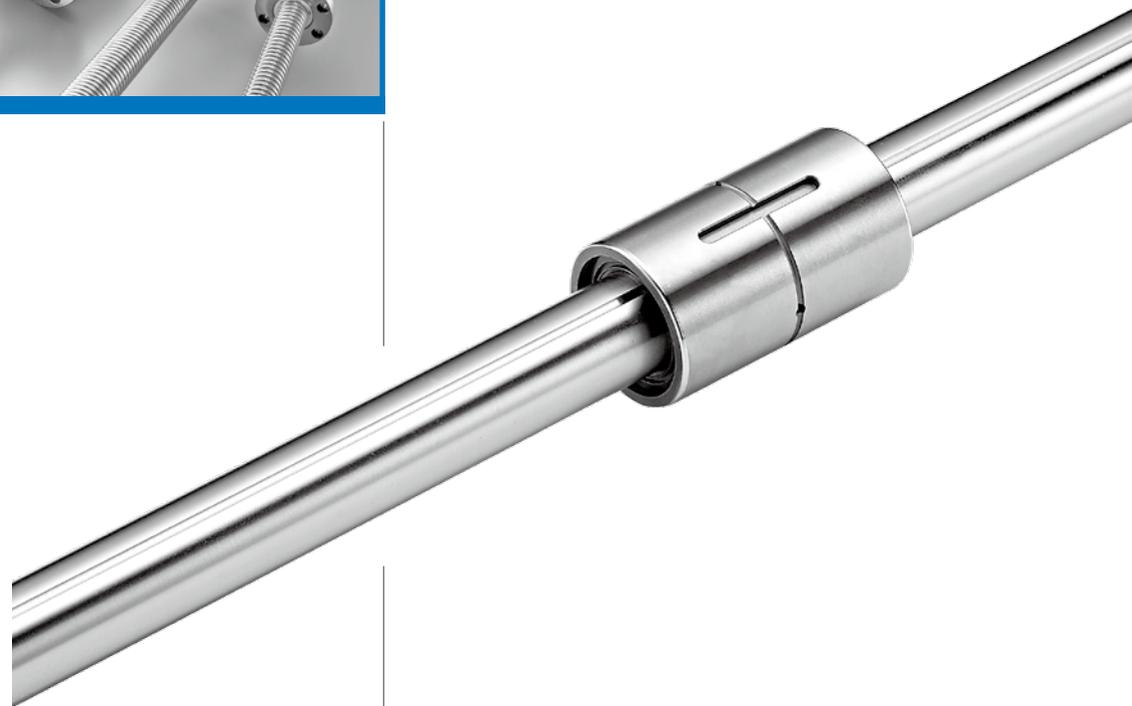




滚珠花键  
Ball Spline



## 设计原理

滚珠花键是在花键轴外径上设有3列负荷钢珠列，并采用哥德牙设计让3列钢珠可同时承受顺、逆时针之扭矩，以增加使用寿命及刚性。各钢珠列通过装在花键帽内的特殊合成树脂循环器，持续进行整列循环运动，所以，即使将花键轴从花键帽中抽出，钢珠也不会脱落。

