text{kg} \cdot \text{m})$$

1-4 入力軸扭矩： $T_c$  註：入力軸起動負載扭矩視為0，因此 $T_{ca}=0$

$$T_c = \frac{360}{\theta h \times S} \times Q_m \times T_e + T_{ca} = \frac{360}{120 \times 6} \times 0.99 \times 4.6548 + 0 = 2.3041(\text{kg} \cdot \text{m})$$

1-5 計算所需之馬力： $P$

$$P = \frac{T_c \times N}{716 \times \eta} (\text{HP}) \text{ 或 } P = \frac{T_c \times N}{975 \times \eta} (\text{Kw})$$

假設效率 $\eta=60\%$

$$\text{那麼 } P = \frac{2.3041 \times 60}{716 \times 0.6} = 0.3212 (\text{HP}) \text{ 或 } P = \frac{2.3041 \times 60}{975 \times 0.6} = 0.2363 (\text{Kw})$$

事實上，以上所計算之值為起動時之最大馬力，而連續運轉所需之馬力為計算值之。

1-6 選擇適用之間歇分割器〔INDEXING DRIVES〕

根據以上所計算之資料以及入力軸之轉數之轉數60rpm來選擇，請參考說明書上記載，凡是出力軸扭矩高於以上所計算之 $T_e$ 值者均可選用。

因為 $T_e=4.6548(\text{kg} \cdot \text{m})$ ，所以應採用60D

## 例二、間歇分割器應用在傳送輸送帶之狀況

間歇分割器配合出力軸之齒輪裝置應用於傳送輸送帶，而使輸送帶移動之計算如：

資料設定：

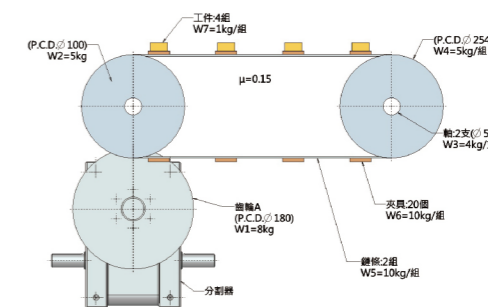
(1) 輸送帶輸送間距=239mm

(2) 驅動角度： $\theta h=120^\circ$

(3) 每行程運轉時間2秒/週期

$$(4) \text{速度比 } \gamma = \frac{180}{100} = \frac{n}{m}$$

(5) 凸輪曲線：變形正弦曲線



### 解答

2-1 間歇分割定位等份數： $S$

$$S = \frac{\pi \times D_c \times r}{P_c} = \frac{\pi \times 25.4 \times 1.8}{23.9} = 6$$

2-2 設定2秒/週期時入力軸迴轉數

$$N = \frac{60}{2} = 30\text{rpm}$$

## 解答

2-3 凸輪曲線為變形正弦曲線，因此 $V_m=1.76$ ， $A_m=5.53$ ， $Q_m=0.99$

2-4 負載扭矩： $T_t$

(1) 靜扭矩(慣性扭矩)： $T_i$

(a) 主動齒輪重量： $W_1=8\text{kg}$ ，節圓直徑= $\varnothing 180$ ，那麼主動齒輪慣性矩： $I_A$

$$I_A = (I_1) = \frac{W_1 \cdot R_1^2}{2G} = \frac{8 \times 9^2}{2 \times 980} = 0.3306 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

(b) 輸送帶慣性矩： $I_B$

① 主動齒輪慣性矩： $I_1$

$$I_1 = \frac{W_2 \cdot (R^2 + r^2)}{2G} = \frac{5(5^2 + 2.5^2)}{2 \times 980} = 0.0797 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

② 傳動軸之慣性矩： $I_2$

$$I_2 = \frac{W_3 \cdot r^2}{2G} \times (\text{數量}) = \frac{4 \times 2.5^2}{2 \times 9.8} \times 2 = 0.0255 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

