

选择型号

轴向载荷的计算

【水平使用时】

用普通搬送装置,把工件水平往返运送时的轴向载荷(F_{a_n})按下式计算。

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

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

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

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

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

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

V_{max} : 最高速度 (m/s)

t_1 : 加速时间 (s)

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

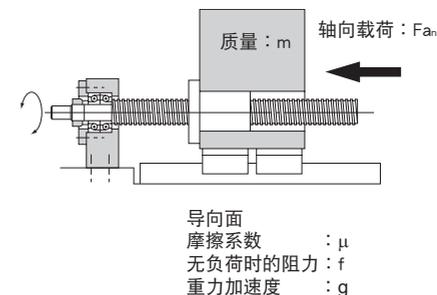
Fa_1 : 去路加速时的轴向载荷 (N)

Fa_2 : 去路等速时的轴向载荷 (N)

Fa_3 : 去路减速时的轴向载荷 (N)

Fa_4 : 返程加速时的轴向载荷 (N)

Fa_5 : 返程等速时的轴向载荷 (N)



Fa_6 : 返程减速时的轴向载荷 (N)

m : 运送质量 (kg)

μ : 导向面上的摩擦系数 (-)

f : 导向面的阻力(无负荷时) (N)

【垂直使用时】

用普通搬送装置,把工件上下垂直往返运送时的轴向载荷(F_{a_n})按下式计算。

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

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

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

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

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

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

V_{max} : 最高速度 (m/s)

t_1 : 加速时间 (s)

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

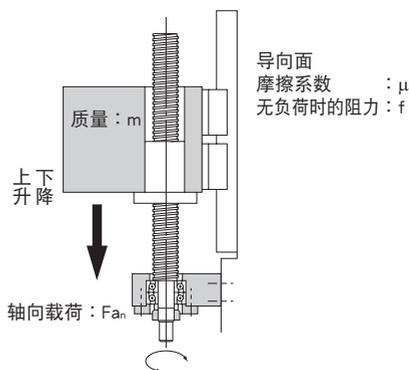
Fa_1 : 上升加速时的轴向载荷 (N)

Fa_2 : 上升等速时的轴向载荷 (N)

Fa_3 : 上升减速时的轴向载荷 (N)

Fa_4 : 下降加速时的轴向载荷 (N)

Fa_5 : 下降等速时的轴向载荷 (N)



Fa_6 : 下降减速时的轴向载荷 (N)

m : 运送质量 (kg)

f : 导向面的阻力(无负荷时) (N)

静态安全系数

通常,基本静额定载荷(C_{0a})等于滚珠丝杠的容许轴向载荷。根据使用条件,对于计算负荷有必要考虑以下静态安全系数。滚珠丝杠在静止或运动中,由于冲击或启动停止所产生的惯性力等,会有意想不到的外力作用,请务必注意。

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

$F_{a_{max}}$: 容许轴向载荷 (kN)

C_{0a} : 基本静额定载荷* (kN)

f_s : 静态安全系数 (参照表21)

表21 静态安全系数(f_s)

使用机械	负荷条件	f_s 的下限
一般工业机械	无振动或冲击时	1.0~3.5
	有振动或冲击时	2.0~5.0
工具机	无振动或冲击时	1.0~4.0
	有振动或冲击时	2.5~7.0

※所谓基本静额定载荷(C_{0a}),就是在承受最大应力的接触部分,是滚动体的永久变形量与滚动面的永久变形量之和达到滚动体直径的0.0001倍时,大小和方向都一定的静止负荷。对于滚珠丝杠,基本静额定载荷是以轴向载荷来定义的。(滚珠丝杠各种型号的具体值记载于相应型号的尺寸表中。)

【相对于容许载荷的安全率(HBN-V/HBN-K(KA)/HBN型、SBKH型)】

高承载丝杠HBN型以及高承载高速丝杠SBKH型相对于以往产品,在设计上实现了高承载条件下的长寿命,对于轴向载荷需要考虑容许载荷 F_p 。容许载荷 F_p 值是高承载丝杠所能承受的最大轴向载荷,使用范围不能超过此载荷值。

而且,在实际使用中,其轴向载荷由冲击等引起变化的场合,需要考虑轴向载荷与容许载荷的 F_p 的安全比。

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

F_p : 容许载荷 (kN)

F_a : 轴向载荷 (kN)

工作寿命的探讨

【滚珠丝杠的工作寿命】

滚珠丝杠承受外部负荷运动时，在滚动面或钢球上连续地承受循环应力的作用。当应力达到某个限度时，滚动面就出现疲劳破损，一部分表面产生鱼鳞状的剥落。这种现象称为表面剥落。滚珠丝杠的寿命是指，在滚动面或钢球的任何一方，由于材料的滚动疲劳而产生的最初表面剥落出现时为止，滚珠丝杠所旋转的总转数。

关于滚珠丝杠的工作寿命，即使同样方法制造出来的滚珠丝杠在相同运动条件下使用，其寿命也会有较大的差别。因此，作为滚珠丝杠寿命的基准，使用以下定义的额定寿命。

所谓额定寿命是指，一批相同的滚珠丝杠在相同条件下分别运行时，其中的90%不产生表面剥落（金属表面的鳞片状剥落）所能达到的总转数。

【计算额定寿命】

滚珠丝杠的额定寿命，根据基本额定动载荷（Ca）及轴向载荷，用式（32）计算。

● 计算额定寿命

额定寿命（L₁₀）根据基本额定动载荷（Ca）和对滚珠丝杠施加轴向载荷（Fa），由下式计算得出。

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

L₁₀ : 额定寿命 (rev.)
Ca : 基本额定动载荷 (N)
Fa : 轴向载荷 (N)

