

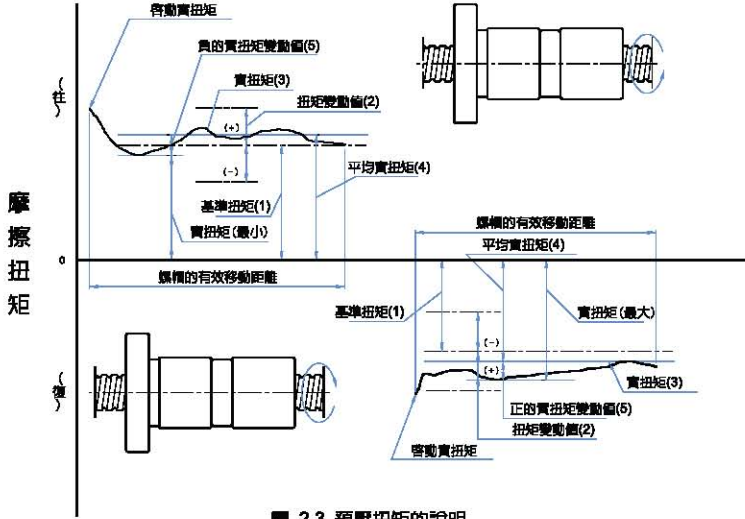
滾珠螺桿篇(一)

Ball Screws



1.1 預壓扭力

- 轉動有施予預壓之滾珠螺桿時，產生之預壓扭矩的用語如圖 2.3 所示。
- 而預壓扭矩變動率的容許範圍大致上是以 JIS 規格為基準，如表 2.6 所示。



用語之意義

(1) 預 壓

為消除螺桿的間隙或增大螺桿之剛性而將 1 組大 1 號的鋼珠（約 2μ ）填入螺帽內，或者使用在螺桿軸方向互相施予移位的兩個螺帽而產生的螺桿內部的作用力。

(2) 預 壓 動 扭 矩

依所定之預壓加諸於滾珠螺桿後，在外部無負載的狀態下，連續轉動螺桿軸或螺帽所需之動扭矩謂之。

(3) 基 準 扭 矩

做為目標所設定的預壓動扭矩【圖 2.2 之 (1)】

(4) 扭 矩 變 動 值

做為目標所設定的預壓動扭矩的變動值。取相對於基準扭矩的正或負值。

(5) 扭 矩 變 動 率

相對於基準扭矩的變動值的比率。

(6) 實 扭 矩

滾珠螺桿的實測預壓動扭矩。

(7) 平 均 實 扭 矩

螺紋部有效長度內，使螺帽做往復運動所測得之實扭矩的最大值與最小值的算術平均術。

(8) 實 扭 矩 的 變 動 值

螺紋部有效長度內，使螺帽做往復運動所測得之最大變動值。最小值取相對於實扭矩的正或負值。

(9) 實 扭 矩 變 動 率

相對於平均實扭矩的實扭矩的變動值的比率。

2.1

表 2.6 扭矩變動率的容許範圍

基準扭矩 kgf · cm		有效螺紋長度 mm											
		4000以下									4000以上10000以下		
		細長比 1 : 40以下				細長比 1 : 40~1 : 60					—		
		等級				等級					等級		
超過	以下	C0	C1	C2、C3	C5	C0	C1	C2、C3	C5	C1	C2、C3	C5	
2	4	±35%	±40%	±45%	±55%	±45%	±45%	±55%	±65%	—	—	—	
4	6	±25%	±30%	±35%	±45%	±38%	±38%	±45%	±50%	—	—	—	
6	10	±20%	±25%	±30%	±35%	±30%	±30%	±35%	±40%	—	±40%	±45%	
10	25	±15%	±20%	±25%	±30%	±25%	±25%	±30%	±35%	—	±35%	±40%	
25	63	±10%	±15%	±20%	±25%	±20%	±20%	±25%	±30%	—	±30%	±35%	
63	100	—	—	±15%	±20%	—	—	±20%	±25%	—	±25%	±30%	

備註：1. 細長比就是以螺桿軸的螺紋部長度 (mm) 除螺桿軸外徑所得的值得謂之。

2. 基準扭矩 2 kgf · cm 以下，依規格另行管理。

基準扭矩 T_p 的算出

預壓滾珠螺桿的基準扭矩 T_p (kgf · cm) 的計算式如下所示。

$$T_p = 0.05 (\tan \beta)^{0.5} \cdot \frac{F_{ao} \cdot \ell}{2\pi}$$

在此， F_{ao} ：預壓負荷 (kgf)

β ：導程角

ℓ ：導程 (cm)

測定條件

預壓動扭矩 (T_p) 是以下述的測定條件加圖 2.3 所示之方法，轉動螺桿軸後，測定為使螺帽不跟著一起轉動所需之力 (F) 再將 (F) 的測定值乘力臂長 (L)，所得之積即為 T_p 。

$$T_p = F \cdot L$$

測定條件 (1) 測定時是以不附刮刷器的狀態下施行。

(2) 測定回轉數為 100 rpm。

(3) 使用的潤滑油黏度依據 JSK2001 (工業用潤滑油黏度分類) 的規定，以 ISO VG68 為基準。

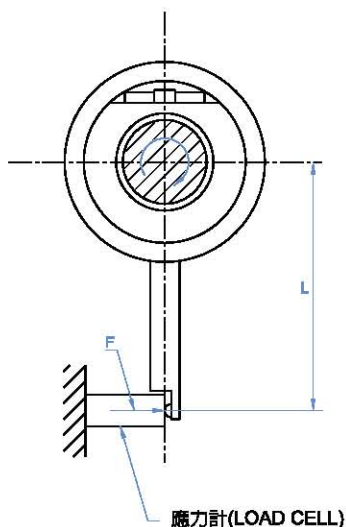


圖 2.4 預壓動扭矩測定法

螺桿軸設計

3.1 安裝方式

- 安裝方法於選擇適當滾珠螺桿規格時為重要項目，圖 3.1~3.15 為安裝範例。當使用條件需以更嚴密的條件做判別或當使用特殊安裝方法以致判斷條件不明時，請洽 GTEN。

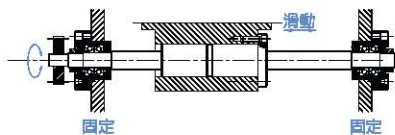


圖 3.1

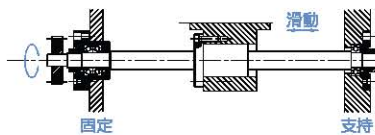


圖 3.5

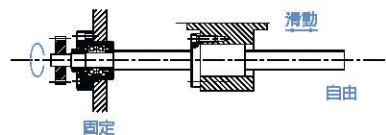


圖 3.2

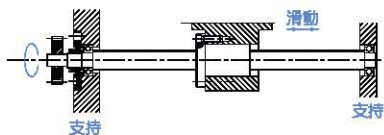


圖 3.6

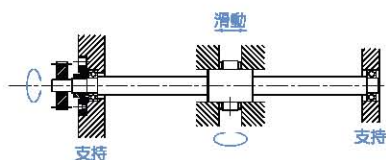


圖 3.3

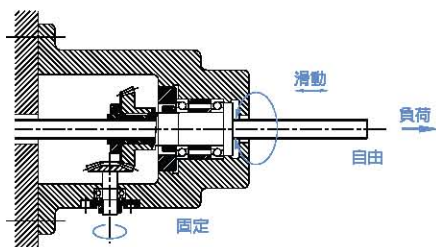


圖 3.7

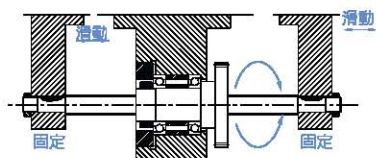


圖 3.4

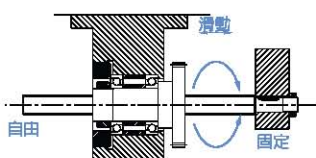


圖 3.8

(螺桿軸、螺帽的安裝方法)

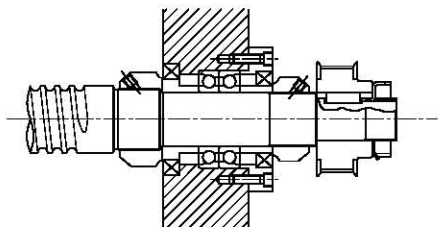


圖3.9

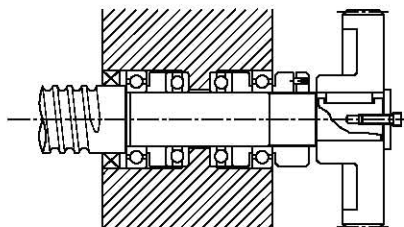


圖3.11

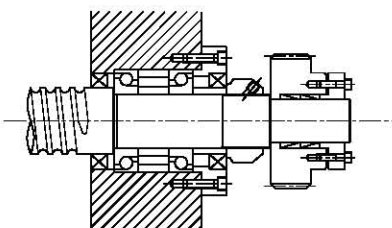


圖3.10

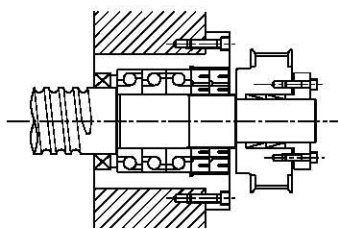


圖3.12

(各種工作機械用螺桿軸的安裝方法)

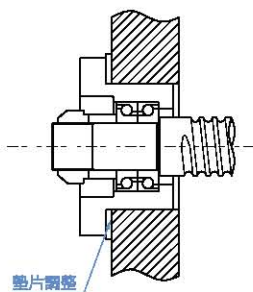


圖3.13

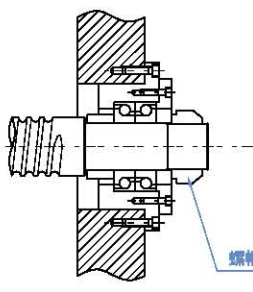


圖3.14

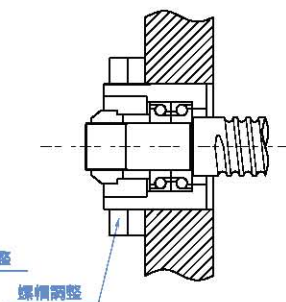


圖3.15

(施予預拉時之軸承安裝方法)

3.2 容許軸方式負荷

(1) 撓屈負荷

因壓縮負荷的作用，必須驗算其對螺桿軸之撓屈的安全性。圖 3.16 乃是撓屈容許壓縮負荷依螺桿外徑別，而整理編成之圖表。（螺桿軸外徑 125mm 以上時，請依右式計算。）容許軸方向負荷之刻度，依滾珠螺桿的支持方法加以選定。

(2) 容許拉伸壓縮負荷

安裝的距離比較短的時候，請針對與安裝方法無關的下列兩項進行驗算。

- 相當於螺桿軸之降伏應力的容許拉伸壓縮負荷（下式）
- 滾珠溝槽部之容許負荷。

$$P = \sigma A = 11.8d^2 \text{ (kgf)}$$

在此

- σ：容許拉伸壓縮應力 (kgf/mm²)
- A：螺桿軸牙底直徑之斷面積 (mm²)
- d_r：螺桿軸牙底直徑 (mm)

$$P = \alpha \times \frac{N\pi^2 E}{L^2} = m \frac{dr^4}{L^2} \times 10^3$$

在此

- α：安全係數 (α=0.5)
- E：縱彈性係數 (E = 2.1 × 10⁴ kgf/mm²)
- I：螺桿軸斷面之最小二次力矩
- $I = \frac{\pi}{64} dr^4 \text{ (mm}^4\text{)}$
- d_r：螺桿軸牙底直徑 (mm)
- L：安裝間距離 (mm)
- m · N：依滾珠螺桿之安裝方法而定之係數

支持-支持	m=5.1 (N=1)
固定-支持	m=10.2 (N=2)
固定-固定	m=20.3 (N=4)
固定-自由	m=1.3 (N=1/4)

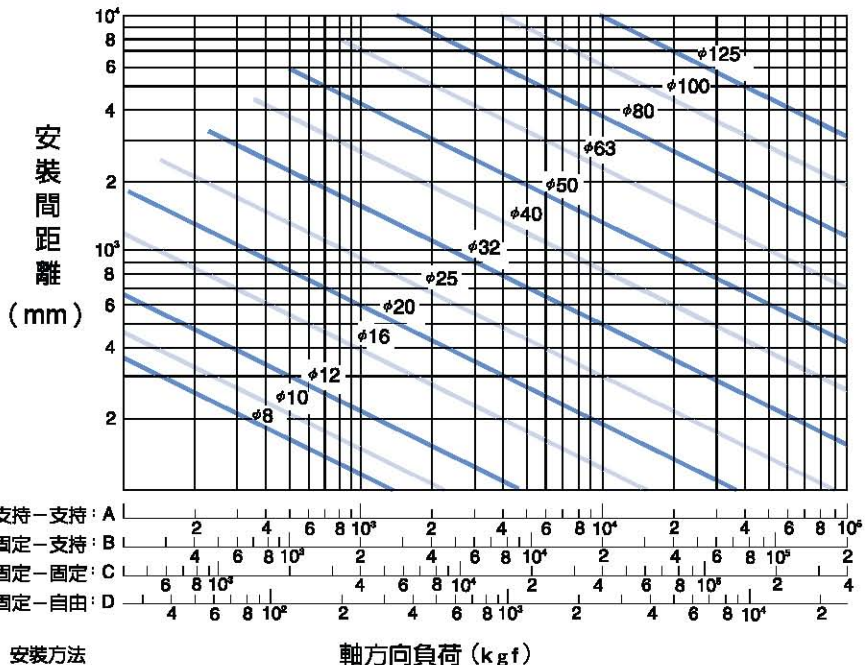


圖 3.16 撓屈之容許壓縮負荷

3.3 容許迴轉數

(1) 危險速度

必須檢討滾珠螺桿之迴轉數使不致於與螺桿的固有振動數發生共振（發生共振時之速度，謂之危險速度）GTEN 以危險速度的 80% 以下為容許迴轉數。圖 3.17 是將相對於危險速度的容許迴轉數按螺桿外徑作成線圖。（螺桿軸外徑 125mm 以上時，請依右式算出）。