③ 鏈輪之慣性矩： $I_3$

$$I_3 = \frac{W_4 \cdot (R^2 + r^2)}{2G} \times (\text{數量}) = \frac{5(12.7^2 + 2.5^2)}{2 \times 980} \times 4 = 1.7096 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

④ 鏈條之慣性矩： $I_4$

$$I_4 = \frac{W_5 \cdot R_e^2}{G} \times (\text{數量}) = \frac{10 \times 12.7^2}{980} \times 2 = 3.2916 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

⑤ 夾具之慣性矩： $I_5$

$$I_5 = \frac{W_6 \cdot R_e^2}{G} \times (\text{數量}) = \frac{0.7 \times 12.7^2}{980} \times 10 = 1.1521 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

⑥ 工件之慣性矩： $I_6$

$$I_6 = \frac{W_7 \cdot R_e^2}{G} \times (\text{數量}) = \frac{1 \times 12.7^2}{980} \times 4 = 0.6583 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2) \cdot 0.66$$

⑦ 因此輸送帶之總慣性矩： $I_B$

$$\begin{aligned} I_B &= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\ &= 0.0797 + 0.0255 + 1.7096 + 3.2916 + 1.1521 + 0.6583 \\ &= 6.9168 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2) \end{aligned}$$

(c) 輸送帶之有效總慣性矩： $I_{Be}$

$$I_{Be} = I_B \left( \frac{n}{m} \right)^2 = 6.9168 \left( \frac{180}{100} \right)^2 = 22.4104 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

(d) 總慣性矩為： $I$  (a)項與(c)項之和，因此

$$I = I_A + I_{Be} = 0.3306 + 22.4104 = 22.741 (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

(e) 出力軸最大角加速度： $\alpha$

$$\begin{aligned} \alpha &= A_m \times \frac{2\pi}{S} \left( \frac{360}{\theta h} \times \frac{N}{60} \right)^2 = 5.53 \times \frac{2\pi}{6} \times \left( \frac{360}{120} \times \frac{30}{60} \right)^2 \\ &= 13.0298 \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) \end{aligned}$$

(f) 靜扭矩(慣性扭矩)： $T_i$  (d)項與(e)項相乘，因此

$$T_i = I \times \alpha = 22.741 \times 13.0298 = 296.3107 (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

(2) 摩擦扭矩： $T_f$

(a) 輸送帶上之摩擦扭矩：

摩擦負荷應等於滑動面上鏈條與夾具的一半重量和工件全部重量，所造成之摩擦力。

$$\begin{aligned} T_f &= \mu \times W \times R = 0.15 \times \left( \frac{10}{2} + \frac{0.7 \times 20}{2} + \frac{10 \times 2}{2} \right) \times 12.7 \\ &= 41.91 (\text{kg} \cdot \text{cm}) \end{aligned}$$

(b) 輸送帶之有效摩擦扭矩：

$$T_{fe} = T_f \left( \frac{n}{m} \right) = 41.91 \times \frac{180}{100} = 75.438 (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

(3) 作功扭矩： $T_w$

在間歇分割器時沒有作功，因此 $T_w=0$

(4) 負載扭矩： $T_t$

$$\begin{aligned} T_t &= T_i + T_{fe} + T_w = 296.3107 + 75.438 + 0 \\ &= 371.7487 (\text{kg} \cdot \text{cm}) = 3.7175 \end{aligned}$$

註：請注意所有長度單位為公分或公尺，重力加速度

$$G = 980 \text{公分/秒}^2 = 9.8 \text{米/秒}^2$$

2-5 設定安全負荷之因數 $f_c=2$ ，實際負荷之扭矩：

$$T_e = T_t \times f_c = 3.7175 \times 2 = 7.435$$

2-6 入力軸扭矩： $T_c$

$$T_c = \frac{360}{S} \times \frac{1}{\theta h} \times Q_m \times T_e + T_{ca}$$

註：假如相對於凸輪軸之任何 $T_{ca}$ 視為0

$$T_c = \frac{360}{6} \times \frac{1}{120} \times 0.99 \times 7.435 + 0 = 3.6803$$

