

目录索引



滚珠丝杆系列

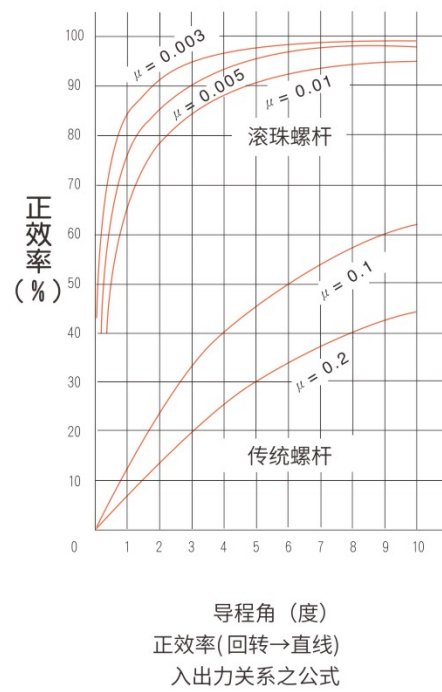
圆滑的动作性 / 无背隙与高刚性 / 优异的耐久性 / 导程精度高

1-1 滚珠螺杆的特长	03
1-2 滚珠螺杆的选定步骤	05
1-3 精度设计	06
1-4 螺杆轴的设计	11
1-5 驱动扭矩	15
1-6 螺帽设计	16
1-7 刚性检讨	17
1-8 定位精度	19
1-9 寿命设计	20
1-10 滚珠螺杆的使用之注意事项	26
2-1 滚珠螺杆的公称代号	28
SFA	31
SFNU	32
SFNI	33
SFY	34
SFUL	35
XSV	36
SFK	36
BSH	37
CTHR	38

1-1 滚珠丝杆的特长

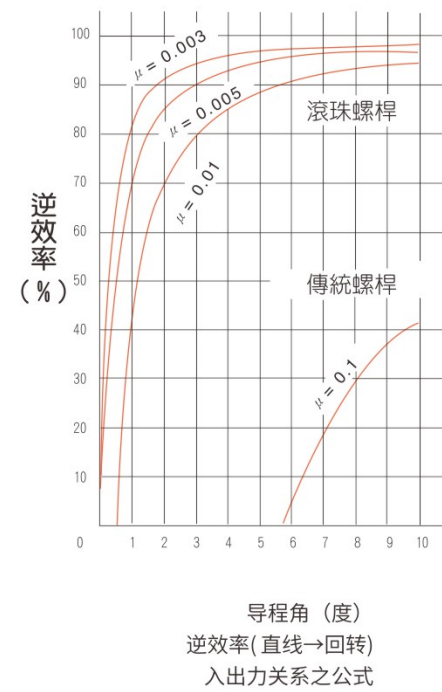
(1) 高信赖性

滚珠丝杆是以多年来所累积的制品技术为基础，从材料、热处理、制造、检查至出货，都是以严谨的品保制度来加以管理，因此具有高信赖性。



(2) 圆滑的动作性

滚珠丝杆如图1.1.1所示，具有比传统螺桿更高的效率，所需扭矩只有30%以下，可轻易将直线运动转换为回转运动。滚珠螺桿即使给予预压，亦能维持圆滑的动作特性。



μ: 摩擦系数 (研磨螺桿μ=0.005 转造螺桿μ=0.01)

$$P = \frac{2\pi\eta_1 \times T}{\ell}$$

$$T = \frac{\ell \times \eta_2 \times P}{2\pi}$$

T = 入力扭矩 kgf · cm
P = 出力推力 kgf
ℓ = 导程 cm
η₁ = 正效率

T = 入力扭矩 kgf · cm
P = 出力推力 kgf
ℓ = 导程 cm
η₂ = 逆效率

图 1.1.1 滚珠螺桿之机械效率

(3) 无背隙与高刚性

滚珠螺桿如图1.1.2所示，采用德式(Gothic arch) 沟槽形状、轴方向间隙调整至极小亦能轻易转动。又于1个或2个螺帽间做预压调整，予以消除轴方向间隙，使其具有可符合使用条件的适当刚性。

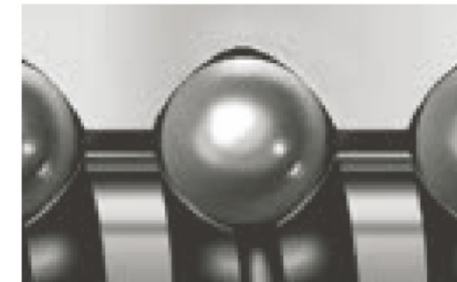


图 1.1.2 哥德式沟槽

(4) 循环方式

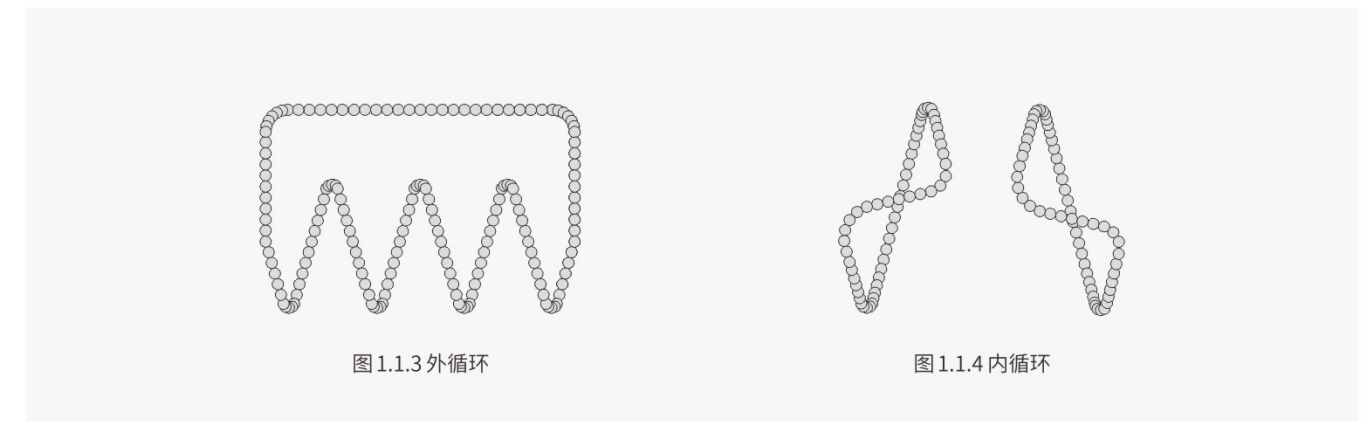


图 1.1.3 外循环

图 1.1.4 内循环

(5) 优异的耐久性

以累积多年的滚珠螺桿之生产技术为基础，采用严谨的材料及高度热处理及加工技术，可供耐久性的制品。如表1.1.1及图1.1.5所示。

表 1.1.1 材料与热处理

品名	材料	硬度
螺桿	螺桿高碳钢 铬钼合金钢	HRC 58°~64°
螺帽	螺帽铬钼 合金钢	HRC 58°~62°
钢珠	钢珠铬钼 合金钢	HRC 62° UP

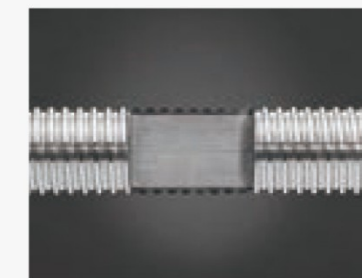
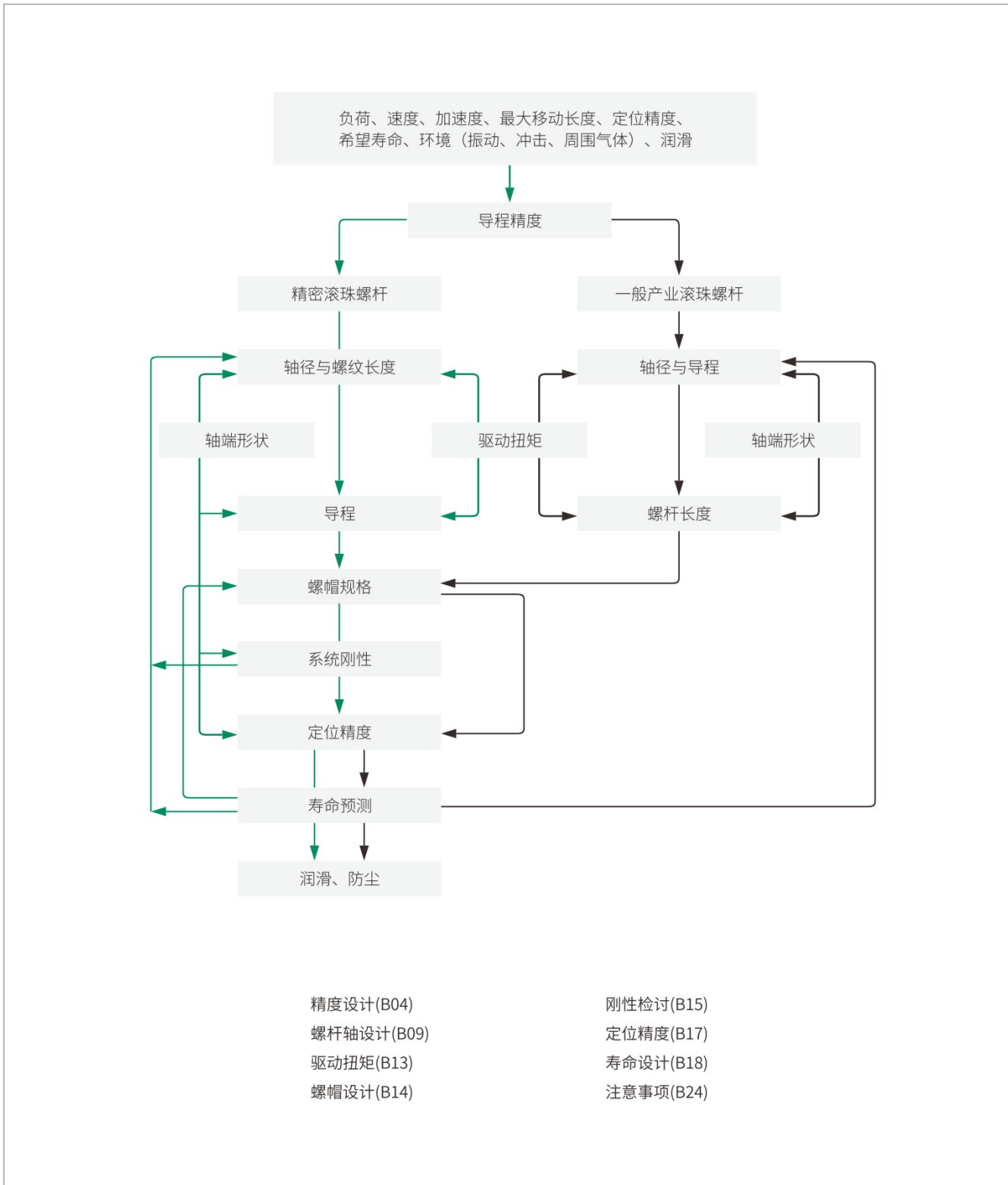


图 1.1.5 热处理图

1-2 滚珠螺杆菌的选定步骤



1-3 精度设计

精密滚珠螺杆菌(C0级~C5级)的导程精度,以JIS规格为基准,并由四个特性项目(E,e,e₃₀₀,e_{2π})加以规定。各特性之定义与容许值如图1.3.1及表1.3.1~1.3.3所示。一般用滚珠螺杆菌C7,C10之累积导程误差,则仅以在有效螺杆菌长度范围内任取300mm的最大幅宽的误差容许值,和表1.3.3之e₃₀₀加以规定,各为0.05mm及0.21mm。

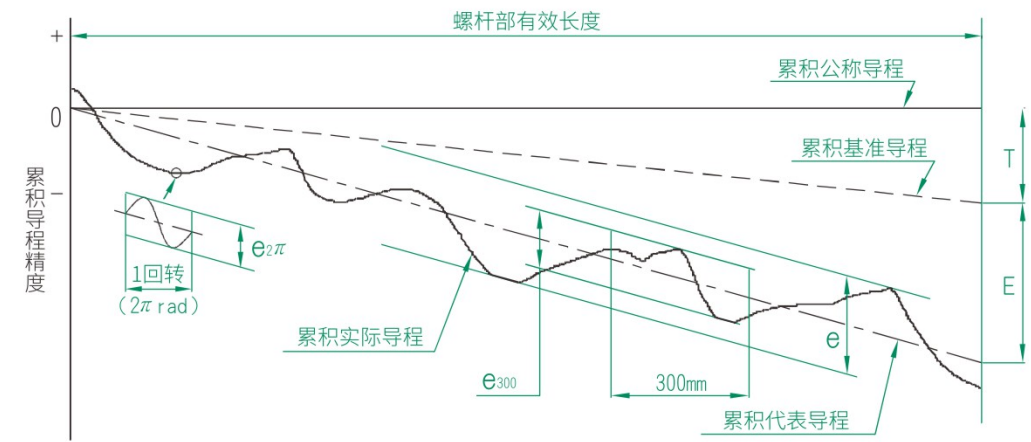


图 1.3.1 导程精度之说明书

用语	记号	说明	容许值
累积导程之目标值	T	在有效螺杆菌范围内,累积基准导程减累积公称导程的差谓之,亦即考虑运转时之热膨胀、弹性变形等因素。而事先将累积公称导程加以修正,并据此制作螺杆菌。其值依实验或经验而定。	
累积实际导程		实际测定之累积导程。	
累积代表导程		代表累积实际导程倾向的直线,由累积实际导程曲线藉最小二乘法或类似方法,所求得之直线。	
累积代表导程之误差	E	累积代表导程减累积基准导程的值。	表 1.3.2
变动	e e ₃₀₀ e _{2π}	与累积代表导程平行划出的2直线所夹之累积实际导程之最大幅宽由下列3项加以规定。在有效螺杆菌长度范围内的最大幅宽。在有效螺杆菌长度范围内任取300mm的最大幅宽。螺杆菌轴转动1圈的范围内,螺杆菌对应于任意回转角的轴方向移动量之实测值与基准值相差的最大幅宽。	表 1.3.2 表 1.3.3 表 1.3.3

1-3 精度设计

表 1.3.2 累积代表导程误差(±E)与变动(e)之容许值(JIS B 1192)

单位: μm

精度等级	C0		C1		C2		C3		C5		C7		C10		
	以上	以下	±E	e	±E	e	±E	e	±E	e	±E	e	e	e	
有效 螺纹长度 (mm)		100	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18	±50/300mm	±210/300mm	
		100	200	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20			18
		200	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23			18
		315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25			20
		400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27			20
		500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	30			23
		630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35			25
		800	1000	8	6	11	8	15	10	21	15	40			27
		1000	1250	9	6	13	9	18	11	24	16	46			30
		1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	54			35
		1600	2000			18	11	25	15	35	21	65			40
		2000	2500			22	13	30	18	41	24	77			46
		2500	3150			26	15	36	21	50	29	93			54
		3150	4000			30	18	44	25	60	35	115			65
		4000	5000					52	30	72	41	140			77
		5000	6300					65	36	90	50	170			93
	6300	8000							110	60	210	115			
	8000	10000									260	140			
	10000	12500									320	170			

表 1.3.3 螺杆菌国际标准精度对照表

单位: μm

等级	ISO, DIN	研磨级					转造级		
		C0	C1	C2	C3	C5	C5	C7	C10
e ₃₀₀	ISO, DIN	-	6	-	12	23	23	52	210
	JIS	3.5	5	-	8	18	18	50	210
	AKD	3.5	5	7	8	18	23	50	210

1-3-2 轴方向间隙

精密滚珠螺杆菌之轴方向间隙预压等级, 如表 1.3.4 所示。

表 1.3.4 轴方向间隙预压等级

精度等级	P0	P1	P2	P3	P4
间隙	有	无	无	无	无
预压	无	无	轻	中	重

1-3 精度设计

过大的预压力将造成摩擦扭矩大增及温升效应, 而使得预期寿命减短; 但太低的预压力会使得滚珠螺杆菌刚性不足及增加失步的可能性。AKD 建议您, 于 CNC 工具机的使用上, 以不超过 8% 动负荷为预压力的最大值; 于自动化 X-Y 平台机构上则以不超过 5% 的动负荷为预压力之最大值。

表 1.3.5 预压(P2)参考值

规格	单螺帽弹力(kgf)	双螺帽弹力(kgf)
1605	0.1~0.3	0.3~0.6
2005	0.1~0.3	0.3~0.6
2505	0.2~0.5	0.3~0.6
3205	0.2~0.5	0.5~0.8
4005	0.2~0.5	0.5~0.8
2510	0.2~0.5	0.5~0.8
3210	0.3~0.6	0.5~0.8
4010	0.3~0.6	0.5~0.8
5010	0.3~0.6	0.8~1.2
6310	0.6~1.0	0.8~1.2
8010	0.6~1.0	0.8~1.2

表 1.3.6 转造级及研磨级滚珠螺杆菌(P0)最大轴向间隙

单位: mm

螺杆菌外径尺寸	转造级滚珠螺杆菌最大轴向间隙	研磨级滚珠螺杆菌最大轴向间隙
Ø04~Ø14 微型滚珠螺杆菌	0.05	0.015
Ø15~Ø40 中尺寸滚珠螺杆菌	0.08	0.025
Ø50~Ø100 大尺寸滚珠螺杆菌	0.12	0.05

1-3-3 滚珠螺杆菌的安装部位精度

滚珠螺杆菌的安装部位之精度, 其必要项目如下:

- 相对于螺纹沟面的轴线 A, 测定螺杆菌支持部位的半径方向圆周偏摆值。
- 相对于螺杆菌支持部位的轴线 F, 测定零件安装部位的同轴度。
- 相对于螺杆菌轴支持部位的轴线 E, 测定支持部位的端面的直角度。
- 相对于螺杆菌轴线 G, 测定螺帽的基准面或法兰的安装面的直角度。
- 相对于螺杆菌轴线 A, 测定螺帽外缘圆周(圆筒型)的同轴度。
- 相对于螺杆菌轴线 C, 测定螺帽外缘(平头型安装面)的平行度。
- 螺杆菌轴线的半径方向的总偏摆值。

在此所述之精度项目是以 JIS B 1191、1192 为基准。

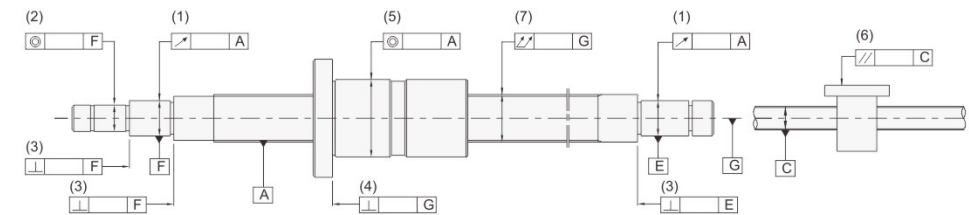


图 1.3.2 滚珠螺杆菌安装部位的精度

1-3 精度设计

1-3-4 预压扭矩

转动有施予预压之滚珠螺杆时，产生之预压扭矩用语如图1.3.3所示。而预压扭矩变动率的容许范围大致上是以JIS规格为基准，如表1.3.7所示。

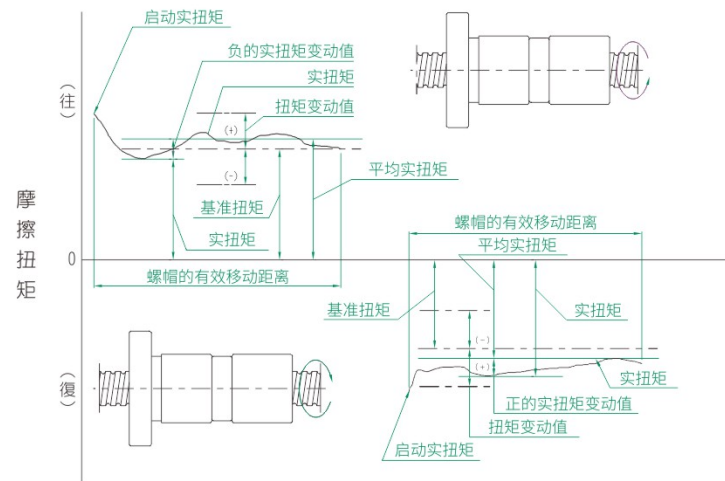


图 1.3.3 预压扭矩的说明

用语之意义

(1) 预压

为求消除螺杆的间隙增大螺杆之刚性而将1组大1号的钢珠（约2μ）填入螺帽内，或者使用在螺杆轴方向互相施予移位两个螺帽而产生的螺杆内部的作用力。

(2) 预压动扭矩

依所定之预压加诸于滚珠螺杆后，在外部无负载的状态下，连续转动螺杆轴或螺帽所需之动扭矩谓之。

(3) 基准扭矩

做为目标所设定的预压动扭矩图1.3.3之(1)。

(4) 扭矩变动值

做为目标所设定的预压动扭矩的变动值。取相对于基准扭矩的正或负值。

(5) 扭矩变动率

相对于基准扭矩的变动值的比率。

(6) 实扭矩

滚珠螺杆的实测预压动扭矩。

(7) 平均实扭矩

螺纹部有效长度内；使螺帽做往复运动所测得之实扭矩最大与最小值的算术平均数。

(8) 实扭矩变动值

螺纹部有效长度内；使螺帽做往复运动所测得之最大变动值，最小值取相对于实扭矩的正或负值。

(9) 实扭矩变动率

相对于平均实扭矩的变动值比率。

1-3 精度设计

表 1.3.7 扭矩变动率的容许范围

基准扭矩 kgf·cm	有效螺杆长度 mm											
	4000 以下						4000~10000 以下					
	细长比 1:40 以下			细长比:40~1:60			-			-		
	等级			等级			等级			等级		
超过	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%

备注: 1. 细长比是以螺杆轴的螺纹部长度 (mm) 除螺杆轴外径所得的值谓之。
2. 基准扭矩2kgf × cm 以下，依AKD规格另行管理。

基准扭矩 T_p 的算出

预压滚珠螺杆的基准扭矩 T_p (kgf × cm) 的计算式如下所示。

$$T_p = 0.05 (\tan\beta)^{-0.5} \cdot \frac{F_{a0} \cdot \ell}{2\pi}$$

在此 · F_{a0} = 预压负荷 (kgf)

β = 导程角

ℓ = 导程 (cm)

测定条件

预压动扭矩(T_p) 是以下述的测定条件如图1.3.4所示之方法，转动螺杆轴后，测定为使螺帽不跟着一起转动所需之力(F)，再将(F)的测定值乘以力臂长(L)，所得之积即为 T_p 。

$$T_p = F \cdot L$$

测定条件

- (1) 测定时是以不附刮刷器的状态下施行。
- (2) 测定回转速为100rpm。
- (3) 使用的润滑油黏度依据JSK2001(工业用润滑油黏度分类)的规定，以ISOVG68为基准。

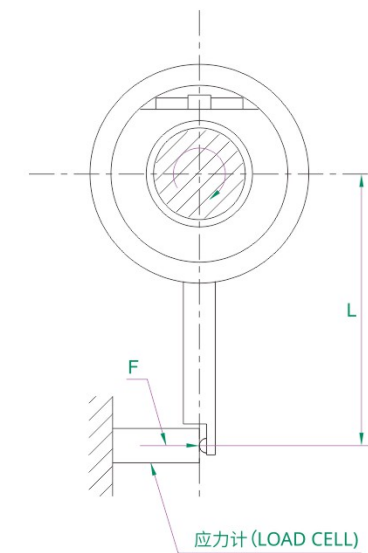


图 1.3.4 预压动扭矩测定法

1-4 螺杆轴设计

1-4-1 安装方式

安装方法于选择适当滚珠螺杆规格时为重要项目，图1.4.1~1.4.8为安装范例。当使用条件须以更严密的条件做判别或使用特殊安装方法，以致判断条件不明时，请连络洽询AKD。

(螺杆轴、螺帽的安装方法)

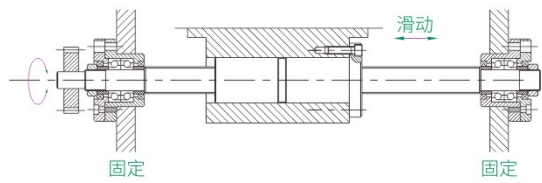


图1.4.1

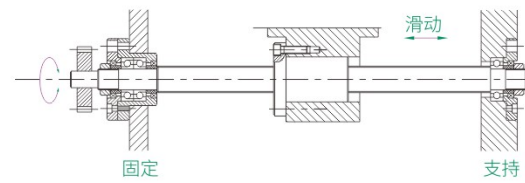


图1.4.5

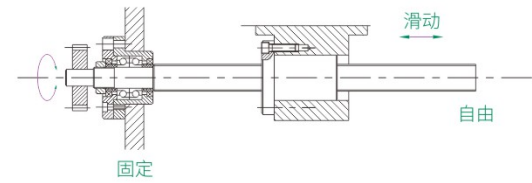


图1.4.2

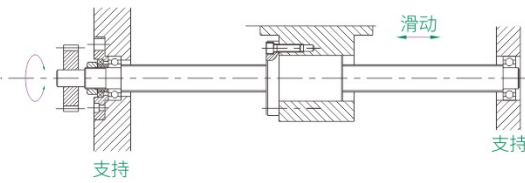


图1.4.6

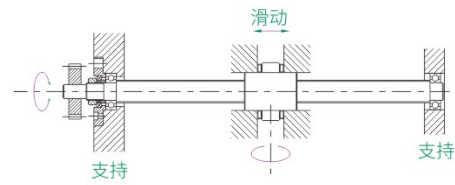


图1.4.3

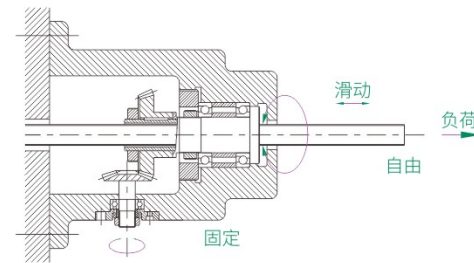


图1.4.7

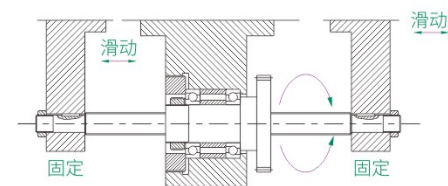


图1.4.4

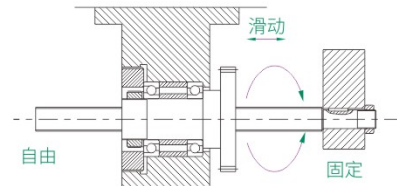


图1.4.8

(各种工作机械用螺杆轴的安装方法)

