

選定型號

軸向負荷的計算

【水平方向安裝時】

用普通運送系統，把工件水平往返運送時的軸向負荷(F_{a_n})按下式計算。

$$Fa_1 = \mu \cdot mg + f + m\alpha \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$Fa_2 = \mu \cdot mg + f \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$Fa_3 = \mu \cdot mg + f - m\alpha \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$Fa_4 = -\mu \cdot mg - f - m\alpha \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$Fa_5 = -\mu \cdot mg - f \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$Fa_6 = -\mu \cdot mg - f + m\alpha \quad \dots\dots\dots (23)$$

V_{max} : 最大速度 (m/s)

t_1 : 加速時間 (s)

$$\alpha = \frac{V_{max}}{t_1} \text{ : 加速度 (m/s}^2\text{)}$$

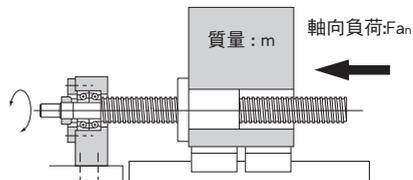
Fa_1 : 去路加速時的軸向負荷 (N)

Fa_2 : 去路等速時的軸向負荷 (N)

Fa_3 : 去路減速時的軸向負荷 (N)

Fa_4 : 返路加速時的軸向負荷 (N)

Fa_5 : 返路等速時的軸向負荷 (N)



導向面
摩擦係數 : μ
無負荷時的阻力 : f
重力加速度 : g

Fa_6 : 去路減速時的軸向負荷 (N)

m : 運送質量 (kg)

μ : 導向面上的摩擦係數 (-)

f : 導向面的阻力 (無負荷時) (N)

【垂直方向安裝時】

用普通運送系統，把工件上下垂直往返運送時的軸向負荷(F_{a_n})按下式計算。

$$Fa_1 = mg + f + m\alpha \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$Fa_2 = mg + f \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$Fa_3 = mg + f - m\alpha \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$Fa_4 = mg - f - m\alpha \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$Fa_5 = mg - f \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$Fa_6 = mg - f + m\alpha \quad \dots\dots\dots (29)$$

V_{max} : 最大速度 (m/s)

t_1 : 加速時間 (s)

$$\alpha = \frac{V_{max}}{t_1} \text{ : 加速度 (m/s}^2\text{)}$$

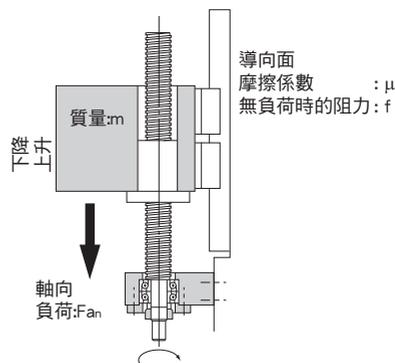
Fa_1 : 向上加速時的軸向負荷 (N)

Fa_2 : 向上等速時的軸向負荷 (N)

Fa_3 : 向上減速時的軸向負荷 (N)

Fa_4 : 向下加速時的軸向負荷 (N)

Fa_5 : 向下等速時的軸向負荷 (N)



Fa_6 : 下降減速時的軸向負荷 (N)

m : 運送質量 (kg)

f : 導向面的阻力 (無負荷時) (N)

靜態安全係數

通常，基本額定靜負荷（ C_{0a} ）等於滾珠螺桿的容許軸向負荷。根據使用條件，對於計算負荷有必要考慮以下靜態安全係數。滾珠螺桿在靜止或運動中，由於衝擊或啟動停止所產生的慣性力等，會有意想不到的外力作用，請務必注意。

$$F_{a_{max}} = \frac{C_{0a}}{f_s} \dots\dots\dots(30)$$

$F_{a_{max}}$ ：容許軸向負荷 (kN)

C_{0a} ：基本靜額定負荷* (kN)

f_s ：靜態安全係數 (參閱表18)

表18 靜態安全係數(f_s)

使用直線運動系統的機械	負荷條件	下限 f_s
綜合工業機械	無振動或衝擊	1.0~3.5
	有振動或衝擊	2.0~5.0
工具機	無振動或衝擊	1.0~4.0
	有振動或衝擊	2.5~7.0