容許迴轉數的刻度，請依滾珠螺桿的支持方法加以選定。使用迴轉數在危險速度上有問題時，請加裝中間支撐以提高螺桿之固有振動數，此方法亦為有效方法。

(2) dm.n 值

容許迴轉數亦受表示角速的 $dm \cdot n$ 值（ dm ：鋼珠之中心圓徑 mm， n ：迴轉數 rpm）之限制。

精密用（精度等級 C7 以上） $dm \cdot n \leq 70,000$ 一般產業用（精度等級 C10） $dm \cdot n \leq 50,000$(5.4)

若需製造上述極限以上的滾珠螺桿，因需要特殊對策，於選用前，請洽 GTEN。

（*螺桿長度/軸徑之比： $\varepsilon > 70$ 時，製造上須特別安排，請洽 GTEN。）

$$n = \alpha \times \frac{60 \lambda^2}{2 \pi L^2} \sqrt{\frac{EI_g}{rA}} = f \frac{dr}{L^2} \times 10^7 \text{ (rpm)}$$

在此

α ：安全係數（ $\alpha=0.8$ ）

E ：縱彈性係數（ $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ ）

I ：螺桿軸斷面之最小二次力矩

$$I = \frac{\pi}{64} dr^4 \text{ (mm}^4\text{)}$$

dr ：螺桿軸牙底直徑（mm）

g ：重力加速度（ $g=9.8 \times 10^3 \text{ mm/s}^2$ ）

r ：材料之密度（ $r=7.8 \times 10^{-3} \text{ kgf/mm}^3$ ）

A ：螺桿軸斷面積（ $A = \pi dr^2 / 4 \text{ mm}^2$ ）

L ：安裝間距離（mm）

f, λ ：依滾珠螺桿之安裝方法而定的係數

支持—支持	$f=9.7$	($\lambda = \pi$)
固定—支持	$f=15.1$	($\pi = 3.927$)
固定—固定	$f=21.9$	($\pi = 4.730$)
固定—自由	$f=3.4$	($\pi = 1.875$)

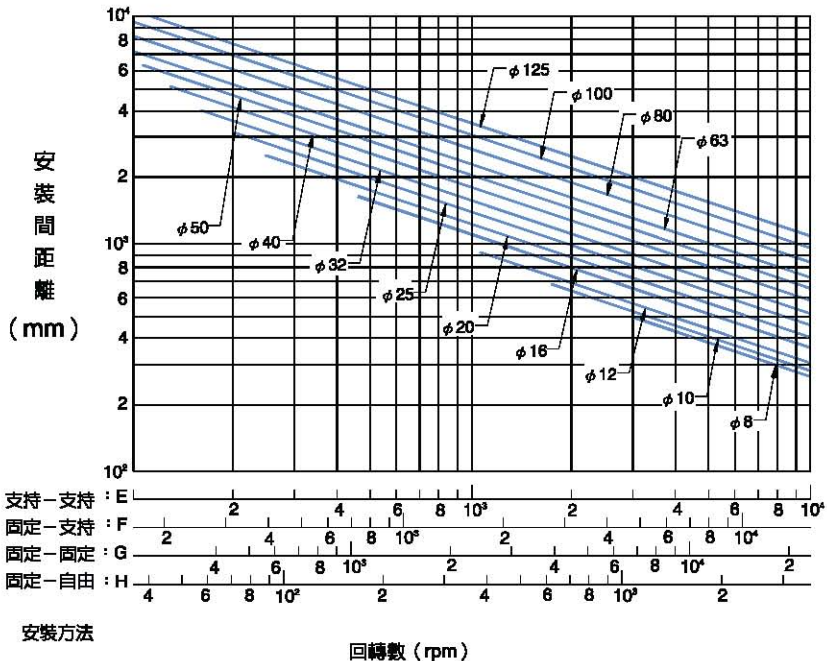


圖 3.17 軸對於危險速度之容許迴轉數

螺帽設計

4.1 螺帽的選定

(1) 系列

選定系列時，請考慮要求精度，所需交貨期、尺寸（螺桿軸外徑，導程／螺桿軸外徑比）、預壓量等。

(2) 循環方式

選定循環方式：請由螺帽安裝部份之空間經濟性考慮。循環方式之特長如下所示。

(a) 外循環式

- 經濟性
- 最適合於量產
- 可採用於導程 / 螺桿軸外徑比較大者

(b) 內循環式

- 螺帽外徑精巧（不佔空間）
- 適合於導程 / 螺桿軸外徑比較小者

(c) 高速靜音式

- 高速性，高DN值
- 高靜音，環保
- 體積小，省空間

(3) 回路數

選定回路數要考慮要求性能、壽命等。

(4) 凸緣形狀（FLANGE）

請配合螺帽安裝部份之空間加以選定。

(5) 給油孔

精密滾珠螺桿設有給油孔，使用於機器裝配時及定期補給時。

4.1.1 外循環系列

特性：

- ◎ 提供較順暢之鋼珠迴流
- ◎ 對於高導程及大直徑滾珠螺桿提供較佳的工作品質

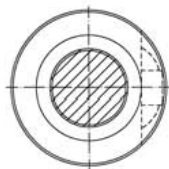


圖 4.1 外循環迴路型

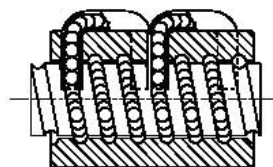


圖 4.2 外循環螺帽圖

4.1.2 內循環系列

特性：

內循環構造的优点，使螺桿外徑為精巧的「圓錐形」參照圖 4.3，因此適合內部空間較小的機器。

需要注意的是內循環滾珠螺桿的螺桿軸必須有一端是透牙，且該端的溝部直徑必須小於螺桿軸外徑，否則無法組裝螺帽。

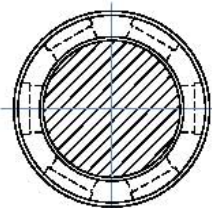


圖 4.3 內循環螺桿視圖

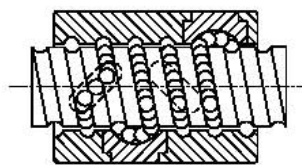


圖 4.4 內循環螺桿橫切面圖

4.1.3 高靜音系列

特色：

對高導程滾珠螺桿來說，高剛性、低噪音以及提升控制是十分重要的。GTEN 採取以下的對策及設計使達到如下的特性：

高 DN 值

- 一般情況下，GTEN 的高導程滾珠螺桿的 DN 值可達 130,000。但在一些特別情況下，例如當螺桿兩端都是固定端時 (Fixed Ends)，DN 值可達 140,000。若有此種需求，請與本公司連絡。

高速度

- GTEN 的高導程滾珠螺桿提供每分鐘 100 公尺或更高的移動速率，是可滿足高速切削所需。

高剛性

- 螺桿和螺帽齒有經過表面硬化處理至一定的硬度及有效深度以為持高剛性及耐用性。
- 可提供複螺紋 (多螺紋) 於螺桿上，使承受負載的鋼珠數量增多而提高了剛性及耐久性。

低噪音

- 特別設計的鋼珠回流裝置，提供鋼珠迴轉順暢的環境，也使鋼珠快速運動時，不會損壞迴流管，保證滾珠螺桿的品質。
- 螺紋上平均且準確的鋼珠節圓直徑 (BCD)，使得滾珠螺桿獲得穩定一致的預壓扭矩及降低噪音。

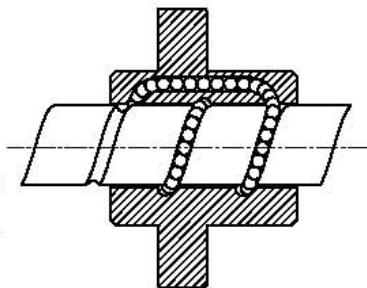


圖 4.5 高靜音螺桿橫切面圖

4.2 軸向負荷計算

螺桿的周邊結構剛性太弱乃造成失位 (LOST MOTION) 的主因之一。因此在 NC 工作機械等精密機械方面要獲得良好的定位精度，於設計時必須考慮傳動螺桿各部位之零件的軸方向剛性的平衡及其扭曲剛性。

靜剛性 K

傳動螺桿系統的軸方向彈性變形及剛性可由下式求出。

$$K = \frac{P}{\delta} \quad (\text{kgf/mm})$$

P: 傳動螺桿系統所承載之軸方向負荷 (kgf)

δ: 傳動螺桿系統軸方向彈性變位量 (mm)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_r} + \frac{1}{K_a} + \frac{1}{K_i} \quad (\text{mm/kgf})$$

K_s : 螺桿軸之方向剛性 (1)

K_r : 螺桿之軸方向剛性 (2)

K_a : 支撐軸方向剛性 (3)

K_i : 螺桿及軸承安裝部之軸方向剛性 (4)

(1) 螺桿軸之方向剛性 K_s 及變位量 δ_s

$$K_s = \frac{P}{\delta_s} \quad (\text{kgf/mm})$$

P: 軸方向負荷 (kgf)

固定 - 固定安裝的場合

$$\delta_{sr} = \frac{PL}{4AE} \quad (\text{mm})$$

固定 - 固定安裝以外的場合

$$\delta_s = \frac{PL_s}{AE} \quad (\text{mm})$$

$$\delta_{sr} = 4\delta_s$$

δ_{sr} : 固定 - 固定安裝的場合的方向變位量

δ_s : 固定 - 固定安裝以外的場合的方向變位量

A: 螺桿軸牙底直徑斷面積 (mm²)

E: 縱彈性係數 (2.1 × 10⁴ kgf/mm²)

L: 安裝間距離 (mm)

L_s: 負荷作用點間距離 (mm)

(2) 螺桿軸之方向剛性 K_r 及變位量 δ_r

$$K_r = \frac{P}{\delta_r} \quad (\text{kgf/mm})$$

(a) 單螺帽時

$$\delta_{re} = \frac{K}{\sin \beta} \left(\frac{d'}{d} \right)^3 \times \frac{1}{c} \quad (\text{mm})$$

$$Q = \frac{P}{n \cdot \sin \beta} \quad (\text{kgf})$$

$$n = \frac{D_0 m}{d} \quad (\text{個})$$

Q: 一個鋼球之負荷 (kgf)

n: 鋼球數

k: 依材料、形狀、尺寸、所決定的常數

$$k \approx 8.7 \times 10^4$$

β: 接觸角 (45°)

P: 軸方向負荷 (kgf)

d: 鋼球徑 (mm)

c: 精度、內部構造係數

m: 有效個數

D₀: 鋼球中心直徑 (mm)

d: 導程 (mm)

α: 導程角

$$D_0 = \frac{d}{\tan \alpha}$$

(b) 雙螺帽時

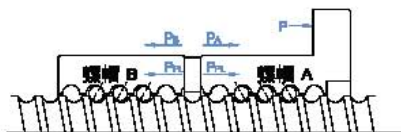


圖 4.6 雙螺帽預壓負荷

預壓負荷重量 P_{pL} 約三倍的軸方向負荷重量 P 作用時，為了消除螺帽 B 的預壓 P_{pL} ，預壓負荷重量 P_{pL} 需設定在最大軸方向負荷重量的 1/3 以內。最大預壓負荷重量以 0.25Ca 為標準。變位量在預壓量三倍之軸方向負荷重量時為單一螺帽時的 1/2 變位量。

$$K_{\Delta} = \frac{P}{\delta_{\Delta}} = \frac{3P_n}{\delta_{\Delta}/2} = \frac{6P_n}{\delta_{\Delta}} \quad (\text{kgf/mm})$$

δ_m : 單一螺帽的變位置 (mm)

δ_{Δ} : 雙螺帽的變位置 (mm)

(雙螺帽的剛性解脫)

如圖 4.6 及 4.7, 在兩個螺帽 A、B 上加上 P_{nL} 的預壓, 螺帽 A、B 都會產生到達 X 點的彈性變形。

如果在這裡加上外力 P 的作用, 螺帽 A 從 X 點移動到 X1 點, 螺帽 B 會從 X 點移動到 X2 點。接著, 依據單螺帽變位置 δ_m 的計算公式可得

$$\delta_o = aP_n^{\beta}$$

螺帽 A、B 的變位置是

$$\delta_A = aP_n^{\beta}$$

從外力 P 來的螺帽 A、B 的變位置相等, 所以

$$\delta_A - \delta_o = \delta_o - \delta_B$$

或是加在螺帽 A、B 上的外力只有 P, 所以 P_A 增加的話

$$P_A - P_B = P$$

$$\delta_B = 0$$

為防止加在螺帽 B 上的外力可以被螺帽 A 吸收變小。

依此, $\delta_B = 0$ 時

$$aP_n^{\beta} - aP_n^{\beta} = aP_n^{\beta}$$

$$P_A^{\beta} = 2P_n^{\beta}$$

$$P_A = \sqrt[2]{2} P_n = 1.414 P_n$$

或是依據 $\delta_A - \delta_o = \delta_o$

$$\delta_o = \frac{\delta_A}{2}$$

因此, 從圖 4.8 也可以判斷, 預壓量三倍之軸方向負荷量時, 單一螺帽為 1/2 的變位置, 剛性為 2 倍。

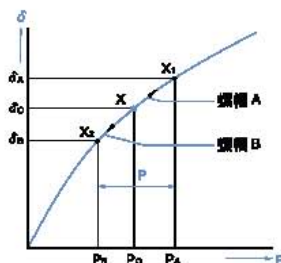


圖 4.7

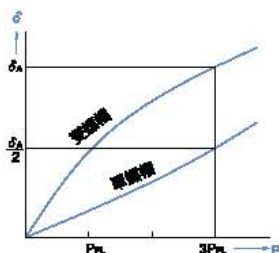


圖 4.8

(3) 支撐軸之軸方向剛性 K_{Δ} 及變位置 δ_{Δ}

$$K_{\Delta} = \frac{P}{\delta_{\Delta}} \quad (\text{kgf/mm})$$

以做為滾珠螺帽的支撐軸承並且廣泛使用於精密機器方面的組合止推斜角滾珠軸承的剛性以下式求出。

$$\delta_{\Delta} = \frac{Q}{aI n^2} \left(\frac{\alpha'}{d} \right)^{\beta}$$

$$Q = \frac{P}{n \sin \beta} \quad (\text{kgf})$$

Q: 一個鋼球之負荷 (kgf)