2-7 所需之馬力： $P$

$$P = \frac{T_c \times N}{716 \times \eta} (\text{HP}) \text{ 或 } P = \frac{T_c \times N}{975 \times \eta} (\text{Kw})$$

假設馬達效率 $\eta=60\%$

$$P = \frac{3.6803 \times 30}{716 \times 0.6} = 0.257 (\text{HP}) \text{ 或 } P = \frac{3.6803 \times 30}{975 \times 0.6} = 0.1887 (\text{Kw})$$

事實上，以上所計算之值為初期起動所需之最大馬力，而實際運轉所需馬力為計算值之 $\frac{1}{2}$ 。

2-8 選擇適用之間歇分割器

根據以上計算資料所得入力軸為30rpm，參考目錄上各種之資料及扭矩來選擇間歇分割器之規格。

$$T_e = 7.435 (\text{kg} \cdot \text{cm})，應選70D$$

註： $\therefore$ 安全因素的考量，入力軸轉速低於30rpm時，以30rpm計算當驅動角度 $90^\circ$ 時，安

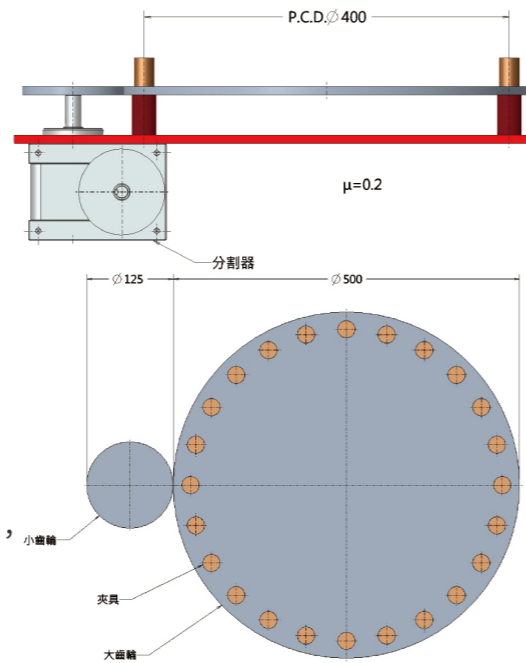
全負載之因素以 $f_c=2.0$ 計算

### 例三、使用於間歇迴轉圓盤

使用於間接傳動迴轉盤選用適當大小及規格之間歇分割器及所需動用之馬達，請依據下列之計算

間歇分割器設計資料：

- (1) 間歇分割定位等份：S=6
- (2) 每等份迴轉時間：秒
- (3) 入力軸之迴轉數：N=80rpm
- (4) 凸輪曲線：變形正弦曲線(MS)
- (5) 小齒輪外徑125，大齒輪外徑500
- (6) 小齒輪之重量W<sub>1</sub>：3kg
- (7) 大齒輪之重量W<sub>2</sub>：20kg
- (8) 治具總重量W<sub>3</sub>：120kg
- (9) 治具數量：24個
- (10) 摩擦係數：0.2
- (11) 治具固定於節圓直徑400mm
- (12) 轉盤依靠其底部之滑動面支持本身重量負荷，有效半徑R=200mm
- (13) 驅動角度θh=120° (為走1停2之比)



### 解答

- 3-1 間歇分割定位等份：S=6
- 3-2 驅動角度θh=120°
- 3-3 入力軸之迴轉數N=80rpm
- 3-4 凸輪曲線為變形正弦曲線，因此Vm=1.76，Am=5.53，Qm=0.99
- 3-5 負載扭矩：Tt

(1) 靜扭矩(慣性扭矩)：Ti

(a) 小齒輪慣性矩：I<sub>1</sub>，大齒輪慣性矩：I<sub>2</sub>，治具慣性矩：I<sub>3</sub>

$$I_1 = \frac{W_1 \cdot R_1^2}{2 \cdot G} = \frac{3 \times 0.0625^2}{2 \times 9.8} = 0.00059 \text{ (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

$$I_2 = \frac{W_2 \cdot R_2^2}{G} = \frac{20 \times 0.25^2}{2 \times 9.8} = 0.0638 \text{ (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

$$I_3 = \frac{W_3 \cdot R_3^2}{G} = \frac{120 \times 0.2^2}{2 \times 9.8} = 0.4898 \text{ (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2)$$