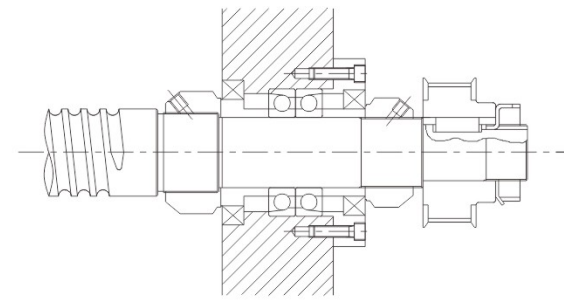


图1.4.9

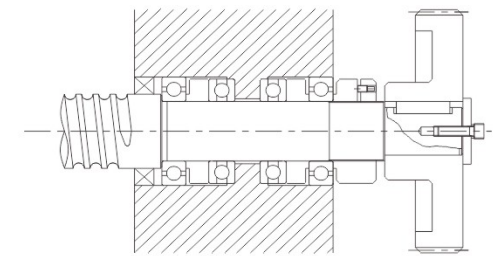


图1.4.11

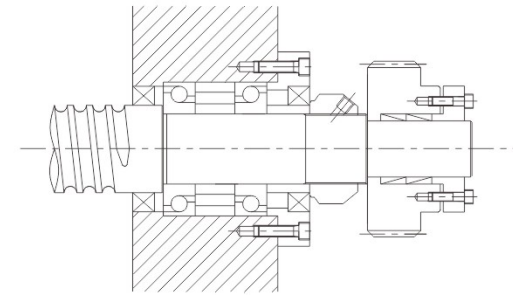


图1.4.10

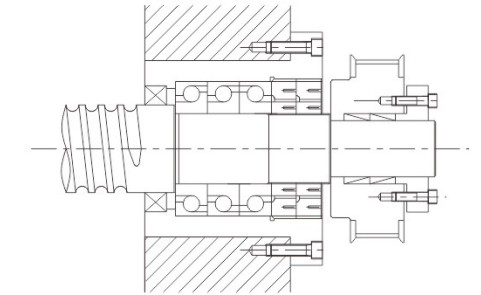


图1.4.12

(施予预拉时之轴承安装方法)

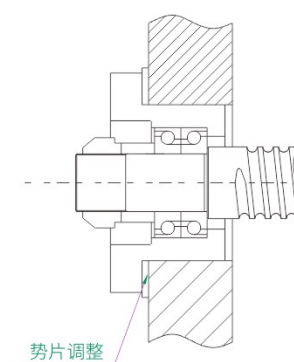


图1.4.13

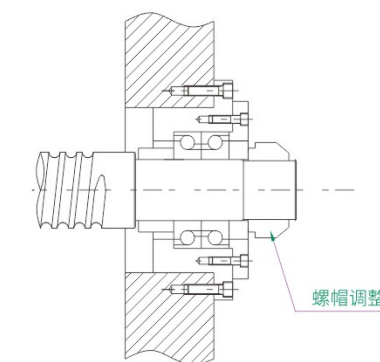


图1.4.14

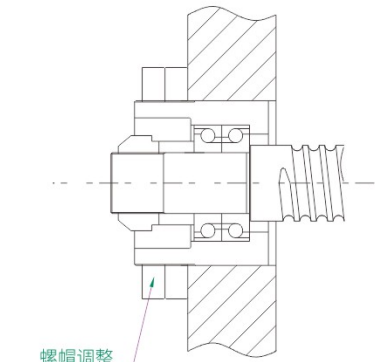


图1.4.15

1-4 螺杆轴设计

1-4-2 容许轴方向负荷

(1) 挫屈负荷

因壓縮負荷的作用，必須驗算其對螺桿軸之挫屈的安全性。圖1.4.16乃是挫屈容許壓縮負荷依螺桿外徑別，而整理繪成之圖表。(螺桿軸外徑125mm以上時，請依下式計算。)容許軸方向負荷之刻度，依滾珠螺桿的支持方法加以選定。

$$P = \alpha \cdot \frac{1}{L^2} \cdot \frac{\pi \cdot E}{4} \cdot dr^4 = m \cdot \frac{dr^4}{L^2} \cdot 10^3$$

在此

α : 安全系数 ($\alpha = 0.5$)

E: 从弹性系数 ($E = 2.1 \cdot 10^4 \text{ kgf/mm}^2$)

L: 螺桿軸斷面之最小二次力矩

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

dr: 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系数

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)

(2) 容許拉伸壓縮負荷

安裝的距離較短時，請針對與安裝

方法無關的下列兩項進行驗算。

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

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

在此

P: 容許拉壓負荷(kgf)

σ : 容許拉伸壓縮應力 (kgf/mm^2)

A: 螺桿軸牙底直徑之斷面積 (mm^2)

dr: 螺桿軸牙底直徑 (mm)

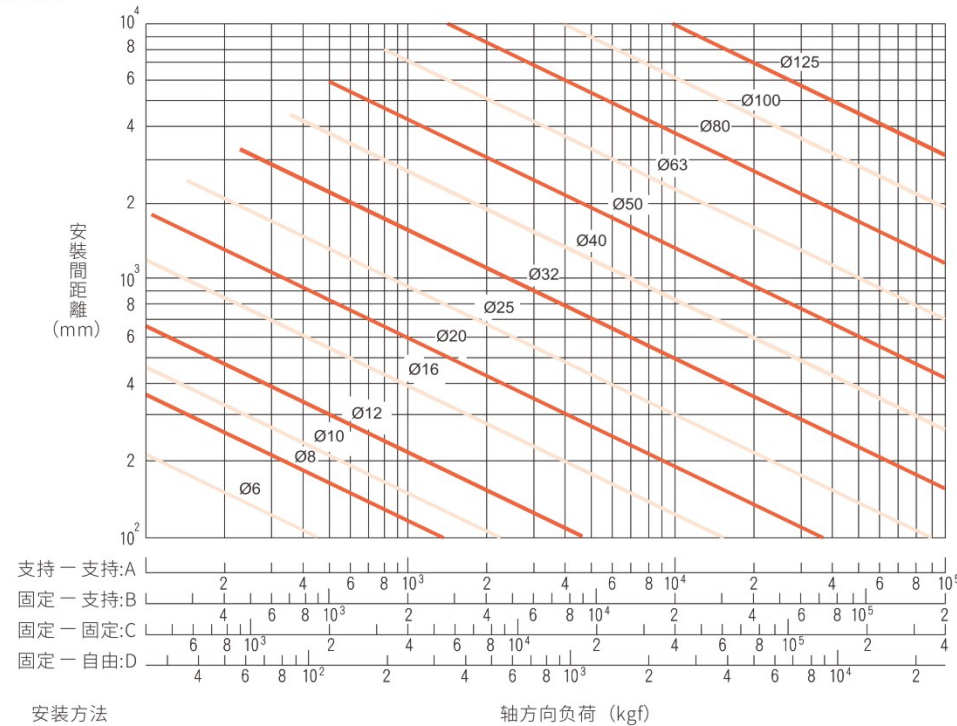


图 1.4.16 挫屈之容许压缩负荷

1-4 螺杆轴设计

1-4-3 容许回转速度

(1) 危险速度

必须检讨滚珠螺桿之回转速度不致与螺桿的固有振動数发生共振(发生共振时之速度，谓之危险速度)以危险速度的80%以下为容许回转速度。图1.4.17是将相对于危险速度的容许回转速度按螺桿外徑作成线图。(螺桿軸外徑125mm以上時，請依下式算出。)容许回转速度的刻度，請依滾珠螺桿的支持方法加以選定。使用回转速度在危险速度上有问题时，请加裝中間支撐以提高螺桿之固有振動数，此方式亦为有效方法。

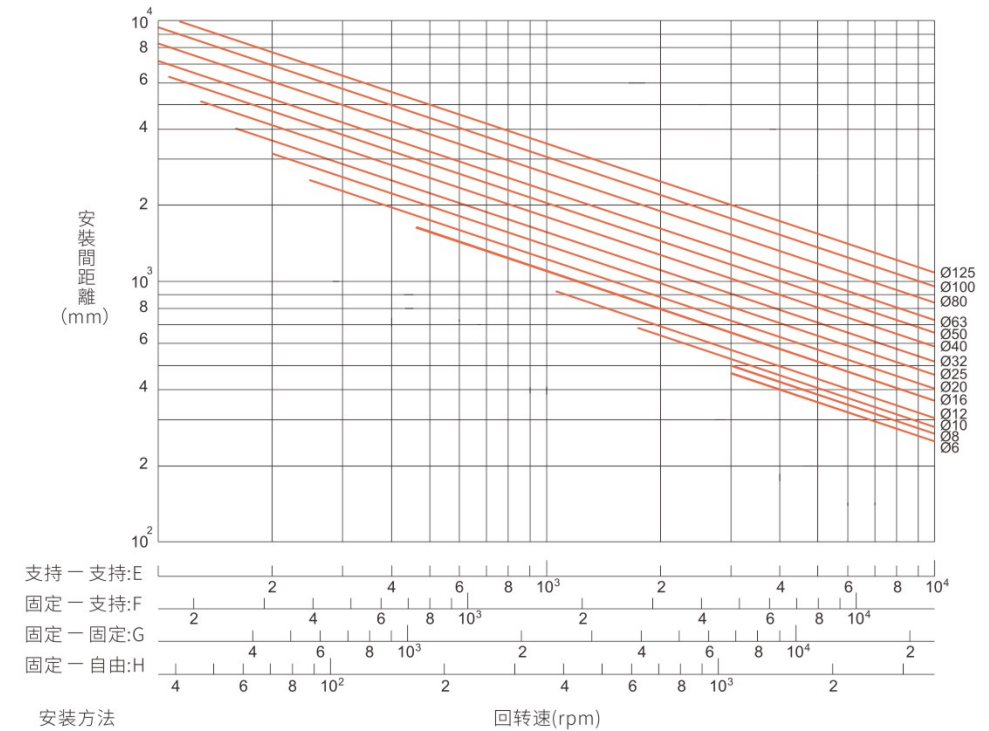


图1.4.17 轴对于危险转速之容许回转速度

(2) Dm · n 值

容许回转速度亦受表示周速的Dm × N值(Dm: 钢珠之中心圆徑mm, N: 回转速度rpm)之限制。

精密用(研磨等級C7以上) 一般產業用(轉造)
Dm × N ≤ 70,000 Dm × N ≤ 50,000

若需制造上述极限以上的滚珠螺桿，因需特殊对策，于选用前，請洽AKD。
* 螺桿长度/轴径之比: $\epsilon > 70$ 时，制造上須特別安排，請洽AKD。

(2) Dm · n 值

容许回转速度亦受表示周速的Dm × N值(Dm: 钢珠之中心圆徑mm, N: 回转速度rpm)之限制。

精密用(研磨等級C7以上) 一般產業用(轉造)

Dm × N ≤ 70,000 Dm × N ≤ 50,000

若需制造上述极限以上的滚珠螺桿，因需特殊对策，于选用前，請洽AKD。

* 螺桿长度/轴径之比: $\epsilon > 70$ 时，制造上須特別安排，請洽AKD。

$$n = \alpha \cdot \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E I g}{\gamma A}} = f \cdot \frac{dr}{L^2} \cdot 10^7 (\text{rpm})$$

在此

α : 安全系数 ($\alpha = 0.8$)

E: 纵弹性系数 ($E = 2.1 \cdot 10^4 \text{ kgf/mm}^2$)

I: 螺桿軸斷面之最小二次力矩

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

dr: 螺桿軸牙底直徑(mm)

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

γ : 材料之密度 ($\gamma = 7.8 \cdot 10^6 \text{ kgf/mm}^3$)

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之系数

支持—支持 f = 9.7 ($\lambda = \pi$)

固定—支持 f = 15.1 ($\lambda = 3.927$)

固定—固定 f = 21.9 ($\lambda = 4.730$)

固定—自由 f = 3.4 ($\lambda = 1.875$)

滚珠丝杆

滚珠丝杆

1-5 驱动扭矩

1-5-1 传动轴的驱动扭矩Ts

$T_s = T_P + T_D + T_F$ (定速时)
 $T_s = T_G + T_P + T_D + T_F$ (加速时)
 T_G : 加速扭矩 (1) T_P : 负荷扭矩 (2)
 T_D : 预压扭矩 (3) T_F : 摩擦扭矩 (4)

(1) 加速扭矩 T_G

$T_G = J\alpha$ (kgf · cm)
 $\alpha = \frac{2\pi n}{60\Delta t}$ (rad/s²)
 J : 马达轴换算的惯性扭矩 (kgf · cm²)
 α : 角加速度 (rad/s²)
 n : 回转速 (min⁻¹)
 Δt : 启动时间 (sec)

(2) 负荷扭矩 T_P

$T_P = \frac{P \cdot l}{2\pi\eta_1}$ (kgf · cm)
 $P = F + \mu M_g$
 P : 轴方向负荷 (kgf)
 l : 导程 (cm)
 η_1 : 正效率
 回转运动变换为直线运动时的效率
 F : 切削力 (kgf)
 μ : 摩擦系数
 M : 移动物质量 (kg)
 g : 重力加速度 (9.8 m/s²)
 $T_P = \frac{P \cdot l \cdot \eta_2}{2\pi}$ (kgf · cm)
 η_2 : 逆效率
 直线运动变换为回转运动时的效率

(3) 预压扭矩 T_D

$T_D = \frac{K \cdot P_{PL} \cdot l}{\sqrt{\tan\alpha} \cdot 2\pi}$ (kgf · cm)
 K : 内部系数
 (通常使用为 0.05)
 P_{PL} : 预压量 (kgf)
 l : 导程 (cm)
 α : 导程角

(4) 摩擦扭矩 T_F

$T_F = T_B + T_O + T_J$ (kgf · cm)
 T_B : 支持轴的摩擦扭矩
 T_O : 自由轴的摩擦扭矩
 T_J : 马达轴的摩擦扭矩

支撑轴摩擦力矩会受到润滑油量的影响。或是油封过紧时也可能发生意料之外的过度摩擦力矩，或是造成温度上升，这一点必须特别注意。

【参考】负荷惯性扭矩 (表 1.5.1)

$J = J_{BS} + J_{CU} + J_W + J_M$

J_{BS} : 滚珠螺杆轴惯性扭矩
 J_{CU} : 联结器惯性扭矩
 J_W : 直线运动部惯性扭矩
 J_M : 马达轴滚轴部惯性扭矩

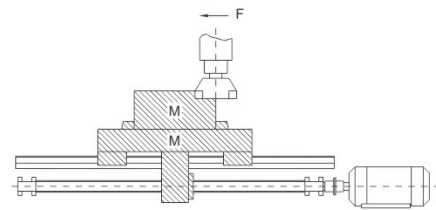


图 1.5.1 负荷惯性扭矩

表 1.5.1 负荷惯性扭矩换算公式

马达轴 换算惯性扭矩	公式	J
圆筒负荷		$\frac{\pi\rho LD^4}{32}$
直线运动物体		$\frac{M}{4} \left(\frac{Vl}{\pi \cdot N_M} \right)^2 = \frac{M}{4} \left(\frac{P}{\pi} \right)^2$
单位		kg · m ²
减速时的惯性扭矩		$J_M = \left(\frac{Nl}{N_M} \right)^2 J /$

ρ : 密度 (kg/m³) $\rho = 7.8 \cdot 10^3$
 L : 圆筒长度 (m)
 D : 圆筒直径 (m)
 M : 直线运动部质量 (kg)
 V : 直线运动物体的速度 (m/min)
 N_M : 马达轴回转数 (min⁻¹)
 P : 马达每转一圈的直线运动物体移动量 (m)
 N : 直线运动方向回转数 (min⁻¹)
 J : 负荷方向惯性扭矩
 J_M : 马达方向惯性扭矩

1-6 螺帽设计

1-6-1 螺帽的选定

- (1) 系列
 选定系列时应须考虑要求精度、所需交货日期、尺寸(螺帽轴外径，导程/螺帽轴外径比)、预压量等。
- (2) 循环方式
 选定循环方式：请由螺帽安装部份之空间经济性为考虑。循环方式之特长如表1.6.1所示。
- (3) 回路数
 选定回路数须考虑要求性能、寿命等。
- (4) 凸缘形状(法兰)
 请配合螺帽安装部份之空间加以选定。
- (5) 给油孔
 精密滚珠螺帽设有给油孔，使用于机器装配时及定期补给时。

表 1.6.1 螺帽循环的参考型式

循环方式	规格		特色
	单螺帽	双螺帽	
内循环	SFNI SFK SFNU BSH	DFU DFI	<ul style="list-style-type: none"> 螺帽外径精巧(不占空间)。 适合于导程/螺帽轴外径比较小者。
端盖式循环	SFY SFH SFA SFYA		<ul style="list-style-type: none"> 适用于高速进给的用途。

1-6-2 螺帽型式

U, I, M 型螺帽

此种型式是由钢珠沿着循环器沟槽，横越过螺帽牙峰再回到原点。一般为一卷钢珠一次循环。
 (如下图1.6.1) 此种型式螺帽至少要有一端是完全通牙，适用螺帽外径较小。

K 型螺帽

循环原理与I型相同，但不同循环时循环位置皆位于相同角度之键槽上。
 (如下图1.6.2)

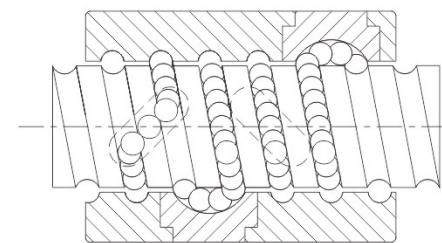


图 1.6.1 U, I, M 型螺帽图

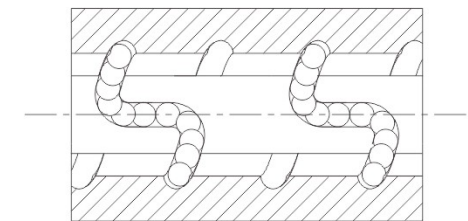


图 1.6.2 K 型螺帽图

滚珠丝杆

滚珠丝杆

1-6 螺帽设计

Y, H, A型螺帽

两端防尘片采用薄而有弹性的材质，更加强化刮刷效果。循环回流结构的强化增加了高刚性高速化功能。(如下图1.6.4)

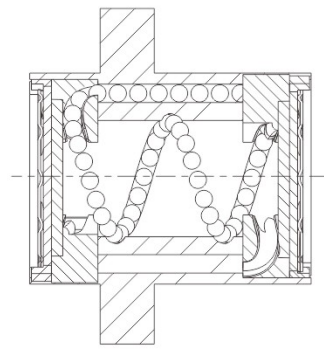


图1.6.4 Y, YA, H, A, J型螺帽图

1-7 刚性检讨

螺杆的周边结构刚性不足为造成失步的主因之一。因此在NC工作机械等精密机械方面要获得良好的定位精度，于设计时必须考虑传动螺杆各部位之零件的轴方向刚性的平衡及其扭曲刚性。

静刚性K

传动螺杆系统的轴方向弹性变形及刚性可由下式求出。

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

P: 传动螺杆系统承载之轴方向负荷 (kgf)

e: 传动螺杆系统轴方向弹性变位量 (mm)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_N} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_H} \text{ (mm/kgf)}$$

K_S : 螺杆轴之方向刚性 (1)

K_N : 螺帽之轴方向刚性 (2)

K_B : 支撑轴方向刚性 (3)

K_H : 螺帽及轴承安装部之轴方向刚性 (4)

(1) 螺杆轴之方向刚性 K_S 及变位量 δ_s

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

P: 轴方向负荷 (kgf)

固定—固定安装の場合

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

$$\delta_{SS} = 4\delta_{SF}$$

δ_{SF} : 固定—固定安装の場合的方向变位量

δ_{SS} : 固定—固定安装以外的場合的方向变位量

A: 螺杆轴牙底直径断面积 (mm^2)

E: 纵弹性系数 ($2.1 \cdot 10^4 \text{kgf/mm}^2$)

L: 安装间距离 (mm)

L_0 : 负荷作用点间距离 (mm)

固定—固定安装以外的場合

$$\delta_{SS} = \frac{PL_0}{AE} \text{ (mm)}$$

$$\delta_{SS} = 4\delta_{SF}$$

δ_{SF} : 固定—固定安装の場合的方向变位量

δ_{SS} : 固定—固定安装以外的場合的方向变位量

A: 螺杆轴牙底直径断面积 (mm^2)

E: 纵弹性系数 ($2.1 \cdot 10^4 \text{kgf/mm}^2$)

L: 安装间距离 (mm)

L_0 : 负荷作用点间距离 (mm)

(2) 螺帽之轴方向刚性 K_N 及变位量 δ_N

$$K_N = \frac{P}{\delta_N} \text{ (kgf/mm)}$$

(a) 单螺帽时

$$\delta_{NS} = \frac{K}{\sin\beta} \left[\frac{Q^2}{d} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{1}{\zeta} \text{ (mm)}$$

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

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

Q: 一个钢珠之负荷 (kgf)

n: 钢珠数

k: 依材料、形状、尺寸、所决定的常数 $k \approx 5.7 \cdot 10^{-4}$

β : 接触角 (45°)

P: 轴方向负荷 (kgf)

d: 钢珠径 (mm)

ζ : 精度, 内部构造系数

m: 有效圈数

D_0 : 钢珠中心直径 (mm)

$$D_0 = \frac{e}{\tan\alpha \cdot \pi} \text{ (mm)}$$

e: 导程 (mm)

α : 导程角

(b) 双螺帽时

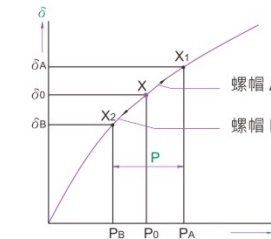


图1.7.1

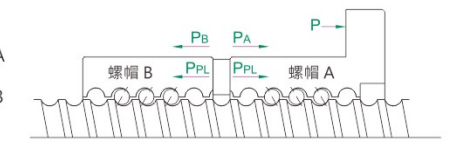


图1.7.2 双螺帽预压负荷

预压负荷重量 P_{PL} 约三倍之轴方向负荷重量P作用时，为了消除螺帽B的预压 P_{PL} ，预压负荷重量 P_{PL} 请设定在最大轴方向负荷重量的1/3以内。最大预压负荷重量以0.25Ca为标准。变位在预压量三倍之轴方向负荷重量时，为单一螺帽时的1/2变位量。

$$K_N = \frac{P}{\delta_{NW}} = \frac{3P_{PL}}{\delta_{NS/2}} = \frac{6P_{PL}}{\delta_{NS}} \text{ (kgf/mm)}$$

δ_{NS} : 单一螺帽的变位量 (mm)

δ_{NW} : 双螺帽的变位量 (mm)

(双螺帽的刚性解说)

如图1.7.1及1.7.2，在两个螺帽A、B上加上 P_{PL} 的预压，螺帽A、B都会产生到达X点的弹性变形。

如果在这里加上外力P的作用，螺帽A从X点移动到 X_1 点、螺帽B会从X点移动到 X_2 点。接着，依据单螺帽变位量 δ_{NS} 的计算公式可得：

$$\delta_0 = aP_{PL}^{\frac{2}{3}}$$

a: 变形系数

$$\text{螺帽图A、B的变位量是 } \delta_A = aP_{PL}^{\frac{2}{3}}$$

从外力P来的螺帽A、B的变位量相等，所以 $\delta_A - \delta_0 = \delta_0 - \delta_B$ 。

或是加在螺帽A、B上的外力只有P，所以PA增加的话 $P_A - P_B = P$ ， $\delta_B = 0$

$$P_A - P_B = P$$

$$\delta_B = 0$$

为防止加在螺帽B上的外力可以被螺帽A吸收变小。因此， $\delta_B = 0$ 时

$$aP_A^{\frac{2}{3}} - aP_{PL}^{\frac{2}{3}} = aP_{PL}^{\frac{2}{3}}$$

$$P_A^{\frac{2}{3}} = 2P_{PL}^{\frac{2}{3}}$$

$$P_A = \sqrt[3]{8} P_{PL} \approx 3P_{PL}$$

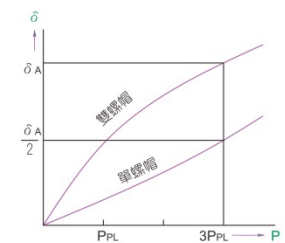


图1.7.3

因此，从图1.7.3也可以判断，预压量三倍之轴方向负荷重量时，单一螺帽为1/2的变位量，刚性为2倍。

(3) 支撑轴之轴方向刚性 K_B 及变位量 δ_B

$$K_B = \frac{P}{\delta_B} \text{ (kgf/mm)}$$

以作为滚珠螺杆的支撑轴承并广泛应用于精密机器方面的组合，斜角滚珠轴承的刚性以下式求出：

$$\delta_B = \frac{2}{\sin\beta} \left[\frac{Q^2}{d} \right]^{\frac{1}{3}} \text{ (mm)} \quad Q = \frac{P}{n \cdot \sin\beta} \text{ (kgf)}$$

Q: 一个钢珠之负荷 (kgf)

n: 钢珠数

β : 接触角 (45°)

P: 轴方向负荷 (kgf)

d: 钢珠径 (mm)

(4) 螺帽及轴承安装部之轴方向刚性 K_H 与变位量 δ_H 于机器开发之初，请特别注意安装部要有高刚性。

$$K_H = \frac{P}{\delta_H} \text{ (kgf/mm)}$$

滚珠丝杆

滚珠丝杆

1-8 定位精度

进给精度误差的因素中，导程精度、进给系统的刚性是检讨要点，其温升所产生的热变形以及导引面的组装精度等因素也需加以考虑。

1-8-1 导程精度的选定

表1.8.1为滚珠螺杆菌精度等级依照不同用途时所建议的使用范围。

表 1.8.1 滚珠螺杆菌依用途别的精度等级范例

用途		用途							
		C0	C1	C2	C3	C5	C7	C10	
NC 工作机械	车床	X	○	○	○	○	○	○	
		Y				○	○	○	
	铣床/ 搪床	XY		○	○	○	○	○	
		Z			○	○	○	○	
	加工中心机	XY		○	○	○	○		
		Z			○	○	○		
	治具搪床	Y	○	○					
		Z	○	○					
	钻床	XY				○	○	○	
		Z					○	○	
	磨床	X	○	○	○	○	○	○	
		Z		○	○	○	○	○	
	放电加工机	XY		○	○	○	○	○	
		(Z)			○	○	○	○	
线切割机/ 放电加工机	Y		○	○	○				
	UV		○	○	○	○	○		
高速冲床	XY				○	○	○		
雷射加工机	XY				○	○			
	Z				○	○			
木工机				○	○	○	○		
泛用机, 专用机			○	○	○	○	○	○	
半导体 相关装置	曝光装置	○	○						
	化学处理装置				○	○	○	○	
	焊线机		○	○	○				
	探针检测机	○	○	○	○				
	电子零件插入机			○	○	○	○		
印刷电路板钻孔机		○	○	○	○	○			
产业机械人	直交坐标型	组立	○	○	○	○	○		
		其他				○	○	○	
	垂直多关节型	组立			○	○	○		
		其他				○	○	○	
圆筒坐标型			○	○	○	○			
钢铁设备机械					○	○	○		
射出成形机					○	○	○		
三次元测定机	○	○	○						
事务机器					○	○	○		
影像处理装置	○	○							
核能发电	控制棒				○	○	○		
	吸震装置						○	○	
	航空器				○	○			

1-8-2 热变位对策

螺杆菌因热而伸长变位，会导致定位精度恶化。热变化可由下式计算求得。

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$$

ΔL : 螺杆菌轴方向的伸长量

α : 热膨胀系数

Δt : 螺杆菌温度变化量(deg)