β : 接觸角 (45°)

d: 鋼球徑 (mm)

α' : 滾動的有效長度

P: 軸方向負荷 (kgf)

n: 鋼球數

(4) 螺帽及軸承安裝部之軸方向剛性 K_{Δ} 與變位置 δ_{Δ}
於機器開發之初, 請特別注意安裝部要有高剛性

$$K_{\Delta} = \frac{P}{\delta_{\Delta}} \quad (\text{kgf/mm})$$

亦即 F_a 乃藉螺帽B之變形減少而被緩衝吸收，結果螺帽A之彈性變形變小，此效果一直會持續到因受到外部負荷而產生之彈性變形 δ_{a1} 等於 δ_{a0} ，而螺帽B之預壓消失為止。軸向負荷與彈性變形之關係式如下所示：

$$\delta_{a0} = K \times F_{a0} \quad \text{and} \quad 2\delta_{a0} = K \times F_i^{2a}$$

$$(F_i / F_{a0})^{2a} = (2\delta_{a0} / \delta_{a0}) = 2$$

$$F_i = 2.8F_{a0} \approx 3F_{a0}$$

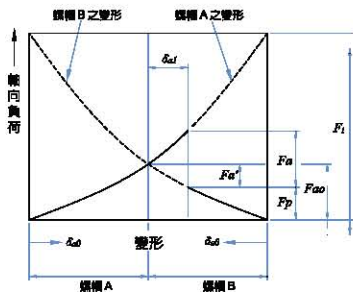


圖 5.4 定位預壓變形關係圖

所以我們推薦預壓力為最大軸向負荷的1/3。過大的預壓力，對壽命、散熱會帶來不良影響。最大預壓力定為基本動額定負荷的10%。

如圖5.5所示，有預壓的滾珠螺桿和無預壓的滾珠螺桿之彈性變形曲線，當施加預壓力的3倍之軸向負荷時，有預壓的滾珠螺桿其彈性變形只有無預壓滾珠螺桿的1/2。

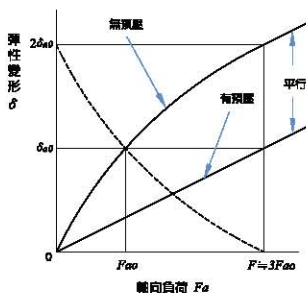


圖 5.5 彈性變形曲線

5.2 定位精度

5.2.1 進給精度誤差的因素

進給精度誤差的因素中，導程精度、進給系統的剛性是研究的重點，其他像因溫昇所產生的熱變形、導引面的組裝精度等因素也需加以考慮。

5.2.2 熱變形

螺桿軸因熱而伸長變形，會導致定位精度惡化。熱變形的多寡，可由6.6式計算求得。

$$\Delta L_{\theta} = \rho \cdot \theta \cdot L \quad \text{.....(5.6)}$$

在此

- ΔL_{θ} ：熱變形量
- ρ ：熱膨係數
- θ ：螺桿軸的平均溫升
- L ：滾珠螺桿的全長

上式可解釋為1000mm長的螺桿在每升 1°C 就會有產生 $12\mu\text{m}$ 的伸長量。因此即使滾珠螺桿的導程經過高精度的加工、也會因溫昇所產生的變形而無法滿足高度的定位要求。另外當滾珠螺桿要求的運轉速度愈高，則平均溫升也相對提升，熱變形也就愈大。那麼要如何減低溫升所帶來的不良影響呢？有以下三種方法：

- (1) 控制發熱量：
 - 選擇適當的預壓力。
 - 選擇正確且適量的潤滑劑。
 - 加大滾珠螺桿的導程、降低轉速。
- (2) 施予強制冷卻：
 - 螺桿軸挖成中空，利用一根冷卻液管通入，利用冷卻液帶出熱量。
 - 螺桿軸外緣以潤滑油或空氣來冷卻。
- (3) 避免溫升的影響：
 - 求出累積導程誤差的目標值，取負值補正。
 - 機檯先用高速運轉溫車，溫度達到穩定的狀態後再使用。
 - 螺桿軸於安裝時施予預拉力。
 - 使用閉回路的方式定位。

壽命

6.1 滾珠螺桿的壽命

滾珠螺桿即使用正確狀態下使用，在經過一段時間後也會因劣化而無法再使用。而開始使用到無法使用為止的時間即為滾珠螺桿的壽命，一般區分為兩種：

- a. 疲勞壽命：發生剝離現象時稱之。
- b. 精度壽命：因磨損導致精度劣化時稱之。

6.2 疲勞壽命

滾珠螺桿的疲勞壽命與滾動軸承一樣，可藉由基本動額定負荷來計算。

6.2.1 基本動額定負荷 C_a

動負荷是指一批相同規格的滾珠螺桿以相同的條件運轉 10^6 次，其中90%的螺桿不會因疲勞而產生剝離現象。則此軸向負荷即為動額定負荷 (C_a)。

6.2.2 疲勞壽命

(1) 壽命計算：

疲勞壽命有三種表示方式：

a. 總回轉數；b. 總運轉時間；c. 總行程

$$L = \left(\frac{C_a}{F_a \times f_w} \right)^3 \times 10^6$$

$$L_t = \frac{L}{60 \times n}$$

$$L_s = \frac{L \times l}{10^6}$$

在此

L ：疲勞壽命，用總回轉數表示

L_t ：疲勞壽命，用總運轉時間表示

L_s ：疲勞壽命，用總行程表示

C_a ：基本動額定負荷

F_a ：軸向負荷

n ：馬達之最大轉速

l ：導程

f_w ：負荷係數（見表6.1）

表6.1 負荷係數 f_w

震動與衝擊	速度(V)	f_w
輕	$V < 15$ (m/min)	1.0~1.2
中	$15 < V < 60$ (m/min)	1.2~1.5
重	$V > 60$ (m/min)	1.5~3.0

選用滾珠螺桿時，壽命太短或過長都不適合，使用過長的壽命，會使選擇的滾珠螺桿尺寸太大，造成不經濟的結果，因此下表列出各用途的滾珠螺桿疲勞壽命目標值供您參考。

工作機械.....	20,000小時
產業機械.....	10,000小時
自動控制裝置.....	15,000小時
量測裝置.....	15,000小時

(2) 平均負荷：

當軸向負荷不斷在變動時，想要得知疲勞壽命，就必須先計算出平均軸向負荷 (F_m) 才行。我們以軸向負荷 (F_a) 為Y軸，回轉數 ($n \cdot t$) 值為X軸，可得三種曲線，其分析如下：

a. 呈階段式曲線時 (圖6.1)

平均軸向負荷可用下列公式求得：

$$F_m = \left(\frac{F_1^3 \cdot n_1 \cdot t_1 + F_2^3 \cdot n_2 \cdot t_2 + \dots + F_n^3 \cdot n_n \cdot t_n}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

平均轉速則用下列公式求得：

$$N_m = \frac{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

軸向負荷 (kgf)	轉速 (rpm)	使用時間 (Sec)
F_1	n_1	t_1
F_2	n_2	t_2
⋮	⋮	⋮
F_n	n_n	t_n

b. 呈近似直線時：(圖6.2)

當平均軸向負荷的變動曲線如圖6.2時，可用公式6.6求得近似值：

$$F_m = 1/3(F_{min} + F_{max}) \dots\dots\dots (6.6)$$

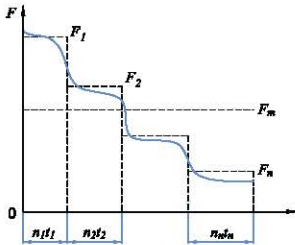


圖 6.1 階段變動負荷

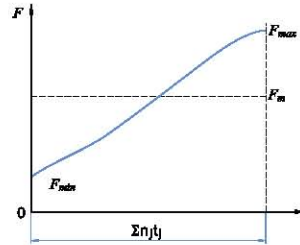


圖 6.2 近似直線變動的負荷

c. 呈正弦曲線時：有兩種情況如圖6.3

1. 當平均軸向負荷的變動曲線如6.3-1時，可用下列公式求得近似值：

$$F_m = 0.65F_{max}$$

2. 當平均軸向負荷的變動曲線如6.3-2時，可用下列公式求得近似值：

$$F_m = 0.75F_{max}$$

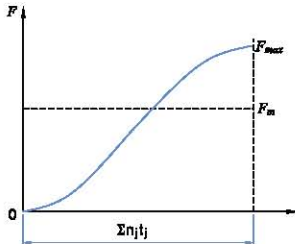


圖 6.3.1 呈正弦曲線變動的負荷一

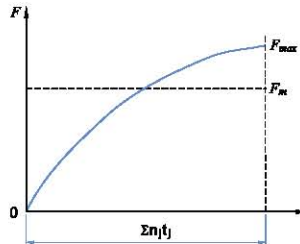


圖 6.3.2 呈正弦曲線變動的負荷二

6.3 材料與硬度

GTEN 滾珠螺桿的標準材料與硬度如表 6.2 所示

表6.2 滾珠螺桿的材料與硬度

零件名稱	材料	熱處理熱法	硬度(HRC)
精密級螺桿	50CrMo4 QT	中週波熱處理	58~62
構造級螺桿	S55C	中週波熱處理	58~62
螺帽	SCM415H	滲碳熱處理	58~62

6.4 潤滑

滾珠螺桿所使用的潤滑劑、潤滑脂是使用鏈皂基系之潤滑基油，其黏度30~40cst(40°C)潤滑油使用ISO等級32~100。

選擇依據：

1. 低溫用途時：使用基油黏度低的潤滑劑。
2. 高溫、高負荷或搖動、低速用途時：使用基油黏度較高的潤滑劑。

表6.3表示潤滑劑之檢查與補給間隔之一般指標。補給時要擦掉附著於螺桿軸的舊潤滑液後再加以補給。

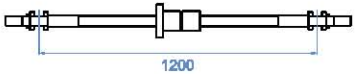
表6.3 潤滑劑之檢視與補給間隔

潤滑方法	檢查間隔	檢查項目	補給或更換間隔
自動間隔給油	每一星期	油量、污穢	每次檢查時補給，但視油槽容量做適當補充。
潤滑脂	工作初期2~3個月	有無異物混入	通常每一年補給，但依檢查結果適當補充。
油浴	每日開工前	油面管理	視消耗狀況適當的補充。

6.5 防塵

滾珠螺桿與滾動軸承一樣，當混入異物或水分時，磨損會加快，嚴重者甚至會導致破損。有鑑於此，本公司的滾珠螺桿螺槽的前後兩端皆附有刮刷器，以達到防塵的效果。另外在法蘭端端的刮刷器再加上O型套環，更可以防止漏油的發生。

選定要領	選定計算
<p>2.滾珠螺桿導程 ℓ (mm)</p> $\ell = \frac{\text{快送速度 (m/min)} \times 1000}{\text{馬達最高回轉速 (min}^{-1})} \text{ (mm)}$	<p>2.滾珠螺桿導程 ℓ (mm)</p> $\ell = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ (mm)}$ <p>最小分解能 = $\frac{10\text{mm}}{1000 \text{ 行程}} = 0.01 \text{ mm/行程}$</p>
<p>3.平均荷重 P_e (kgf)的計算</p> $P_e = \left(\frac{P_1 n_1 t_1 + P_2 n_2 t_2 + \dots + P_n n_n t_n}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n} \right)^{1/3}$ $P_e = \frac{2P_{\max} + P_{\min}}{3}$ <p>$p_e \approx 0.65 P_{\max}$ $p_e \approx 0.75 P_{\min}$</p>	<p>3.平均荷重 P_e (kgf)的計算</p> $P_e = \left(\frac{70^3 \times 1000 \times 10 + 170^3 \times 600 \times 50 + 270^3 \times 200 \times 30 + 370^3 \times 100 \times 10}{1000 \times 10 + 600 \times 50 + 200 \times 30 + 100 \times 10} \right)^{1/3}$ $= \left(\frac{31.7 \times 10^{19}}{4.7 \times 10^4} \right)^{1/3}$ <p>$\approx 189 \text{ kgf}$</p>
<p>4.平均回轉數 n_m</p> $n_m = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{100}$	<p>4.平均回轉數 n_m</p> $n_m = \frac{1000 \times 10 + 600 \times 50 + 200 \times 30 + 100 \times 10}{100}$ $= \frac{4.7 \times 10^4}{100}$ $= 470 \text{ min}^{-1}$
<p>5.所要動額定負荷 C_a (kgf) 的計算</p> $C_a = P_e \cdot f_s$	<p>5.所要動額定負荷 C_a (kgf) 的計算</p> $C_a = 189 \times 5 = 945 \text{ (kgf)}$
<p>6.所要靜額定負荷 C_{0a} (kgf) 的計算</p> $C_{0a} = P_{\max} \cdot f_s$	<p>6.所要靜額定負荷 C_{0a} (kgf) 的計算</p> $C_{0a} = 369 \times 5 = 1845 \text{ (kgf)}$
<p>7.螺帽型式的選定</p> <p>$C_a > 945$ $C_{0a} > 1845$</p> <p>選擇基本動額定負荷及基本靜額定負荷超過上式計算之值的螺帽型式。</p>	<p>7.螺帽型式的選定</p> <p>依據型錄表中選擇 SFI 4010</p> <p>$C_a = 3178 \text{ kgf}$ $C_{0a} = 9480 \text{ kgf}$</p>