(b) 出力軸最大角度：α

$$\alpha_1 = Am \times \frac{2\pi}{S} \times \left( \frac{360}{\theta h} \times \frac{N}{60} \right)^2 = 5.53 \times \frac{2\pi}{6} \times \left( \frac{360}{120} \times \frac{80}{60} \right)^2 = 92.656 \left( \frac{\text{rad}^2}{\text{s}} \right)$$

$$\alpha_2 = Am \times \frac{2\pi}{S_1} \times \left( \frac{360}{\theta h} \times \frac{N}{60} \right)^2 = 5.53 \times \frac{2\pi}{24} \times \left( \frac{360}{120} \times \frac{80}{60} \right)^2 = 23.164 \left( \frac{\text{rad}^2}{\text{s}} \right)$$

(c) 靜扭矩(慣性扭矩)：Ti Ti<sub>1</sub> 與 Ti<sub>2</sub> 相加，因此  
Ti<sub>1</sub>=I<sub>1</sub>×α<sub>1</sub>=0.00059×92.656=0.0547 (kg·m)

$$\begin{aligned} Ti_2 &= (I_2 + I_3) \times \left( \frac{S}{S_1} \right)^2 \times \alpha_2 \times \left( \frac{S_1}{S} \right) \\ &= (0.0638 + 0.4898) \times \left( \frac{6}{24} \right)^2 \times \alpha_2 \times \left( \frac{24}{6} \right) \\ &= 3.2059 \text{ (kg} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

$$Ti = Ti_1 + Ti_2 = 0.0547 + 3.2059 = 3.2606 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

(2) 摩擦扭矩：Tf

$$Tf = \mu \times W \times R \times \left( \frac{S}{S_1} \right) = 0.2 \times (120 + 20) \times \left( \frac{20}{100} \right) \times \left( \frac{6}{24} \right) = 1.4 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

(3) 作功扭矩：Tw

在間歇分割時沒有作功，因此Tw=0

(4) 總負載扭矩：Tt

$$Tt = Ti + Tf + Tw = 3.2606 + 1.4 + 0 = 4.6606 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

3-6 實際負載扭矩：Te 安全負載之因數fc=1.5

$$Te = Tt \times fc = 4.6606 \times 1.5 = 6.9909$$

3-7 入力軸扭矩：Tc 註：入力軸起動負載扭矩視為0，因此Tca=0

$$Tc = \frac{360}{S \times \theta h} \times Qm \times Te + Tca = \frac{360}{6 \times 120} \times 0.99 \times 6.9909 + 0 = 3.4605$$

3-8 所需之馬力：P

$$P = \frac{Tc \times N}{716 \times \eta} \text{ (HP)} \text{ 或 } P = \frac{Tc \times N}{975 \times \eta} \text{ (Kw)}$$

假設馬達效率η=60%

$$P = \frac{3.4605 \times 80}{716 \times 0.6} = 0.6444 \text{ (HP)} \text{ 或 } P = \frac{3.4605 \times 80}{975 \times 0.6} = 0.4732 \text{ (Kw)}$$

事實上，以上所計算之值為起動時之最大馬力，而連續運轉所需之馬力為計算值。

3-9 選用適用之間歇分割器

根據以上所計算資料及入力軸轉數80rpm來選擇，請參考說明書上所記載，凡是出力軸扭矩高於以上所計算之Te值均可選用。因為Te=6.9909 (kg·m) 所以應採用80D



**FJC**

飛技股份有限公司  
Fei Jih Co., Ltd.

[www.feijih.com.tw](http://www.feijih.com.tw)

桃園市八德區開隆街68號

03-369-2065

[sales@feijih.com.tw](mailto:sales@feijih.com.tw)