* 所謂基本額定靜負荷（ C_{0a} ），就是在承受最大應力的接觸部分，是滾動體的永久變形量與滾動面的永久變形量之和達到滾動體直徑的0.0001倍時，大小和方向都一定的靜止負荷。對於滾珠螺桿，基本額定靜負荷是以軸向負荷來定義的。（滾珠螺桿各種型號的具體數值記錄在相應型號的尺寸表中。）

【容許負荷的安全率（HBN-V/HBN-K（KA）/HBN型、SBKH型）】

高負荷滾珠螺桿HBN-V/HBN-K（KA）/HBN型、SBKH型要比以往的滾珠螺桿在高負荷的條件下實現壽命長的设计，則需於軸向負荷方面考慮到容許負荷 F_p 。所謂容許負荷 F_p ，即是高負荷滾珠螺桿可承受的最大軸向負荷。使用時請不要超過這個範圍。

另外，當實際施加的軸向負荷因衝擊等而改變時，請考慮容許載重 F_p 的安全性。

$$\frac{F_p}{F_a} > 1 \dots\dots\dots(31)$$

F_p ：容許負荷 (kN)

F_a ：軸向負荷 (kN)

壽命的探討

【滾珠螺桿的壽命】

滾珠螺桿承受外部負荷運動時，滾動面或滾珠連續地承受迴圈的應力作用。當應力達到某個程度時，滾動面就出現疲勞破損，表面產生一部分魚鱗狀的剝落。這種現象稱為表面剝落。滾珠螺桿的壽命是指，滾珠螺桿所旋轉的總轉數。在滾動面或滾珠的任何一方，由於材料的滾動疲勞而產生的最初的面剝落狀況時為止。

關於滾珠螺桿的壽命，即使同樣方法製造出來的滾珠螺桿在相同運動條件下使用，其壽命也會有較大的差別。因此，作為滾珠螺桿壽命的基準，使用以下定義的額定壽命。

所謂額定壽命是指，一批相同的滾珠螺桿在相同條件下逐個運行時，其中的90%不產生表面剝落（金屬面上剝落片）所能達到的旋轉總轉數。

【計算額定壽命】

滾珠螺桿的使用壽命，根據基本額定動負荷(Ca)及軸向負荷，用式(32)計算。

●計算額定壽命

額定壽命(L₁₀)是以基本動額定負荷(Ca)與滾珠螺桿承受的軸向負荷(Fa)，用下方算式求得。

$$L_{10} = \left(\frac{Ca}{Fa} \right)^3 \times 10^6 \dots\dots\dots(32-1)$$

L₁₀ : 額定壽命 (rev.)
Ca : 基本動額定負荷 (N)
Fa : 軸向負荷 (N)

●在考量使用條件下計算所得的額定壽命

由於在實際使用下，運行中較常伴隨著振動與衝擊，對滾珠螺桿作用的負荷會有所變化，難以正確把握額定壽命。考量到這些條件，可透過以下的算式(32-2)算出考量使用條件的額定壽命(L_{10m})。

●考量使用條件的係數 α

$$\alpha = \frac{1}{f_w}$$

α : 考量使用條件的係數
f_w : 負荷係數 (參閱表19)

●考量使用條件的額定壽命 L_{10m}

$$L_{10m} = \left(\alpha \times \frac{Ca}{Fa} \right)^3 \times 10^6 \dots\dots\dots(32-2)$$

L_{10m} : 考量到使用條件的額定壽命 (rev.)
Ca : 基本動額定負荷 (N)
Fa : 軸向負荷 (N)

表19 負荷係數(f_w)

振動／衝擊	速度(V)	f _w
微小	微速時 V ≤ 0.25m/s	1~1.2
小	低速時 0.25 < V ≤ 1m/s	1.2~1.5
中	中速時 1 < V ≤ 2m/s	1.5~2
大	高速時 V > 2m/s	2~3.5

* 滾珠螺桿承受軸向負荷運動時，使用基本額定動負荷(Ca)來計算其壽命。所謂基本額定動負荷(Ca)是指，使一批相同的滾珠螺桿在相同條件下逐個運行，其額定壽命(L)等於10⁶轉時，作用於軸向的方向和大小都不變的負荷。(基本動額定負荷(Ca)記錄在相應型號的尺寸表中)