● 考虑使用条件时的额定寿命的计算

在实际使用中，由于在运转时大都伴随振动和冲击，导致作用负荷不断变化，因此很难正确掌握。考虑到这些条件，可以由以下公式（32-2）计算出考虑到使用条件的额定寿命（L_{10m}）。

● 考虑到使用条件的系数 α

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

α : 考虑到使用条件的系数
f_w : 负荷系数 (参照表22)

● 考虑到使用条件的额定寿命 L_{10m}

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

L_{10m} : 考虑到使用条件的额定寿命 (rev.)
Ca : 基本额定动载荷 (N)
Fa : 轴向载荷 (N)

表22 负荷系数（f_w）

振动、冲击	速度 (V)	f _w
微小	微速时 V ≤ 0.25m/s	1~1.2
小	低速时 0.25 < V ≤ 1m/s	1.2~1.5
中	中速时 1 < V ≤ 2m/s	1.5~2
大	高速时 V > 2m/s	2~3.5

* 基本额定动载荷（Ca）用于滚珠丝杠承受轴向负荷运动时计算使用寿命。所谓基本额定动载荷（Ca）是指使一批相同的滚珠丝杠在相同条件下分别运行，其额定寿命（L）等于10⁶转时，作用在轴向上的方向和大小都不变的载荷。（基本额定动载荷（Ca）记载于相应型号的尺寸表中。）

* 额定寿命按照可以确保良好的润滑，并且以理想的安装条件来进行装配的前提来进行负荷计算得出。安装构件的精度及变形可能给寿命造成不良影响。

● 工作寿命时间

如果已计算出每分钟内的转数,可根据以下的(33)式和额定寿命(L_{10})来计算工作寿命时间。

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

L_h : 工作寿命时间 (h)

N : 每分钟转数 (min^{-1})

n : 每分钟往返次数 (min^{-1})

Ph : 滚珠丝杠的导程 (mm)

l_s : 行程长度 (mm)

● 运行距离寿命

根据额定寿命(L_{10})和滚珠丝杠的导程,由以下(34)式来计算运行距离寿命。

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

L_s : 运行距离寿命 (km)

Ph : 滚珠丝杠的导程 (mm)

● 考虑预压时的负荷大小与寿命

在螺母内施加预压(中预压)使用时,由于螺母内已承受内部负荷,计算寿命时有必要考虑预压负荷进行计算。另外,有关具体型号的预压负荷的详细情况,请向THK咨询。

● 轴向平均负荷

作用于滚珠丝杠的轴向载荷发生变动时,有必要求出轴向平均负荷,再计算寿命。

所谓轴向平均负荷(F_m),是指与变动负荷作用在滚珠丝杠上时具有相同寿命的一定大小的负荷。

负荷按阶段变化时,可由下式计算轴向平均负荷。

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

F_m : 轴向平均负荷 (N)

F_{an} : 变动负荷 (N)

l_n : 负荷(F_n)作用下的运行距离

l : 总运行距离

用转速和时间取代距离求得轴向平均负荷时, 请用下式求得距离后再计算轴向平均负荷。

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

$$l_1 = N_1 \cdot t_1$$

$$l_2 = N_2 \cdot t_2$$

$$l_n = N_n \cdot t_n$$

N: 转速

t: 时间

■ 负荷符号发生变化时

变动负荷符号完全相同时, 用(35)式计算不会有问題。但是, 变动负荷符号因动作而发生变化时, 要考虑负荷的方向, 分别计算出正符号负荷的轴向平均负荷和负符号负荷的轴向平均负荷。(计算正符号负荷的轴向平均负荷时, 把负符号负荷作为零计算)。2个轴向平均负荷中, 以负荷大的一方作为计算寿命时的轴向平均负荷。

例) 用下列负荷条件, 计算轴向平均负荷。

动作编号	变动负荷 F_{a_i} (N)	运行距离 l_i (mm)
No. 1	10	10
No. 2	50	50
No. 3	-40	10
No. 4	-10	70

※变动负荷和运行距离记号的下标表示动作编号。

● 正符号负荷的轴向平均负荷

※为计算正符号负荷的轴向平均负荷, 以 F_{a_3} 和 F_{a_4} 为零进行计算。

$$F_{m1} = \sqrt[3]{\frac{F_{a1}^3 \times l_1 + F_{a2}^3 \times l_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}} = 35.5\text{N}$$

● 负符号负荷的轴向平均负荷

※为计算负符号负荷的轴向平均负荷, 以 F_{a_1} 和 F_{a_2} 为零进行计算。

$$F_{m2} = \sqrt[3]{\frac{|F_{a3}|^3 \times l_3 + |F_{a4}|^3 \times l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}} = 17.2\text{N}$$

因此, 把正符号负荷的轴向平均负荷(F_{m1})作为计算寿命时的轴向平均负荷(F_m)。