L : 螺杆菌有效长度

亦即每温升1°C则在1公尺长螺杆菌轴上会有12μm的伸长量发生。因此即使滚珠螺杆菌的导程经过高精度加工，也会因温升所产生的变位而无法达到高精度的定位要求。当滚珠螺杆菌的使用条件要求高速时，则相对地发热量也增大，温升的影响也会变大。

滚珠螺杆菌的温升对策如下所示：

- | | | |
|---|--|---|
| <p>(1) 控制发热量</p> <ul style="list-style-type: none"> · 滚珠发热量、支撑轴承的预压量要正确适量。 · 润滑剂的正确选择及适当的供给。 · 加大滚珠螺杆菌的导程、降低回转速。 | <p>(2) 施予强制冷却</p> <ul style="list-style-type: none"> · 螺杆菌轴挖成中空，通以冷却液。 · 螺杆菌轴外缘以润滑油或空气来冷却。 | <p>(3) 避免温升的影响</p> <ul style="list-style-type: none"> · 以高速先将机台温车(WARMING UP)到温度：安定的状态再使用。 · 螺杆菌轴于安装时施予预拉力。 · 累积导程的目标值预先取负值。 · 使用闭回路方式定位。 |
|---|--|---|

1-9 寿命设计

1-9-1 滚珠螺杆菌的寿命

滚珠螺杆菌即使在合理状态下使用，在经过一段时间后也会因而无法再使用。而劣化到无法使用为止的时间即为滚珠螺杆菌的寿命，一般区分为发生剥离现象时的疲劳寿命以及因磨损所导致的精度劣化寿命等。

1-9-2 基本静额定负荷 C_{0a}

所谓基本静额定负荷是指，当承受最大应力的螺杆菌轴及螺帽内的滚珠沟槽接触部与钢珠的永久变形量的和，达到钢珠直径的0.01%时的轴方向负荷谓之。

1-9-3 基本动额定负荷 C_a

所谓动额定负荷是指一批相同的滚珠螺杆菌以相同的条件回转 10^6 次，其中以90%的螺杆菌不因滚动疲劳而产生剥落现象，此时所承受的轴方向负荷即指动额定负荷

负荷与寿命的关系 $L_a = \left(\frac{1}{P}\right)^3$ L: 寿命 P: 荷重

1-9-4 疲劳寿命

平均负荷 P_e

(1) 当轴方向负荷不时在变动时，请计算出各变动负荷条件下的等价疲劳时的平均负荷。(如表1.9.1)

$$P_e = \left(\frac{P_1^3 n_1 t_1 + P_2^3 n_2 t_2 + \dots + P_n^3 n_n t_n}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ (kgf)}$$

轴方向荷重 (kgf)	回转数 (min ⁻¹)	时间 (%)
P_1	n_1	t_1
P_2	n_2	t_2
⋮	⋮	⋮
P_n	n_n	t_n

但是 $t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n = 100$

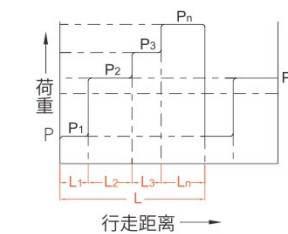


图1.9.1

表 1.9.1 各种用途寿命时间

用途	寿命时间 (h)
工作机械	20000
一般产业机械	10000
自动控制机械	15000
量测装置	15000

1-9 寿命设计

$$P_e = \frac{2P_{max} + P_{min}}{3} \text{ (kgf)}$$

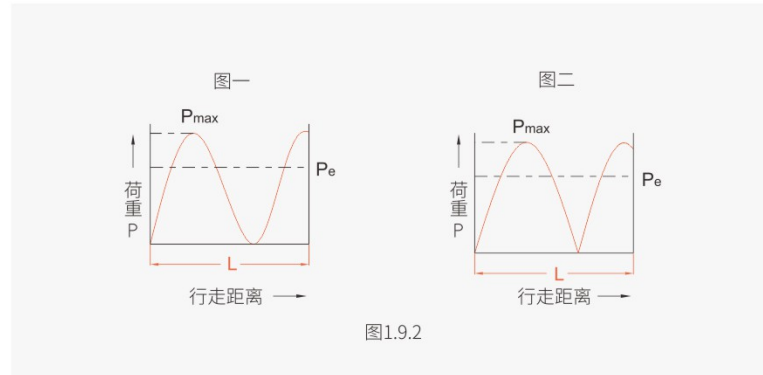
P_{max} : 最大轴方向荷重 (kgf)

P_{min} : 最小轴方向荷重 (kgf)

(2) 负荷依正弦曲线变化时(如右图1.9.2)

$$P_e \approx 0.65 P_{max} \text{ (图一)}$$

$$P_e \approx 0.75 P_{max} \text{ (图二)}$$



1-9-5 寿命计算

疲劳寿命一般虽以总回转数来表示, 但是也有以总回转数时间、总行走距离表示。以下算式可求得: 在此:

$$L = \left[\frac{C_a}{P_a \cdot f_w} \right]^3 \cdot 10^6 \quad L_t = \frac{L}{60n} \quad L_s = \frac{L \cdot \ell}{10^6}$$

在此:

L: 额定疲劳寿命 (rev)

L_s : 行走距离寿命 (km)

P_a : 轴方向负荷 (kgf)

f_w : 负荷系数 (运转条件系数)

L_t : 寿命时间 (h)

C_a : 基本额定负荷 (kgf)

n: 回转数 (rpm)

ℓ : 导程 (mm)

表 1.9.2 负荷系数 (f_w)

反复运动时的 振动/冲击	速度 (V)	f_w
微小	低速时 $V \leq 0.25 \text{ m/s}$	1~1.2
小	低速时 $0.25 < V \leq 1 \text{ m/s}$	1.2~1.5
中速时	中速时 $1 < V \leq 2 \text{ m/s}$	1.5~2
大	高速时 $V > 2 \text{ m/s}$	2~3.5

表 1.9.3 安全系数 (f_s)

使用机械	荷重条件	f_s
工作机械	普通运转时	1.0 ~ 1.3
	有冲击、振动时	2.0 ~ 3.0
一般产业机械	普通运转时	1.0 ~ 1.5
	有冲击、振动时	2.5 ~ 7.0

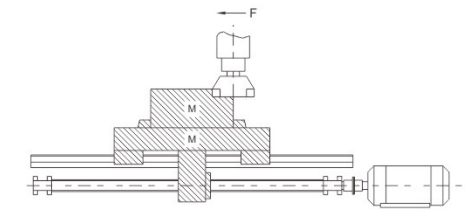
所要额定负荷 C_a
 $C_a = P_e \cdot f_s$

所要静额定负荷 C_{0a}
 $C_{0a} = P_{max} \cdot f_s$

滚珠螺杆菌的选定要领

选择滚珠螺杆菌时, 首先要尽量地调查清楚运转条件再决定设计, 这是最基本的原则。而且选择的要素有负荷重量、行程、力矩、定位精度、重复定位精度、刚性、导程、螺帽孔径等, 各个要素之间都有关联, 其中一项要素改变就会引起其他要素的改变, 必须注意各要素之间的均衡。

滚珠螺杆菌的选定计算



设计条件

1. 工作台重量 300 Kg
2. 工作物重量 400 Kg
3. 最大行程 700 mm
4. 进给速度 10 m/min
5. 最小分解能 10 $\mu\text{m}/\text{stroke}$
6. 驱动马达 DC 马达 (MAX 1000 min)
7. 导引面摩擦系数 ($\mu = 0.05 \sim 0.1$)
8. 转动率 60 %
9. 精度检讨事项
10. 加减速时之惯性力因所占时间比例少, 可以不考虑。

1. 运转条件的设定

(a) 机械寿命时间 H(hr) 的推定

$$H = \frac{\text{转动时间/日}}{\text{转动日/年}} \cdot \frac{\text{寿命年数}}{\text{转动率}}$$

(b) 机械条件

计算诸元 运转区别	速度/回转数	切削阻力	滑动阻力	使用时间
快送	m/min/min ⁻¹	kgf	kgf	%
轻切削	/			
中切削	/			
重切削	/			

(c) 定位精度

进给精度误差的因素中, 导程精度、进给系统的刚性是检讨要点, 其温升所产生的热变形以及导引面的组装精度等因素也需加以考虑。

1. 运转条件的设定

(a) 机械寿命 H(hr) 的推定

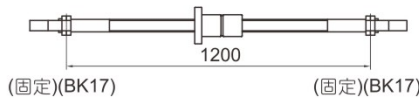
$$H = 12 \text{ hr} \times 250 \text{ 日} \times 10 \text{ 年} \times 0.6 \text{ 转动率} = 18000 \text{ hr}$$

(b) 机械条件

计算诸元 运转区别	速度/回转数	切削阻力	滑动阻力	使用时间
快送	10 m/min/ 1000 min ⁻¹	0 kgf	70 kgf	10 %
轻切削	6/600	100	70	50
中切削	2/200	200	70	30
重切削	1/100	300	70	10

$$\text{滑动助力} = (300 + 400) \cdot 0.1 = 70 \text{ kgf}$$

选定要领	选定计算
2. 滚珠螺桿導程 / (mm) $f = \frac{\text{進給速度 (m/min)} \cdot 1000}{\text{馬達最高回轉速 (min}^{-1})} \text{ (mm)}$	2. 滚珠螺桿導程 / (mm) $f = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ (mm)}$ 最小分解能 = $\frac{10 \text{ mm}}{1000 \text{ 行程}}$ = 0.01 mm/行程
3. 平均荷重 P_e (kgf) 的计算 $P_e = \left[\frac{P_1^3 n_1 t_1 + P_2^3 n_2 t_2 + \dots + P_n^3 n_n t_n}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n} \right]^{\frac{1}{3}}$ $P_e = \frac{2P_{\max} + P_{\min}}{3}$ $P_e \approx 0.65 P_{\max}$ $P_e \approx 0.75 P_{\max}$	3. 平均荷重 P_e (kgf) 的计算 $P_e = \left[\frac{70^3 \cdot 1000 \cdot 10 + 170^3 \cdot 600 \cdot 50 + 270^3 \cdot 200 \cdot 30 + 370^3 \cdot 100 \cdot 10}{1000 \cdot 10 + 600 \cdot 50 + 200 \cdot 30 + 100 \cdot 10} \right]^{\frac{1}{3}}$ $= \left[\frac{31.7 \cdot 10^{10}}{4.7 \cdot 10^4} \right]^{\frac{1}{3}}$ $\approx 189 \text{ kgf}$
4. 平均回轉速 n_m $n_m = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{100}$	4. 平均回轉速 n_m $n_m = \frac{1000 \cdot 10 + 600 \cdot 50 + 200 \cdot 30 + 100 \cdot 10}{100}$ $= \frac{4.7 \cdot 10^4}{100} = 470 \text{ min}^{-1}$
5. 所要動額定負荷 C_a (kgf) 的计算 $C_a = P_e \cdot f_s$	5. 所要動額定負荷 C_a (kgf) 的计算 $C_a = 189 \cdot 5 = 945 \text{ (kgf)}$
6. 所要靜額定負荷 C_{oa} (kgf) 的计算 $C_{oa} = P_{\max} \cdot f_s$	6. 所要靜額定負荷 C_{oa} (kgf) 的计算 $C_{oa} = 369 \cdot 5 = 1845 \text{ (kgf)}$
7. 螺帽型式的选定 $C_a > 945$ $C_{oa} > 1845$ 选择基本動額定負荷及基本靜額定負荷超过上式计算之值的螺帽型式。	7. 螺帽型式的选定 依据型录表中选择 SFN12510 $C_a = 2954 \text{ (kgf)}$ $C_{oa} = 7295 \text{ (kgf)}$

选定要领	选定计算
8. 寿命时间 L_t (h) 的计算 $L_t = \frac{L}{60n} = \left(\frac{C_a}{P_e \cdot f_w} \right)^3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{60n}$	8. 寿命时间 L_t (h) 的计算 $L_t = \left(\frac{2954}{189 \cdot 2} \right)^3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{60 \cdot 470} = 42544 \text{ (h)}$
9. 支撑轴承间距离的决定	9. 支撑轴承间距离的决定  (固定)(BK17) 1200 (固定)(BK17)
10. 螺桿长度的决定 最短螺桿长度 = 最大行程 + 螺帽的长度 + 两轴端预留量	10. 螺桿长度的决定 螺桿长度 = $700 + 85 + 76 + 76 = 937 \text{ mm}$ $937 \text{ mm} < 1200 \text{ mm}$
11. 容許軸方向荷重的检讨	11. 容許軸方向荷重的检讨 因是固定一固定、支撑方式，故省略。
12. 容許回轉速 N 及 DN 值的检讨 $N = \alpha \cdot \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{Eg}{\gamma A}} = f \frac{dr}{L^2} \cdot 10^7 \text{ (rpm)}$ $DN = \text{轴外径} \times \text{最高回轉速}$	12. 容許回轉速 N 及 DN 值的检讨 $N = \frac{21.9 \cdot 21.86 \cdot 10^7}{1200^2} = 3324 \text{ min}^{-1} < n_{\max}$ $DN = 25 \cdot 1000 = 25000 < 50000$
13. 热变位对策 $\Delta f = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$ Δf : 螺桿軸方向的伸長量 α : 熱膨脹係數 Δt : 螺桿溫度變化量(deg) L : 螺紋有效長度	13. 热对位对策 热对位对策 一般机械上预估滚珠螺桿约有2-5°C的温度上升，以 上升2°C求取滚珠螺桿的伸展量。 $\Delta f = \alpha \cdot \Delta t \cdot L = 11.7 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 700 \text{ mm}$ $\approx 0.016 \text{ mm}$ $F_p = \frac{EA\Delta f}{L}$ $= \frac{2.06 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot 21.86^2 \cdot 0.016}{4 \cdot 700}$ $\approx 177 \text{ (kgf)}$

选定要领	选定计算
<p>14. 刚性的检讨</p> <p>(1) 螺杆轴之方向刚性Ks及变位量δs</p> $K_s = \frac{P}{\delta_s} \text{ (kgf/mm)}$ <p>P: 轴方向负荷 (kgf)</p> $\delta_{SF} = \frac{PL}{4AE} \text{ (mm)}$ <p>(2) 轴方向负荷 δs</p> $\delta_{NS} = \frac{K}{\sin\beta} \left[\frac{Q^2}{d} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{1}{\xi} \text{ (mm)}$ $Q = \frac{P}{n \cdot \sin\beta} \text{ (kgf)}$ $n = \frac{D_0 \pi m}{d} \text{ (个)}$ <p>(3) 支撑轴之轴方向刚性K_B及变位量δ_B</p> $K_B = \frac{P}{\delta_B} \text{ (kgf/mm)}$	<p>14. 刚性的检讨</p> <p>预估伸展量0.016mm之温度上升时，加上177kgf的预拉力，即可修正偏差度。</p> <p>(1) 方向刚性</p> $\delta_{SF} = \frac{PL}{4AE} = \frac{27 \cdot 1200}{4 \cdot \pi \cdot 21.86^2 \cdot 2.06 \cdot 10^4}$ $= 0.00105 \text{ (mm)}$ $K_s = \frac{370}{0.00105} = 3.5 \cdot 10^5 \text{ kgf/mm}$ <p>(2) 钢珠与螺帽沟刚性</p> $n = \frac{26.62 \cdot \pi \cdot 4}{4.762} = 70$ $Q = \frac{370}{70 \sin 45^\circ} = 10$ $\delta_{NS} = \frac{0.00057}{\sin 45^\circ} \left(\frac{10^2}{4.762} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{1}{0.7}$ $= 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ $K_N = \frac{370}{3.2 \cdot 10^{-3}} = 1.27 \cdot 10^5 \text{ kgf/mm}$ <p>(3) 支持轴承的刚性</p> <p>以螺帽刚性 50 kgf/μm 来计算</p> $\delta_B = \frac{370}{51 \cdot 2} = 3.6 \mu\text{m}$ $K_B = \frac{370}{0.0036} = 1 \cdot 10^5 \text{ kgf/mm}$ <p>● δ_{TOTAL} = 1.05 + 3.2 + 3.6 = 7.85 μm</p>
<p>15. 滚珠螺杆寿命的确认</p>	<p>15. 滚珠螺杆寿命的确认</p> $L = 42544 \text{ (h)} > 18000 \text{ (h)}$

1-10 滚珠螺杆使用之注意事项

滚珠螺杆为精密零组件，请特别注意不可使尖锐物或刀具撞击到牙型表面，以及组装滚珠螺杆时，也需避免敲打或碰撞擦伤，同时需注意不可将螺帽与螺杆分离或过行程，螺帽行程若是脱离了螺杆就会造成钢珠脱落，若不小心造成脱落请勿强行装回，此举容易造成滚珠螺杆卡死的情况，请与我司专员联络。(如图1.10.1所示)

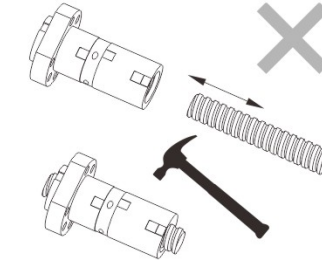


图 1.10.1 错误使用方式

若您有需要将螺帽卸下再装回时，必须使用一个外径小于螺杆底径的管子，请将螺帽转到转换管中，以确认保持钢珠不会掉落。(参考B25)

1-10-1 润滑

使用滚珠螺杆时，必须要注意具备足够的润滑，如果润滑不够会发生与金属接触，导致摩擦与磨损的增加，造成故障产生或是寿命缩短等情况。

滚珠螺杆所使用的润滑剂可分为润滑油与润滑脂两种。一般于保养上，润滑脂可以随着回转速度的增加使动摩擦力矩直线的增加，超过3-5m/分时，则以油润滑方式较佳。但是也不要忘记利用润滑脂亦出现过达到10m/分的实例；就设备而言，也有适用于成本较低廉的润滑脂者。一般来说，为了充份发挥滚珠螺杆的机能，5m/分左右的润滑油是最适当的选择。

表1.10.1表示润滑剂的检查与补给间隔之一般指标。补给时要擦掉附着于螺杆轴的旧润滑膏后再加以补给。

表 1.10.1 润滑剂之检视与补给间

润滑方法	检查时间间隔	检查项目	补给或更换间隔
自动间隔给油	每一星期	油量脏污等	每次检查时补给，但需视油槽容量做适当补充
润滑脂	工作初期2-3个月	脏污屑粉混入等	通常为期每一年进行补给，但需依检查结果适当补充
油浴	每日开工前	油量管理	视消耗状况适当的规定化

1-10-2 防尘 / 防护

滚珠螺杆与滚动轴承一样，当有异物混入或水分等情况时磨损会增加，有时会导致损坏。例如工作机械由于作业环境的关系，可能会混入切屑或切削油。因此当有异物从外部混入的可能时，应如图1.10.2所示，以折布(蛇腹型)或套筒伸缩管等，完全罩住螺杆轴。

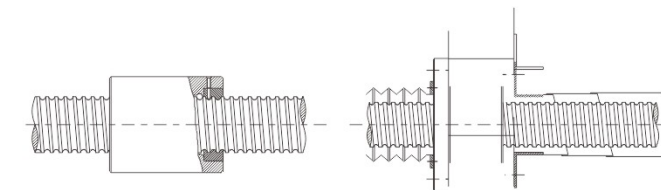


图 1.10.2 防尘机构

1-10-3 偏荷重

当偏荷重现象发生时，将直接影响螺杆的寿命及噪音，且多伴随着运转不顺的手感，若螺杆空载时与组装后的顺畅度不同，除了注意螺杆本身的精度外，大多是组合精度不良所产生偏荷重现象，如图1.10.3所示。

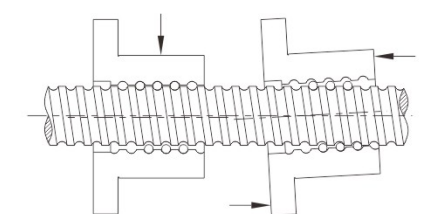


图 1.10.3 偏荷重

1-10 滚珠螺杆使用之注意事项

1-10-4 单出螺帽装配说明

若您订购之产品为转造级单出螺帽，请依下列步骤进行装配：

表 1.10.2 螺帽装配操作步骤

	
(1) 将螺帽上的固定线剪开。	(2) 将转换管对上正确尺寸的螺杆之前端。
	
(3) 将螺帽顺着螺杆的螺纹转入。	(4) 将螺帽全程都转入螺杆上。 注意！确认螺帽全部行程都转入螺杆后才能将转换管移开。

1-10-5 加工规范

(1) 若您选用内循环或端盖式循环的滚珠螺杆，则其螺杆的一端螺纹必须出牙且肩部最大尺寸必须小于底径，若要求肩部尺寸大于底径亦可，但需有螺纹线留于肩部上便于螺帽装入。如下图 1.10.4 所示。

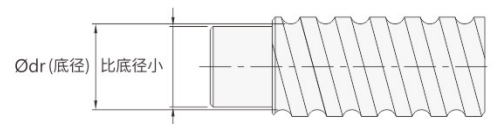


图 1.10.4 出牙—内循环轴端必要条件

(2) 螺杆热处理时于靠近肩部加工的螺纹牙部份有 10~20mm 长度必须保持软料，以便于肩部加工。此区域会标示记号于 AKD 图面上，如图 1.10.5 所示。如您有特殊之要求，请于订购时与 AKD 业务人员询问。

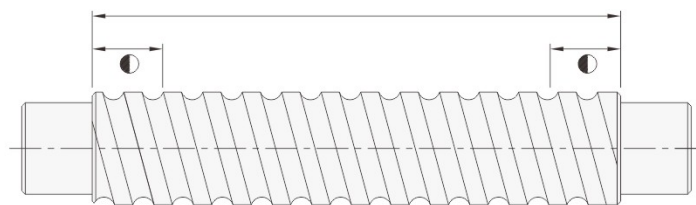


图 1.10.5 螺杆有效热处理范围

2-1 滚珠螺杆的公称代号

2-1-1 螺帽副代号 **SFNU R 25 05 T4 - D G C5 - 600 - P1 - B2 + N4 N4 - D123**



无：标准螺母且不加工轴端
D123：客户代码 (特制螺母或加工轴端时附)

2-1-2 螺母代号 **SFNU R 25 05 T4 - D - B2 + N4 - D123**



无：标准螺母
D123：客户代码 (特制螺母时附)

2-1-3 螺杆代号 **SS R 25 05 F C7 - 600 + N4 - D123**



无：不加工轴端
D123：客户代码 (加工轴端时附)

① 公称型号 SFA SFNU SFNI SFY SFUL XSV SFK BSH CTH SFT(锂电池行业专用) SFQ(特制) SC(仅螺杆-标准型) SS(仅螺杆-专用型)	② 螺纹方向 R: 右 L: 左 LR: 左右旋	③ 螺杆轴外径 单位: mm	④ 导程 单位: mm	⑤ 珠列数 T2 T3 T4 A1 A2 B1 C1 D1 E1	⑥ 法兰型式 N: 无切边 S: 单切边 D: 双切边	⑦ 制程代号 G: 研磨 F: 转造	⑧ 导程精度等级 C3, C5, C7, C10	⑨ 螺杆轴长度 单位: mm	⑩ 轴方向间隙预压等级 P0, P1, P2	⑪ 螺帽 (若为1个时省略)例: 一轴两个螺帽: B2	⑫ 螺帽表面处理 B1: 染黑 N1: 镀铬 N4: 镀黑铬	⑬ 螺杆轴表面处理 B1: 染黑 N1: 镀铬 N5: 镀黑铬
---	-----------------------------------	-------------------	----------------	---	--------------------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	---	--

※ 当螺帽、螺杆均无表面处理时，则省略标示。
※ 研磨级 C5 以上螺杆，AKD 出货检附测表。

2-1 滚珠螺杆的公称代号

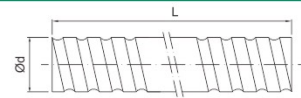


图 2.1.1 螺杆示意图

表 2.1.1 精密螺杆标准型尺寸规格对照表 Ø~32

外径d	型号		导程精度等级	螺纹方向		牙口数	标准型螺杆编码
	导程l	珠径Da		R:右	L:左		
4	1	0.8	C7, C5, C3	R		1	SCR00401
6	1	0.8	C7, C5, C3	R		1	SCR00601
	6	1.2	C7, C5, C3	R		1	SCR00606
8	1	0.8	C7, C5, C3	R/L		1	SCR00801
	2	1.2	C7, C5, C3	R/L		1	SCR00802
	2.5	1.2	C7, C5, C3	R		1	SCR0082.5
	8	1.2	C7, C5, C3	R		1	SCR00808
10	2	1.2	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01002
	4	2	C7, C5, C3	R		1	SCR01004
12	2	1.2	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01202
	4	2.5	C7, C5, C3	R		1	SCR01204
	5	2.5	C7, C5, C3	R		1	SCR01205
	5	2.5	C7, C5, C3	R		1	SSR01205
	10	2.5	C7, C5, C3	R		1	SCR01210-B
14	2	1.2	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01402
	4	2.5	C7, C5, C3	R		1	SCR01404
15	10	3.175	C7, C5, C3	R		1	SCR01510
	20	3.175	C7, C5, C3	R		1	SCR01520
16	2	1.2	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01602
	4	2.381	C7, C5, C3	R		1	SCR01604(N)
	5	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01605
	10	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR01610
	16	2.778	C7, C5, C3	R		2	SCR01616
20	32	2.778	C7, C5, C3	R		2	SCR01632
	2	1.2	C7, C5, C3	R		1	SCR02002
	4	2.381	C7, C5, C3	R		1	SCR02004(N)
	5	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR02005
	10	3.969	C7, C5, C3	R		1	SCR02010
	20	3.175	C7, C5, C3	R		1	SCR02020
	20	3.175	C7, C5, C3	R		2	SCR02020
25	40	3.175	C7, C5, C3	R		2	SCR02040
	2	1.2	C7, C5, C3	R		1	SCR02502
	4	2.381	C7, C5, C3	R		1	SCR02504(N)
	5	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR02505
	6	3.969	C7, C5, C3	R		1	SCR02506
	8	4.762	C7, C5, C3	R		1	SCR02508
	10	4.762	C7, C5, C3	R/L		1	SCR02510-A
	10	6.35	C7, C5, C3	R		1	SCR02510-B
32	25	3.969	C7, C5, C3	R		2	SCR02525
	50	3.969	C7, C5, C3	R		2	SCR02550
	4	2.381	C7, C5, C3	R		1	SCR03204(N)
	5	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR03205
	6	3.969	C7, C5, C3	R		1	SCR03206
32	8	4.762	C7, C5, C3	R		1	SCR03208
	10	6.35	C7, C5, C3	R/L		1	SCR03210
	20	6.35	C7, C5, C3	R		1	SCR03220
	32	4.762	C7, C5, C3	R		2	SCR03232
	64	4.762	C7, C5, C3	R		2	SCR03264