* 在良好的潤滑，並且以理想的安裝條件來進行裝配的前提下，來進行額定壽命的計算。安裝構件的精度及變形可能使壽命造成不良影響。

●工作壽命時間

如果能算出每分鐘內的轉數時，根據以下的(33)式和額定壽命(L_{10})來計算壽命時間。

$$L_h = \frac{L_{10}}{60 \times N} = \frac{L_{10} \times Ph}{2 \times 60 \times n \times l_s} \quad \dots\dots(33)$$

L_h	: 工作壽命時間	(h)
N	: 每分鐘轉數	(min^{-1})
n	: 每分鐘往返次數	(min^{-1})
Ph	: 滾珠螺桿的導程	(mm)
l_s	: 行程長度	(mm)

●運行距離壽命

根據額定壽命(L_{10})和滾珠螺桿的導程，由以下(34)式來計算運行距離壽命。

$$L_s = \frac{L_{10} \times Ph}{10^6} \quad \dots\dots(34)$$

L_s	: 運行距離壽命	(km)
Ph	: 滾珠螺桿的導程	(mm)

●考慮預壓時的負荷大小與壽命

在滾珠螺桿的螺帽內施加預壓(中預壓)使用時，由於滾珠螺桿螺帽內已接受內部負荷，計算壽命時有必要考慮預壓負荷進行計算。另外，有關具體型號的預壓負荷的詳細情況，請與THK聯繫。

●平均軸向負荷

作用於滾珠螺桿的軸向負荷發生變動時，有必要算出平均軸向負荷，再計算壽命。

所謂平均軸向負荷(F_m)，是指與變動負荷作用在滾珠螺桿上時具有相同壽命的一定大小的負荷。

負荷按階段變化時，由下式計算平均軸向負荷。

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{1}{l} (F_{a1}^3 l_1 + F_{a2}^3 l_2 + \dots + F_{an}^3 l_n)} \quad \dots\dots(35)$$

F_m	: 平均軸向負荷	(N)
F_{an}	: 變動負荷	(N)
l_n	: 負荷(F_n)作用下的運行距離	
l	: 總運行距離	

用轉速和時間取代距離求得平均軸向負荷時，請用下式求得距離後再計算平均軸向負荷。

$$l = l_1 + l_2 + \dots + l_n$$

$$l_1 = N_1 \cdot t_1$$

$$l_2 = N_2 \cdot t_2$$

$$l_n = N_n \cdot t_n$$

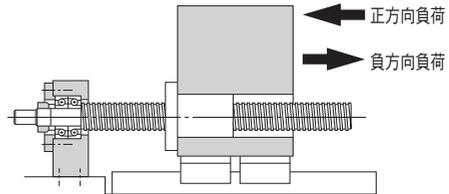
N:轉速

t:時間

■ 負荷方向發生變化時

變動負荷方向完全相同時，用(35)式計算不會有問題。但是，變動負荷方向因動作而發生變化時，要考慮負荷的方向，分別計算出正方向負荷的平均軸向負荷和負方向負荷的平均軸向負荷。(計算正方向負荷的平均軸向負荷時，把負方向負荷作為零計算)。2個平均軸向負荷中，以負荷大的一方作為計算壽命時的平均軸向負荷。

例：用下列負荷條件，計算平均軸向負荷。



動作編號	變動負荷 Fa(N)	運行距離 l(mm)
No.1	10	10
No.2	50	50
No.3	-40	10
No.4	-10	70

* 變動負荷記號和運行距離記號的下標表示動作編號。

● 正符號負荷的平均軸向負荷

* 為了計算正符號負荷的平均軸向負荷，以Fa₃和Fa₄為零進行計算。

$$F_{m1} = \sqrt[3]{\frac{Fa_1^3 \times l_1 + Fa_2^3 \times l_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}} = 35.5\text{N}$$

● 負符號負荷的平均軸向負荷

* 為了計算負符號負荷的平均軸向負荷，以Fa₁和Fa₂為零進行計算。

$$F_{m2} = \sqrt[3]{\frac{|Fa_3|^3 \times l_3 + |Fa_4|^3 \times l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}} = 17.2\text{N}$$

因此，把正符號負荷的平均軸向負荷(F_{m1})作為計算壽命時的平均軸向負荷(F_m)。