## 特性

### 大负荷容量

因钢珠滚动沟槽采用特殊加工成型，沟槽采用哥德牙型30°接触角，在径向和扭矩方向都具有较大的负荷容量。

### 旋转余隙为「零」

通过施加预压的角接触构造，使旋转方向的间隙可为零，从而提高刚性。

### 高刚性

由于接触角大，可视情况施加恰当的预压，所以能获得很高的扭矩刚性和力矩刚性。

### 钢珠保持型

由于使用循环器，即使将花键轴从花键帽中抽出，钢珠也不会脱落。

### 应用

产业机器人、搬运设备、自动卷线机、ATC自动换刀装置…等。

## 类型与特徵

### 花键轴承套的类型

#### 圆筒型滚珠花键SLT型

花键轴承套外径为圆筒型，在传递扭矩时，将键敲入后使用，是安装空间最小使用型式。

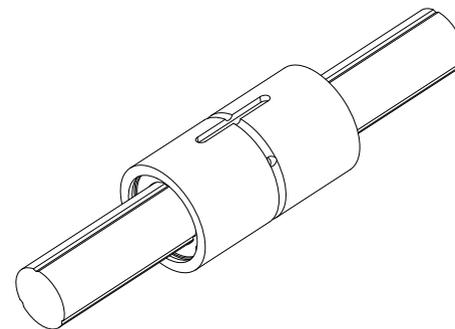


图1. 圆筒型滚珠花键SLT型

#### 法兰型滚珠花键SLF型

利用法兰通过螺丝将轴承套固定在支撑座上，故装配简单。在加工键槽有变形危险或是支撑座的宽度比较狭小的场合，最适合使用SLF型式。

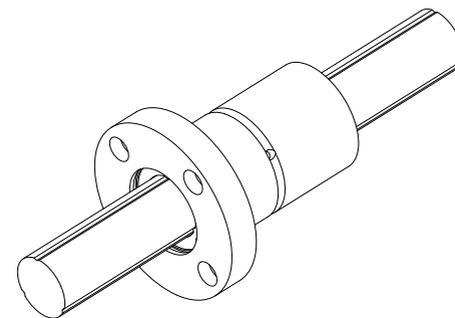


图2. 法兰型滚珠花键SLF型

## 花键轴的类型

### 精密实芯花键轴

花键轴的滚动沟槽经过精密研磨后，与花键轴承套配合使用。

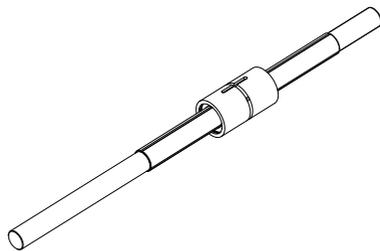


图3. 精密实心花键轴

### 特殊花键轴

花键轴端或中间部分的直径较大时，PMI将通过特殊加工制作花键部分。

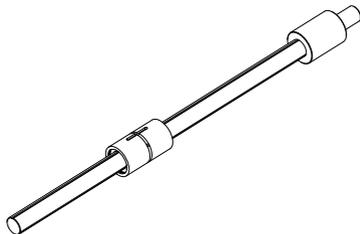


图4. 特殊花键轴

### 中空花键轴

当需要满足诸如管路布置、接线、换气孔或减轻重量等要求时，可使用中空花键轴。

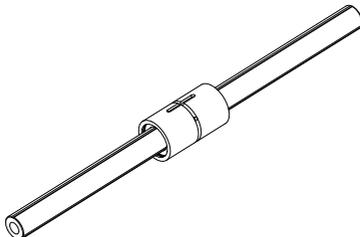


图5. 中空花键轴

## 支撑座的内径公差

花键轴承套和支撑座的配合，通常采用过度配合。如果对滚珠花键的精度要求不高的情况下，可采用间隙配合。

表1 导程精度对照

支撑座的内径公差	综合条件	H7
	需要小间隙时	

## 花键轴的断面形状

表2表示的是花键轴的断面形状。如果花键轴肩部为圆柱形，则在可能情况下不要超过沟槽谷径( $\phi d$ )。

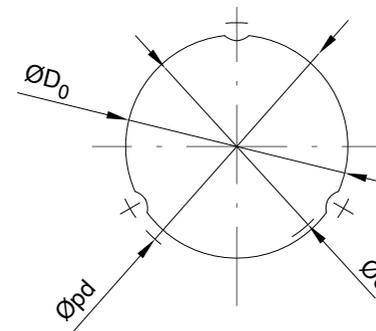


图6. 花键轴的断面形状

表2 花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	16	20	25
沟槽谷径 $\phi d$	15	19	23.9
花键轴径 $\phi D_0$	16	20	25
钢珠中心直径 $\phi pd$	17.8	22.2	27.9
质量 (kg/m)	1.56	2.44	3.82

### 标准中空花键轴的孔型

表3表示的是标准中空花键轴的孔形。当需要满足诸如管路布置、接线、换气孔或减轻重量等要求时，可参考下表。

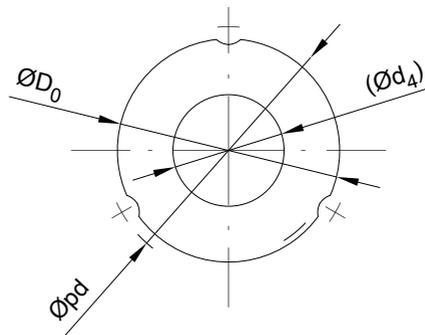


图7. 中空花键轴的断面形状

表3 标准中空花键轴的孔形

单位: mm

公称轴径	16	20	25
花键轴径 $\varnothing D_0$	16	20	25
钢珠中心直径 $\varnothing p_d$	17.8	22.2	27.9
花键中空孔径 $(\varnothing d_4)$	11	14	18
质量 (kg/m)	1.17	1.83	2.44

### 特殊花键轴不完全部分的长度

如果花键轴的中间部分或轴端比沟槽谷径( $\varnothing d$ )大，则需要保留不完全花键部，以确保有凹槽可供研磨。表4表示不完全部分(S)的长度与 $\varnothing df$ 之间的关系。

注: 不适用于1500mm以上。详细情况，请向 PMI 询问。

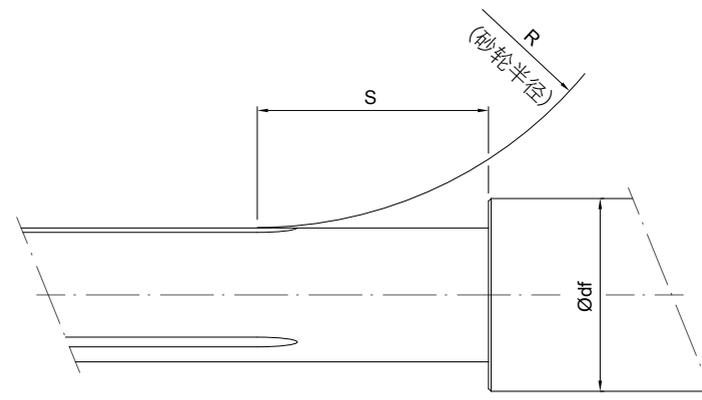


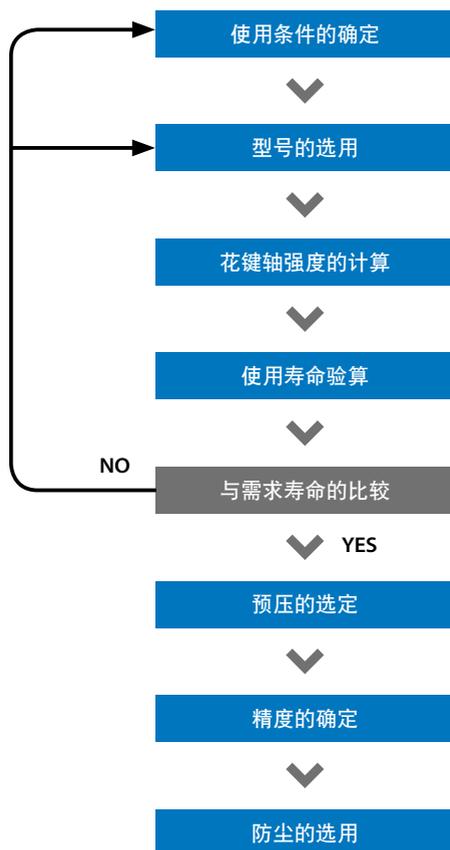
图8. 花键轴不完全部分的长度

表4 不完全花键部的长度

单位: mm

S 公称直径	$\varnothing df$					
	16	20	25	30	40	50
16	41	50	59	67	-	-
20	-	41	52	61	75	-
25	-	-	41	52	68	81

## 滚珠花键选用流程



## 花键轴的强度设计

滚珠花键的花键轴是能承受径向负荷及扭矩的复合轴。在负荷或扭矩很大时，必须考虑花键轴的强度。

### 承受弯曲的花键轴

当弯矩作用在滚珠花键的花键轴时，先计算出花键轴承受的最大弯矩(M)，再根据下式可算出最适合的花键轴径。如公式1所示：

$$M = \sigma \cdot Z \text{ 和 } Z = \frac{M}{\sigma} \dots\dots\dots(1)$$

- $M$  作用在花键轴上的最大弯矩 (N·mm)
- $\sigma$  花键轴的容许弯曲应力 (98N/mm<sup>2</sup>)
- $Z$  花键轴的断面系数 (mm<sup>3</sup>)  
(参阅表6[B2-15])

$$\text{注: } Z = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

- $Z$  断面系数 (mm<sup>3</sup>)
- $d$  轴外径 (mm)