表 2.1.2 标准型尺寸规格对照表 Ø40~80

单位: mm

外径d	型号		导程精度等级	螺纹方向		牙口数	标准型螺杆编码
	导程l	珠径Da		R:右	L:左		
40	5	3.175	C7, C5, C3	R/L		1	SCR04005
	6	3.969	C7, C5, C3	R		1	SCR04006
	8	4.762	C7, C5, C3	R		1	SCR04008
	10	6.35	C7, C5, C3	R/L		1	SCR04010
	20	6.35	C7, C5, C3	R		1	SCR04020
	40	6.35	C7, C5, C3	R		2	SCR04040
50	80	6.35	C7, C5, C3	R		2	SCR04080
	5	3.175	C7, C5, C3	R		1	SCR05005
	10	6.35	C7, C5, C3	R/L		1	SCR05010
	20	9.525	C7, C5, C3	R		1	SCR05020
		7.144	C7, C5, C3	R		1	SCR05020
	50	7.938	C7, C5, C3	R		2	SCR05050
63	100	7.938	C7, C5, C3	R		2	SCR050100
	10	6.35	C7, C5, C3	R		1	SCR06310
	20	9.525	C7, C5, C3	R		1	SCR06320
80	10	6.35	C7, C5, C3	R		1	SCR08010
	20	9.525	C7, C5, C3	R		1	SCR08020

表 2.1.3 A型尺寸规格对照表 Ø16~50

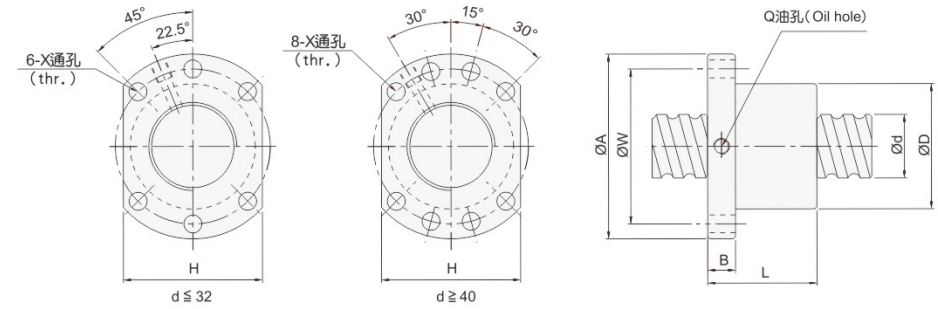
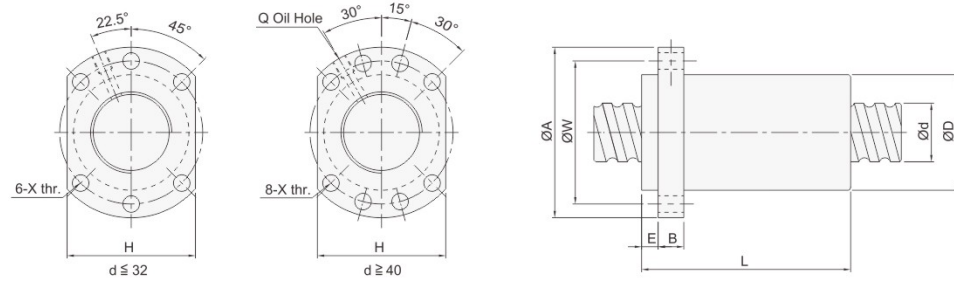
单位: mm

外径d	型号		导程精度等级	螺纹方向		牙口数	标准型螺杆编码
	导程l	珠径Da		R:右	L:左		
12	10	2.5	C7, C5, C3	R		1	SSR01210
16	5	2.778	C7, C5, C3	R		1	SSR01605
	10	2.778	C7, C5, C3	R		1	SSR01610
	16	2.778	C7, C5, C3	R		1	SSR01616
	20	2.778	C7, C5, C3	R		1	SSR01620
	30	2.778	C7, C5, C3	R		1	SSR01630
20	10	3.175	C7, C5, C3	R		1	SSR02010
25	10	3.175	C7, C5, C3	R		1	SSR02510
	25	3.175	C7, C5, C3	R		1	SSR02525
32	10	3.969	C7, C5, C3	R		1	SSR03210
	20	3.969	C7, C5, C3	R		1	SSR03220
	32	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR03232
40	10	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR04010
	20	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR04020
	40	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR04040
50	10	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR05010
	20	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR05020
	50	6.35	C7, C5, C3	R		1	SSR05050

※ 以上为标准规范, 若有其他需求请洽AKD业务人员咨询。

SFA 精密系列规格尺寸表

SFNU 精密系列规格尺寸表



单位: mm

单位: mm

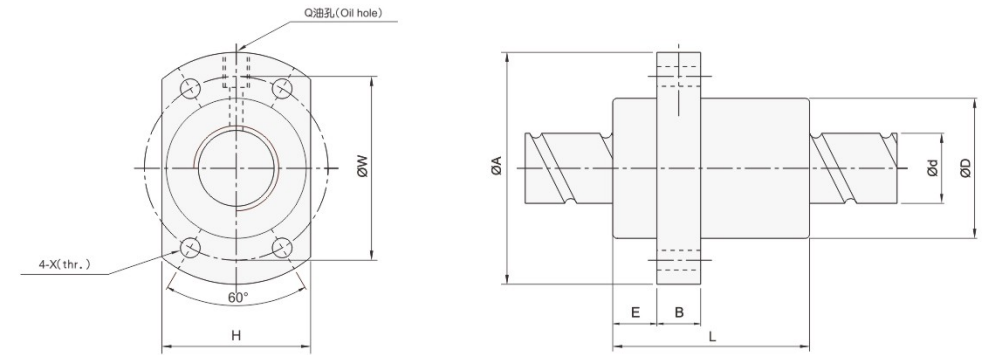
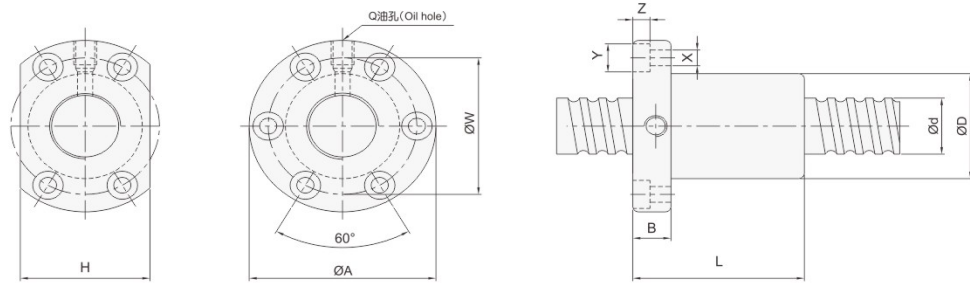
型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸									滚珠螺帽额定负荷		刚性 kgf/ μ m	
				D	A	E	B	L	W	H	X	Q	钢球圈数 n	Ca (kgf)		Coa (kgf)
SFA1205B1*	12	5	2.5	24	40	5	10	30	32	30	4.5	-	2.8×1	661	1316	19
SFA1210B1*		10	2.5	24	40	5	10	42	32	30	4.5	-	2.8×1	642	1287	19
SFA1605C1*	15	5	2.778	28	48	5	10	31	38	40	5.5	M6	3.8×1	1112	2507	30
SFA1610B1*		10	2.778	28	48	5	10	42	38	40	5.5	M6	2.8×1	839	1821	23
SFA1616A1*		16	2.778	28	48	5	10	43	38	40	5.5	M6	1.8×1	552	1137	14
SFA1620A1*		20	2.778	28	48	5	10	50	38	40	5.5	M6	1.8×1	554	1170	14
SFA2005C1*	20	5	3.175	36	58	7	10	33	47	44	6.6	M6	3.8×1	1484	3681	37
SFA2010C1*		10	3.175	36	58	7	10	52	47	44	6.6	M6	3.8×1	1516	3833	40
SFA2020A1*		20	3.175	36	58	7	10	52	47	44	6.6	M6	1.8×1	764	1758	19
SFA2020B1*		20	3.175	36	58	7	10	72	47	44	6.6	M6	2.8×1	1118	2734	29
SFA2505C1*	25	5	3.175	40	62	7	10	33	51	48	6.6	M6	3.8×1	1650	4658	43
SFA2510C1*		10	3.175	40	62	7	12	52	51	48	6.6	M6	3.8×1	1638	4633	45
SFA2525A1*		25	3.175	40	62	7	12	60	51	48	6.6	M6	1.8×1	843	2199	22
SFA3205C1	32	5	3.175	50	80	9	12	35	65	62	9	M6	3.8×1	1839	6026	51
SFA3210C1	31	10	3.969	50	80	9	12	53	65	62	9	M6	3.8×1	2460	7255	55
SFA3220B1		20	3.969	50	80	9	12	72	65	62	9	M6	2.8×1	1907	5482	43
SFA3232A1		32	3.969	50	80	9	12	78	65	62	9	M6	1.8×1	1257	3426	27
SFA4010C1	38	10	6.35	63	93	9	14	57	78	70	9	M8	3.8×1	5035	13943	67
SFA4020B1		20	6.35	63	93	9	14	78	78	70	9	M8	2.8×1	3959	10715	54
SFA4040A1		40	6.35	63	93	9	14	96	78	70	9	M8	1.8×1	2585	6648	34
SFA5005C1	50	5	3.175	75	110	10.5	15	42	93	85	11	M8	3.8×1	2207	9542	68

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸									动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/ μ m
				D	A	B	L	W	H	X	Q	钢球圈数 n			
SFNU1204T4	12	4	2.5	24	40	10	40	32	30	4.5	-	1x4	902	1884	26
SFNU1605T4*	16	5	3.175	28	48	10	45	38	40	5.5	M6	1x4	1380	3052	32
SFNU1610T3*		10	3.175	28	48	10	57	38	40	5.5	M6	1x3	1103	2401	26
SFNU2005T4*	20	5	3.175	36	58	10	51	47	44	6.6	M6	1x4	1551	3875	39
SFNU2505T4*	25	5	3.175	40	62	10	51	51	48	6.6	M6	1x4	1724	4904	45
SFNU2510T4*		10	4.762	40	62	12	80	51	48	6.6	M6	1x4	2954	7295	50
SFNU3205T4*	32	5	3.175	50	80	12	52	65	62	9	M6	1x4	1922	6343	54
SFNU3210T4*		10	6.35	50	80	12	85	65	62	9	M6	1x4	4805	12208	61
SFNU4005T4*	40	5	3.175	63	93	14	55	78	70	9	M8	1x4	2110	7988	63
SFNU4010T4*		10	6.35	63	93	14	88	78	70	9	M8	1x4	5399	15500	73
SFNU5010T4*	50	10	6.35	75	110	16	88	93	85	11	M8	1x4	6004	19614	85
SFNU6310T4	63	10	6.35	90	125	18	93	108	95	11	M8	1x4	6719	25358	99
SFNU6320T4	63	20	9.525	95	135	20	149	115	100	13.5	M8	1x4	11444	36653	112
SFNU8010T4	80	10	6.35	105	145	20	93	125	110	13.5	M8	1x4	7346	31953	109
SFNU8020T4	80	20	9.525	125	165	25	154	145	130	13.5	M8	1x4	12911	47747	138
SFNU10020T4	100	20	9.525	150	202	30	180	170	155	17.5	M8	1x4	14303	60698	162

※有标注*记号者可制作左螺纹。 ※SFNU1204T4螺帽标准品无附刮刷器。

SFNI 精密系列规格尺寸表

SFY 精密系列规格尺寸表



单位: mm

单位: mm

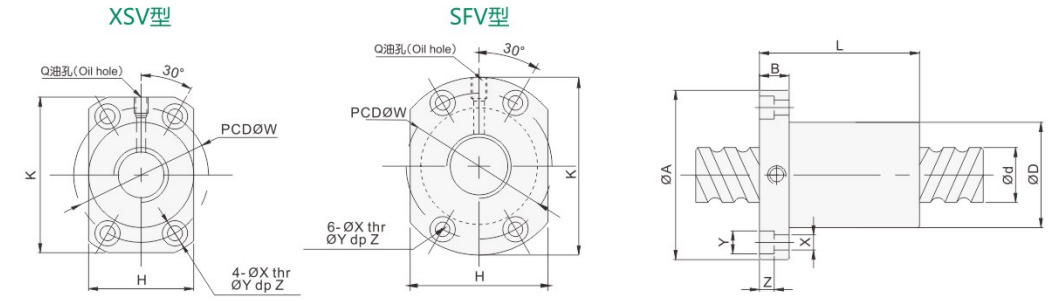
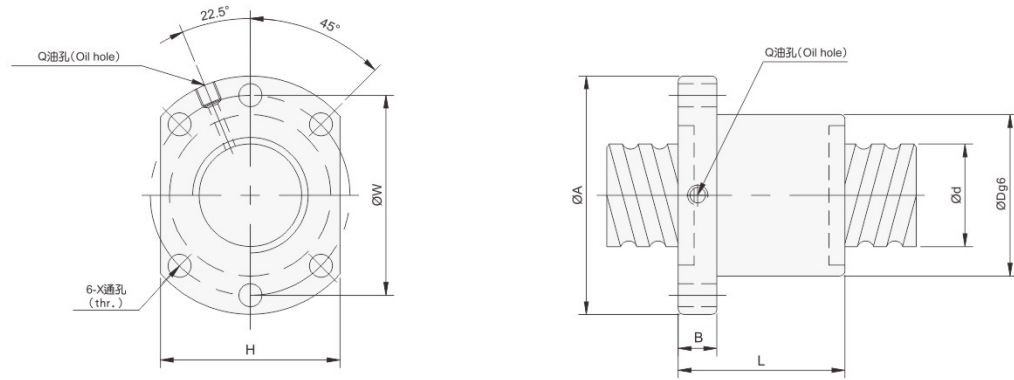
型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸										动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/ μ m	
				D	A	B	L	W	H	X	Y	Z	Q				钢球圈数 n
SFNI1605T4*	16	5	3.175	30	49	10	45	39	34	4.5	8	4.5	M6	1x4	1380	3052	33
SFNI1610T3*		10	3.175	34	58	10	57	45	34	5.5	9.5	5.5	M6	1x3	1103	2401	27
SFNI2005T4*	20	5	3.175	34	57	11	51	45	40	5.5	9.5	5.5	M6	1x4	1551	3875	39
SFNI2505T4*	25	5	3.175	40	63	11	51	51	46	5.5	9.5	5.5	M8	1x4	1724	4904	45
SFNI2510T4*		10	4.762	46	72	12	80	58	52	6.5	11	6.5	M6	1x4	2954	7295	51
SFNI3205T4*	32	5	3.175	46	72	12	52	58	52	6.5	11	6.5	M8	1x4	1922	6343	52
SFNI3210T4*		10	6.35	54	88	15	85	70	62	9	14	8.5	M8	1x4	4805	12208	62
SFNI4005T4*	40	5	3.175	56	90	15	55	72	64	9	14	8.5	M8	1x4	2110	7988	59
SFNI4010T4*		10	6.35	62	104	18	88	82	70	11	17.5	11	M8	1x4	5399	15500	72
SFNI5010T4*	50	10	6.35	72	114	18	88	92	82	11	17.5	11	M8	1x4	6004	19614	83
SFNI6310T4	63	10	6.35	85	131	22	93	107	95	14	20	13	M8	1x4	6719	25358	95
SFNI8010T4	80	10	6.35	105	150	22	93	127	115	14	20	13	M8	1x4	7346	31953	109

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸										动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/ μ m
				D	A	E	B	L	W	H	X	Q	钢球圈数 n			
SFY1616A2	16	16	2.778	32	53	10.1	10	45	42	34	4.5	M6	1.8x2	1073	2551	31
SFY2020A2	20	20	3.175	39	62	13	10	52	50	41	5.5	M6	1.8x2	1387	3515	37
SFY2525A2	25	25	3.969	47	74	15	12	64	60	49	6.6	M6	1.8x2	2074	5494	45
SFY3232A2	32	32	4.762	58	92	17	12	78	74	60	9	M6	1.8x2	3021	8690	58
SFY4040A2	40	40	6.35	73	114	19.5	15	99	93	75	11	M6	1.8x2	4831	14062	70
SFY5050A2	50	50	7.938	90	135	21.5	20	117	112	92	14	M6	1.8x2	7220	21974	86

二倍导程 公称型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸										动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/ μ m
				D	A	E	B	L	W	H	X	Q	钢球圈数 n			
SFY1632T2	16	32	2.778	32	53	10.1	10	42.5	42	34	4.5	M6	0.8x2	493	1116	11
SFY2040T2	20	40	3.175	39	62	13	10	48	50	41	5.5	M6	0.8x2	653	1597	15
SFY2550T2	25	50	3.969	47	74	15	12	58	60	49	6.6	M6	0.8x2	976	2495	19

SFUL 左旋螺母系列规格尺寸表

XSV系列规格尺寸表



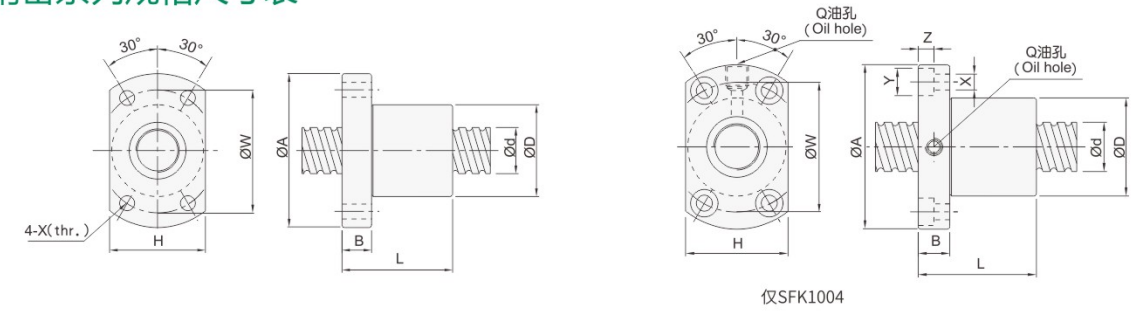
单位: mm

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸								动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/μm	
				D	A	B	L	W	H	X	Q				钢球圈数 n
SFUL1204T4	12	4	2.381	24	40	10	40	32	30	4.5	-	1x4	860	1794	24
SFUL1605T4	16	5	3.175	28	48	10	45	38	40	5.5	M6	1x4	1380	3052	32
SFUL1610T3	16	10	3.175	28	48	10	57	38	40	5.5	M6	1x3	1103	2401	26
SFUL2005T4	20	5	3.175	36	58	10	51	47	44	6.6	M6	1x4	1551	3875	39
SFUL2505T4	25	5	3.175	40	62	10	51	51	48	6.6	M6	1x4	1724	4904	45
SFUL2510T4	25	10	4.762	40	62	12	80	51	48	6.6	M6	1x4	2954	7295	50
SFUL3205T4	32	5	3.175	50	80	12	52	65	62	9	M6	1x4	1922	6343	54
SFUL3210T4	32	10	6.35	50	80	12	85	65	62	9	M6	1x4	4805	12208	61
SFUL4005T4	40	5	3.175	63	93	14	55	78	70	9	M8	1x4	2110	7988	63
SFUL4010T4	40	10	6.35	63	93	14	88	78	70	9	M8	1x4	5399	15500	73
SFUL5010T4	50	10	6.35	75	110	16	88	93	85	11	M8	1x4	6004	19614	85

单位: mm

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸											动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	
				D	A	B	L	W	H	K	X	Y	Z	Q			钢球圈数 n
XSV1205D1	12	5	2.5	30	50	10	37	40	32	45	4.5	8	4.5	M6	5x1	661	1316
XSV1210B1	12	10	2.5	30	50	10	40	40	32	45	4.5	8	4.5	M6	2.8x1	411	638
XSV1605D1	15	5	2.778	34	58	10	40	45	34	50	5.5	9.5	5.5	M6	4.8x1	1404	3166
XSV1610B1	15	10	2.788	34	58	10	51.3	45	34	50	5.5	9.5	5.5	M6	2.8x1	839	1821
XSV1620A1	15	20	2.788	34	58	10	54	45	34	50	5.5	9.5	5.5	M6	1.8x1	554	1170
XSV2010C1	20	10	3.175	46	75	13	57	59	46	66	6.6	11.5	5.5	M6	3.8x1	1516	3833
XSV2020A2	20	20	3.175	46	75	13	51.5	59	46	66	6.6	11.5	5.5	M6	1.8x2	764	1758
SFV2005D1	20	5	3.175	44	67	11	57	55	52	-	5.5	-	5.5	M6	4.8x1	1814	4650

SFK精密系列规格尺寸表

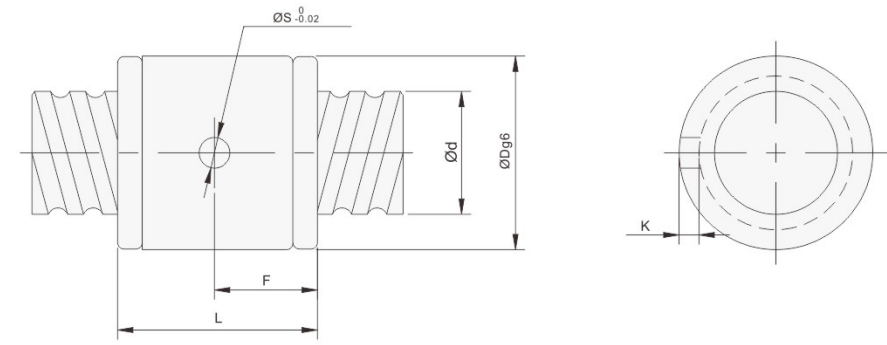
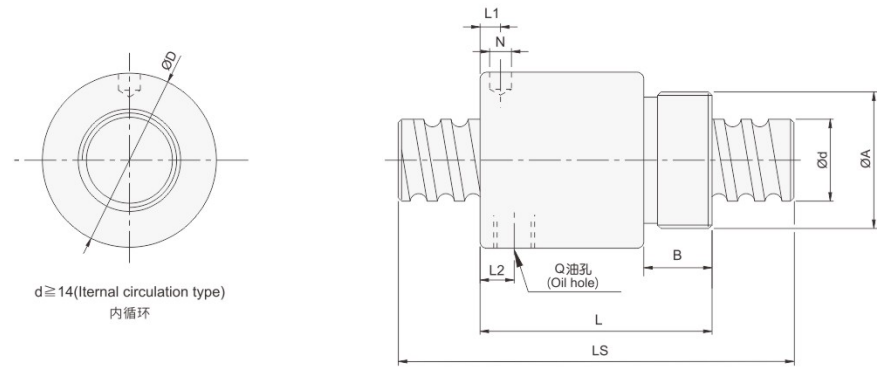


单位: mm

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸											动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/μm
				D	A	B	L	W	H	X	Y	Z	Q	钢球圈数 n			
SFK0601T3	6	1	0.8	12	24	3.5	15	18	16	3.4	-	-	-	1x3	111	224	9
SFK0801T3*	8	1	0.8	14	27	4	16	21	18	3.4	-	-	-	1x3	161	403	14
SFK0802T3*		2	1.2	14	27	4	16	21	18	3.4	-	-	-	1x3	222	458	13
SFK0802.5T3	10	2.5	1.2	16	29	4	26	23	20	3.4	-	-	-	1x3	221	457	13
SFK1002T3*		2	1.2	18	35	5	28	27	22	4.5	-	-	-	1x3	243	569	15
SFK1004T3	12	4	2	26	46	10	34	36	28	4.5	8	4.5	M6	1x3	468	905	17
SFK1202T3*		2	1.2	20	37	5	28	29	24	4.5	-	-	-	1x3	334	906	22

※有标注*记号者可制作左螺纹。 ※SFK0401T3螺帽标准品无附刮刷器, 其余规格可选择是否附刮刷器, 下单前请咨询业务人员。

BSH精密系列规格尺寸表 CTH内嵌式滑台专用尺寸表



单位: mm

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸									动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)	刚性 kgf/μm
				D	A	B	L	L1	N	L2	Q	钢球圈数 n			
BSH0802T3	8	2.5	1.2	17.5	M15x1P	7.5	23.5	10	3	-	-	3x1	189	381	11
BSH1002T3	10	2	1.2	19.5	M17x1P	7.5	22	3	3.2	-	-	3x1	277	664	17
BSH1004T3		4	2	25	M20x1P	10	34	3	3	-	-	3x1	400	754	14
BSH1204T3	12	4	2.5	25.5	M20x1P	10	34	13	3	-	-	3x1	804	1649	23
BSH1205T3		5	2.5	25.5	M20x1P	10	39	16.25	3	-	-	3x1	801	1644	24
BSH1605T3	16	5	3.175	32.5	M26x1.5P	12	42	19.25	3	-	-	3x1	1077	2289	25
BSH2005T3	20	5	3.175	38	M35x1.5P	15	45	20.3	3	-	-	3x1	1211	2906	30

※ 外径Φ8-Φ16螺帽标准品无附刮刷器。

单位: mm

型号	轴径 d	导程 l	珠径 Da	螺帽尺寸						动额定负荷 Ca(kgf)	静额定负荷 Coa(kgf)
				D	L	F	S	K	钢球圈数 n		
CTH1205B1	12	5	2.5	24	30	15	6	3	2.8x1	661	1316
CTH1210B1	12	10	2.5	24	42	21	6	3	2.8x1	642	1287
CTH1220A2	12	20	2.5	24	46	23	6	3	1.8x2	670	1010
CTH1605C1	15	5	2.78	28	31	15.5	8	3	3.8x1	1112	2507
CTH1610B1	15	10	2.78	28	42	21	8	3	2.8x1	839	1821
CTH1620A1	15	20	2.78	28	50	25	8	3	1.8x1	861	1820
CTH2005C1	20	5	3.18	36	33	16.5	8	3	3.8x1	1484	3681
CTH2010C1	20	10	3.18	36	52	26	8	3	3.8x1	1516	3833
CTH2020A1	20	20	3.18	36	52	26	8	3	1.8x1	764	1758

滚柱丝杆简介

滚柱丝杆, 高性能传动解决方案

各行各业都依赖AKD滚柱丝杆来满足其传动要求。AKD滚柱丝杆引领了从传统形式的线性传动转向强大的机电传动的趋势,是最先进的机电传动力的代表。

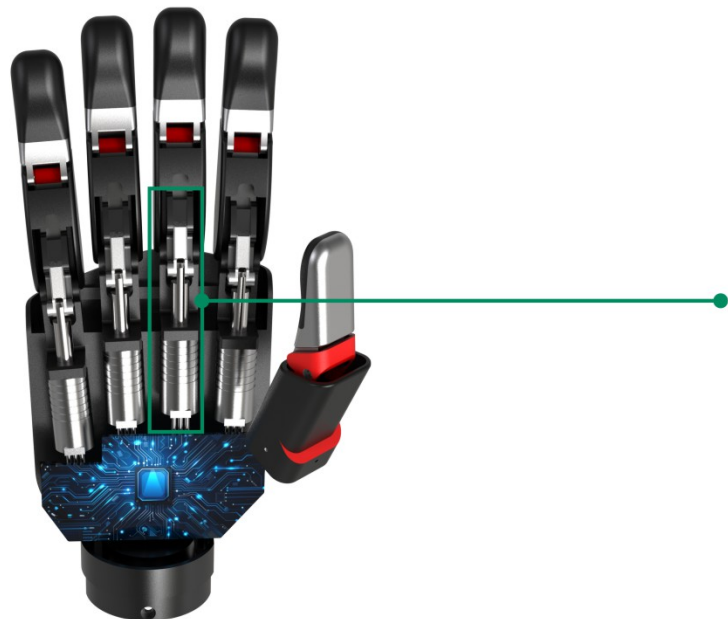
AKD是滚柱丝杆技术的先驱,可提供高品质、高性能的滚柱丝杆,AKD滚柱丝杆在市面上的应用最为广泛。