選定要領	選定計算
<p>8.壽命時間 $L_t(h)$ 的計算</p> $L_t = \left(\frac{Ca}{F_0 \cdot f_w} \right)^3 \cdot \frac{1}{60n_m} \cdot 10^6$	<p>8.壽命時間 $L_t(h)$ 的計算</p> $L_t = \left(\frac{3178}{188 \cdot 2} \right)^3 \cdot \frac{1}{60 \cdot 470} \cdot 10^6$ $= 20479 (h)$
<p>9.螺桿長度的決定</p> <p>螺桿長度=最大行程+螺槽的長度+2×軸端預留量</p>	<p>9.螺桿長度的決定</p> <p>螺桿長度 = 700+93+2×81=874mm</p>
<p>10.支撐軸承間距離的決定</p>	<p>10.支撐軸承間距離的決定 (F-F支持)</p> 
<p>11.容許軸方向荷重的檢討</p>	<p>11.容許軸方向荷重的檢討</p> <p>因為是 F-F 支撐，所以省略了</p>
<p>12.容許回轉數 n 及 dm 值的檢討</p> $n = \alpha \times \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI_g}{\gamma A}} = f \frac{d_r}{L^2} \times 10^7 (rpm)$ <p>$dm =$ 軸外徑 X 最高回轉數</p>	<p>12.容許回轉數 n 及 dm 值的檢討</p> $n = \frac{21.9 \times 35.2 \times 10^7}{1200^2}$ $= 5353 \text{min}^{-1} > n_{\max}$ <p>$dm = 40 \times 1000$</p> $= 40000 < 50000$
<p>13.熱變位對策、剛性的檢討</p>	<p>13.熱變位對策、剛性的檢討</p> <p>(a) 熱變位對策</p> <p>一般機械上預估滾珠螺桿約有2~5°C的溫度上昇，以上昇2°C求取滾珠螺桿的伸展量。</p> $\Delta \ell = \alpha \cdot t \cdot L$ $= 11.7 \times 10^{-6} \times 2 \times 700 \text{ mm} \approx 0.016 \text{ mm}$ $F_p = \frac{EA \Delta \ell}{L}$ $= \frac{2.08 \times 10^4 \times \frac{\pi \times 35.2^2}{4} \times 0.016}{700} \approx 458 \text{ kgf}$

選定要領	選定計算
<p>(參考) 考慮慣性力時，滾珠螺桿上的作用力</p> <p>◎ 水平使用時</p> <p>1. 加速時</p> $P_{acc} = Mg \times \mu + \frac{M \times V}{60 \times \Delta t}$ <p>2. 減速時</p> $P_{dec} = Mg \times \mu - \frac{M \times V}{60 \times \Delta t}$ <p>◎ 垂直使用時</p> <p>1. 下降時的加速時、上昇時的減速時</p> $P_v = Mg - \frac{M \times V}{60 \times \Delta t}$ <p>2. 上昇時的加速時、下降時的減速時</p> $P_h = Mg + \frac{M \times V}{60 \times \Delta t}$ <p>M: 移動物質量 (kg)</p> <p>g: 重力加速度 (9.8m/s²)</p> <p>V: 速度 (m/min)</p> <p>Δt: 加減速時間 (s)</p> <p>μ: 摩擦係數</p>	<p>預估伸展量0.016mm之溫度上昇時，加上458kgf的預拉力，即可修正偏差度。</p> <p>(1) 方向剛性</p> $\delta = \frac{PL}{4AE} = \frac{27 \times 1200}{4 \times \frac{\pi \times 35^3}{4} \times 2.08 \times 10^4}$ $= 0.00038 \text{ mm}$ $K_s = \frac{370}{0.00038} = 10.8 \times 10^3 \text{ kgf/mm}$ <p>(2) 鋼球與螺桿潤滑性</p> $n = \frac{41.8 \times \pi \times 2.5}{6.35} = 52$ $Q = \frac{370}{52 \sin 45^\circ} = 10$ $\delta_{lub} = \frac{0.00057}{\sin 45^\circ} \left(\frac{10^3}{6.35} \right)^{1/4} \times \frac{1}{0.7}$ $= 2.9 \times 10^{-4} \text{ mm}$ $K_{sl} = \frac{370}{2.9 \times 10^{-4}} = 1.28 \times 10^5 \text{ kgf/mm}$ <p>(3) 支持軸承的剛性</p> <p>以螺桿剛性50 kgf/μm 來計算</p> $\delta_a = \frac{370}{50 \times 2} = 2.7 \mu\text{m}$ $K_a = \frac{370}{0.0027} = 1 \times 10^5 \text{ kgf/mm}$ <p>◎ $\delta_{TOTAL} = 0.38 + 2.9 + 3.7 = 6.98 \mu\text{m}$</p>
<p>14. 滾珠螺桿壽命的確認</p>	<p>14. 滾珠螺桿壽命的確認</p> $L = 20479(f) > 18000 \text{ (h)}$

驅動扭矩

傳動軸的驅動扭矩 TS

$$T_s = T_r + T_b + T_f \quad (\text{定速時})$$

$$T_s = T_a + T_r + T_b + T_f \quad (\text{加速時})$$

T_a : 加速扭矩 (1)

T_r : 負荷扭矩 (2)

T_b : 預壓扭矩 (3)

T_f : 摩擦扭矩 (4)

(1) 加速扭矩 T_a

$$T_a = J \alpha \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

$$\alpha = \frac{2\pi n}{60 \Delta t} \quad (\text{rad/s}^2)$$

J : 馬達轉換後的慣性扭矩 ($\text{kgf} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$)

α : 角加速度 (rad/s^2)

n : 回轉數 (min^{-1})

Δt : 啓動時間 (sec)

(2) 負荷扭矩 T_r

$$T_r = \frac{P \cdot d}{2\pi \eta_1} \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

$$P = F + \mu M g$$

P : 軸方向負荷 (kgf)

d : 導程 (cm)

η_1 : 正效率

↳ 回轉運動變換為直線運動時的效率

F : 切削力 (kgf)

μ : 摩擦係數

M : 移動物質量 (kg)

g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

$$T_r = \frac{P \cdot d \cdot \eta_2}{2\pi}$$

η_2 : 逆效率

↳ 直線運動變換為回轉運動時的效率

(3) 預壓扭矩 T_b

$$T_b = \frac{K \cdot P_b \cdot d}{\sqrt{\sin \alpha} + 2\pi} \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

K : 內部係數 (通常使用為0.05)

P_b : 預壓量 (kgf)

d : 導程 (cm)

α : 導程角

(4) 摩擦扭矩 T_f

$$T_f = T_a + T_b + T_r \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

T_a : 支持軸的摩擦扭矩

T_b : 自由軸的摩擦扭矩

T_r : 馬達軸的摩擦扭矩

支持軸摩擦扭矩會受到潤滑油量的影響。或是密封過緊時也可能發生意料之外的過度摩擦扭矩，或是造成溫度上升，這一點必須特別注意。

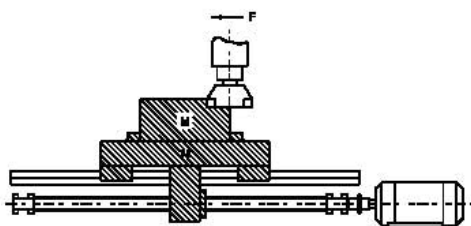


圖 7.1 負荷慣性扭矩

【參考】負荷慣性扭矩 (表 7.1)

$$J = J_{\text{rot}} + J_{\text{nut}} + J_{\text{ball}} + J_{\text{lead}} + J_{\text{motor}}$$

J_{rot} : 滾珠螺桿軸 慣性扭矩

J_{nut} : 聯結器 慣性扭矩

J_{lead} : 直線運動部 慣性扭矩

J_{motor} : 馬達軸旋轉部 慣性扭矩

表 7.1 負荷慣性扭矩換算公式

類別	公式	J
馬達軸 換算慣性扭矩	圓筒負荷	$\frac{m \cdot r^2}{2}$
直線運動部	圓筒運動物體	$\frac{M}{4} \left(\frac{W}{m \cdot N_s} \right) + \frac{M}{4} \left(\frac{r}{r'} \right)^2$
單位		$\text{kg} \cdot \text{m}^2$
減速時的慣性扭矩		$J_n = \left(\frac{1}{i_n} \right)^2 \cdot J_s$

μ : 摩擦 (9.8 m/s^2) $\mu = 7.8 \times 10^{-4}$

L : 圓筒長度 (m)

D : 圓筒直徑 (m)

M : 圓筒運動物質量 (kg)

W : 直線運動物體的直徑 (m / mm)

N_s : 馬達軸回轉數 (min^{-1})

P : 螺絲每轉一圓筒直線運動物體的移動量 (m)

m : 直線運動物體的質量 (kg)

r : 負荷方向慣性扭矩

r' : 螺絲方向慣性扭矩

i_n : 減速力時慣性扭矩

滾珠螺桿選擇流程



使用條件

● 精度設計

● 螺桿軸設計

● 驅動扭矩

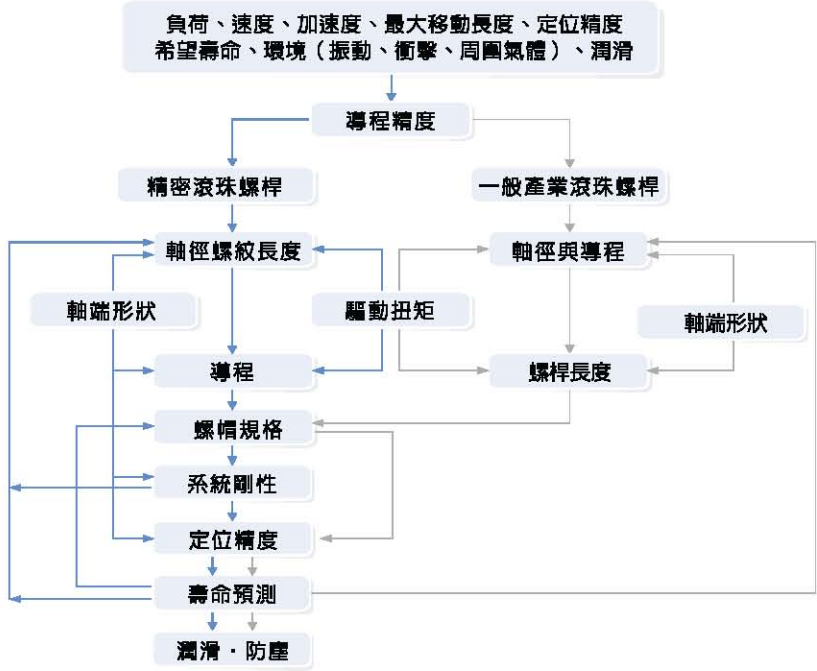
● 螺帽設計

● 剛性檢討

● 定位精度

● 壽命設計

● 注意事項



GTEN 螺桿尺寸明細表

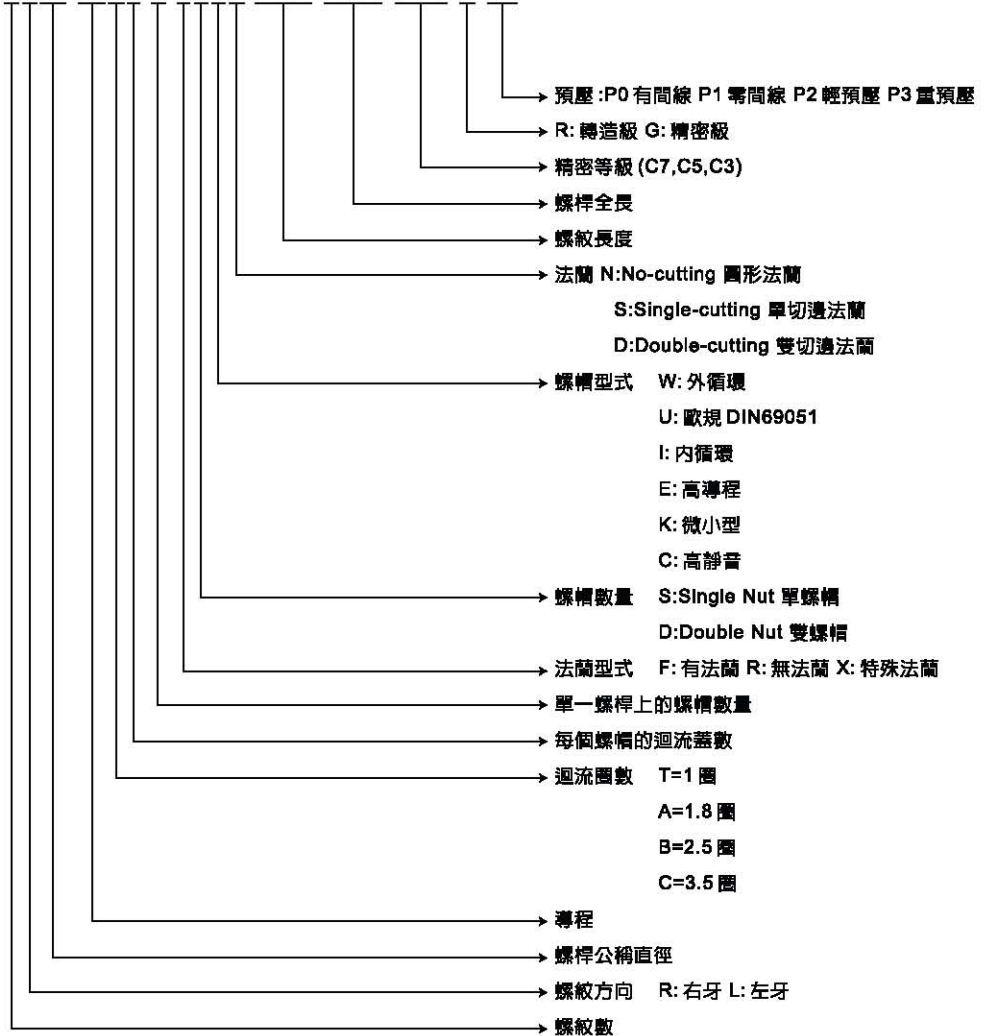
直徑 \ 導程	1	2	2.5	3	4	5	5.08	6	8	10	12	16	20	24	25	32	40
6	◎																
8	◎	◎	◎														
10		◎			◎												
12					◎	◎											
14				○	◎	◎											
15										◎							
16					◎	◎				◎		◎					
20					○	◎		○	○	◎		◎	◎				
25					○	◎	◎	○	○	◎	○		◎		◎		
28						◎		○	○	◎							
32					○	◎	◎	○	○	◎	○		◎			◎	
38						○		○		◎	○			○			
40						◎		○	○	◎	○		◎				◎
45								○	○	◎	○						
50						○		○	○	◎	○		◎				
63									○	◎	○		◎				
80									○	◎	○	○	◎				