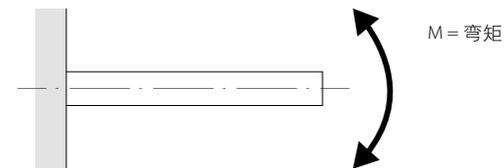


图9

## 承受扭转的花键轴

当扭转作用在滚珠花键的花键轴上时，先计算出最大扭矩( $T$ )，再根据下式可算出最适合的花键轴径。如公式2所示：

$$T = \tau_a \cdot Z_p \text{ 和 } Z_p = \frac{T}{\tau_a} \dots\dots\dots(2)$$

$T$  最大扭矩 ( $N \cdot mm$ )

$\tau_a$  花键轴的容许扭转应力 ( $49N / mm^2$ )

$Z_p$  花键轴的极截面系数 ( $mm^3$ )

(参阅表6[B2-15])

注:  $Z_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$

$Z_p$  极截面系数 ( $mm^3$ )

$d$  轴外径 ( $mm$ )

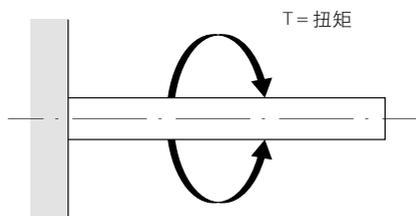


图10

## 花键轴同时承受弯曲和扭转作用时

当弯矩( $M$ )和扭矩( $T$ )同时作用在滚珠花键的花键轴上，分别依公式3及公式4计算出花键轴径：考虑等效弯矩( $M_e$ )和等效扭矩( $T_e$ )，依照上述公式计算选择取适当的花键轴直径并取其中轴径较大的值。

等效弯矩

$$M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2} = \frac{M}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

$$M_e = \sigma \cdot Z$$

等效扭矩

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = M \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

$$T_e = \tau_a \cdot Z_p$$

## 花键轴的刚性

花键轴的刚性是以长度1米花键轴的扭转角来表示，它被限制在  $\frac{1}{4}$  左右。

$$\theta = 57.3 \times \frac{T \cdot L}{G \cdot I_p} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{花键轴的刚性} = \frac{\text{扭转角}}{\text{单位长度}} = \frac{\theta \cdot l}{L} < \frac{1}{4}$$

$\theta$  扭转角 ( $^\circ$ )

$L$  花键轴长度 ( $mm$ )

$G$  横向弹性系数 ( $7.9 \times 10^4 N / mm^2$ )

$l$  单位长度 ( $1000mm$ )

$I_p$  极惯性矩 ( $mm^4$ )

(参阅表6[B2-15])

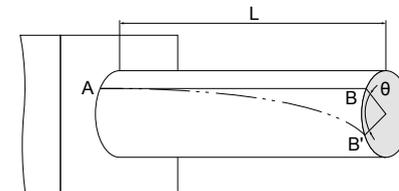
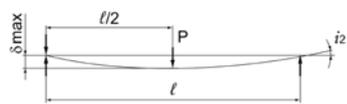
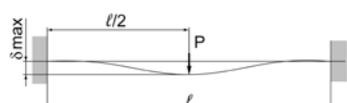
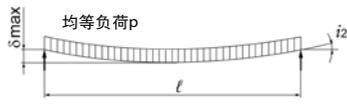
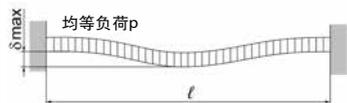


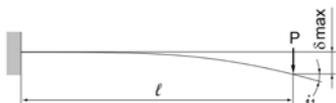
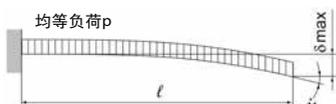
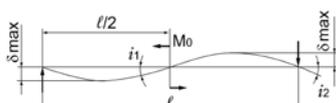
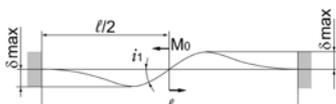
图11

## 花键轴的挠曲和挠曲角

滚珠花键的花键轴挠曲及挠曲角要根据表5其受力条件相适应的计算公式来计算。在表6[B2-15]中表示了各种花键轴的断面系数( $Z$ )及惯性几何矩( $I$ )。利用表中的 $Z$ 、 $I$ ，可计算出滚珠花键各种型号的强度和变形量(挠曲量)。

表5 挠曲和挠曲角的计算式

支撑方式	使用条件	挠曲的计算式	挠曲角的计算式
两端自由		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = \frac{Pl^2}{16EI}$
两端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{192EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{max} = \frac{5Pl^4}{384EI}$	$i_2 = \frac{Pl^3}{24EI}$
两端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^4}{384EI}$	$i_2 = 0$

支撑方式	使用条件	挠曲的计算式	挠曲角的计算式
一端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$	$i_1 = \frac{Pl^2}{2EI}$ $i_2 = 0$
一端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^4}{8EI}$	$i_1 = \frac{Pl^3}{6EI}$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{max} = \frac{\sqrt{3}M_0l^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0l}{12EI}$ $i_2 = \frac{M_0l}{24EI}$
两端固定		$\delta_{max} = \frac{M_0l^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0l}{16EI}$ $i_2 = 0$

$\delta_{max}$  最大挠曲 (mm)

$M_0$  力矩 (N-mm)

$l$  跨距 (mm)

$I$  几何面矩 (mm<sup>4</sup>)

$i_1$  负荷作用点的挠曲角

$i_2$  支撑点的挠曲角扭转角

$P$  集中负荷 (N)

$p$  均等负荷 (N/mm)

$E$  纵向弹性系数 (2.06×10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>)

## 花键轴的临界转速轴

使用传递动力让滚珠花键轴旋转时，当旋转速度接近影响花键轴临界转速，将产生共振。因此，最高转速必须限制在不产生共振的程度。超过或接近共振点使用时，则有必要再探讨花键轴的直径。可根据公式6进行计算。（为了安全起见请乘以安全系数0.8）