AKD的内部制造工艺高度集成化,采用最先进的加工技术,包括软加工、硬加工、热处理(感应和完全硬化)、磨削和装配等操作。AKD的生产设施还设有各种实验室,这些实验室致力于进行使用寿命试验以及进行摩擦、噪声测量、冶金等方面的试验和研究。AKD产品除了采用高号轴承钢制成的标准产品外,还提供由不锈钢、高温钢制造而成以及带有各种涂层的特殊型号产品,以满足最苛刻的应用要求。

提供了四种主要的不需要滚柱再循环的行星滚柱丝杆变型,它们是:

- SPRS标准式行星滚柱丝杆副
- RPRS反向式行星滚柱丝杆副
- CPRS循环式行星滚柱丝杆副
- DPRS差动式行星滚柱丝杆副

人形机器人灵巧手专用滚珠丝杆



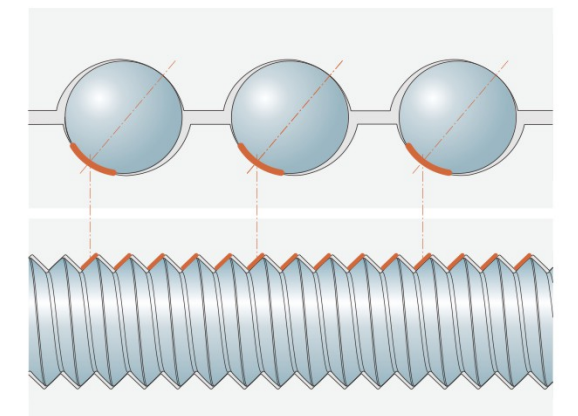
采用行星滚柱丝杆,应用负载通过滚柱的桶型表面从螺母传递到轴。与滚珠丝杆设计相比,轴、滚子和螺母之间接触的数量和接触总面积显著增加,因而具有更大的动态载荷承载能力和静态载荷承载能力(见图1)。

没有再循环元件体现了行星滚柱丝杆概念的基本优势。该功能消除了滚珠丝杆的主要故障模式,即由于滚珠再循环导致的故障。事实上,重负荷球的再循环会在球上引起交变应力,并由于轨迹变化而产生冲击载荷。

此外,卫星滚柱从不相互接触。这是此产品相对于大多数滚珠丝杆设计的显著优势。在大多数滚珠丝杆设计中,滚珠之间相互接触并产生摩擦,使滚珠丝杆概念增加了潜在失效风险。而对于循环式滚柱丝杆,应用载荷通过一组带槽滚柱从轴传递到螺母。这种设计允许有非常小的导程,但具有较高的承载能力和轴向刚度。

这种机械方面的优势最大限度地降低了输入扭矩,提高了应用的分辨率和性能。这样可以简化整个传动系统并提高传动系统的刚度。它们通常用于涉及先进技术的应用,在这种先进技术应用中,可靠的最佳性能至关重要。

图1 滚珠丝杆和滚柱丝杆接触面积的比较



滚柱丝杆的概念	与滚珠丝杆相比所具有的优势	用户利益
大量的接触点	承载能力高,使用寿命延长10倍 滚柱丝杆的转速比具有类似承载能力的滚珠丝杆的转速高50%	降低了总拥有成本 提升了操作速度
卫星滚柱	滚柱丝杆的加速度比滚珠丝杆高达3倍 没有再循环消除了一种显著的故障模式	提高了生产率 可靠性程度更高
小导程行星滚柱丝杆(低至2.00 mm)	与小导程滚珠丝杆相比,滚柱丝杆承载能力更强。小导程滚珠丝杆设计有很多小直径滚珠,承载能力更低	承载能力强,同时能够保证定位精度,并降低了扭矩要求
分布均匀的行星滚柱或再循环滚柱	在方向不断变化的应用中具有良好的操作性,摩擦扭矩稳定	噪声低 可靠性高
循环式滚柱丝杆小导程低至1mm	承载能力强、轴向刚度,这是具有类似导程和直径的滚珠丝杆所无法达到的 输入扭矩很小	分辨率高、刚度好、使用寿命长、坚固耐用

滚柱丝杆

滚柱丝杆

循环式滚柱丝杆SPRS：标准动态载荷能力 C_a [kN]

公称直径	螺母种类	导程 [mm]				
d_1 mm	—	1 kN	2	3	4	5
8	SPRS	8,5				
10	SPRS	8,95	8,95			
12	SPRS	10,3	10,3			
16	SPRS	11,5	11,5			
20	SPRS	18,5	18,5			
25	SPRS	32,9	32,9			
32	SPRS	64,3	64,3			
40	SPRS	79,1	49,9			
50	SPRS	190	98,1	153	98,1	
63	SPRS		186		186	
80	SPRS				325	
100	SPRS					469
125	SPRS					756

■ 优选系列

SPRS (C or F): 循环式滚柱丝杆 (有间隙)

SPRS (C or F): 循环式滚柱丝杆 (无背隙)

循环式滚柱丝杆 (有预紧力)：标准动态载荷能力 C_a [kN]

公称直径	螺母种类	导程 [mm]				
d_1 mm	—	1 kN	2	3	4	5
8	SPRS	4,88				
10	SPRS	5,14	5,14			
12	SPRS	5,96	5,96			
16	SPRS	6,71	6,71			
20	SPRS	10,6	10,6			
25	SPRS	18,9	18,9			
32	SPRS	36,9	36,9			
40	SPRS	45,4	28,7			
50	SPRS	109	56,3	88	56,3	
63	SPRS		107		107	
80	SPRS				187	
100	SPRS					269
125	SPRS					434

技术概念

滚柱丝杆简介

滚柱丝杆能将旋转运动转化为直线运动，反之亦然。负载通过滚柱组从丝杆轴传递到螺母，因此滚柱丝杆与一般轴承技术相关。采用各种类型的轴承钢来获得重载应用所必需的硬度和材料疲劳特性，以延长设备服役期。下面将对某些轴承概念进行说明，如额定载荷、载荷循环、额定计算寿命和使用寿命、刚度、额定速度、润滑要求等，以便指导客户进行滚柱丝杆的选择。本章内容包括选择参数。为了最佳地选择滚柱丝杆，设计者应考虑负载循环、线性速度或旋转速度、要求寿命、加速度和减速度、循环速度、环境、导程精度、刚性等参数，并要考虑其他的一些特殊要求。

标称疲劳寿命 L_{10}

按照ISO的定义，标称疲劳寿命 L_{10} 是指：足够大的一组同样的滚柱丝杆在相同条件下（包括对准度、轴向施加的载荷和中心施加的载荷、速度、加速度、润滑、温度和清洁度）工作，这组滚柱丝杆的90%能够达到或超过的寿命。

滚柱丝杆的标称寿命是指滚柱丝杆在其中一个滚动面上出现预示材料开始疲劳的第一个剥落迹象时，这时滚柱丝杆已运行转数的统计数字，该数字以百万转数计。

当要求可靠性大于90%时，必须对计算的标称寿命予以校正。请参见表1中的校正系数值。例如，如果要求可靠性为98%，则 $L_2 = 0,33 L_{10}$ ，这里 L 采用第19至25页中的公式计算。

基本动载荷承载能力 C_a

采用动载荷承载能力计算滚柱丝杆的标称疲劳寿命。它相当于轴向载荷，该载荷大小和方向恒定，与滚柱丝杆轴同心。在动载荷下，按ISO 3408-5定义计算的疲劳寿命达到100万转。

表1

可靠度修正系数		
可靠度 [%]	修正系数	L_n
90	1,00	L_{10}
95	0,62	L_5
96	0,53	L_4
97	0,44	L_3
98	0,33	L_2
99	0,21	L_1

使用寿命

特定的滚柱丝杆能够达到的实际寿命被称为使用寿命。除了材料发生疲劳之外，润滑不充分、磨损、腐蚀、污染，以及更为普遍发生的某些具体应用所要求的一些功能特性的丧失等都会降低使用寿命。

类似应用的经验将有助于选择合适的螺钉，以获得所需的使用寿命。一些结构要求也要加以考虑，例如丝杆端的强度、螺母的联接性等。

为了达到 L_{10} 的使用寿命性能，最大循环工作负荷 F_{max} 不应超过 C_a （SPRS和CPRS）的80%，以限制滚柱/滚道接触点处的赫兹压力。如果 F_{max} 超过 C_a 值的50%，请与AKD联系。

当行程小（行程长度比螺母长度短）或振动短时，应考虑一些额外的因素，如轴的某一特定部位的实际总载荷循环次数，以及错误的布氏效应等¹⁾。

当量动负荷 F_m

如果外力已知或可以计算出来，则可以根据力学定律计算出作用于丝杆上的载荷。在确定产品规格和进行选择时，须计算等效动态载荷：等效动态载荷是一种假设性的载荷，载荷大小和方向不变，该载荷轴向和中心作用于丝杆上，如果施加了等效动态载荷，其对丝杆寿命的影响与丝杆将要承受的实际载荷所产生的影响相同。

径向载荷和力矩载荷必须用直性导轨来调节。在设计阶段尽早解决这些可能发生的问题是至关重要的。径向力对丝杆寿命和预期性能有不良影响（见图2）。请参阅标题为“组装建议”的章节。

如果无法避免不对准、负载不均匀、冲击负载等，则在确定丝杆规格时必须将这些因素考虑进去。它们对丝杆标称寿命的影响一般可以估计出来¹⁾。

基本静态承载能力 C_{0a}

当滚柱丝杆在静态条件下运行时，如果短时间承受连续的或间歇的冲击载荷，这种情况下在确定滚柱丝杆规格时应基于基本的静态承载能力 C_{0a} ，而不是基于基本的动载荷承载能力。

容许载荷由作用于接触点上的载荷引起的永久变形决定。根据ISO标准，静态承载能力是纯轴向中心施加的静载荷，通过计算，其产生的总（滚动元件+螺纹表面）永久变形等于滚动元件的弯曲直径的 $1/10000$ 。

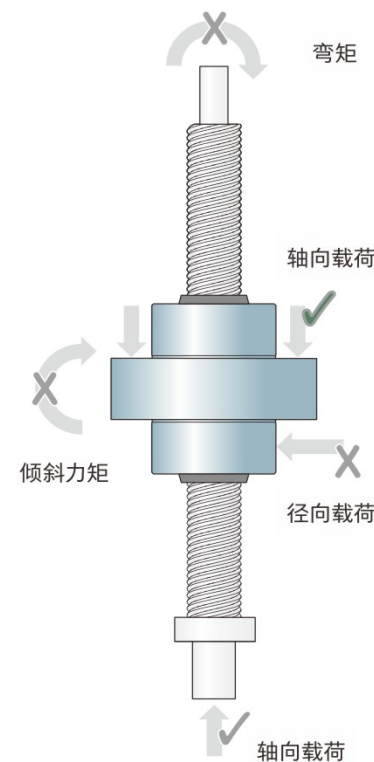
为防止表面损坏，保持平稳运行和较低的噪音水平，AKD建议施加载荷不要超过静态承载能力 C_{0a} 的80%，这相当于静态安全系数 s_0 为1.25。

通常， C_{0a} 值对应的赫兹接触压力范围为4500兆帕至4800兆帕。

动载荷和静载荷承载能力与材料特性有关，并随着接触点处的材料硬度而变化。请参考介绍“材料、热处理和涂层”。

静载荷基本承载能力须至少等于施加的最大轴向静载荷和静态安全系数 s_0 的乘积。 s_0 ¹⁾的选择将以过去在类似应用中的经验和最大静载荷的发生率、运行的平稳性以及噪音水平的要求为指导。

图2
滚柱丝杆上允许施加的载荷和禁止施加的载荷



对于精度要求较高的应用，滚柱丝杆在运行时须明显低于其静态承载能力，也就是说静态安全系数 s_0 的值要更高。

对于负载高的应用，在这种应用中精度、噪音水平和运行平稳性对性能预期并不重要，这时滚柱丝杆的负载水平可以接近于静载荷基本承载能力。在这种条件下，必须特别注意进行充分的润滑。

丝杆轴的临界转速 n_{cr}

螺母处于给定位置的滚柱丝杆在弯曲模式下具有固有振动频率。当丝杆轴旋转时，很重要的一点是丝杆轴的转速不能激发其固有频率。如果激发了，将导致轴发生径向弹性偏转。在极端条件下，如果没有阻尼，丝杆轴可能会发生弯曲。当螺母沿着轴相对于轴支架移动时，滚柱丝杆的固有频率连续变化。螺母的这种轴向位移的积极效果是在给定的固有频率下，通常没有时间进行振幅积累。

在计算临界转速时，轴相当于一个圆柱体，其外径等于螺纹的根直径。该公式采用了一个参数，该参数值由丝杆轴端的安装方式决定，无论丝杆的轴端是自由端、径向支撑端还是固定端。

一般不认为螺母是丝杆轴的支撑。由于安装丝杆组件存在潜在的误差，计算临界速度采用0.8的安全系数。

将螺母视为轴支撑的计算或降低安全系数的计算需要进行实际测试，并可能要进行设计优化。

允许的速度极限($n d_0$)和加速度

允许的速度极限是丝杆在任何时候都不能实际超过的速度。它对应于滚柱（SPRS）的极限转速或螺母内滚柱的再循环极限速度。它是丝杆轴的最大转速 n (r/min)和标称直径 d_0 (mm)的乘积。本目录所报的速度极限是在优化的对准条件、外部载荷轻或预紧小且适当润滑的条件下，可在短时间内采用的最大速度。

每种技术的允许速度极限：

- 行星滚柱丝杆(SPRS)和反向滚柱丝杆(RPRS): $n d_0 \leq 160\,000$
- 循环式滚柱丝杆(CPRS):
当 $d_1 \leq 25$ mm时, $n d_1 \leq 30000$
当 $d_1 > 25$ mm时, $n d_1 \leq 20000$

滚柱丝杆以允许的极限速度连续运行会缩短螺母机构的使用寿命。

重要提示：

高速和高负载会造成标称寿命¹⁾相对减短。

在高加速度、高减速度或快速反向运动时，AKD建议在标称外部载荷下工作，或者给螺母施加一个较小的预紧力，以避免滚柱在轴上滑动。

必须计算承受高加速度的丝杆的预紧力，确保滚动元件不会滑动¹⁾。

然而，预紧力过大会导致摩擦热增加到无法接受的程度。

获得最佳刚度而进行了预紧的滚柱丝杆（P2预紧）不得在高速下连续运行。

循环式滚柱丝杆不得在恒定高线速度或最大额定速度下运行。高速度会影响再循环凸轮的寿命。此外，还会加大噪声水平。

效率 η

丝杆的性能主要取决于接触面的几何形状、光洁度和螺纹的螺旋角。

也取决于工况条件（负载、速度、润滑、预紧载、校准等）。

直接效率 η 用来定义将一个部件的旋转转化为另一个部件的平移所需要的输入扭矩（见图表2）。

相反，间接效率 η' 用来定义将一个部件的平移转化为另一个部件的旋转所需的轴向载荷。它还用于定义防止旋转所需的制动力矩（见图表3）。

当润滑、校准等处于极佳的工况条件下，可以达到摩擦参考系数 μ_{ref} 值，并且它会产生理论上的直接效率 η ，或者理论上的间接效率 η' 。因为在实际应用中不会遇到这样的实验室条件，所以我们定义了一个实用的摩擦系数 μ_{prac} 来估计实际效率 η_p 和 η'_p 。

实际效率介于新安装丝杆的启动效率和正常运行丝杆的效率之间。这种实际效率值是用摩擦系数 μ_{prac} 的实际值计算的。

考虑到实际安装、运行条件和实际应用经验，该实际摩擦系数 μ_{prac} 相当于在参考摩擦系数 μ_{ref} 的基础上增加了30%（见图表1）。

该方法使丝杆的实际效率相对于其理论效率降低了约5%。

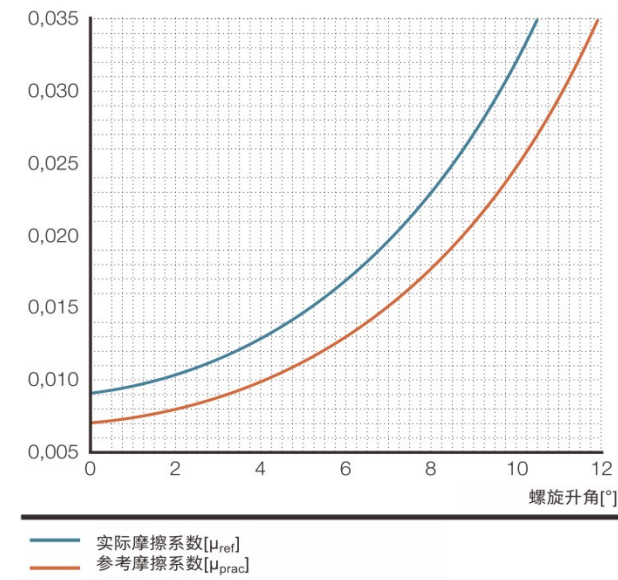
一般来说，实际效率随着速度的提高而提高，随着时间的推移，实际运行效率也会提高。

注：

螺旋角 α 可以用公式计算。

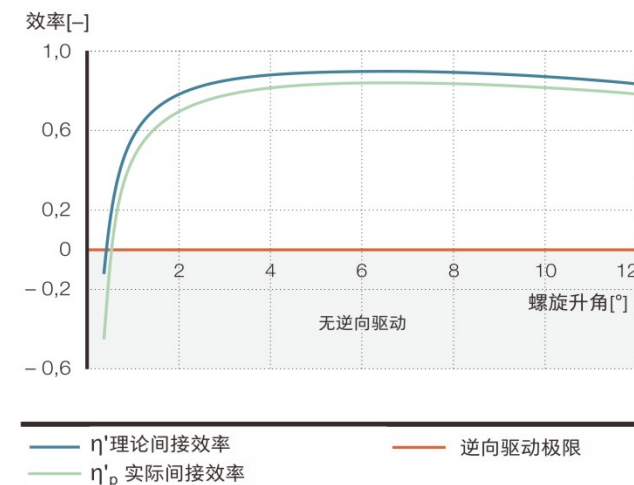
图表1

参考和实际摩擦系数



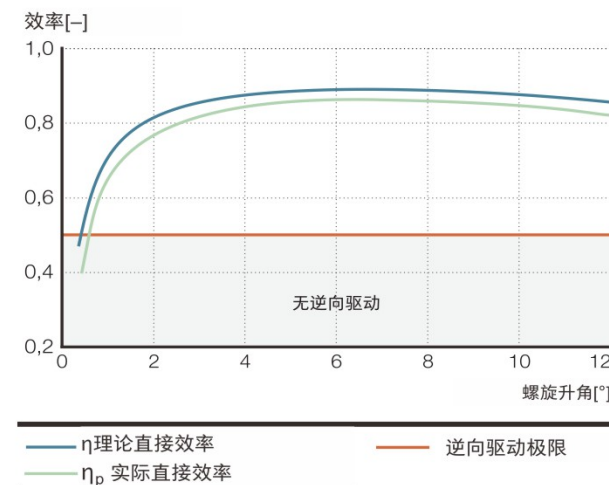
图表3

理论与实际间接效率



图表2

理论和实际直接效率



反向驱动制动力矩 T_b

除了一种特定尺寸规格的循环式滚柱丝杆 (SV 50x1) 和一些特定规格的反向滚柱丝杆外，滚柱丝杆的传动是可逆的，或在大多数情况下可以反向驱动。

如果要避免反向驱动，设计中必须有制动机构（齿轮减速器或制动器）。

如果需要反向驱动，必须特别注意对整个系统进行校准。没有对准会导致由于倾斜而使摩擦系数显著增加，因而增加了反向驱动机构所需的轴向力。

注意：

设计者和用户需特别注意存在坠落载荷风险的垂直安装和应用。客户须确定是否需要反向锁定装置和安全系统。

启动扭矩 T_x

这是克服以下力量开始转动所需的扭矩量：

- (a) 电源加速的所有运动部件的总惯量（包括旋转运动和线性运动）
- (b) 丝杠/螺母组件、轴承和相关导向系统的内部摩擦。

一般来说，克服惯量所需的扭矩(a)要大于摩擦扭矩(b)。在正常工况条件下，当高效丝杠开始移动时，其摩擦系数 μ_s 估计可达到实际动态摩擦系数 μ_{prac} 的两倍。

驱动扭矩 T_t

- 这是电动机克服惯量、外力、预紧、摩擦等所需的总扭矩。请参见第19至25页的计算公式。

静态轴向刚度 R_t

一个完整的滚柱丝杆组件的静态轴向刚度是施加到系统上的外部轴向载荷与螺母表面相对于丝杠轴固定（锚定）端的轴向位移之比。系统整体刚度的倒数等于每个部件（丝杠轴、滚柱螺母、支撑轴承等）刚度的倒数之和。

因此，系统的整体刚度总是低于任何单个部件的最低刚度值。

螺母刚度 R_n

当螺母预紧后，内部游隙消除。此外，产生预紧力的挤压载荷会在接触点产生初始赫兹弹性变形。这样会导致刚度增加，刚度的增加量与预紧力值成比例。

接触点处的理论弹性变形不考虑加工误差、不同接触面之间的实际负载分配或螺母和丝杠的弹性。

因此，目录中给出了两个刚度值：

- R_{ng} : 这是任何螺母和滚柱组件达到的最小标称刚度。该值是一个实际值，它以实验室测量为基础，不需要有校正系数。该值考虑了生产公差、实际负载分配、预紧扭矩公差、螺母体的变形等。在进行滚柱丝杠选择时，它可以用于计算总刚度。
- R_{nr} : 该值相当于所有几何尺寸都在公差范围内的螺母和滚柱组件的参考标称刚度。它相当于最佳刚度水平。

R_{nr} 总是大于 R_{ng} 。这两个值都是通过施加中心作用于丝杠轴，大小等于预紧力的两倍的外部轴向负载来确定。

轴的刚度 R_s

丝杠轴的弹性变形与轴长成比例，与其根直径的平方成反比。

根据轴的刚度相对较低，在大多数情况下，增加螺母预紧力（及其刚度）不会显著增加系统的整体刚度。

因此，目录中规定的每个丝杠规格的预紧力是最大值，不应超过该值。

滚柱丝杆

滚柱丝杆

材料、热处理和涂层

钢材的选择

标准丝杆轴主要由经过预处理的50CrMo4 (或42CrMo4) 制成, 通过感应进行表面硬化。螺母和滚柱采用进行了全面硬化的100Cr6轴承钢。

当丝杆轴在高达180°C的较高温度下运行或者应用比较关注磨损情况时, 丝杆轴也可以选择100Cr6材质。

材料特性详见表3。

所有类型的滚柱丝杆都可以采用不锈钢材质。表2为这些特殊钢材性能的汇总。

表2

不锈钢选项			
钢 (ISO标准)	描述	轴硬度 [HRC]	耐腐蚀能力对比
X105CrMo17	马氏体不锈钢	58-60	**
X30Cr13	马氏体不锈钢	50-55	***
X12CrNiMoV12-3	渗碳不锈钢	58-60	***
X40CrMoVN16-2	渗氮不锈钢	58-60	****
X5CrNiCuNb16-4	沉淀硬化不锈钢	38-45	*****
X5CrNiCuNb16-4	马氏体不锈钢	40-45	*****

表3

标准钢材选择						
零部件	钢	供应状态	热处理	最大允许运行温度	在标准回火温度下的表面硬度	客户利益
标准轴	50CrMo4 or 42CrMo4	预处理拉伸强度880至1030Mpa, 屈服强度>650Mpa	感应淬火	110 °C	58 到 60	良好的耐磨性韧性
标准轴 (按需求)	50CrMo4	预处理拉伸强度880至1030Mpa, 屈服强度>650Mpa	感应淬火 高温回火	150 °C	58 到 60	良好的耐磨性和中等温度下运行的韧性
特殊轴	100Cr6	预处理拉伸强度840至970Mpa, 屈服强度>500Mpa	感应淬火	180 °C	59 到 63	高耐磨性, 适应于高的运行温度但是更脆
螺母&滚柱	100Cr6	退火的	淬透	180 °C	58 到 62	良好的耐磨性和高温运行能力

表面硬度对滚柱丝杆基本额定载荷的影响

根据ISO标准的计算, 目录中的额定载荷是针对654 HV (58 HRC) 以上的表面硬度给出的。对于硬度较低的材料或处理, 应对动、静态承载能力采用一定的校正系数:

$$C_{a \text{ corrected}} = C_a \left(\frac{HV_{\text{actual}}}{654} \right)^2$$

$$C_{0a \text{ corrected}} = C_{0a} \left(\frac{HV_{\text{actual}}}{654} \right)^2$$

注:

654 HV 相当于 58 HRC

表面涂层

提供各种类型的表面涂层, 以提高滚柱丝杆的性能:

- 碳钢的磷酸锰涂层, 可以提高耐腐蚀性
- 可以根据要求提供低摩擦涂层¹⁾。

工作温度

在高温下工作会降低钢的硬度, 改变螺纹的精度, 并可能加重材料的氧化, 改变润滑剂的性能。

当工作温度低于-20°C时, 材料的核心弹性会变得至关重要。温度越低, 材料变得越脆, 特别是对于细长型的丝杆轴。弯曲应力或冲击载荷会增加折断的风险。

高循环率和高负载的应用会产生过多的热量。为了消除多余的热量, AKD可以提供一个带有冷却室的螺母机构。当连接到客户提供的水循环系统时, 可以稳定温度, 从而实现更高的循环速率并提高生产率。

丝杆轴的屈曲强度或断裂强度 F_c

当丝杆轴承受动态或静态压缩负载时, 必须检查其柱载荷。

最大容许压缩载荷使用欧拉公式计算, 安全系数为3至5, 具体值根据应用。轴端安装的类型对于选择欧拉公式中使用的系数至关重要。

当丝杆轴全长只有一种直径时, 采用丝杆轴的根直径计算。当丝杆轴包括若干不同直径的轴段时, 计算更为复杂¹⁾。

轴设计

可以提供一端大于轴外径 d_1 的丝杆。这种设计特点经常与大孔径的支撑轴承一起使用。

为了有效地研磨螺纹，需要根部直径为 d_2 、长度为 l_2 的越程槽（见图3和表4）。

设计丝杆轴端

设计丝杆轴端的客户负责根据静态和动态工作条件检查其强度。

这种简单的方法考虑了轴端直径。必须使用应力集中系数。

必须检查A区的抗扭强度、以及 B区的抗扭强度和抗拉强度（见图4）。

重要提示

达到基本额定载荷 c_a 的应用载荷会在轴端产生很高的机械应力。对于这种应用，AKD强烈建议在仔细计算轴端。

表4

滚柱丝杆类型	设计工况	l_2 的值
SPRS	$d_3 \leq 1,85 d_1$ 导程 $P_h \leq 8 \text{ mm}$	$l_2 \geq 12 \text{ mm}$
	$d_3 \leq 1,85 d_1$ 导程 $P_h > 8 \text{ mm}$	$l_2 \geq 1,4 P_h$
CPRS	$d_3 \leq 1,85 d_1$ 导程 $P_h = 1 \text{ mm}$	$l_2 \geq 12 \text{ mm}$
	$d_3 \leq 1,85 d_1$ 尺寸 $d_0 P_h = 40 \times 2$ 或 50×2 或 $63 \times 2 \text{ mm}$	$l_2 \geq 12 \text{ mm}$
	$d_3 \leq 1,85 d_1$ 所有其他种类的循环式滚柱丝杆	$l_2 \geq 14 \text{ mm}$
所有类型的滚柱丝杆	$d_3 > 1,85 d_1$	