● 轉造級 ○ 研磨級

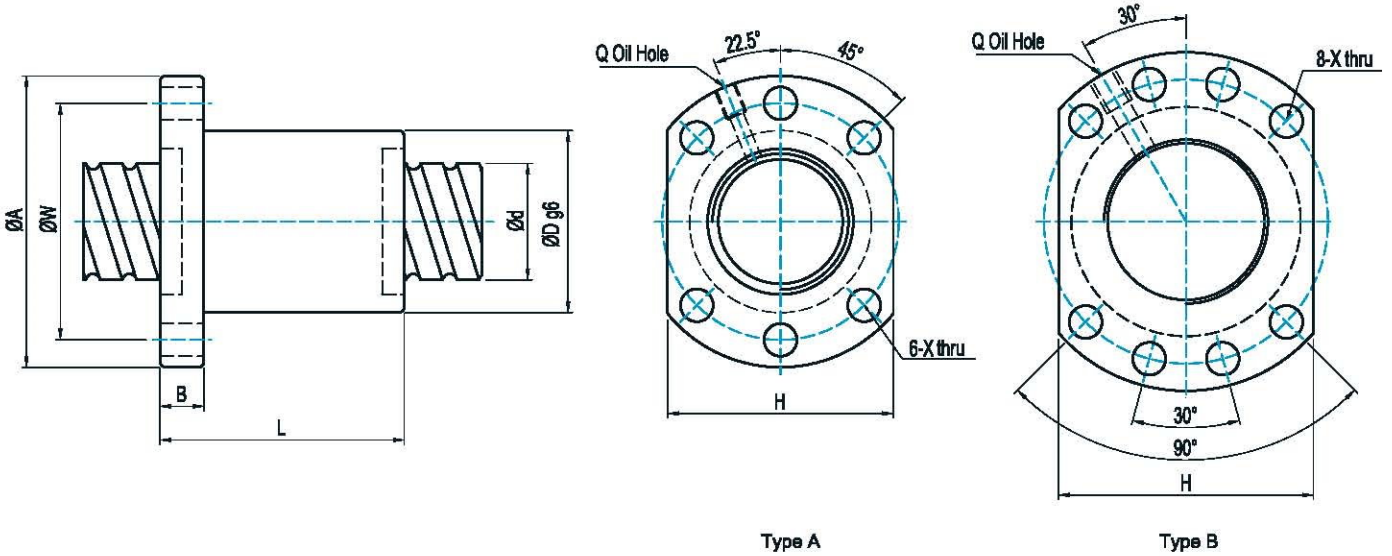
滾珠螺桿規格定義

GTEN內(外)循環式滾珠螺桿規格定義

2R25-25A2-2-FSED-2000-2500-0.05-R-P2



7.1 Type: FSU (DIN69051)

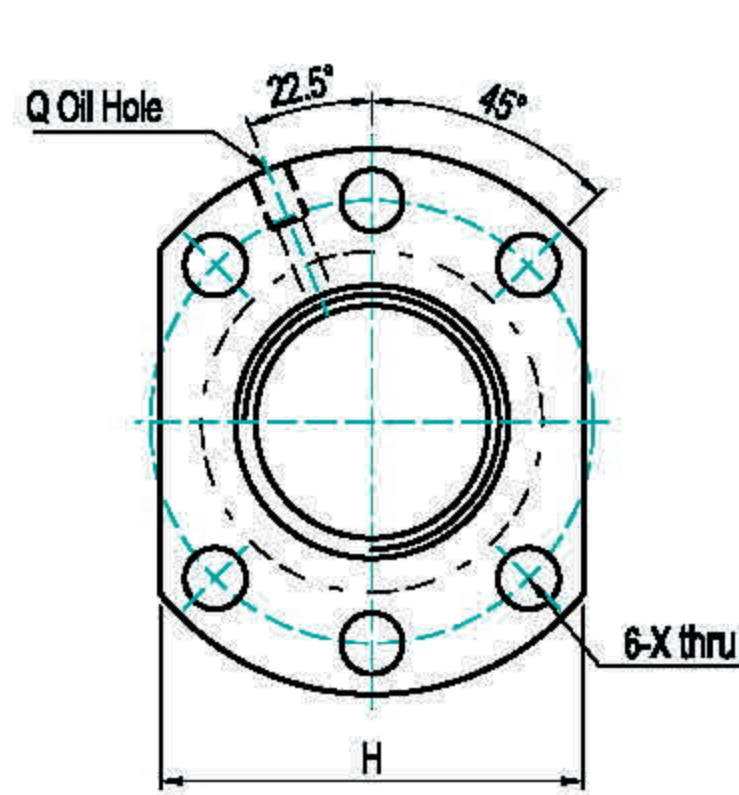
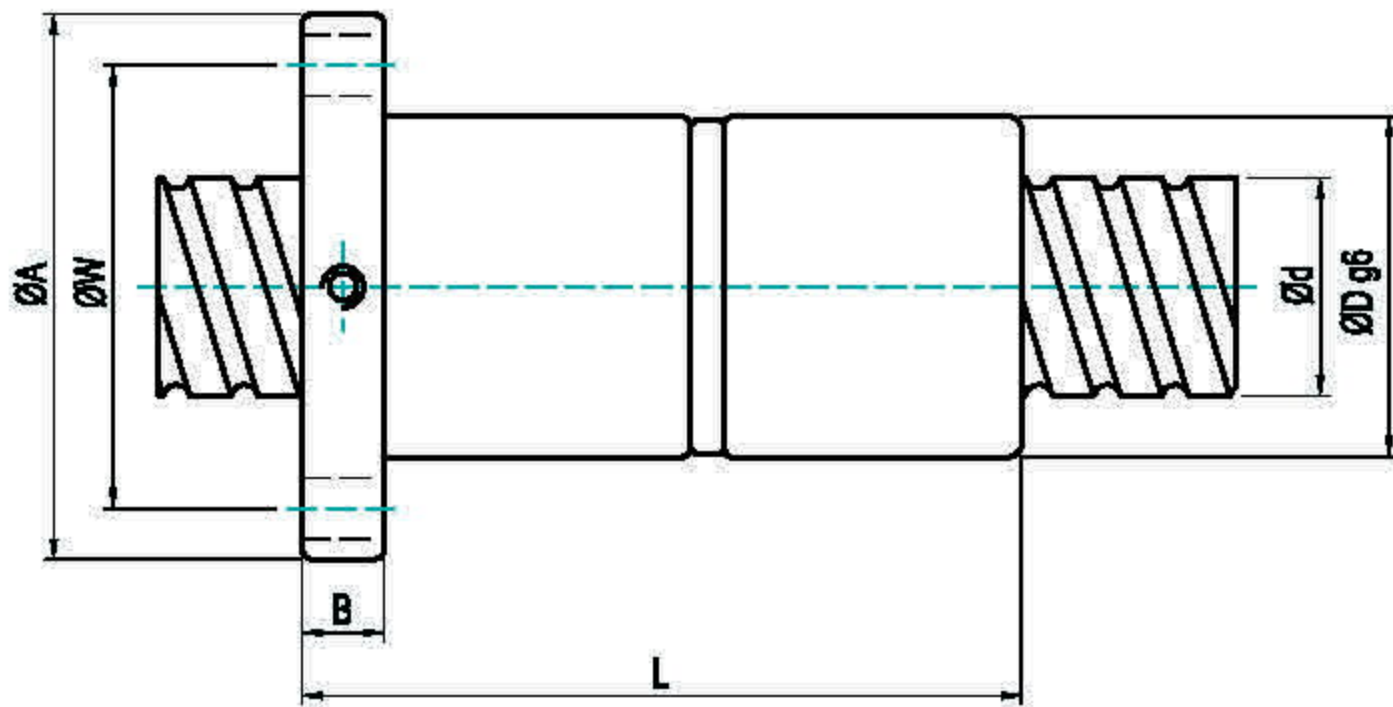


單位 : mm

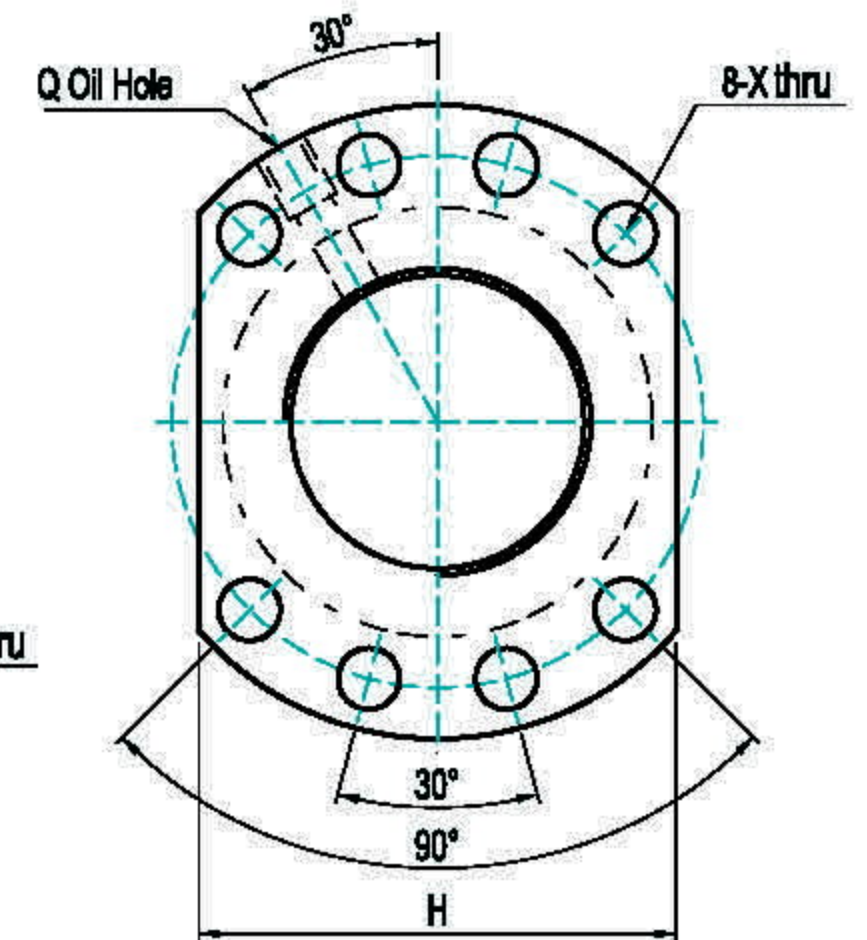
型號	規格															
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	Type	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)	K
★ 1605-3	16	5	3.175	28	48	10	42	38	5.5	A	40	M6	T3	765	1240	18
★ 1605-4	16	5	3.175	28	48	10	50	38	5.5	A	40	M6	T4	980	1650	23
1610-3	16	10	3.175	28	48	12	65	38	5.5	A	40	M6	T3	760	1238	18
2005-3	20	5	3.175	36	58	10	47	47	6.6	A	44	M6	T3	860	1710	21
★ 2005-4	20	5	3.175	36	58	10	53	47	6.6	A	44	M6	T4	1100	2280	28
2010-3	20	10	3.969	36	58	10	68	47	6.6	A	44	M6	T3	1222	2269	22
2504-4	25	4	2.381	40	62	11	46	51	6.6	A	48	M6	T4	666	1920	23
★ 2505-4	25	5	3.175	40	62	10	53	51	6.6	A	48	M6	T4	1250	3070	33
2510-3	25	10	4.762	40	62	12	75	51	6.6	A	48	M6	T3	1620	3205	27
2510-4	25	10	4.762	40	62	12	85	51	6.6	A	48	M6	T4	2070	4270	35
★ 3205-4	32	5	3.175	50	80	12	53	65	9	A	62	M6	T4	1400	4080	41
3210-3	32	10	6.35	50	80	16	77.5	65	9	A	62	M6	T3	2605	5310	33
3210-4	32	10	6.35	50	80	16	90	65	9	A	62	M6	T4	3340	7080	45
★ 4005-4	40	5	3.175	63	93	16	56	78	9	B	70	M8	T4	1575	5290	49
4006-4	40	6	3.969	63	93	14	60	78	9	B	70	M6	T4	2130	6410	51
4010-4	40	10	6.35	63	93	18	93	78	9	B	70	M8	T4	3850	9470	53
5010-4	50	10	6.35	75	110	18	93	93	11	B	85	M8	T4	4390	12400	65
6310-4	63	10	6.35	90	125	18	98	108	11	B	95	M8	T4	5020	16450	79
6320-3	63	20	9.525	95	135	20	138	115	13.5	B	100	M8	T3	6790	17945	79
8010-4	80	10	6.35	105	145	20	98	125	13.5	B	110	M8	T4	5510	21200	95
8020-3	80	20	9.525	125	165	25	143	145	13.5	B	130	M8	T3	7585	22667	97