临界转速

$$N_c = \frac{60\lambda^2}{2\pi \cdot l_b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \times 10^3 \cdot I}{\gamma \cdot A}} \times 0.8 \dots\dots\dots(6)$$

- $N_c$  危险速度 ( $min^{-1}$ )
- $l_b$  安装面之间的距离 ( $mm$ )
- $E$  纵向弹性系数 ( $2.06 \times 10^5 N / mm^2$ )
- $I$  轴的最小几何面矩 ( $mm^4$ )
- $\gamma$  密度(比重) ( $7.85 \times 10^{-6} kg / mm^3$ )
- $A$  花键轴端面的面积 ( $mm^2$ )
- $\lambda$  由安装方式而定之系数

- 图12 固定 - 自由  $\lambda=1.875$
- 图13 支持 - 支持  $\lambda=3.142$
- 图14 固定 - 支持  $\lambda=3.927$
- 图15 固定 - 固定  $\lambda=4.73$

注:  $I = \frac{\pi}{64} d^4$   $d$  小直径 ( $mm$ )  
(参阅表2[B2-5]、表3[B2-6])

注:  $A = \frac{\pi}{4} d^2$   $d$  小直径 ( $mm$ )  
(参阅表2[B2-5]、表3[B2-6])

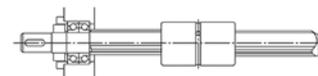


图12. 固定-自由

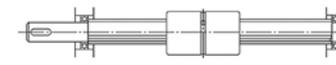


图13. 支持-支持

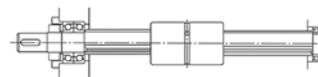


图14. 固定-支持

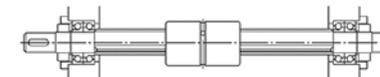


图15. 固定-固定

## 花键轴的断面特性

滚珠花键的花键轴断面特性

表6 花键轴断面特性

公称直径	$I$ 几何面矩 ( $mm^4$ )	$Z$ 断面系数 ( $mm^3$ )	$I_P$ 极惯性矩 ( $mm^4$ )	$Z_P$ 截面系数 ( $mm^3$ )	
16	实心轴	$3.15 \times 10^3$	$4.02 \times 10^2$	$6.3 \times 10^3$	$8.04 \times 10^2$
	中空轴	$2.5 \times 10^3$	$3.12 \times 10^2$	$5.0 \times 10^2$	$6.24 \times 10^2$
20	实心轴	$7.74 \times 10^3$	$7.85 \times 10^2$	$1.55 \times 10^4$	$1.57 \times 10^3$
	中空轴	$5.97 \times 10^3$	$5.96 \times 10^3$	$1.19 \times 10^4$	$1.19 \times 10^3$
25	实心轴	$1.19 \times 10^4$	$1.53 \times 10^3$	$3.80 \times 10^4$	$3.06 \times 10^3$
	中空轴	$1.4 \times 10^4$	$1.12 \times 10^3$	$2.8 \times 10^4$	$2.24 \times 10^3$

## 预测寿命

### 额定寿命

即使让同一批制造出来的滚珠花键，在相同运动条件下使用，其寿命也会有偏差。因此作为计算直线运动系统的寿命的基准，使用以下所定义的额定寿命。

额定寿命是指让一批相同规格的直线运动系统以相同的条件下运动，其中的90%不产生剥离（金属面上剥离片）所能达到的总行程。

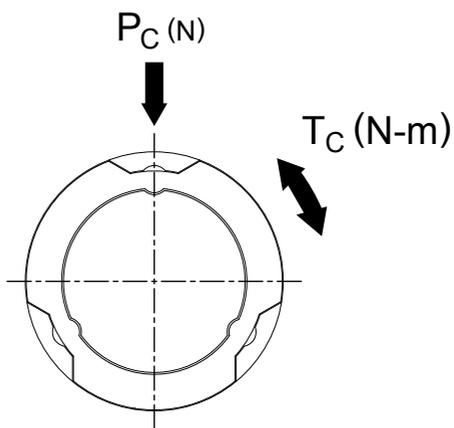


图16. 滚珠花键受力图

### 计算额定寿命

滚珠花键根据运行可承受的负荷可分为扭矩负荷、径向负荷、力矩负荷等三种。各额定寿命可根据公式7至公式10求得。（各负荷方向的基本额定负荷均记载在各型号的尺寸表中）

承受扭矩负荷时

$$L = \left( \frac{f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C_T}{T_C} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(7)$$

承受径向负荷时

$$L = \left( \frac{f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C_a}{P_C} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(8)$$

- $L$  额定寿命 (km)
- $C_T$  基本动额定扭矩 (N-m)
- $T_C$  外加扭矩计算值 (N-m)
- $C_a$  基本动额定负荷 (N)
- $P_C$  径向负荷计算值 (N)
- $f_T$  温度系数 (参阅图17[B2-19])
- $f_C$  接触系数 (参阅表7[B2-20])
- $f_W$  负荷系数 (参阅表8[B2-20])

同时承受扭矩及径向负荷时

同时承受扭矩和径向负荷时，可根据下公式9算出等效径向负荷后，再计算寿命。

$$P_E = P_C + \frac{4 \cdot T_C \times 10^3}{i \cdot p_d \cdot \cos \alpha} \dots\dots\dots(9)$$

- $P_E$  等效径向负荷 (N)
- $\cos \alpha$  接触角
- $i$  在负荷中的钢珠列数
- $p_d$  钢珠中心到中心直径 (mm)  
(参阅表2[B2-5]、表3[B-6])

花键轴承套1个或2个靠紧使用承受力矩负荷时  
可按下式10算出等效径向负荷后，再计算寿命。

$$P_u = K \cdot M \dots\dots\dots(10)$$

$P_u$  等效径向负荷 (N) (由力矩负荷产生)

$K$  等效系数 (参阅表9[B2-23])

$M$  负荷力矩 (N-mm)