图3 有轴肩的轴设计

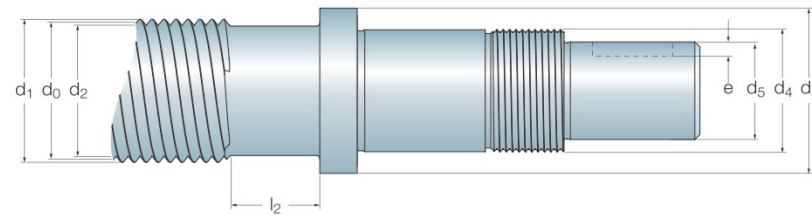
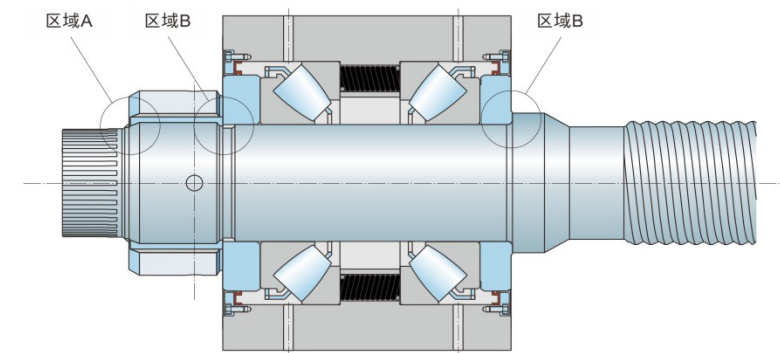


图4 有支撑轴承的轴端设计



A区: 仅扭转

由输入扭矩 τ 引起的公称剪应力 τ 由下式给出:

$$\tau = \frac{16\,000\,T}{\pi d_3^3}$$

该值因应力集中系数 f_4 而增加，以给出实际剪切应力 τ_p

$$\tau_p = f_4 \tau$$

根据冯·米塞斯定理，总应力 σ_t

$$\sigma_t = 1,73 \tau_p$$

为安全起见， σ_t 应小于屈服强度的67%。

如果端部直径 d_5 包含一个深度为 e 的键槽，则使用 $(d_5 - e)$ 代替 d_5 进行计算。

丝杆轴的扭转角度由下式给出

$$\Theta = \frac{7,48\,Tl}{d_0^4}$$

其中

l = 电机和螺母之间的长度

由这种扭曲引起的直线定位误差 δ 为

$$\delta = \frac{P_h \Theta}{360}$$

注:

应力集中系数 f_4 和 f_5 在所有的通用机械文献中均有记录。

单位:

d : mm

τ : N/mm² [MPa]

σ : N/mm² [MPa]

Θ : degree [°]

δ : mm

F : N

B区: 轴向应力+扭转应力

轴向载荷 F 引起的轴的标称应力由下式给出:

$$\sigma = \frac{4\,F}{\pi d_4^2}$$

该值因应力集中系数 f_5 而增加，以给出实际主应力 σ_p

$$\sigma_p = f_5 \sigma$$

对于A区计算，

$$\tau_p = f_4 \tau$$

根据冯·米塞斯的说法，总压力 σ_t

$$\sigma_t = (\sigma_p^2 + 3 \tau_p^2)^{1/2}$$

为安全起见， σ_t 应小于屈服强度的67%。

导程精度和制造公差

导程精度

一般来说, 所示精度确定了其导程精度符合ISO3408-3, 比如G1、G3、G5精度等级(见表14和表15)。

标准导程精度为G5。 AKD可以根据要求提供G3或G1级导程精度的滚柱丝杆。

滚柱丝杆的精度等级主要由300 mm螺纹长度上的最大允许行程变化 V_{300p} 来定义(见表14)。

导程精度特性由允许的导程误差 e_p 和允许的行程变化 V_{up} 确定, 在20°C下有效行程 l_u 上测量(见表15、16和图15)。

某些客户的应用需要有行程补偿 c , 以弥补工作温度对导程精度的影响: 温度变化1°C导致的丝杆轴长度尺寸变化为11.5 $\mu\text{m}/\text{m}$ 。因此, 如果需要, 可以获得一个行程补偿 c 。

- $c = 0$ 的标准情况(见图16)
- 客户特定值为 c 的情况(见图17)

可根据要求提供导程精度图。

表14 在300mm行程内允许的最大变动量

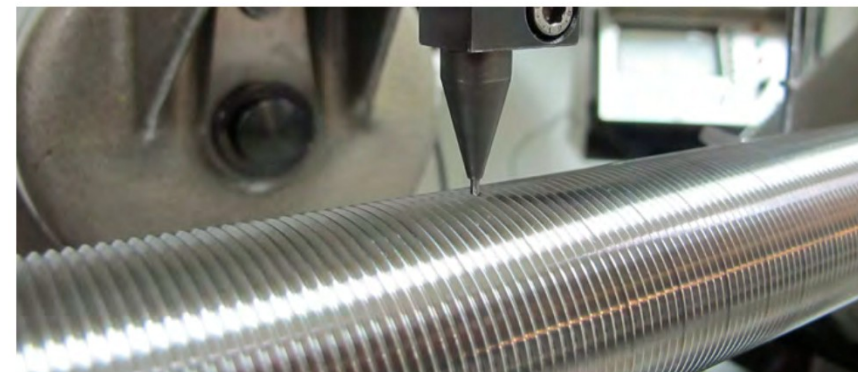
G1	G3	G5
V_{300p} μm	V_{300p}	V_{300p}
6	12	23

表15 行程偏离量和在有效行程 l_u 内允许的最大行程偏离

l_u over mm	incl.	G1		G3		G5	
		e_p μm	V_{up}	e_p	V_{up}	e_p	V_{up}
0	315	6	6	12	12	23	23
315	400	7	6	13	12	25	25
400	500	8	7	15	13	27	26
500	630	9	7	16	14	32	29
630	800	10	8	18	16	36	31
800	1 000	11	9	21	17	40	34
1 000	1 250	13	10	24	19	47	39
1 250	1 600	15	11	29	22	55	44
1 600	2 000	18	13	35	25	65	51
2 000	2 500	22	15	41	29	78	59
2 500	3 150	26	17	50	34	96	69
3 150	4 000	32	21	62	41	115	82
4 000	5 000			76	49	140	99
5 000	6 300					170	119

表16 有效行程

滚柱丝杆种类	有效行程 $l_u = \text{螺纹长度} - 2 l_e$
行星滚柱丝杆	$l_e = 1 \times \text{导程}$
循环式滚柱丝杆	$l_e = 5 \times \text{导程}$



图形中使用的符号

- l_u 有效行程
- l_e 过量行程(不要求导程精度)
- l_m 实际平均行程(用最小二乘法与实际行程的最佳拟合线)
- l_0 名义行程
- l_s 指定行程
- c 行程补偿(客户定义的 l_s 和 l_0 之差)
- e_p 指定行程的平均行程偏差(导程误差)
- e_a 指定行程的实际(测量)平均行程偏差
- V 行程变化(或允许的带宽)
- V_{300p} 300mm距离的最大允许行程变化
- V_{up} 有效行程 l_u 范围内的最大允许行程变化
- V_{300a} 300mm距离内测得的行程变化
- V_{ua} l_u 距离内测得的行程变化
- $V_{2\pi p}$ 2π 弧度内的最大允许行程变化
- $V_{2\pi a}$ 2π 弧度内测得的实际行程变化

图15 螺纹误差测量的定义

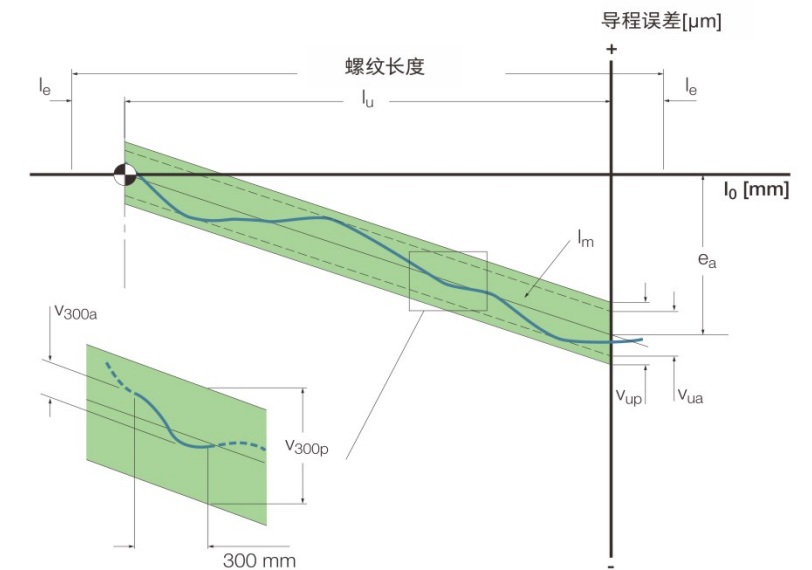


图16 在没有行程补偿的情况下

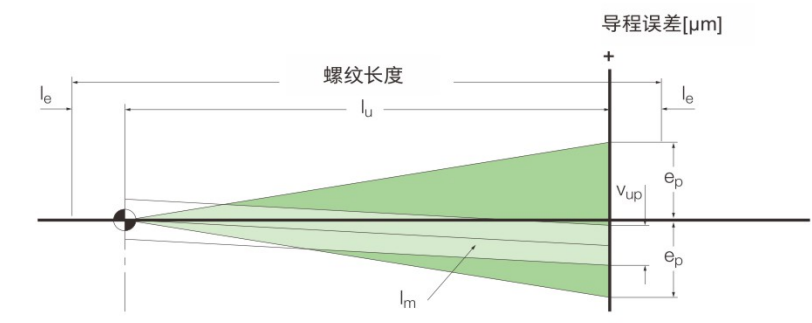
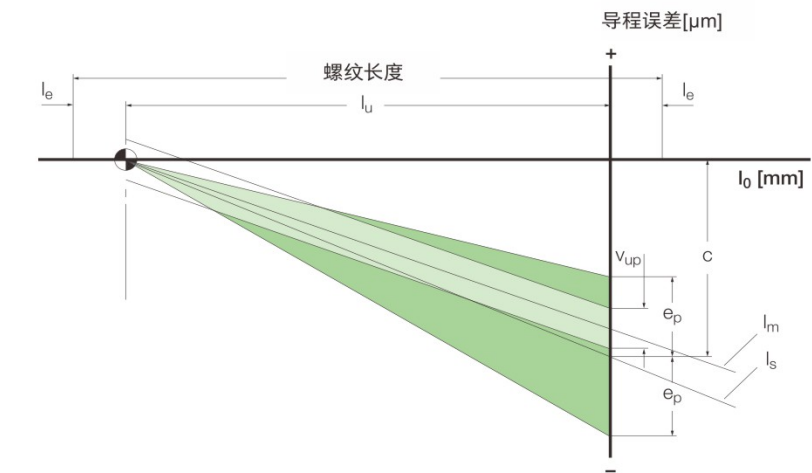


图17 在有负向行程补偿的情况下



2π弧度内的允许行程变化 $V_{2\pi p}$ (一圈)

对于某些精度非常高的应用来说，每转一圈的最大允许行程变化 $V_{2\pi p}$ 是一个重要参数。

图18对该导程精度参数 $V_{2\pi p}$ 进行了说明。表17中给出了符合ISO 3408-3的值。

AKD可根据要求测量并提供公称直径最高40mm，长度最高1000mm的丝杆每转一圈的实际行程变化 V_{2pa} 。

并行工作丝杆行程偏差的匹配

当一台设备上并行使用两根或更多根丝杆时，须匹配它们的导程偏差。

M值定义为一组丝杆中任何一个丝杆平均行程的最大差值。如果装有三根或更多根丝杆，M表示丝杆组中两根最极端平均行程的最大差值。(见表18)

图19、图20和图21代表3个典型的应用示例。

表17

在 2π rad内的最大允许行程偏差

导程精度等级	$V_{2\pi p}$ μm
-	μm
G1	4
G3	6
G5	8

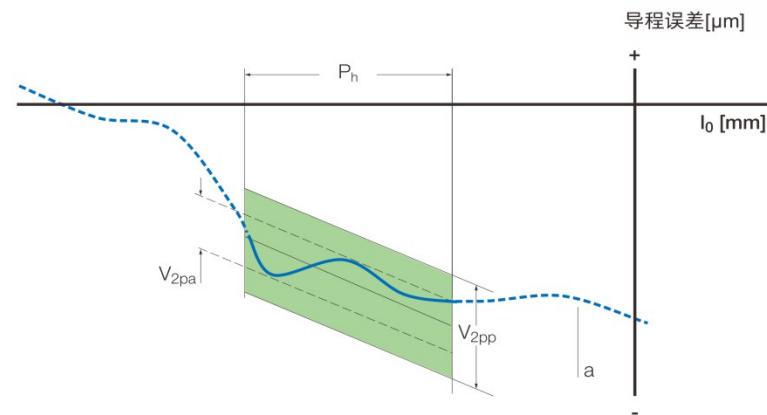
表18

最大平均行程偏差

同步驱动的丝杠数量	M μm
2	V_{up}
> 2	$1,5 V_{up}$

图18

在 2π rad内的行程偏差



a是真实的行程偏差

制造公差

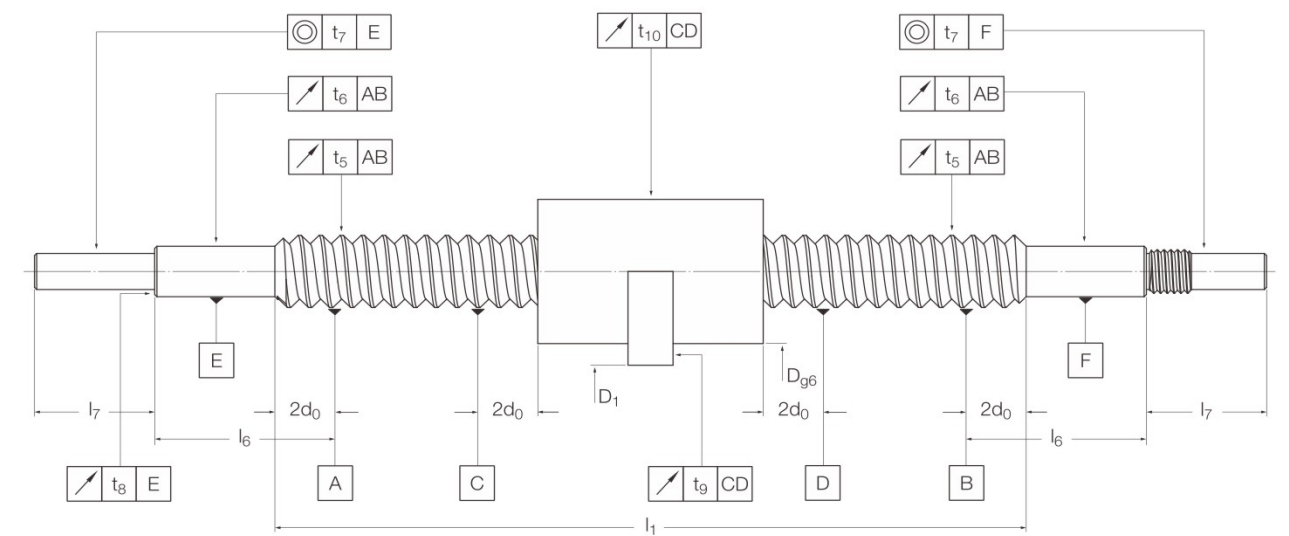
导程精度以外的参数符合ISO 3408-3 5级标准。如果某些应用有特殊的公差要求，如ISO 3级或ISO 1级，请在询价时提出来。

请查看图22和：

- 表19至表23，参考5级制造公差
- 表24至表28，参考3级制造公差
- 表29至表33，参考1级制造公差

Fig. 22

制造公差



丝杠轴:

- t₅: 直线度
- t₆: 轴颈径向跳动度
- t₇: 轴端和轴颈同心度
- t₈: 支撑轴承端面的轴向跳动度

螺母:

- t₉: 螺母法兰面的轴向跳动度
- t₁₀: 螺母直径与丝杆的径向跳动度

制造公差5级

表19

公称直径		螺纹长度 l_1		公差
d_0 over mm	incl.	$l_{1\text{ ref}}$ mm		t_5 μm
6	12	320		32
12	25	640		32
25	50	1 260		32
50	100	2 520		32
100	200	5 000		32
200		1)		1)

表20

比例	公差
if $l_1 > l_{1\text{ ref}}$ l_1/d_0 比例	t_5 μm
≤ 40	64
≤ 60	96
≤ 80	160
≤ 100	256

表21

公称直径		公差				
d_0 over mm	incl.	t_6 μm	$t_{6\text{ mini}}$	t_7	$t_{7\text{ mini}}$	t_8
6	20	$0,25 \times l_6$	20	$0,10 \times l_7$	8	5
20	50	$0,20 \times l_6$	25	$0,08 \times l_7$	10	5
50	63	$0,16 \times l_6$	32	$0,06 \times l_7$	12	5
63	125	$0,16 \times l_6$	32	$0,06 \times l_7$	12	6
125	200	$0,13 \times l_6$	40	$0,05 \times l_7$	16	8
200		1)	1)	1)	1)	1)

表22

螺母法兰的外径		公差
D_1 over mm	incl.	t_9 μm
16	32	16
32	63	20
63	125	25
125	250	32
250	500	40

表23

螺母本体的外径		公差
D over mm	incl.	t_{10} μm
16	32	16
32	63	20
63	125	25
125	250	32
250	500	40

测量结果来自一起转动丝杆轴和螺母

测量结果来自固定丝杆轴后转动螺母

制造公差3级

表24

公称直径		螺纹长度 l_1		公差
d_0 over mm	incl.	$l_{1\text{ ref}}$ mm		t_5 μm
6	12	320		25
12	25	640		25
25	50	1 260		25
50	100	2 520		25
100	200	5 000		25
200		1)		1)

表25

比例	公差
if $l_1 > l_{1\text{ ref}}$ l_1/d_0 比例	t_5 μm
≤ 40	50
≤ 60	75
≤ 80	125
≤ 100	200

表26

公称直径		公差				
d_0 over mm	incl.	t_6 μm	$t_{6\text{ mini}}$	t_7	$t_{7\text{ mini}}$	t_8
6	20	$0,15 \times l_6$	12	$0,08 \times l_7$	6	4
20	50	$0,13 \times l_6$	16	$0,06 \times l_7$	8	4
50	63	$0,10 \times l_6$	20	$0,05 \times l_7$	10	4
63	125	$0,10 \times l_6$	20	$0,05 \times l_7$	10	5
125	200	$0,08 \times l_6$	25	$0,04 \times l_7$	12	6
200		1)	1)	1)	1)	1)

表27

螺母法兰外径		公差
D_1 over mm	incl.	t_9 μm
16	32	12
32	63	16
63	125	20
125	250	25
250	500	32

表28

螺母本体外径		公差
D over mm	incl.	t_{10} μm
16	32	12
32	63	16
63	125	20
125	250	25
250	500	32

测量结果来自一起转动丝杆轴和螺母

测量结果来自固定丝杆轴后转动螺母

制造公差等级1

表29

公称直径		螺纹长度 l_1	公差
d_0 over mm	incl.	$l_{1\text{ref}}$ mm	if $l_1 \leq l_{1\text{ref}}$ t_5 μm
6	12	320	20
12	25	640	20
25	50	1 260	20
50	100	2 520	20
100	200	5 000	20
200		1)	1)

表30

比例	公差
if $l_1 > l_{1\text{ref}}$ l_1/d_0 比例	t_5 μm
≤ 40	40
≤ 60	65
≤ 80	100
≤ 100	160

表31

公称直径		公差				
d_0 over mm	incl.	t_6 μm	$t_{6\text{mini}}$	t_7	$t_{7\text{mini}}$	t_8
6	20	$0,12 \times l_6$	10	$0,06 \times l_7$	5	3
20	50	$0,10 \times l_6$	12	$0,05 \times l_7$	6	3
50	63	$0,08 \times l_6$	16	$0,04 \times l_7$	8	3
63	125	$0,08 \times l_6$	16	$0,04 \times l_7$	8	4
125	200	1)	1)	1)	1)	1)
200	240	1)	1)	1)	1)	1)

表32

螺母法兰外径		公差
D_1 over mm	incl.	t_9 μm
16	32	10
32	63	12
63	125	16
125	250	20
250	500	1)

测量结果来自一起转动丝杆轴和螺母

表33

螺母本体外径		公差
D over mm	incl.	t_{10} μm
16	32	10
32	63	12
63	125	16
125	250	20
250	500	1)

测量结果来自固定丝杆轴后转动螺母

滚柱丝杆

计算公式

基本额定寿命

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3$$

要求的额定负载

$$C_{\text{req}} = F_m (L_{10\text{req}})^{1/3}$$

其中

L_{10} = 基本额定寿命[m]
 C_a = 基本额定动负载 [N]
 C_{req} = 需要的动负载 [N]
 F_m = 平均负载[N]
 $L_{10\text{req}}$ = 要求寿命[百万转]

当量平均负载

• 带步进负载的占空比

$$F_m = \left(\frac{\sum F_i^3 l_i}{\sum l_i} \right)^{1/3}$$

其中

l_i = 第i段行程的长度
 F_i = 第i段行程期间的负载
 F_i 可以是一个固定值,也可以是连续负载变化周期的计算值

• 负载连续变化时的占空比

$$F_m = \frac{F_{\text{min}} + 2 F_{\text{max}}}{3}$$

其中

F_{min} = 最小负载
 F_{max} = 最大负载

丝杆轴的临界速度
(无安全系数)

$$n_{\text{cr}} = 49 \times 10^6 \frac{f_1 d_2}{l_{\text{cr}}^2}$$

其中

n_{cr} = 临界速度[r/min]
 d_2 = 丝杆轴根部直径[mm]
 l_{cr} = 两个支撑之间的自由长度或距离[mm]
 f_1 = 安装系数

0,9 ●●●●● 固定,自由(见图25)
 2,5 ●●●●● 径向支撑,径向支撑(见图26)
 3,8 ●●●●● 固定,径向支撑(见图27)
 5,6 ●●●●● 固定,固定(见图28)

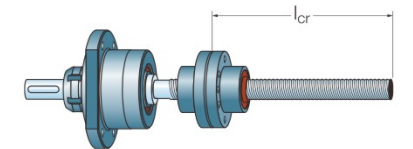
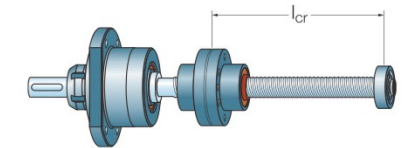
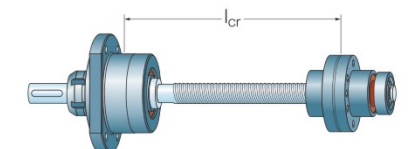
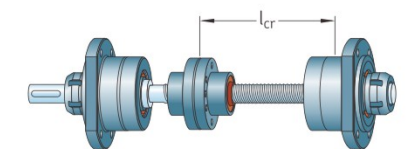
注:

- 对于每种特定的应用,必须考虑最不利的条件
 - 通常建议对丝杆轴临界速度 n_{cr} 的计算值采用0.8的安全系数。
- 机构的速度限制(在非常短的时间内采用的最大速度)**

所有类型的行星滚柱丝杆 $d_0 \leq 160\ 000$ 对于 SV, BV, PV, 当 $d_1 \leq 25\ \text{mm}$ 时, $n \leq 30\ 000$ 对于 SV, BV, PV, 当 $d_1 > 25\ \text{mm}$ 时, $n \leq 20\ 000$

其中

n = 转速[r/min]
 d_0 = 对于所有类型的行星滚柱丝杆, d_0 =丝杆轴的公称直径 [mm]
 d_1 = 对于循环式滚柱丝杆, d_1 =滚柱丝杆的公称直径[mm]

最大允许加速度: 对于所有类型的行星滚柱丝杆为 $12000\ \text{rad/s}^2$ 对于所有类型的循环式滚柱丝杆为 $4000\ \text{rad/s}^2$ 图25
安装系数 $f_1 = 0,9$ 图26
安装系数 $f_1 = 2,5$ 图27
安装系数 $f_1 = 3,8$ 图28
安装系数 $f_1 = 5,6$ 

安全系数为3时的屈服强度

$$F_c = \frac{34 \times 10^3 f_3 d_2^4}{l_{Fc}^2}$$

- 其中
- F_c = 屈服强度[N]
 - d_2 = 丝杠轴根部直径[mm]
 - l_{Fc} = 固定支撑轴承和螺母延伸位置之间的距离
 - f_3 = 安装系数
- 0,25 ●●●● 固定, 自由
- 2 ●●●●● 固定, 径向支撑
- 4 ●●●●●● 固定, 固定

螺旋角

$$\alpha = \text{Atan} \left(\frac{P_h}{\pi d} \right)$$

- 其中
- d = 丝杠轴的公称直径[mm]
 - d_0 , 用于 SPRS 行星滚柱丝杆
 - d_1 , 用于 CPRS 循环式滚柱丝杆
 - D_0 , 用于 RPRS 反向滚柱丝杆
 - P_h = 导程 [mm]

理论效率

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d}{P_h} \mu_{ref}}$$

- 其中
- μ_{ref} 是从摩擦系数图中提取出来的

- α = 螺旋角 [°]
- d = 丝杠轴的公称直径[mm]
- d_0 , 用于 SPRS 行星滚柱丝杆
- d_1 , 用于 CPRS 循环式滚柱丝杆
- D_0 , 用于 RPRS 反向滚柱丝杆
- P_h = 导程 [mm]

$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta}$$

实际效率

$$\eta_p = \frac{1}{1 + \frac{\pi d}{P_h} \mu_{prac}}$$

- 其中
- μ_{prac} 是从摩擦系数图中提取出来的

- a = 螺旋角 [°]
- d = 丝杠轴的公称直径[mm]
- d_0 , 用于 SPRS 行星滚柱丝杆
- d_1 , 用于 CPRS 循环式滚柱丝杆
- D_0 , 用于 RPRS 反向滚柱丝杆
- P_h = 导程 [mm]