★可生產左牙

7.2 Type: FDU (DIN69051)



Type A



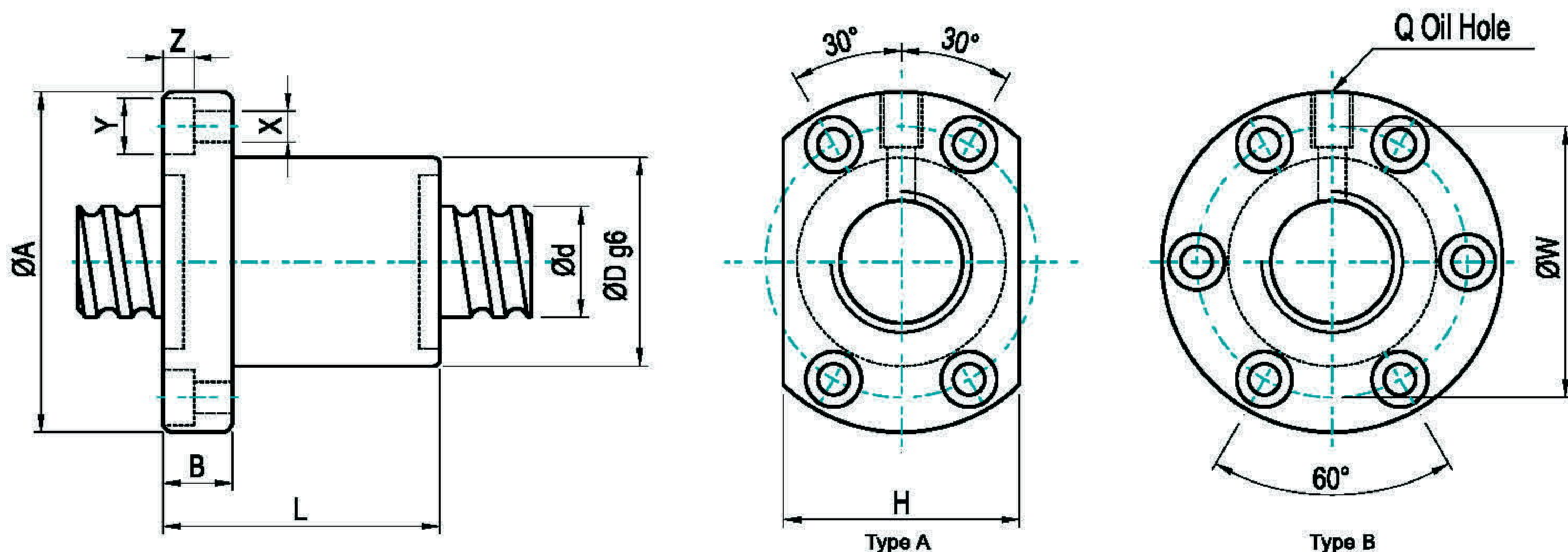
Type B

單位 : mm

型號	規格															
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	Type	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)	K
★ 1605-3	16	5	3.175	28	48	10	80	38	5.5	A	40	M6	T3	765	1240	35
★ 2005-4	20	5	3.175	36	58	12	92	47	6.6	A	44	M6	T4	1100	2280	56
★ 2505-4	25	5	3.175	40	62	12	92	51	6.6	A	48	M6	T4	1250	3070	67
2510-4	25	10	4.762	40	62	12	153	51	6.6	A	48	M6	T4	2070	4270	70
★ 3205-4	32	5	3.175	50	80	12	92	65	9	A	62	M6	T4	1400	4080	82
3210-4	32	10	6.35	50	80	16	160	65	9	A	62	M6	T4	3340	7080	89
4005-4	40	5	3.175	63	93	15	96	78	9	B	70	M8	T4	1575	5290	100
4010-4	40	10	6.35	63	93	18	162	78	9	B	70	M8	T4	3850	9470	107
5010-4	50	10	6.35	75	110	16	162	93	11	B	85	M8	T4	4390	12400	129
6310-4	63	10	6.35	90	125	18	182	108	11	B	95	M8	T4	5020	16450	158
6320-3	63	20	9.525	95	135	20	253	115	13.5	B	100	M8	T3	6790	17945	157
8010-4	80	10	6.35	105	145	20	182	125	13.5	B	110	M8	T4	5510	21200	190
8020-3	80	20	9.525	125	165	25	253	145	13.5	B	130	M8	T3	7585	22667	193

★可生產左牙

7.3 Type: FSI

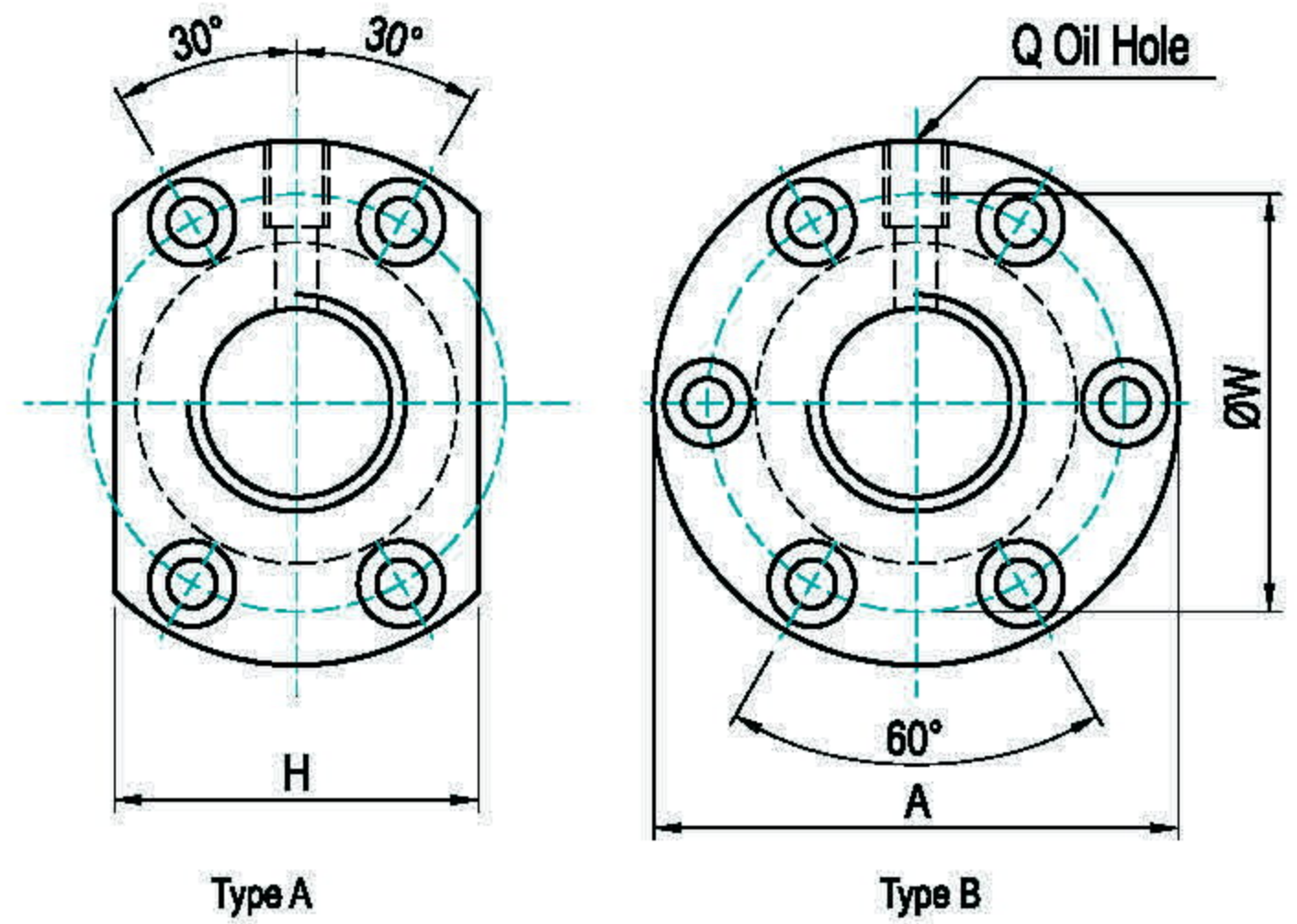
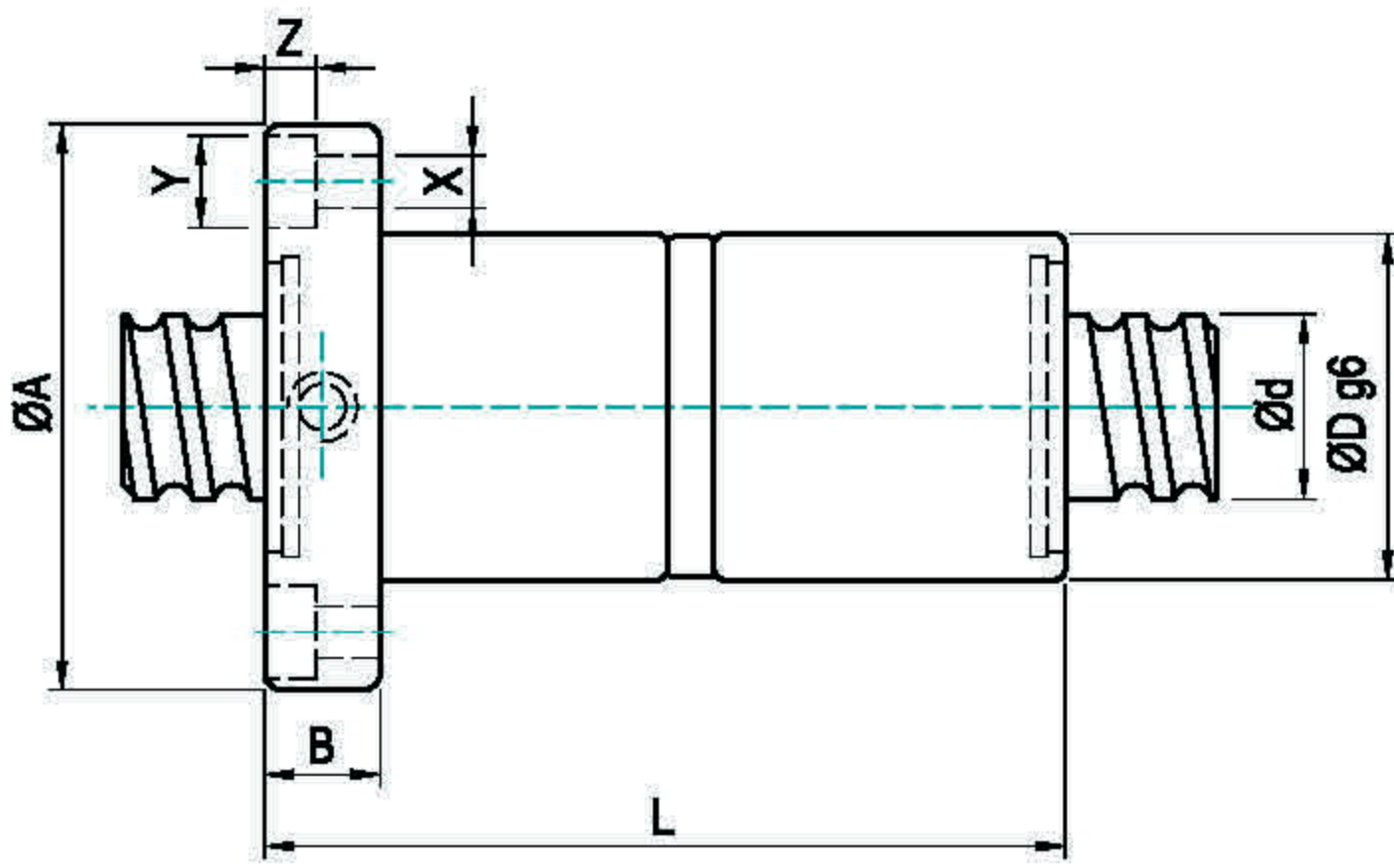


單位 : mm

型號	規格																	
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	Y	Z	Type	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)	K
1404-4	14	4	2.381	26	46	10	47	36	4.5	8	4.5	A	34	M6	T4	560	1073	18
1405-3	14	5	3.175	26	46	10	45	36	4.5	8	4.5	A	34	M6	T3	720	1010	16
1604-4	16	4	2.381	30	49	10	45	39	4.5	8	4.5	A	34	M6	T4	580	1226	21
★ 1605-3	16	5	3.175	30	49	10	42	39	4.5	8	4.5	A	34	M6	T3	765	1240	18
★ 1605-4	16	5	3.175	30	49	10	50	39	4.5	8	4.5	A	34	M6	T4	980	1650	23
1610-3	16	10	3.175	34	58	10	65	45	5.5	9.5	5.5	A	36	M6	T3	760	1238	18
★ 2005-4	20	5	3.175	34	57	12	53	45	5.5	9.5	5.5	A	40	M6	T4	1100	2280	28
2504-4	25	4	2.381	40	63	11	46	51	5.5	9.5	5.5	A	46	M6	T4	666	1920	23
★ 2505-4	25	5	3.175	40	63	12	53	51	5.5	9.5	5.5	A	46	M8	T4	1250	3070	33
2510-4	25	10	4.762	46	72	12	85	58	6.5	11	6.5	A	52	M6	T4	2070	4270	27
★ 3205-4	32	5	3.175	46	72	12	53	58	6.5	11	6.5	A	52	M8	T4	1400	4080	41
3206-4	32	6	3.969	62	89	12	63	75	6.5	11	6.5	B	-	M8	T4	1920	5000	43
3210-4	32	10	6.35	54	88	16	90	70	9	14	8.5	A	62	M8	T4	3340	7080	45
★ 4005-4	40	5	3.175	56	90	16	56	72	9	14	8.5	A	64	M8	T4	1575	5290	49
4010-4	40	10	6.35	62	104	18	93	82	11	17.5	11	A	70	M8	T4	3850	9470	53
5010-4	50	10	6.35	72	114	18	93	92	11	17.5	11	A	82	M8	T4	4390	12400	65
6310-4	63	10	6.35	85	131	22	100	107	14	20	13	B	-	M8	T4	5020	16450	79
6320-3	63	20	9.525	95	153	25	130	123	18	26	17.5	B	-	M8	T3	6790	17945	79
8010-4	80	10	6.35	105	150	22	92	127	14	20	13	B	-	M8	T4	5510	21200	95
8020-3	80	20	9.525	115	173	25	130	143	18	26	17.5	B	-	M8	T3	7585	22667	97