注:  $M$  应小于容许静力矩

同时承受力矩和径向负荷时

根据径向负荷与等效径向负荷的总和计算寿命。

计算寿命时间

利用上述公式计算额定寿命后，依行程和每分钟往返次数，根据下公式11可换算出寿命时间。

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_l \times 60} \dots\dots\dots(11)$$

$L_h$  寿命时间 (hr)

$l_s$  行程长度 (m)

$n_l$  每分钟往返次数 ( $\text{min}^{-1}$ )

$f_T$ : 温度系数

滚珠花键使用在环境温度高于100°C时，高温效应会影响其使用寿命，故计算寿命时乘以图17的相对温度系数 $f_T$ 。同时，注意滚珠花键也有必要使用对应高温的产品。

注: 环境温度超过 80°C 时，密封垫片和保持器的材料必须相应变成高温规格的材料。详细情况请与 PMI 联系。

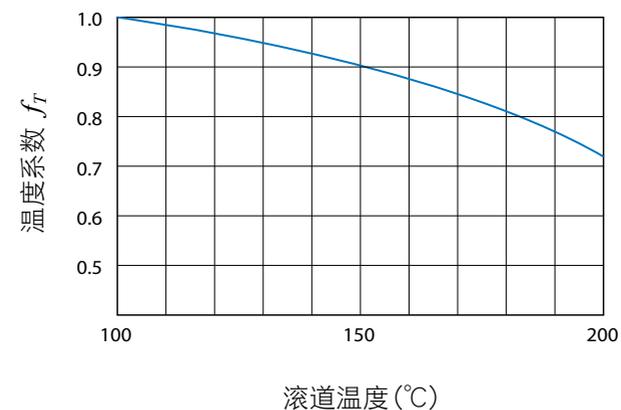


图17. 温度系数  $f_T$

**$f_c$ ：接触系数**

将直线运动导向的花键轴承套靠紧使用时，由于力矩或安装精度的影响很难得到均匀的负荷分布，故将几个轴承套靠紧使用时，请在基本额定负荷( $C_a$ )和( $C_b$ )上乘以表7中的相对接触系数 $f_c$ 。

注：在大型装置中，若预料负荷分布不均等时，请考虑表7中的接触系数。

表7 接触系数  $f_c$ 

靠紧时的花键轴承套数	接触系数 $f_c$
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
通常使用	1

 **$f_w$ ：负荷系数**

作往返运动的机械所承受的负荷可借由计算求得，但实际使用时大都伴随着振动或冲击负荷多会大于计算值。因此，在不能得到实际作用于直线运动系统上的负荷时，或者速度和振动的影响很大时，请将基本额定负荷( $C_a$ )和( $C_b$ )除以表8中，依经验所得到的负荷系数 $f_w$ 。

表8 负荷系数  $f_w$ 

运转条件	使用速度	$f_w$
平滑无冲击	$V \leq 15\text{m/min}$	1~1.2
普通冲击力及振动	$15 < V \leq 60\text{m/min}$	1.2~1.5
中等冲击力及振动	$60 < V \leq 120\text{m/min}$	1.5~2
强烈冲击力及振动	$V > 120\text{m/min}$	2~3.5

**计算平均负荷**

平均负荷( $P_m$ )是指，当作用在轴承套上的负荷伴随着运行中各种的条件而变动时，与这个变动负荷条件下的寿命具有相同的一定负荷。基本计算式如下所示：

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} \cdot \sum_{n=1}^n (P_n^3 \cdot L_n)} \dots\dots\dots (12)$$

- $P_m$  平均负荷 (N)
- $P_n$  变化负荷 (N)
- $L$  总运行距离 (mm)
- $L_n$   $P_n$  时运行的距离 (mm)

呈阶段式曲线时，如图18，平均负荷可用公式12求得：

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 \dots\dots\dots + P_n^3 \cdot L_n)} \dots\dots (12)$$

- $P_m$  平均负荷 (N)
- $P_n$  变化负荷 (N)
- $L$  总运行距离 (mm)
- $L_n$   $P_n$  时运行的距离 (mm)

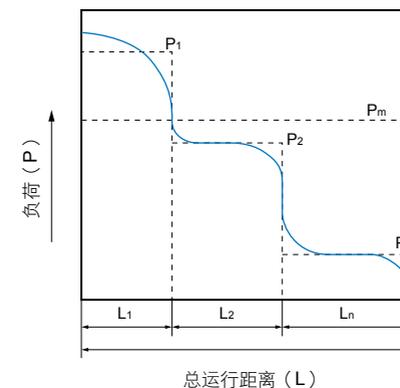


图18. 阶段变动负荷

呈近似曲线时，如图19，平均负荷可用公式13求得：

$$P_m \doteq \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max}) \dots \dots \dots (13)$$

$P_{min}$  最小负荷 (N)

$P_{max}$  最大负荷 (N)

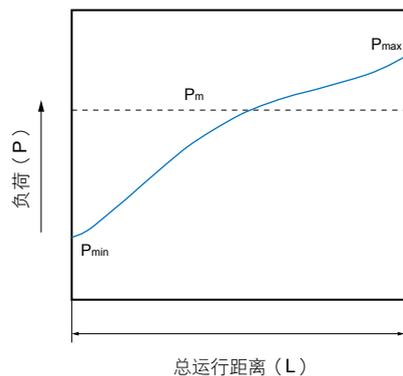


图19. 近似直线变动负荷

呈正弦曲线时，有两种情况：

• 当平均负荷的变动曲线如图20，可用公式14求得：

$$P_m \doteq 0.65 (P_{max}) \dots \dots \dots (14)$$

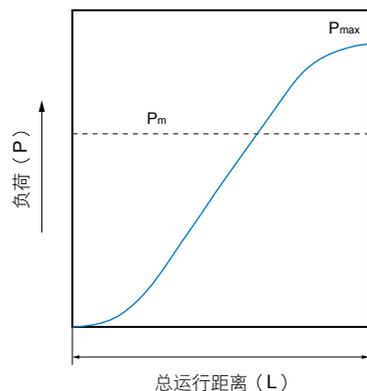


图20. 呈正弦曲线变动的负荷(1)