$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta_p}$$

稳态输入扭矩

$$T = \frac{F P_h}{2000 \pi \eta_p}$$

- 其中
- T = 输入扭矩[Nm]
 - F = 外部负载[N]
 - P_h = 导程[mm]
 - η_p = 实际直接效率

稳态功率要求

$$P = \frac{F n P_h}{60000 \eta_p}$$

- 其中
- P = 所需功率[W]
 - n = 每分钟转数[r/min]

预紧扭矩

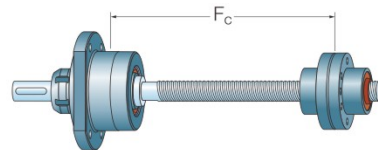
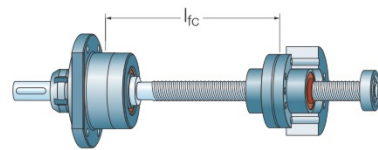
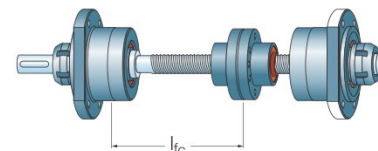
$$T_{pr} = \frac{F_{pr} P_h}{1000 \pi} \left(\frac{1}{\eta_p} - 1 \right)$$

- 其中
- T_{pr} = 预紧扭矩 [N]
 - F_{pr} = 预紧扭矩 [N]

制动扭矩 (反向驱动系统中考虑的限制扭矩)

$$T_b = \frac{F P_h \eta'}{2000 \pi}$$

- 其中
- T_b = 制动扭矩[Nm]
 - F = 外部负载[N]
- 为考虑最坏的情况, 我们采用理论间接效率。

图29
安装系数 $f_3 = 0,25$ 图30
安装系数 $f_3 = 2$ 图31
安装系数 $f_3 = 4$ 

电机加速期间的标称扭矩

对于水平放置丝杆

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h (F + m_L \mu_f g)}{2000 \pi \eta_p} + \omega \Sigma I$$

对于立式丝杆

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h (F + m_L g)}{2000 \pi \eta_p} + \omega \Sigma I$$

- 其中
- T_t = 驱动扭矩[Nm]
 - T_f = 支撑轴承、电机、密封件等的摩擦扭矩 [Nm]
 - T_{pr} = 预紧扭矩[Nm]
 - μ_f = 导向系统的摩擦系数
 - ω = 角加速度[rad/s²]
 - m_L = 运动质量[kg]
 - g = 重力加速度[9,8 m/s²]
 - ΣI = $I_M + I_L + I_S \cdot 10^{-9}$

$$I_L = m_L \left(\frac{P_h}{2\pi} \right)^2 \cdot 10^{-6}$$

- 其中
- I_M = 电机惯量 [kgm²]
 - I_S = 每米丝杠轴的惯量 [kgmm²/m]
 - l = 丝杠轴+的长度[mm]
- 对于空心轴, 实际惯量计算如下:

$$I_{S \text{ actual}} = I_S \cdot 10^{-9} \left(\frac{d_0^4 - d_b^4}{d_0^4} \right)$$

- 其中
- d_b = 轴的孔径[mm]

减速期间的标称制动扭矩

对于水平放置丝杆

$$T'_b = \frac{P_h \eta' [F + m_L \mu_f g]}{2000 \pi} + \omega \Sigma I - T_f - T_{pr}$$

对于立式丝杆

$$T'_b = \frac{P_h \eta' [F + m_L g]}{2000 \pi} + \omega \Sigma I - T_f - T_{pr}$$

- 其中
- T'_b = 减速期间的制动扭矩[Nm]

整个滚柱丝杆组件的静态轴向刚度

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_p}$$

- 其中
- R_t = 整个组件的刚度[N/μm]
 - R_s = 轴的刚度[N/μm]
 - R_n = 螺母刚度[N/μm]
 - R_p = 支撑轴承刚度[N/μm]

轴的刚度

固定-自由或固定-径向支撑 (见图32)

固定-固定装配 (见图33)

$$R_s = \frac{165 d_2^2 I_s}{l_{s1} (l_s - l_{s1})}$$

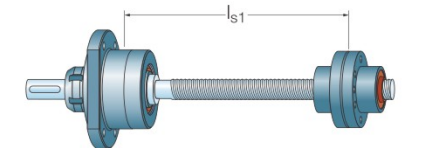
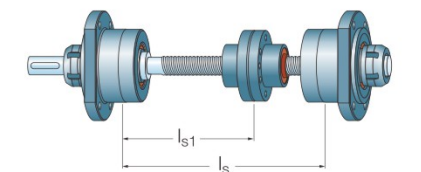
注:
当螺母处于中间位置时, 刚度达到最低

$$I_{s1} = \frac{I_s}{2} \rightarrow R_s = \frac{165 d_2^2}{I_s} \times 4$$

其中

- l_{s1} = 固定支撑轴承和螺母中心之间的距离 [mm]

- l_s = 固定支撑轴承中心之间的距离

图32
用于刚度计算的带有固定支撑和径向支撑的配置图33
用于刚度计算的带有两个固定支架的配置

计算示例

- 客户希望为其应用选择行星滚柱丝杆
- 为了达到使用要求的线速度，客户预先选择了20毫米导程，在工作周期内，丝杆转速为600转/分钟
- 出于装配需要，螺母为法兰型螺母
- 滚柱丝杆轴水平安装，固定端装在起始位置，另一端装在径向支撑上
- 负载循环如图表12所示
- 运行周期为最少5年，60天/年，7小时/天，1周期/分钟

等效平均载荷 F_m 的计算

$$F_1 = 50\,000\text{ N} \quad \text{on } L_1 = 1\,500\text{ mm}$$

$$F_{2m} = \frac{2F_1 + F_2}{3} = 45\,833\text{ N} \quad \text{on } L_2 = 1\,000\text{ mm}$$

$$F_{3m} = 37\,500\text{ N} \quad \text{on } L_3 = 1\,250\text{ mm}$$

$$F_{4m} = 20\,500\text{ N} \quad \text{on } L_4 = 1\,250\text{ mm}$$

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{50\,000^3 \times 1\,500 + 45\,833^3 \times 1\,000 + 37\,500^3 \times 1\,250 + 20\,500^3 \times 1\,250}{1\,500 + 1\,000 + 1\,250 + 1\,250}}$$

$$F_m = 41\,590\text{ N}$$

所需动态承载能力 C_a 的计算

考虑到工作周期:

预选导程 $P_h = 20\text{ mm}$ ，最低 $L_{10} = 60 \times 7 \times 260 \times 5 = 546\,000$ 次循环

$$L_{10} = 546\,000 \frac{1\,500 + 1\,000 + 1\,250 + 1\,250}{20}$$

$$= 136,5 \times 10^6 \text{ 转}$$

$$C_{a \text{ req}} = F_m (L_{10})^{1/3} = 41\,590 (136,5)^{1/3} = 214\,141\text{ N}$$

查看产品表，我们发现:

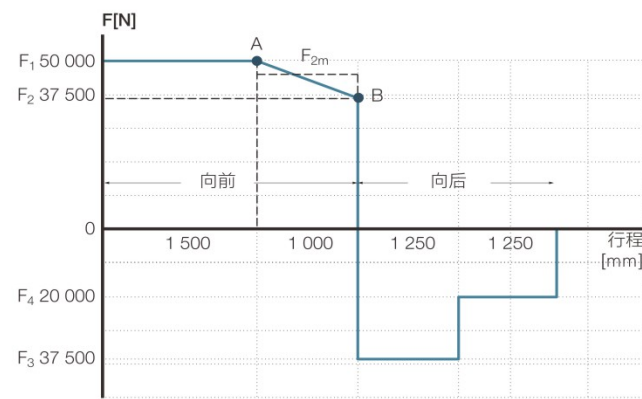
$C_a = 265\,690\text{ N}$ 的SRF 48 x 20R型满足最小动态承载能力的要求

支撑轴承的选择

建议SRF 48 x 20R型丝杆使用FLRBU7型支撑轴承。

在下面的计算中，我们假设丝杆轴另一端径向支撑的总宽度为50mm。

图表12
应用负载循环



效率

理论直接效率

$$\alpha = \text{Atan} \left(\frac{P_h}{\mu d_0} \right) = 7,55^\circ$$

取自摩擦系数参考图 (见第06页, 图1)

其中

$$\mu_{\text{ref}} = 0,016$$

$$\mu_{\text{prac}} = 0,021$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_0}{P_h} \mu_{\text{ref}}} = 0,892$$

滚柱丝杆

理论间接效率

$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta} = 0,879$$

实际直接效率

我们考虑实际摩擦系数 $\mu_{\text{prac}} = 0,021$

$$\eta_p = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_0 \mu_{\text{prac}}}{P_h}} = 0,863$$

稳态输入扭矩

第1阶段具有最高的作用负载 $F_{\text{max}} = 50\,000\text{ N}$

$$T = \frac{F P_h}{2\,000 \pi \eta_p} = \frac{50\,000 \times 20}{2\,000 \pi \times 0,863} = 184,4\text{ Nm}$$

稳态下的功率要求

第1阶段具有最高的作用负载 $F_{\text{max}} = 50\,000\text{ N}$ ，转速为600 r/min

$$P = \frac{50\,000 \times 600 \times 20}{60\,000 \times 0,863} = 11\,587\text{ W}$$

制动扭矩

第1阶段具有最高的作用负载 $F_{\text{max}} = 50\,000\text{ N}$

$$T_b = \frac{50\,000 \times 20 \times 0,879}{2\,000 \pi} = 139,9\text{ Nm}$$

丝杆轴的临界速度

当评估临界速度时，我们必须考虑丝杆的临界配置，即轴的自由长度最长时。在本案例研究中，两种临界配置是:

A) 螺母位于起始位置 (零行程)，螺母中心和轴端径向支撑中心之间的自由长度为2608.5mm。在这种配置中，安装条件是支撑式/支撑式，相应的系数 $f_1 = 2.5$ 支持。

根部直径 $d_2 = 45.5\text{ mm}$ ，计算出的临界速度为:

$$n_{\text{cr}} = 49 \times 10^6 \frac{2,5 \times 45,5}{2\,608,5^2} = 819\text{ r/min}$$

采用0.8的安全系数:

$$n_{\text{cr}} \times 0,8 = 819 \times 0,8 = 655\text{ r/min} > 600\text{ r/min}$$

B) 对于全行程长度为2500mm的螺母，螺母中心和固定支撑轴承中心之间的自由长度为2719.5mm

在这种配置中，安装条件是固定式/支撑式，相应的系数 $f_1 = 3.8$ 计算方法如下:

$$n_{\text{cr}} = 49 \times 10^6 \frac{3,8 \times 45,5}{2\,719,5^2} = 1\,146\text{ r/min}$$

$$n_{\text{cr}} \times 0,8 = 1146 \times 0,8 = 917\text{ r/min} > 600\text{ r/min} \rightarrow \text{Ok}$$

速度极限

$$n d_0 = 600 \times 48 = 28\,000 < 160\,000 \rightarrow \text{Ok}$$

安全系数= 3时的屈曲强度

计算屈曲强度时，我们必须考虑两种临界情况。

(A) 点在第1阶段结束时具有最大作用负载(行程= 1500mm)。

在这种配置中，安装条件是固定式/支撑式，相应的系数 $f_3 = 2$

(B) 点在第2阶段结束时作用负载较低，总行程较长，为2500mm

$$F_c = \frac{34 \times 10^3 \times 2 \times 45,5^4}{2\,719,5^2} = 39\,407\text{ N} > F_2 = 37\,500\text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

客户选择预紧滚柱丝杆时的情况一样

如果客户为了获得更坚固的组件而更喜欢预紧滚柱丝杆，那么最初的选择是:

PRK 60 x 20R with $C_a = 217\,610\text{ N}$

现在对照所有的尺寸参数检查该丝杆。

效率

理论直接效率

从摩擦系数参考图表中获得

其中

$$\mu_{ref} = 0,013$$

$$\mu_{prac} = 0,017$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_0 \mu_{ref}}{P_h}} = 0,891$$

理论间接效率

实际直接效率

$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta} = 0,877$$

我们考虑实际摩擦系数

$$m_{prac} = 0,017$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_0 \mu_{prac}}{P_h}} = 0,862$$

在稳定状态下的输入扭矩

第一段存在最大的应用载荷 $F_{max} = 50\,000\text{ N}$

$$T = \frac{50\,000 \times 20}{2\,000 \pi \times 0,862} = 184,6\text{ Nm}$$

在稳定状态下的功率需求

第一段存在最大的应用载荷 $F_{max} = 50\,000\text{ N}$

转速是 600 r/min

$$P = \frac{50\,000 \times 600 \times 20}{60\,000 \times 0,862} = 11\,600\text{ W}$$

滚柱丝杆

制动扭矩

第1阶段具有最高的作用载荷 $F_{max} = 50\,000\text{ N}$

$$T_b = \frac{F P_h \eta'}{2\,000 \pi} = \frac{50\,000 \times 20 \times 0,877}{2\,000 \pi} = 139,6\text{ Nm}$$

丝杆轴的临界速度

PRK 60 x 20R型丝杆与已经进行了计算的SRF 48 x 20R型丝杆相比具有更大的公称直径和更大的根部直径。因此，对于PRK 60x20R的丝杆规格来说，临界速度不是问题。

轴向刚度

在产品表中，我们发现标称预紧力 $F_{pr} = 2\,326\text{ N}$

首先，我们确认内部预紧力适合于该应用：

- 第4阶段的最小作用载荷： $F_4 = 20\,000\text{ N}$
- F_4 大于 $2,83 \times 2\,326\text{ N} = 6\,583\text{ N}$

这是为了确保不承受负载的半螺母完全卸载，并且不会承受有滑动风险的边缘负载。标称预紧力 $F_{pr} = 2326\text{ N}$ 适用于该应用。

在此标称预紧条件下 ($F_{pr} = 2326\text{ N}$)，螺母的最小标称刚度为 $R_{ng} = 700\text{ N}/\mu\text{m}$

滚柱丝杆的轴向总刚度为：

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_{ng}}$$

在 (B) 点，全行程：

对于 PRK 60 x 20R 57,52 滚柱丝杆， $d_2 = 57,5\text{ mm}$

$$R_s = 165 \frac{57,5^2}{2719,5} = 201\text{ N}/\mu\text{m}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{201} + \frac{1}{700} \rightarrow \text{全行程时 } R_t = 156\text{ N}/\mu\text{m}$$

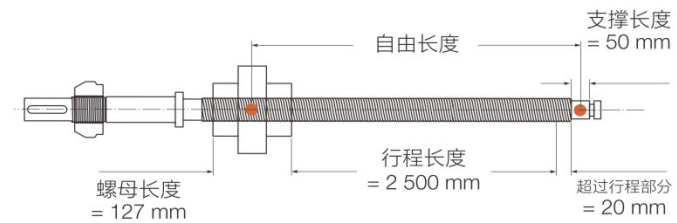
如果我们包括固定支撑轴承的轴向刚度，我们计算系统总刚度：

$$R_{\text{支撑轴承}} = 1\,250\text{ N}/\mu\text{m}$$

$$\frac{1}{R_{\text{总系统}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{ng}} + \frac{1}{R_{\text{轴承}}} = \frac{1}{201} + \frac{1}{700} + \frac{1}{1\,250}$$

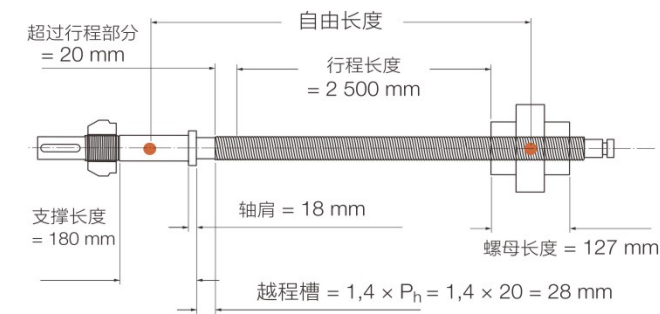
$$\rightarrow \text{全行程时 } R_{\text{总系统}} = 139\text{ N}/\mu\text{m}$$

图34



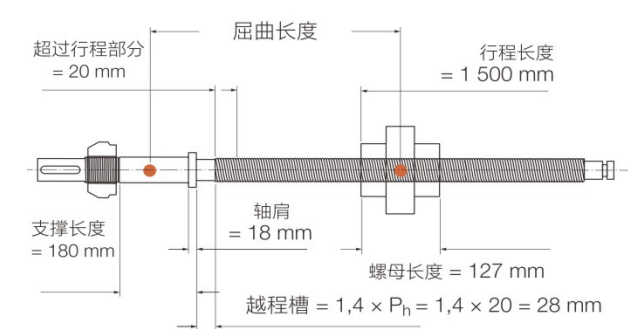
$$\text{自由长度} = 127/2 + 2\,500 + 20 + 50/2 = 2\,608,50$$

图35



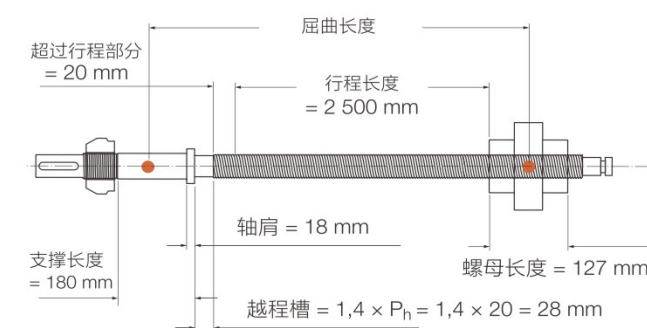
$$\text{自由长度} = 127/2 + 2\,500 + 20 + 28 + 18 + 180/2 = 2\,719,50$$

图36



$$\text{屈曲长度} = 127/2 + 1\,500 + 20 + 28 + 18 + 180/2 = 1\,719,50$$

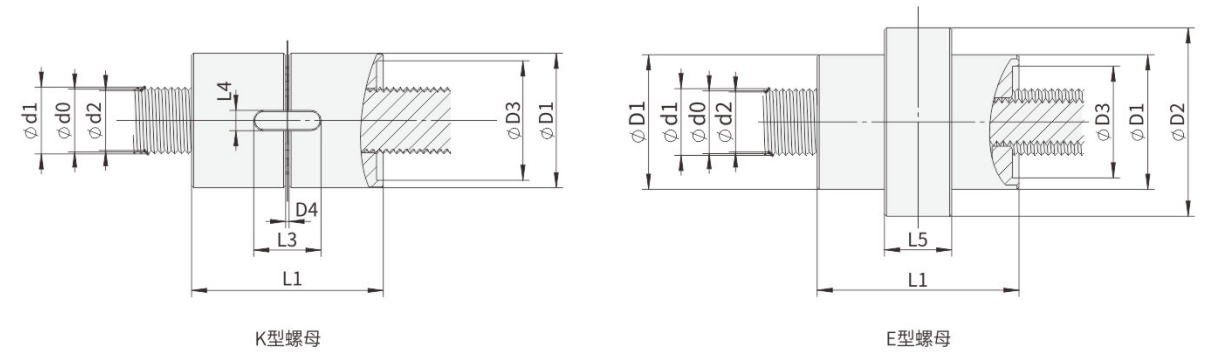
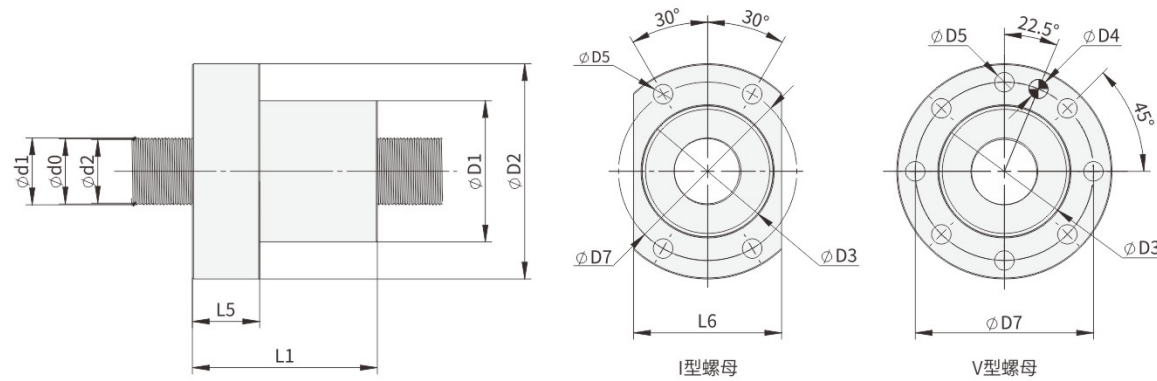
图37



$$\text{屈曲长度} = 127/2 + 2\,500 + 20 + 28 + 18 + 180/2 = 2\,719,50$$

SPRS标准式行星滚柱丝杆副

SPRS标准式行星滚柱丝杆副



型号	D x P	N	丝杆							单螺母			螺母											正转效率	反转效率	
			螺旋升角 (°)	(mm)						(KN)			(mm)													
				∅d1	∅d0	∅d2	Ca	Coa	FK	∅D1	∅D2	∅D3	∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6					
SPRS 20	20	5	2	1.87	19.64	19.5	19.32	35.6	91.9	87.8	42	64	39	5	M6	5.8	53	55	65	43.7	20	4	20	44	0.72	0.68
			3	2.80	19.71		19.22	38.9	90.5	70.1															0.76	0.73
			4	3.74	19.77		19.12	41.6	90.7	60.4															0.78	0.76
			5	4.67	19.83		19.02	43.7	90.2	53.5															0.79	0.78
			6	5.59	19.88		18.91	43.0	82.9	46.0															0.80	0.79
			8	7.44	19.99		18.69	44.9	80.4	39.2															0.80	0.79
			10	9.27	20.07		18.45	46.6	79.3	34.7															0.79	0.77
SPRS 21	21	5	2	1.74	21.14	21	20.82	44.0	96.2	89.2	45	67	41	5	M6	5.8	56	55	65	47	20	5	18	47	0.72	0.66
			3	2.60	21.21		20.72	48.1	94.8	70.9															0.75	0.72
			4	3.47	21.27		20.62	51.6	95.0	61.3															0.78	0.76
			5	4.33	21.33		20.52	54.1	94.3	54.2															0.79	0.77
			6	5.20	21.39		20.42	56.8	95.4	49.6															0.80	0.78
			8	6.91	21.49		20.20	55.7	84.2	39.7															0.80	0.79
			10	8.62	21.59		19.97	57.8	87.6	35.1															0.80	0.78
SPRS 23	23	5	2	1.62	22.64	22.5	22.32	46.2	100.3	90.4	48	71	44	5	M6	7.0	59	55	65	49.7	20	4	20	50	0.71	0.65
			3	2.43	22.71		22.22	50.5	98.7	71.8															0.75	0.72
			4	3.24	22.77		22.12	51.1	98.9	62.1															0.77	0.75
			5	4.05	22.83		22.02	56.8	98.3	54.9															0.79	0.77
			6	4.85	22.89		21.92	59.6	99.5	50.2															0.79	0.78
			8	6.46	23.00		21.70	58.5	87.7	40.2															0.80	0.79
			10	8.05	23.10		21.48	60.8	86.5	35.6															0.80	0.78
SPRS 25	25	6	3	2.28	24.17	24	23.77	40.4	80.9	76.0	48	71	44	5	M6	7.0	59	48	58	49.7	18	4	20	50	0.74	0.71
			6	4.55	24.33		23.52	44.6	73.6	49.9															0.79	0.78
			12	9.04	24.57		22.95	52.2	74.8	35.3															0.79	0.78
		5	2	1.52	24.14	24	22.82	59.2	144.5	107.1	53	84	48	5	M6	7.0	70	64	78	55.5	25	6	20	55	0.80	0.63
			4	3.04	24.27		23.63	70.1	145.1	74.1															0.77	0.74
			5	3.79	24.34		23.53	74.0	129.2	66.0															0.78	0.76
			6	4.55	24.40		23.42	76.6	143.6	59.6															0.79	0.78
			8	6.06	24.51		23.21	82.6	146.2	51.9															0.80	0.79
			10	7.55	24.61		22.99	81.5	133.3	43.6															0.80	0.79
			15	11.25	24.81		22.38	86.9	130.0	35.0															0.78	0.76

*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm

*可根据要求提供更小的轴向间隙

*参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

型号	D x P	N	丝杆							单螺母			螺母											正转效率	反转效率																
			螺旋升角 (°)	(mm)						(KN)			(mm)																												
				∅d1	∅d0	∅d2	Ca	Coa	FK	∅D1	∅D2	∅D3	∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6																				
SPRS 27	27	5	2	1.35	27.14	27	26.82	65.4	158.0	110.9	53	83	50	5	M6	7.0	68	65	79	55.2	20	5	22	55	0.68	0.61															
			4	2.70	27.28		26.63	77.4	158.6	76.6															0.76	0.73															
			5	3.37	27.34		26.53	82.1	159.5	68.6															0.77	0.75															
			6	4.05	27.40		26.43	85.4	159.2	62.1															0.79	0.77															
			8	5.39	27.52		26.22	89.8	155.5	52.8															0.80	0.78															
			10	6.72	27.62		26.00	94.5	156.0	47.4															0.80	0.79															
			15	10.03	27.84		25.41	95.3	138.3	35.7															0.79	0.77															
SPRS 30	30	5	2	1.22	30.14	30	29.82	78.0	199.0	123.1	62	92	58	5	M6	9.0	77	71	85	64.7	20	6	27	64	0.66	0.58															
			4	2.43	30.28		29.63	91.7	197.2	84.0															0.75	0.72															
			5	3.04	30.34		29.53	97.6	200.0	75.5															0.77	0.74															
			6	3.64	30.41		29.43	101.1	197.9	68.3															0.78	0.76															
			8	4.85	30.52		29.23	106.7	193.8	58.1															0.79	0.78															
			10	6.06	30.63		29.01	114.9	201.6	52.9															0.80	0.79															
			15	9.04	30.87		28.44	115.8	179.3	39.9															0.79	0.78															
SPRS 36	36	6	6	3.04	36.34	36	35.53	92.5	189.2	76.7	68	102	62	5	M6	9.0	85	68	80	70.2	25	5	27	70	0.77	0.74															
			12	6.06	36.63		35.01	103.7	177.5	51.2															0.80	0.79															
			18	9.04	36.86		34.43	108.4	166.4	40.4															0.79	0.78															
			24	11.98	37.04		33.80	129.1	181.1	34.3															0.77	0.74															
			2	1.01	36.14		36	35.82	98.5	263.4															138.7	74	110	68	5	M6	9.0	92	82	96	76.7	28	6	25	76	0.63	0.54
			4	2.03	36.28			35.63	116.6	264.2															95.4															0.73	0.69
			5	2.53	36.35			35.54	123.0	264.7															84.5															0.75	0.72
6	3.04	36.41	35.44	127.8	262.2	76.7		0.77	0.74																																
8	4.05	36.53	35.24	136.0	260.1	65.6		0.79	0.77																																
10	5.05	36.65	35.03	145.2	266.6	59.1		0.80	0.78																																
15	7.55	36.91	34.48	156.8	261.5	47.7		0.80	0.79																																
20	10.03	37.12	33.88	188.6	286.9	40.3	0.79	0.77																																	