★可生產左牙

7.4 Type: FDI

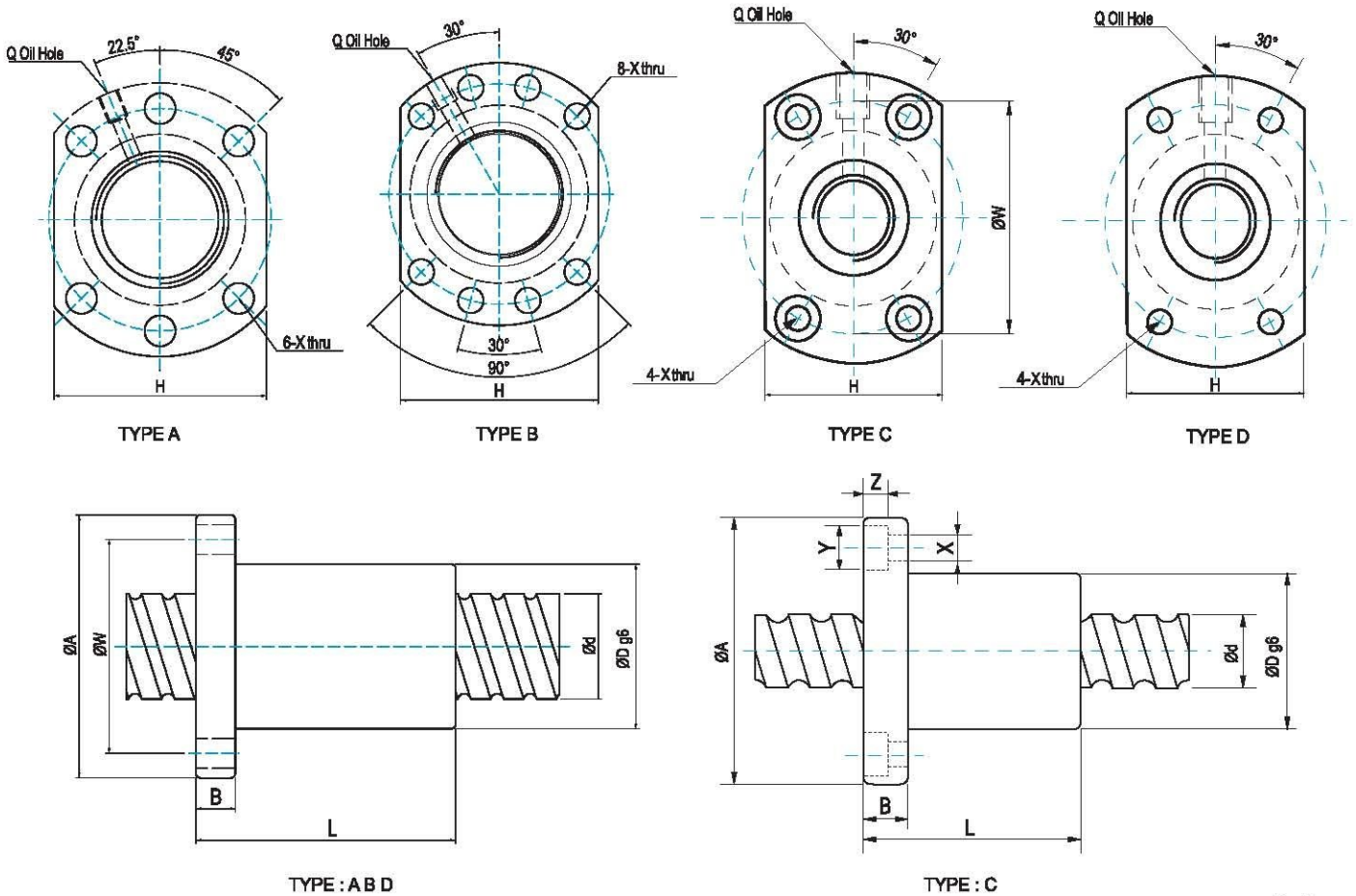


單位 : mm

型號	規格																		
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	Y	Z	Type	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)	K	
★ 1605-3	16	5	3.175	30	49	10	80	39	4.5	8	4.5	A	34	M6	T3	765	1240	35	
★ 2005-4	20	5	3.175	34	57	12	92	45	5.5	9.5	5.5	A	40	M6	T4	1100	2280	56	
2505-4	25	5	3.175	40	63	12	92	51	5.5	9.5	5.5	A	46	M8	T4	1250	3070	67	
2510-4	25	10	4.762	46	72	12	156	58	6.5	11	6.5	A	52	M6	T4	2070	4270	70	
★ 3205-4	32	5	3.175	46	72	12	92	58	6.5	11	6.5	A	52	M8	T4	1400	4080	82	
3210-4	32	10	6.35	54	88	16	160	70	9	14	8.5	A	62	M8	T4	3340	7080	89	
4005-4	40	5	3.175	56	90	16	96	72	9	14	8.5	A	64	M8	T4	1575	5290	100	
4010-4	40	10	6.35	62	104	18	162	82	11	17.5	11	A	70	M8	T4	3850	9470	107	
5010-4	50	10	6.35	72	114	18	162	92	11	17.5	11	A	82	M8	T4	4390	12400	129	
6310-4	63	10	6.35	85	131	22	182	107	14	20	13	B	-	M8	T4	5020	16450	158	
6320-3	63	20	9.525	95	153	25	253	123	18	26	17.5	B	-	M8	T3	6790	17945	157	
8010-4	80	10	6.35	105	150	22	182	127	14	20	13	B	-	M8	T4	5510	21200	190	
8020-3	80	20	9.525	115	173	25	253	143	18	26	17.5	B	-	M8	T3	7585	22667	193	

★可生產左牙

7.5 Type: FSC

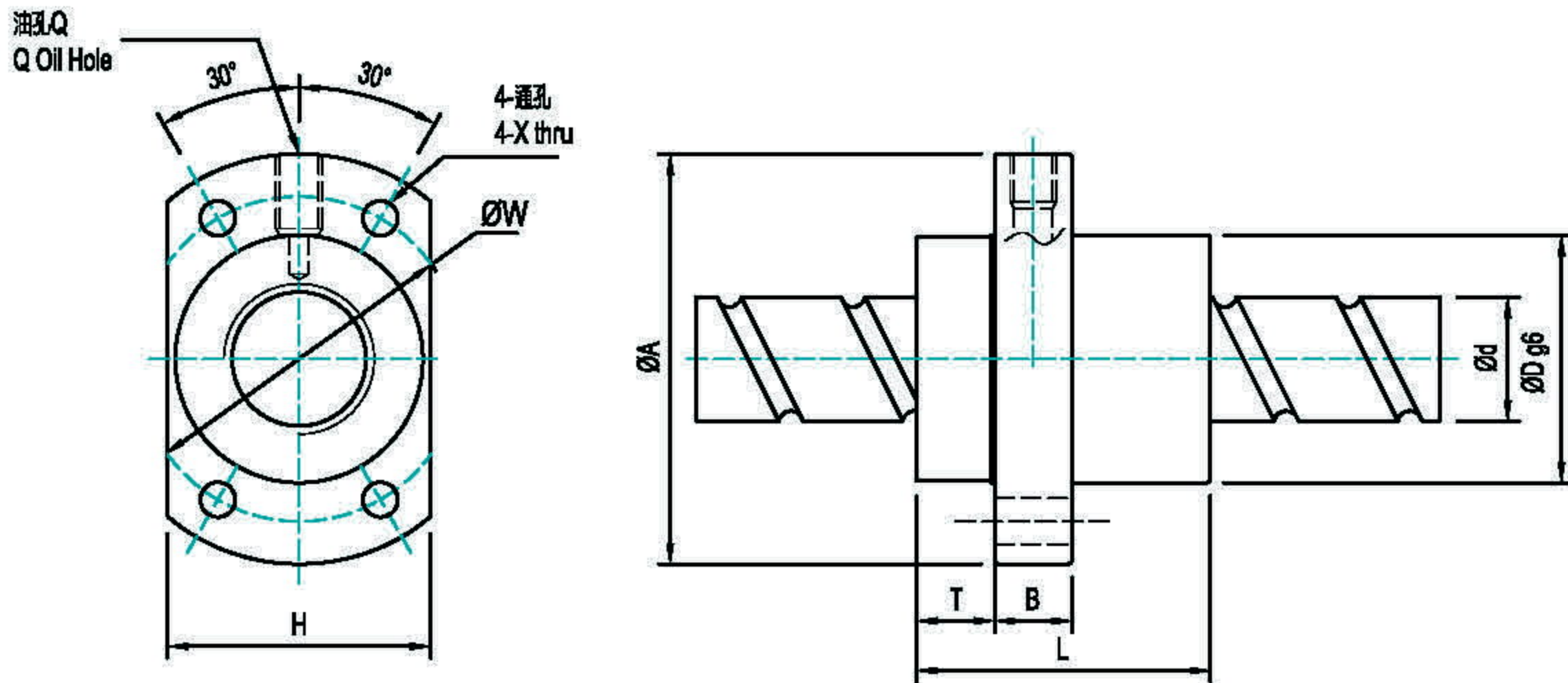


Unit : mm

Model No.	Dimensions												Type	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)
	d	I	Da	D	A	B	L	W	X	Y	Z							
1210-2	12	10	2	30	50	10	40	40	4.5	8	4.5	C	32	M6	T2	390	466	
1520-2	15	20	3.175	34	55	12	57	45	6	-	-	D	34	M6	T2	833	997	
1610-3	16	10	3.175	28	48	12	43	38	5.5	-	-	A	40	M6	T3	1180	1496	
1616-3	16	16	3.175	28	48	12	61	38	5.5	-	-	A	40	M6	T3	1180	1496	
2010-2	20	10	3.969	46	74	13	54	59	6.6	11	5.5	C	46	M6	T2	1246	1559	
2020-4	20	20	3.175	36	58	10	55	47	6.6	-	-	A	44	M6	T4	1659	2464	
▲ 2510-4	25	10	3.5	40	62	12	64	51	6.6	-	-	A	48	M6	T4	2067	3280	
2525-4	25	25	3.969	47	74	12	67	60	6.6	-	-	A	56	M6	T4	2481	3851	
3220-3	32	20	3.969	50	80	13	78	65	9	-	-	A	62	M6	T3	2141	3576	
3232-4	32	32	4.762	56	86	16	82	71	9	-	-	A	65	M6	T4	3585	6071	
4020-3	40	20	5.556	63	93	15	83	78	9	-	-	B	70	M8	T3	3782	6468	
4040-4	40	40	6.35	65	95	18	100	80	9	-	-	B	72	M8	T4	5778	11753	
5020-5	50	20	6.35	75	110	18	121	93	11	-	-	B	85	M8	T5	7737	18189	

▲ steel balls 3.5mm, please order 3.5mm shaft to meet

7.6 Type: FSE

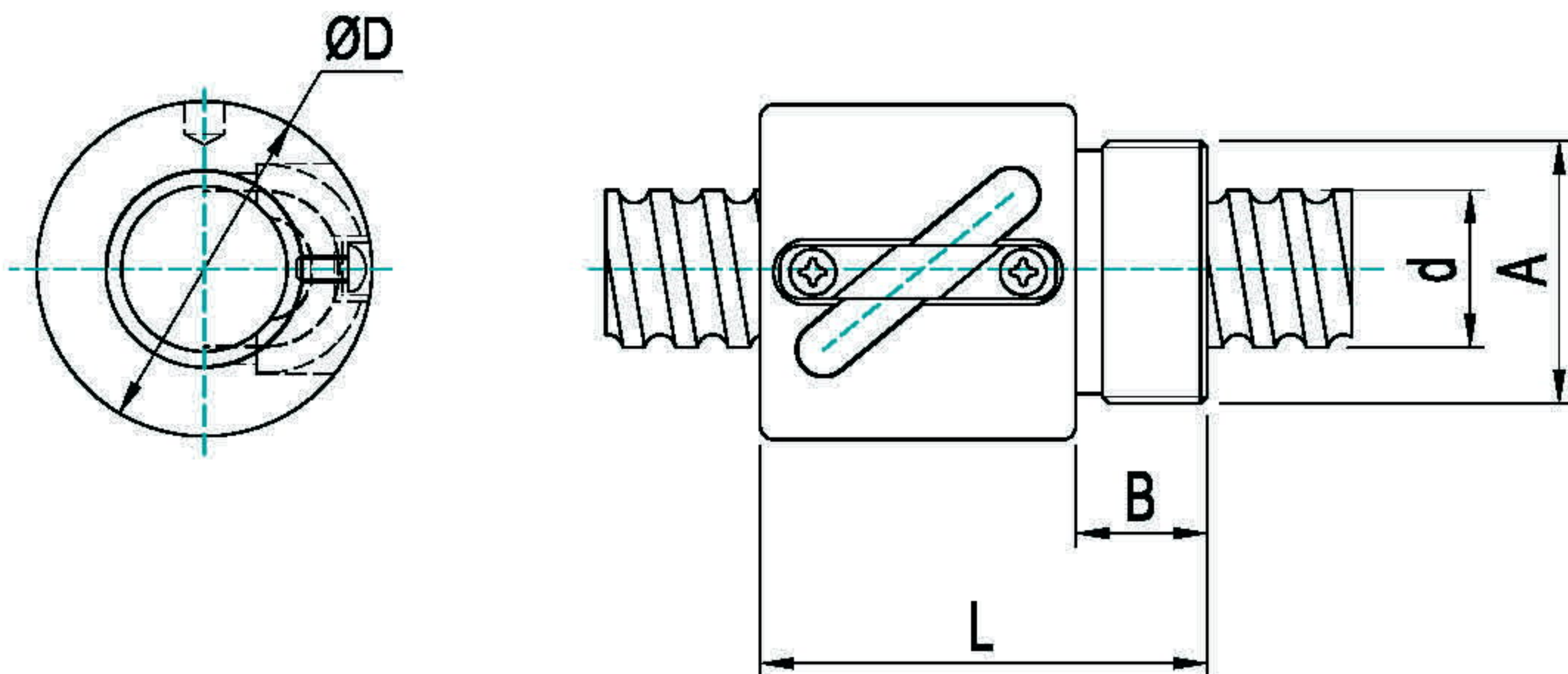


單位 : mm

型號	規格														
	d	l	Da	D	A	B	T	L	W	X	H	Q	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)
1616-2	16	16	3.175	32	53	10	10.5	48	42	4.5	38	M6	A2	700	1400
★ 2020-2	20	20	3.175	39	62	10	10.8	55	50	5.5	46	M6	A2	1100	2500
2525-2	25	25	3.969	47	74	12	11.2	67	60	6.6	56	M6	A2	1650	3900
3232-2	32	32	4.762	58	92	15	14	82	74	9	68	M6	A2	2360	5940
4040-2	40	40	6.35	73	114	17	17	100	93	11	84	M6	A2	3860	9900
5050-2	50	50	7.938	90	135	20	21.5	125	112	14	92	M6	A2	4290	14350
2520-2	25	20	3.5	47	74	12	11	65	60	6.6	49	M6	A2	1498	3501