• 当平均负荷的变动曲线如图21，可用公式15求得：

$$P_m \doteq 0.55 (P_{max}) \dots \dots \dots (15)$$

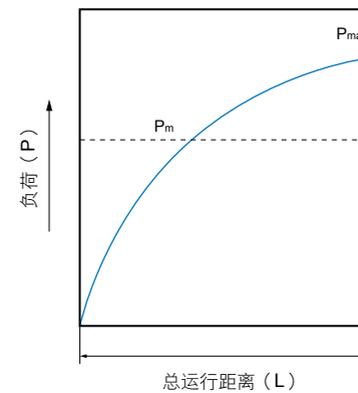


图21. 呈正弦曲线变动的负荷(2)

### 等值系数

表9表示各型号滚珠花键在承受力矩时的等效径向负荷系数。

表9 滚珠花键的等效系数表

公称轴径	等值系数 K	
	单一花键轴承套	两个花键轴承套以上
16	0.21	0.035
20	0.17	0.028
25	0.15	0.023

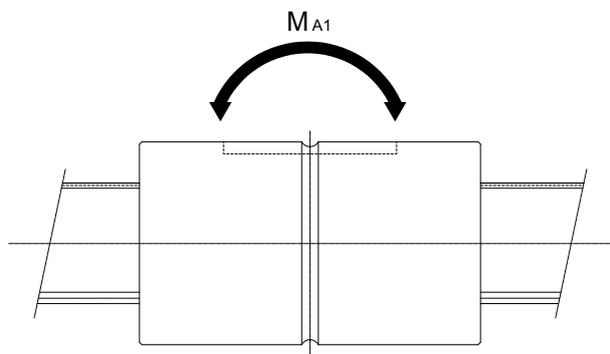


图22. 单个花键轴承套示意图

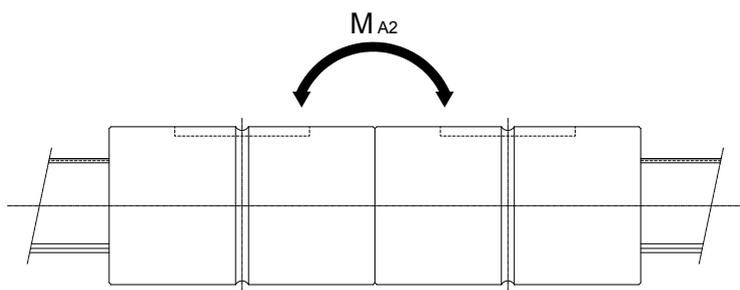


图23. 两个花键轴承套示意图

## 选定预压

滚珠花键的预压对精度、耐负荷性能及刚性都有很大的影响，因此需要根据使用用途选定恰当的间隙(预压)。各型号的间隙值已被规格化，因此可根据使用条件进行恰当的选定。

## 旋转方向间隙

在滚珠花键中，将圆周方向间隙的总合做为旋转方向间隙，并且进行规格化。

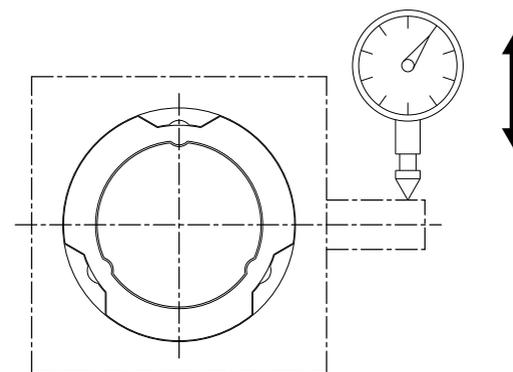


图24. 旋转方向间隙的测量

## 预压与刚性

预压(Preload)是以消除旋转方向间隙，提高刚性为目的，事前给滚珠施加的负荷。当施加预压时，滚珠花键能根据预压的强度消除旋转方向间隙而增加刚性。图25显示了当施加旋转扭矩时旋转方向的位移。如图25所示，预压效果可保持外部负荷增大到预压负荷的2.8倍时为止。与无预压时相比，相同扭矩时的变变量成为二分之一，刚性在2倍以上。

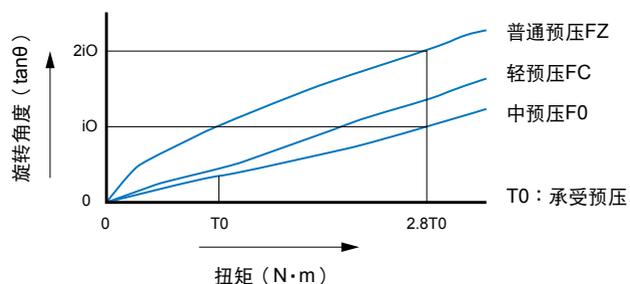


图25. 预压负荷与旋转角度关系图

## 选定预压时得使用条件与基准

在表10中，表示了根据滚珠花键的使用条件，选定旋转方向间隙的基准。

滚珠花键的旋转方向间隙对花键轴承套的精度或刚性有很大的影响。因此，根据用途选定适当的间隙是很重要的。一般来说，都使用有预压的产品。在进行反复旋转运动或往返直线运动时，由于会有很大的振动冲击，所以施加预压，会显著的提高寿命和精度。

表10 滚珠花键旋转方向间隙的选定基准

旋转方向间隙	使用条件	选定要点
普通间隙 (FZ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用小的力流畅地进行驱动的地方</li> <li>扭矩总是一定方向作用的地方</li> </ul>	各种计测器、自动绘图机、形状测定器、动力计、绕线机、自动焊接机、搪磨机主轴、自动包装机
轻预压 (FC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>承受悬臂负荷或力矩作用的地方</li> <li>需要反复精度高的地方</li> <li>有交变负荷作用的地方</li> </ul>	工业用机器人的摇臂、各种自动装卸机器、自动涂装导向轴、电火花加工机主轴、冲压式冲模导向轴、钻床主轴
中预压 (F0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要高刚性、易产生振动冲击的地方</li> <li>用一个花键轴承套受力矩的地方</li> </ul>	建筑车辆的转向操纵轴、贴焊接机轴、自动盘工具台分度轴