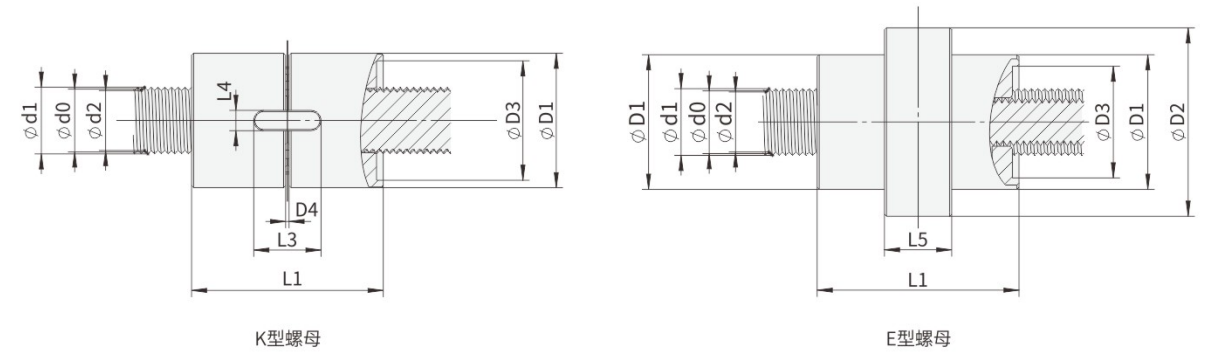
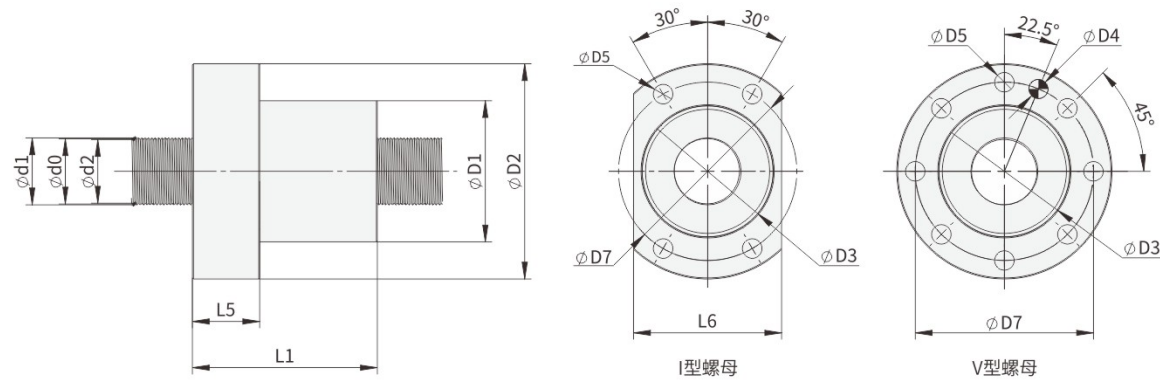
*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm

*可根据要求提供更小的轴向间隙

*参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

SPRS标准式行星滚柱丝杆副

SPRS标准式行星滚柱丝杆副



型号	D x P	N	丝杆						单螺母			螺母												正转效率	反转效率		
			螺旋升角 (°)	(mm)					(KN)			(mm)															
				∅d1	∅d0	∅d2	Ca	Coa	FK	∅D1	∅D2	∅D3	∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6						
SPRS 39	2	0.94	39.14			38.82	115.7	328.2	152.8																	0.65	0.60
	4	1.87	39.28			38.63	136.2	325.9	104.9																	0.78	0.72
	5	2.34	39.35			38.54	145.1	331.1	93.2																	0.74	0.72
	6	2.80	39.41			38.44	151.2	329.9	84.9																	0.76	0.73
	8	3.74	39.54	5		38.24	159.2	321.5	72.1	80	116	72	5	M6	11.0	98	90	100	82.7	28	6	25	82			0.78	0.76
	10	4.67	39.66			38.04	168.8	325.5	64.5																	0.79	0.72
	15	6.98	39.92			37.49	182.7	319.9	52.1																	0.80	0.79
SPRS 44	20	9.27	40.15			36.91	213.2	333.3	42.9																	0.79	0.72
	25	11.53	40.34			36.29	219.6	327.3	38.2																	0.77	0.75
	6	2.49	44.35			43.54	132.4	303.9	94.2																	0.75	0.72
	12	4.96	44.65			43.03	153.6	297.8	65.0																	0.80	0.78
SPRS 48	18	7.42	44.90	6		42.47	160.4	278.7	50.5	80	118	73	5	M6	11.0	100	80	90	82.7	28	6	25	84			0.80	0.79
	24	9.85	45.11			41.87	202.4	327.6	45.1																	0.79	0.77
	30	12.24	45.28			41.23	200.0	302.4	38.9																	0.76	0.74
	5	1.90	48.29			47.62	154.4	399.4	117.3																	0.72	0.68
SPRS 48	6	2.28	48.35			47.54	162.6	404.7	107.1																	0.74	0.71
	8	3.04	48.46			47.38	172.6	399.2	91.7																	0.77	0.74
	10	3.79	48.56			47.21	180.8	393.6	81.0																	0.78	0.76
	12	4.55	48.66	6		47.04	192.2	407.3	74.9	86	122	80	7	M8x1	11.0	104	87	99	88.7	45	6	35	88			0.79	0.78
	15	5.68	48.79			46.77	200.9	403.7	66.5																	0.80	0.79
	18	6.81	48.92			46.49	197.9	371.6	57.5																	0.80	0.79
	20	7.55	49.00			46.30	201.6	401.5	54.3																	0.80	0.79
	24	9.04	49.14			45.90	246.2	426.0	50.6																	0.79	0.78
	5	1.90	48.35			47.54	198.9	495.0	111.6																	0.72	0.68
	10	3.79	48.67			47.05	235.2	497.6	77.5																	0.78	0.76
	15	5.68	48.96	5		46.53	258.9	500.3	62.9	100	150	94	7	M8x1	13.5	127	115	127	103	45	8	37	102			0.80	0.79
	20	7.55	49.21			45.97	327.7	586.7	55.9																	0.80	0.79
	25	9.41	49.43			45.38	302.4	515.8	46.1																	0.79	0.78
	30	11.25	49.62			44.76	309.9	538.6	43.1																	0.78	0.70

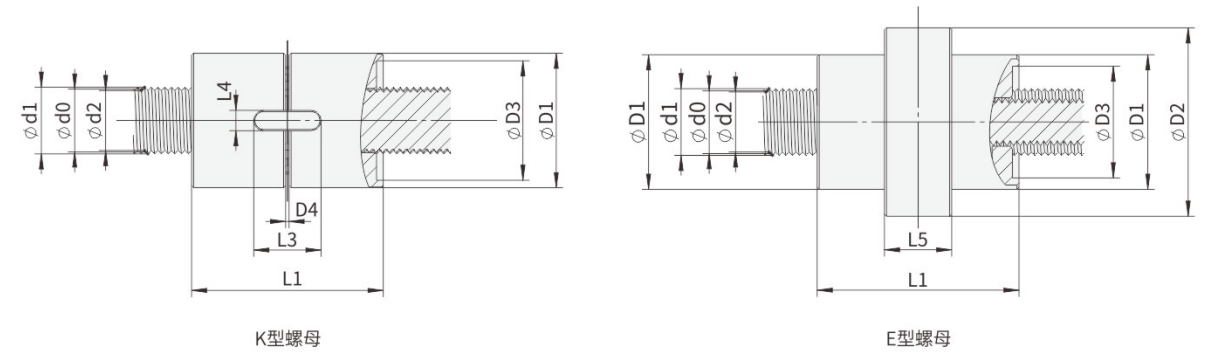
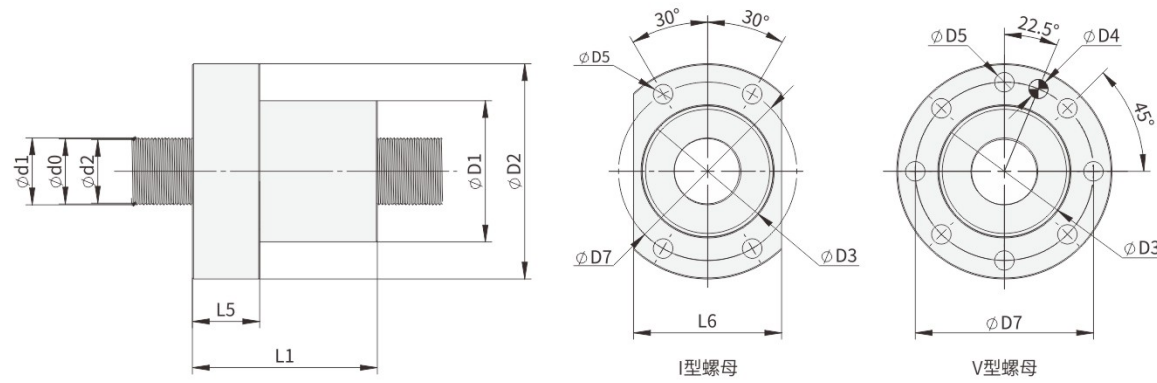
*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm
 *可根据要求提供更小的轴向间隙
 *参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

型号	D x P	N	丝杆						单螺母			螺母												正转效率	反转效率		
			螺旋升角 (°)	(mm)					(KN)			(mm)															
				∅d1	∅d0	∅d2	Ca	Coa	FK	∅D1	∅D2	∅D3	∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6						
SPRS 51	5	1.79	51.35			50.54	239.3	646.1	126.3																	0.72	0.67
	10	3.57	51.68			50.06	280.3	638.4	86.9																	0.85	0.82
	15	5.35	51.97	51		49.54	308.5	641.2	70.3	102	147	94	7	M8x1	13.5	124	125	139	105	50	8	35	104			0.80	0.76
	20	7.12	52.23			48.99	387.5	751.2	62.6																	0.80	0.79
	25	8.87	52.45			48.40	393.1	766.4	56.5																	0.80	0.78
SPRS 56	6	1.95	56.35			55.54	199.7	520.6	119.0																	0.77	0.72
	12	3.90	56.67			55.05	233.1	512.6	82.2																	0.78	0.77
	18	5.84	56.95	56		54.52	252.9	504.5	66.2	100	152	93	7	M8x1	13.5	127	100	112	103	40	8	37	102			0.80	0.79
	24	7.77	57.19			53.95	308.9	561.8	56.7																	0.80	0.79
SPRS 60	30	9.68	57.40			53.35	323.7	576.8	51.4																	0.77	0.76
	36	11.56	57.58			52.72	302.1	520.6	44.7																	0.77	0.75
	6	1.82	60.35			59.54	226.1	613.6	128.2																	0.72	0.67
	10	3.04	60.57			59.22	252.8	603.8	97.2																	0.77	0.74
	12	3.64	60.67			59.05	264.2	604.9	88.3																	0.78	0.76
	18	5.45	60.96	60		58.53	287.2	596.2	71.2	110	150	100	10.5	M8x1	13.5	130	106	124	113.2	40	8	30	112			0.80	0.78
	20	6.06	61.05			58.35	297.9	609.1	68.2																	0.80	0.79
	30	9.04	61.43			57.38	357.8	665.5	54.6																	0.79	0.78
	42	12.56	61.77			56.10	357.6	672.1	46.4																	0.76	0.73
	5	1.52	60.36			59.55	292.3	820.6	139.5																	0.70	0.63
SPRS 60	10	3.04	60.69			59.07	345.9	824.0	96.5																	0.77	0.74
	15	4.55	60.99			58.56	377.7	815.2	77.5																	0.79	0.78
	20	6.06	61.26	60		58.02	455.4	940.8	68.4	122	180	110	10.5	M8x1	17.5	150	140	152	125.7	45	10	40	124			0.80	0.79
	25	7.55	61.51			57.46	449.5	916.6	60.2																	0.80	0.79
	30	9.04	61.74			56.88	450.9	920.3	55.1																	0.80	0.78
	35	10.52	61.93			56.26	427.7	852.7	48.4																	0.78	0.76

*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm
 *可根据要求提供更小的轴向间隙
 *参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

SPRS标准式行星滚柱丝杆副

SPRS标准式行星滚柱丝杆副



型号	D x P	N	丝杆							单螺母			螺母												正转效率	反转效率
			螺旋升角 (°)	(mm)						Ca	Coa	FK	(mm)													
				∅d1	∅d0	∅d2	∅D1	∅D2	∅D3				∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6					
SPRS 64	64	6	1.71	64.35	64	63.54	232.5	722.0	137.3	115	180	106	7	M8x1	17.5	150	118	129	118	45	8	40	117	0.77	0.71	
			3.42	64.68		63.06	275.8	712.6	94.5															0.78	0.75	
			5.12	64.97		62.54	302.8	703.3	76.0															0.80	0.76	
			6.81	65.23		61.99	390.2	839.3	68.2															0.80	0.75	
			8.49	65.46		61.41	372.1	769.1	57.7															0.80	0.78	
			10.15	65.66		60.80	361.5	731.3	51.4															0.79	0.77	
SPRS 70	70	6	1.59	69.36	69	68.55	292.2	1008.0	160.5	130	172	115	9	M8x1	13.5	152	140	170	133.7	50	10	45	132	0.70	0.67	
			3.17	69.68		68.06	347.5	997.4	110.5															0.77	0.75	
			4.75	69.98		67.55	382.6	986.8	89.0															0.79	0.75	
			6.32	70.25		67.01	477.8	1138.9	78.4															0.80	0.79	
			7.88	70.48		66.43	471.9	1107.5	68.4															0.80	0.79	
			9.43	70.70		65.84	453.9	1034.5	60.3															0.79	0.78	
SPRS 75	75	5	2.43	75.70	75	74.08	453.0	1307.4	116.7	150	210	140	10.5	M8x1	17.5	180	175	191	153	63	10	45	152	0.75	0.72	
			3.64	76.01		73.58	500.0	1296.4	94.3															0.78	0.76	
			4.85	76.31		73.07	581.9	1499.5	82.7															0.79	0.79	
			6.06	76.58		72.53	584.6	1486.5	73.7															0.80	0.79	
SPRS 80	80	6	2.73	80.69	80	79.07	350.6	936.8	105.3	138	180	130	10.5	M8x1	13.5	160	130	158	141.7	50	10	35	140	0.76	0.73	
			4.10	81.00		78.57	389.7	941.2	85.4															0.79	0.77	
			5.45	81.28		78.04	477.4	1103.2	75.7															0.80	0.79	
			6.81	81.53		77.48	487.5	1126.5	68.2															0.80	0.79	
SPRS 87	87	5	2.10	87.70	87	86.08	552.0	1671.6	129.8	175	235	162	10.5	M8x1	17.5	200	190	215	178	63	10	45	177	0.73	0.70	
			3.14	88.03		85.60	597.6	1676.5	105.1															0.77	0.75	
			4.19	88.33		85.09	698.9	1961.6	92.5															0.79	0.77	
			5.23	88.62		84.57	698.7	1926.3	81.9															0.80	0.78	
			6.26	88.89	84.03	714.4	1972.7	75.6																0.80	0.79	

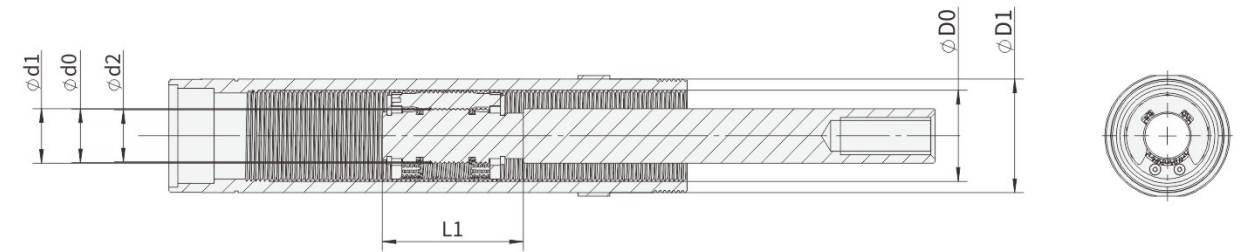
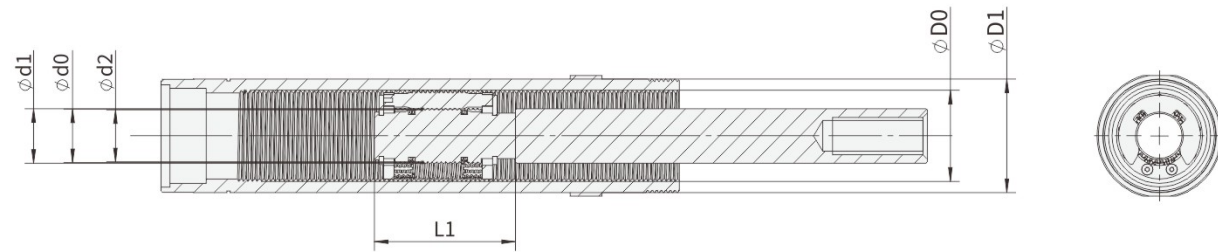
*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm
 *可根据要求提供更小的轴向间隙
 *参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

型号	D x P	N	丝杆							单螺母			螺母												正转效率	反转效率																
			螺旋升角 (°)	(mm)						Ca	Coa	FK	(mm)																													
				∅d1	∅d0	∅d2	∅D1	∅D2	∅D3				∅D4	∅D5	∅D7	L1	L2	L3	L4	L5	L6																					
SPRS 92	92	6	2.38	92.70	92	91.08	484.8	1482.0	129.1	160	220	146	10.5	M8x1	17.5	190	155	179	163	63	10	45	162	0.74	0.72																	
			3.56	93.01		90.58	530.8	1450.1	103.4															0.78	0.76																	
			4.75	93.30		90.06	632.7	1697.6	91.5															0.79	0.78																	
			5.93	93.58		89.53	650.3	1746.4	82.9															0.80	0.79																	
			7.10	93.83		88.97	645.9	1709.0	74.8															0.80	0.79																	
SPRS 100	100	6	2.19	100.70	100	99.08	719.1	2384.7	153.2	185	260	172	10.5	M8x1	17.5	225	200	220	188	63	10	50	187	0.73	0.71																	
			3.28	101.02		98.59	767.8	2343.0	123.0															0.78	0.77																	
			4.37	101.32		98.08	781.0	2349.2	106.0															0.79	0.77																	
			5.45	101.60		97.55	780.1	2307.5	94.0															0.80	0.78																	
		5	2.76	101.04	97.61	950.9	3238.7	135.4	200	275	186	15	M8x1	17.5	240	250	271	203	63	10	50	202	0.76	0.76																		
			3.68	101.35	97.11	967.6	3245.0	116.4															0.78	0.76																		
			4.60	101.65	96.60	980.3	3251.1	103.8															0.79	0.78																		
			5.51	101.93	96.07	990.1	3257.2	95.0															0.80	0.78																		
SPRS 120	120	6	2.73	121.03	120	118.60	967.5	3300.6	142.3	220	260	200	15	M10x1	17.5	240	230	260	223	100	10	50	222	0.76	0.73																	
			3.64	121.35		118.11	984.6	3308.0	122.6															0.78	0.76																	
			4.55	121.64		117.59	992.2	3286.8	108.8															0.79	0.78																	
			5.45	121.92		117.06	1007.6	3322.8	99.9															0.80	0.78																	
		5	2.28	121.05	118.62	1075.5	3823.6	143.1	240	300	240	15	M10x1	17.5	270	280	300	243	100	10	55	242	0.74	0.71																		
			3.04	121.37	118.13	1104.8	3888.3	124.4															0.77	0.74																		
			3.79	121.68	117.63	1104.7	3809.0	109.5															0.78	0.76																		
			4.55	121.98	117.12	1121.6	3846.9	100.0															0.79	0.78																		

*单个螺母最大齿隙: 0.02~0.05mm
 *可根据要求提供更小的轴向间隙
 *参数注释: P导程; D参考直径; N丝杆头数; d1丝杆外径; d0公称直径; d2丝杆根径; Ca动态负载; Coa静态负载; Fk刚度系数。

RPRS反向式行星滚柱丝杆副

RPRS反向式行星滚柱丝杆副



型号	D x P		N	(°)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(KN)	(KN)	(N2/3μm)	轴向间隙	正转效率	反转效率
				螺旋升角	ød1	ød0	ød2	øD0	øD1	L	Ca	Coa	FK			
RPRS	9	3.0	3	6.06	9.3	9	8.75	15	20	26	8.5	15.4	26.3	0.02	0.78	0.66
		3.5		7.06	9.3		8.5				9.2	15.8	22.5	0.03	0.79	0.67
RPRS	10.5	1.2	3	2.08	10.6	10.5	10.34	17.5	24	33	9.1	15.8	40.8	0.01	0.80	0.68
		2.0		3.47	10.70		10.16				11.4	17.7	32.6	0.02	0.73	0.62
RPRS	12	2.0	3	3.04	12.20	12	11.66	20	25	35	15.3	25.7	36.5	0.02	0.72	0.61
		3.0		4.55	12.30		11.55				16.5	27.1	29.9	0.02	0.77	0.66
		4.5		6.81	12.52		11.3				17.7	27	25.3	0.03	0.77	0.66
RPRS	13.5	2.0	3	2.70	13.71	13.5	13.17	22.5	28	38	17.9	28.9	37.2	0.02	0.71	0.60
		3.0		4.05	13.8		13.03				19.8	27.2	31.9	0.02	0.76	0.63
		4.5		6.06	13.92		12.87				22.3	27.1	27.1	0.03	0.77	0.65
RPRS	15	2.0	3	2.43	15.21	15	14.67	25	32	48	27.7	55.2	50.9	0.02	0.70	0.60
		3.0		3.64	15.29		14.48				29.1	51.5	39.4	0.02	0.75	0.64
		4.5		5.46	15.45		14.32				30.8	50.3	31.6	0.03	0.76	0.65
RPRS	18	2.0	3	2.03	18.22	18	17.68	30	38	50	34.5	73.4	58.5	0.02	0.68	0.57
		3.0		3.04	18.30		17.49				37.2	71.1	46.9	0.02	0.73	0.63
		4.0		4.05	18.38		17.33				37.9	64.8	38.5	0.03	0.75	0.64
RPRS	21	2.0	3	1.74	21.22	21	20.7	35	45	56	54.5	106.0	67.5	0.02	0.67	0.57
		3.0		2.60	21.31		20.52				59.6	104.8	54.2	0.02	0.71	0.61
		4.0		3.47	21.39		20.33				63.3	103.7	46.5	0.03	0.74	0.66
RPRS	24	2.0	3	1.52	24.22	24	23.7	40	50	65	67.90	148.12	74.7	0.02	0.65	0.54
		3.0		2.28	24.32		23.52				74.89	148.58	60.7	0.02	0.69	0.58
		4.0		3.04	24.40		23.33				80.32	149.04	52.2	0.03	0.73	0.62
		5.0		3.79	24.48		23.14				84.73	149.50	46.8	0.03	0.76	0.65
RPRS	27	2.0	3	1.35	27.23	27	26.69	45	55	70	74.70	163.02	77.2	0.02	0.71	0.68
		3.0		2.03	27.33		26.52				83.08	165.32	63.1	0.03	0.73	0.69
		4.0		2.70	27.41		26.33				87.22	160.36	53.3	0.03	0.76	0.73
		5.0		3.37	27.49		26.14				92.00	160.82	47.6	0.03	0.77	0.73
RPRS	28	2.0	4	1.30	28.17	28	27.77	42	52	70	56.49	128.80	85.1	0.02	0.67	0.60
		3.0		1.95	28.25		27.65				62.38	129.26	69.1	0.02	0.72	0.69
		4.0		2.60	28.33		27.52				65.96	126.78	58.7	0.03	0.75	0.72
		5.0		3.25	28.39		27.38				66.70	119.42	50.1	0.03	0.77	0.75
		6.0		3.90	28.46		27.24				70.20	121.07	46.4	0.03	0.78	0.77

*单个螺母最大齿隙：0.02~0.05mm

*可根据要求提供更小的轴向间隙

*参数注释：P导程；D参考直径；N丝杆头数；d1丝杆外径；d0公称直径；d2丝杆根径；Ca动态负载；Coa静态负载；Fk刚度系数。

型号	D x P		N	(°)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(KN)	(KN)	(N2/3μm)	轴向间隙	正转效率	反转效率
				螺旋升角	ød1	ød0	ød2	øD0	øD1	L	Ca	Coa	FK						
RPRS	30	2	3	1.22	30.23	30	29.69	50	60	75	89.42	206.17	85.9	0.02	0.66	0.58			
		3		1.82	30.33		29.52				98.72	206.72	69.4	0.03	0.72	0.67			
		4		2.43	30.42		29.34				104.51	203.14	58.3	0.03	0.75	0.72			
		5		3.04	30.50		29.15				109.66	201.66	52.4	0.03	0.77	0.74			
RPRS	36	2	4	1.01	36.18	36	35.77	54	64	80	79.95	198.17	102.7	0.02	0.63	0.52			
		3		1.52	36.26		35.65				87.77	196.88	82.1	0.02	0.70	0.63			
		4		2.03	36.34		35.53				93.66	195.59	70.5	0.03	0.82	0.69			
		5		2.53	36.41		35.40				97.70	192.46	62.2	0.03	0.73	0.72			
RPRS	39	3	3	1.40	39.34	39	38.53	65	75	90	146.74	342.24	85.7	0.03	0.68	0.62			
		4		1.87	39.44		38.36				156.68	340.31	73.8	0.03	0.72	0.68			
		5		2.34	39.53		38.18				164.59	338.38	65.5	0.03	0.74	0.72			
		6		2.80	39.62		38.00				171.21	336.44	59.3	0.04	0.76	0.73			
RPRS	44	3	4	1.24	44.26	44	43.65	66	76	80	124.29	311.33	100.5	0.02	0.66	0.58			
		4		1.66	44.34		43.53				133.95	314.18	86.6	0.03	0.71	0.65			
		5		2.07	44.42		43.41				140.85	312.62	77.1	0.03	0.73	0.70			
		6		2.49	44.49		43.28				145.27	306.54	69.2	0.03	0.75	0.72			
		7		2.90	44.56		43.15				153.46	316.11	64.9	0.03	0.76	0.74			
RPRS	48	3	3	1.14	48.34	48	47.53	80	90	114	201.20	511.70	102.6	0.03	0.65	0.56			
		4		1.52	48.45		47.37				215.83	512.62	87.7	0.03	0.70	0.63			
		5		1.90	48.55		47.20				227.06	510.23	78.2	0.03	0.72	0.68			
		6		2.28	48.64		47.02				238.28	514.37	71.3	0.04	0.74	0.71			
		7		2.66	48.73		46.84				241.41	495.60	64.4	0.04	0.75	0.73			
		8		3.04	48.81		46.65				255.48	516.21	61.3	0.04	0.77	0.74			
		9		3.42	48.88		46.45				262.84	517.13	57.8	0.05	0.78	0.75			
10	3.79	48.95	46.25	263.12	498.36	53.9	0.05	0.78	0.76										

*单个螺母最大齿隙：0.02~0.05mm

*可根据要求提供更小的轴向间隙

*参数注释：P导程；D参考直径；N丝杆头数；d1丝杆外径；d0公称直径；d2丝杆根径；Ca动态负载；Coa静态负载；Fk刚度系数。