★可生產左牙

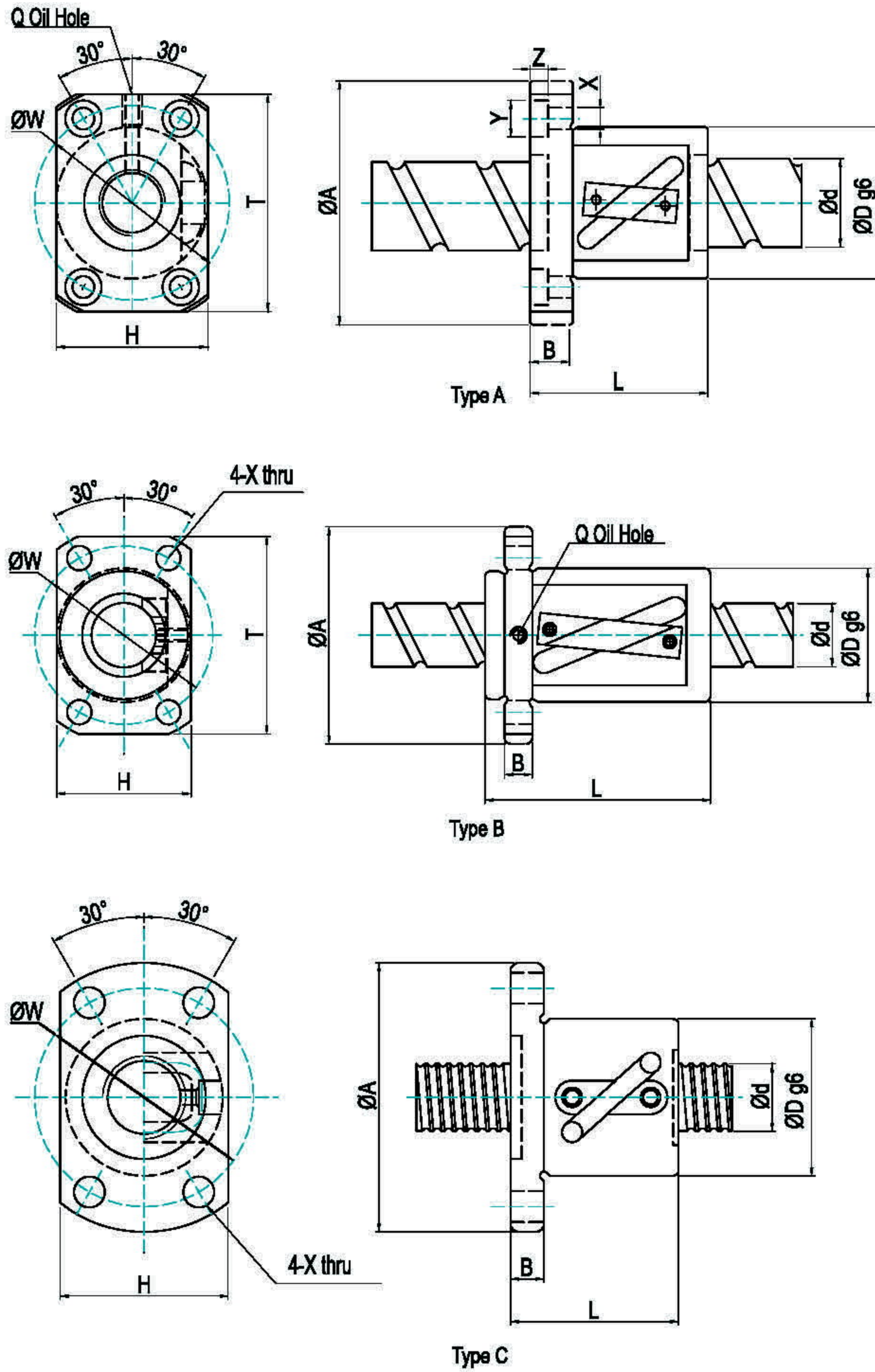
7.7 Type: RSW (無刮刷器)



單位 : mm

型號	規格									
	d	l	Da	D	A	B	L	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)
0825-2.5	8	2.5	1.2	17.5	M15X1P	7.5	23.5	B1	151	232
1003-2.5	10	3	1.8	21	M18X1P	9	29	B1	235	357
1204-3.5	12	4	2.381	25.5	M20X1P	10	34	C1	425	738
1205-3.5	12	5	2	25.5	M20X1P	10	39	C1	662	1036
1605-2.5	16	5	3.175	32.5	M26X1.5P	12	42	B1	716	1230

7.8 Type: FSW (12mm無刮刷器)



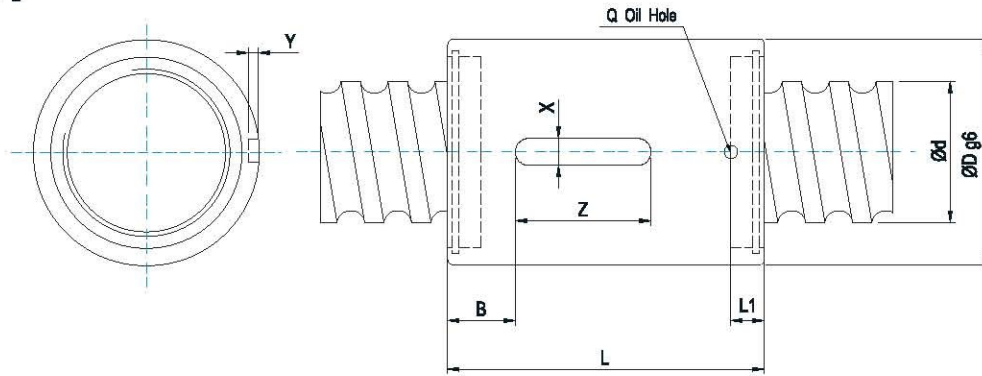
單位 : mm

型號	規格																Ca(Kgf)	Coa(kgf)
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	Y	Z	H	T	Q	Type	n		
▲ 1204-3.5	12	4	2.381	28	48	6	30	39	5.5	-	-	30	-	-	C	C1	425	738
▲ 1205-3.5	12	5	2	28	48	6	35	39	5.5	-	-	30	-	-	C	C1	662	1036
★ 1520-1.5	15	20	3.175	34	55	7	57	45	6	-	-	34	50	M4	B	A1	465	788
2010-2.5	20	10	3.969	46	74	13	54	59	6.6	11	6.2	46	66	M6	A	B1	702	1102

★可生產左牙

▲無刮刷器

7.9 Type: RSY



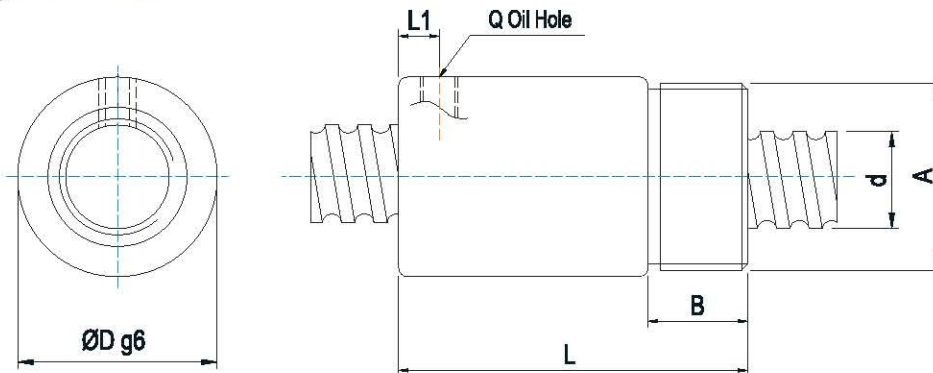
單位 : mm

型號	規格													(Ca Kgf)	(Coa (Kgf))
	d	l	Da	D	L	B	X	Y	Z	Q	L1	n			
★ 1605-4	16	5	3.175	28	50	16.5	5	2	17	Ø3	7	T4	980	1690	
★ 2005-4	20	5	3.175	36	53	18	5	2	17	Ø3	7	T4	1100	2280	
★ 2505-4	25	5	3.175	40	53	18	5	2	17	Ø3	7	T4	1250	3070	
▲ 2510-3	25	10	3.5	40	54	12.5	5	2	20	Ø3	7	T3	1428	3241	
★ 3205-4	32	5	3.175	50	53	11.5	6	2.5	30	Ø3	7	T4	1400	4080	
3210-3	32	10	6.35	50	70	15	6	2.5	30	Ø3	8	T3	2605	5310	
3220-3	32	20	3.969	50	78	24	6	2.5	30	Ø3	7	T3	1461	3575	
★ 4005-4	40	5	3.175	63	56	13	6	2.5	30	Ø3	6	T4	1575	5290	
4010-3	40	10	6.35	63	80	15	6	2.5	30	Ø3	8	T3	3010	7100	
4020-3	40	20	5.556	63	83	20	6	2.5	30	Ø3	9	T3	2537	6204	
5010-3	50	10	6.35	75	82	23	6	2.5	36	Ø3	8	T3	3430	9300	
6310-4	63	10	6.35	85	90	29	6	3.5	32	Ø5	14	T4	5020	16450	

★ 可生產左牙

▲ 珠徑3.5mm,請另選購3.5珠徑之螺桿搭配

7.10 Type: RSU

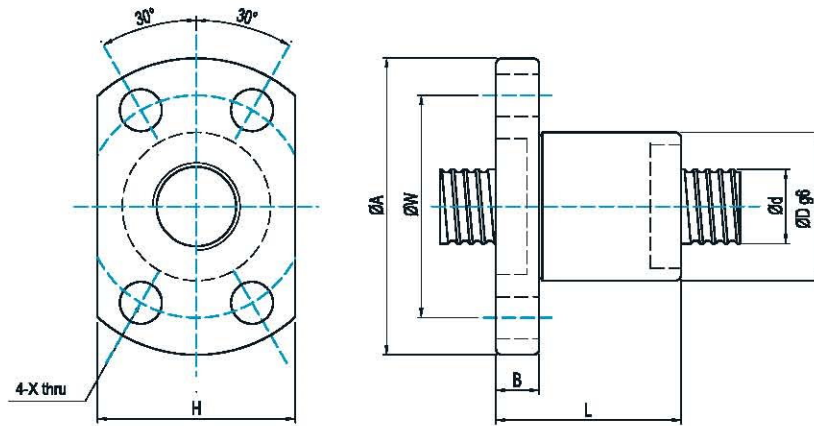


單位 : mm

型號	規格											Ca(Kgf)	Coa(kgf)
	d	l	Da	D	A	B	L	Q	L1	n			
▲ 1604-3	16	4	2.381	29	M22X1.5P	8	32	-	-	T3	435	920	
1605-4	16	5	3.175	32	M30X1.5P	16	56	M6	6.5	T4	980	1650	
2005-4	20	5	3.175	38	M35X1.5P	16.5	59.5	M6	7	T4	1100	2280	
2505-4	25	5	3.175	42	M40X1.5P	17	60	M6	7	T4	1250	3070	
2510-4	25	10	4.762	42	M40X1.5P	17	90	M6	10	T4	2070	4270	
3205-4	32	5	3.175	52	M48X1.5P	19	60	M6	7	T4	1400	4080	
3210-4	32	10	6.35	52	M48X1.5P	19	93	M6	12	T4	3340	7080	
4005-4	40	5	3.175	58	M56X1.5P	19	59	M8	6	T4	1575	5290	
4010-4	40	10	6.35	65	M60X2P	27	102	M8	12	T4	3850	9470	
5010-4	50	10	6.35	78	M72X2P	29	104	M8	12	T4	4390	12400	

▲ 無刮刷器

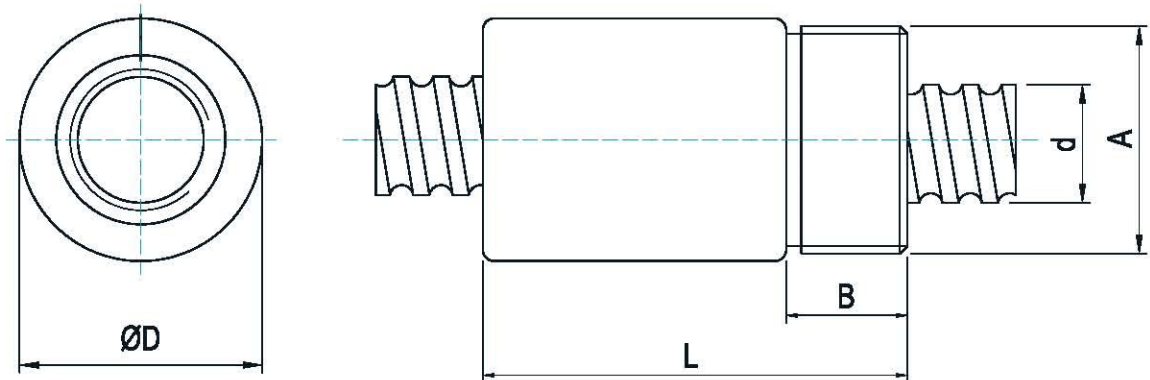
7.11 Type: FSD (無刮刷器)



單位 : mm

型號	規格												
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	H	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)
0601-3	6	1	0.8	12	24	3.5	15	18	3.4	16	T3	73	121
0801-3	8	1	0.8	14	27	4	16	21	3.4	18	T3	93	173
0802-3	8	2	1.2	16	29	4	16	23	3.4	20	T3	135	225
0825-3	8	2.5	1.2	16	29	4	26	23	3.4	20	T3	177	278
1002-3	10	2	1.2	18	35	5	28	27	4.5	22	T3	185	305
1004-3	10	4	2	26	46	10	34	36	4.5	28	T3	395	590
1202-4	12	2	1.2	20	37	5	28	29	4.5	24	T4	258	591
1402-3	14	2	1.2	21	40	6	23	31	5.5	26	T3	184	439

7.12 Type: RSH



單位 : mm

型號	規格									
	d	l	Da	D	A	B	L	n	Ca(Kgf)	Coa(kgf)
12H2-1.5	12	12.7	2.381	29.5	M25x1.5P	12	50	A1	298	445
16H5-3.5	16	5.08	3.175	25.4	15/16"x16un	12.7	43.43	C1	1021	1745