表11 滚珠花键的旋转方向间隙

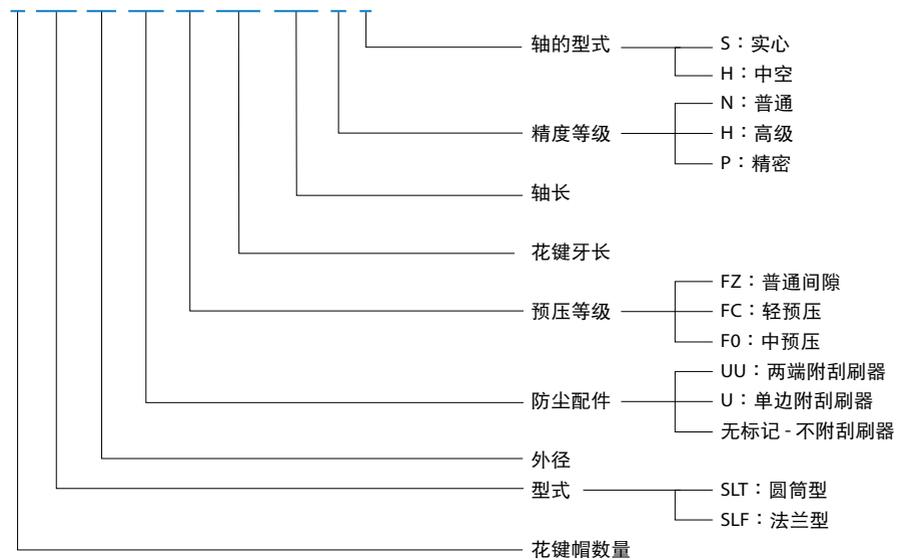
公称轴径	预压		
	普通间隙(FZ)	轻预压(FC)	中预压(F0)
16	0~1μm	0~0.02C	0.03~0.05C
20	0~1μm	0~0.02C	0.03~0.05C
25	0~2μm	0~0.02C	0.03~0.05C



## 滚珠花键产品说明

### 规格定义

#### 2-SLT-25-UU-F0-400-500-N-S



### 标准键

滚珠花键SLT型配备一套表16所示的标准键。

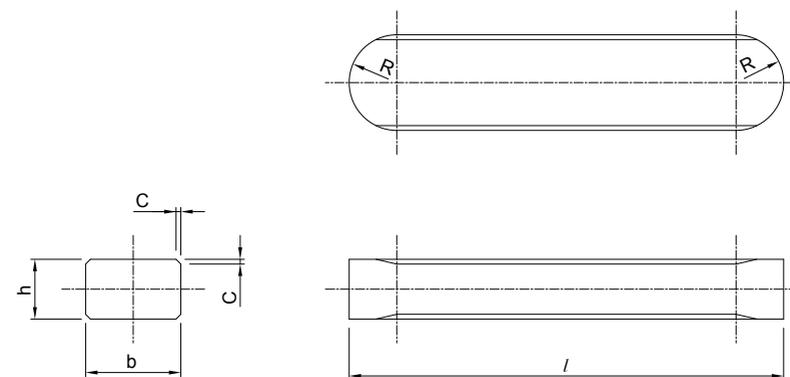
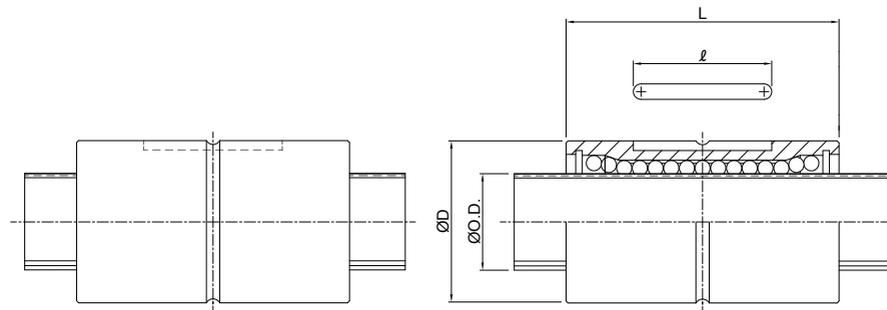
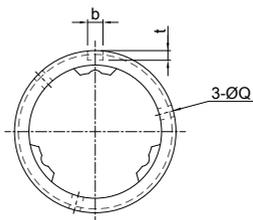


图27. 花键轴承套之键槽

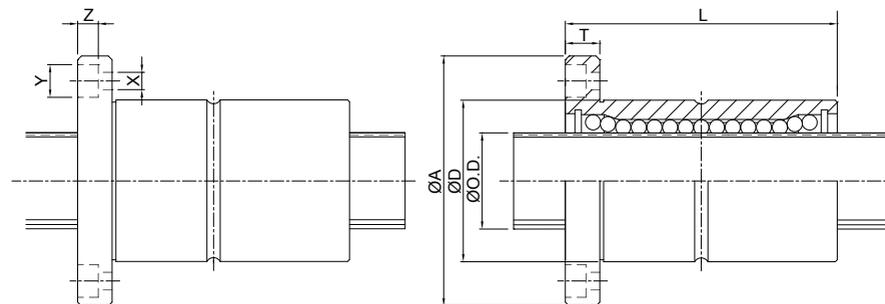
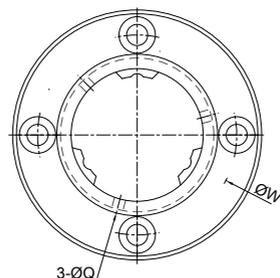
表16 SLT型用标准键

单位: mm

公称轴径	宽度		高度		长度		R	C
	b	公差(p7)	h	公差(h9)	l	公差(h12)		
16	3.5		3.5		17.5	0 -0.180	1.75	0.5
20	4	+0.024 +0.012	4	0 -0.030	29	0 -0.210	2	
25	4		4		36	0 -0.250	2	



规格	尺寸										基本额定扭矩		基本额定负荷		静态容许力矩		质量	
	直径		长度		键槽尺寸			润滑孔	轴径	列数	C <sub>T</sub> (N·m)	C <sub>OT</sub> (N·m)	C <sub>a</sub> (kN)	C <sub>o</sub> (kN)	M <sub>A1</sub> (N·m)	M <sub>A2</sub> (N·m)	帽 (g)	杆 (kg/m)
	D	公差	L	公差	b	t	l	Q	O.D.									
16	31	0 -0.013	50	0 -0.2	3.5	2	17.5	3	16	3	31.4	34.3	6.9	12.4	60	360	145	1.56
20	35	0 -0.016	63		4	2.5	29	3	20	3	56.8	55.8	10.1	17.8	120	720	200	2.44
25	42		71	0 -0.3	4	2.5	36	3	25	3	105	103	15.2	25.3	180	1140	276	3.82



规格	尺寸														基本额定扭矩		基本额定负荷		静态容许力矩		质量	
	直径		长度		法兰尺寸			柱坑孔尺寸				润滑孔	轴径	列数	C <sub>T</sub> (N·m)	C <sub>OT</sub> (N·m)	Ca (kN)	Co (kN)	M <sub>A1</sub> (N·m)	M <sub>A2</sub> (N·m)	帽 (g)	杆 (kg/m)
	D	公差	L	公差	T	A	公差	W	X	Y	Z	Q	O.D.									
16	31	0 -0.013	50	0	7	51	0 -0.2	40	4.5	8	4.5	3	16	3	31.4	34.3	6.9	12.4	60	360	207	1.56
20	35	0	63	-0.2	9	58		45	5.5	9.5	5.4	3	20	3	56.8	55.8	10.1	17.8	120	720	303	2.44
25	42	-0.016	71	0 -0.3	9	65		52	5.5	9.5	5.4	3	25	3	105	103	15.2	25.3	180	1140	397	3.82

## SLT型的推荐轴端形状

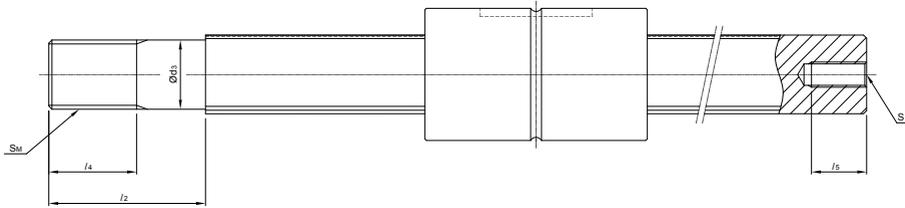


图28. 轴端形状

表17 SLT型的推荐轴端形状

单位: mm

公称型号	$d_3$	公差	$l_2$	$S_M$	$l_4$	$S \times l_5$
SLT 16	14	0 -0.018	30	M14×1.5	18	M6×10
SLT 20	16		38	M16×1.5	22	M8×15
SLT 25	22	0 -0.021	50	M22×1.5	28	M10×18

## 设计原理

旋转式滚珠花键是在花键轴外径上设有3列负荷钢珠列，并采用哥德牙设计让3列钢珠可同时承受顺、逆时针之扭矩，以增加使用寿命及刚性。

花键帽外径上有直接装设的特殊轴承，且借由花键帽的旋转或停止，让花键帽能同时具备2种模式的运动：旋转与直线。

各钢珠列通过装在花键帽内的特殊合成树脂循环器，持续进行整列循环运动，所以，即使将花键轴从花键帽中抽出，钢珠也不会脱落。

## 特性

### 定位精度高

花键牙型为哥德牙，在施加预压后旋转方向没有间隙，能有效提高其精度。

### 小型的设计

将花键轴承套与支撑轴承设计为一体化结构，且花键重量轻，能实现小型及轻量的设计。

### 安装简便

花键轴承套与支撑轴承一体成形，组装时只需将螺丝与轴承套固定在支撑座上即可，十分简便。

### 支撑轴承刚性佳

作动时精密花键侧支撑轴承设计45°接触角，承受具相同轴向与径向力。

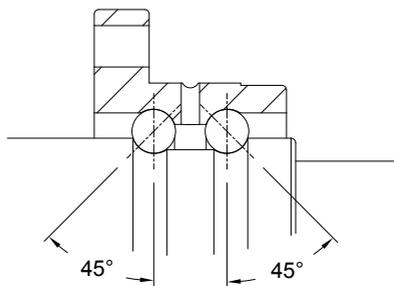


图1. STRA型接触角

## 类型与特征

### 花键轴承套的类型

#### 滚珠花键STRA型

花键轴承套与支撑轴承一体成形。

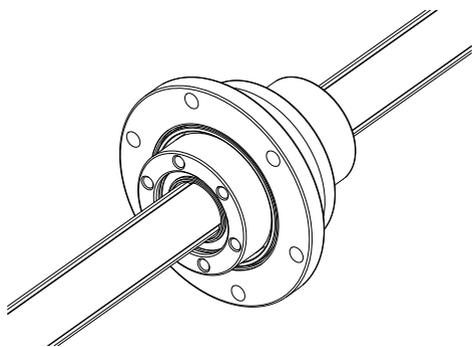


图2. 滚珠花键STRA型

### 花键轴的类型

#### 精密实芯花键轴

花键轴的滚动沟槽经过精密研磨后，与花键轴承套配合使用。

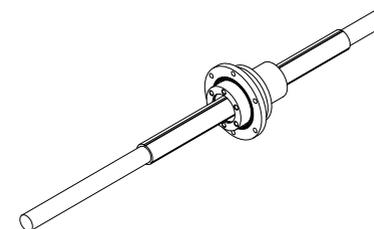


图3. 精密实芯花键轴

#### 特殊花键轴

花键轴端或中间部分的直径较大时，PMI将通过特殊加工制作花键部分。

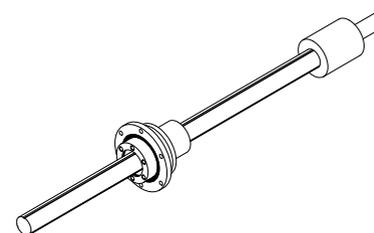


图4. 特殊花键轴

#### 中空花键轴

当需要满足诸如管路布置、接线、换气孔或减轻重量等要求时，可使用中空花键轴。

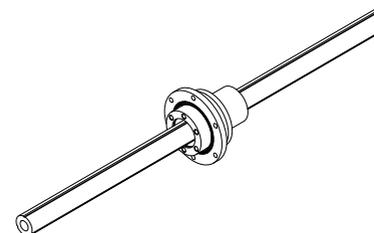
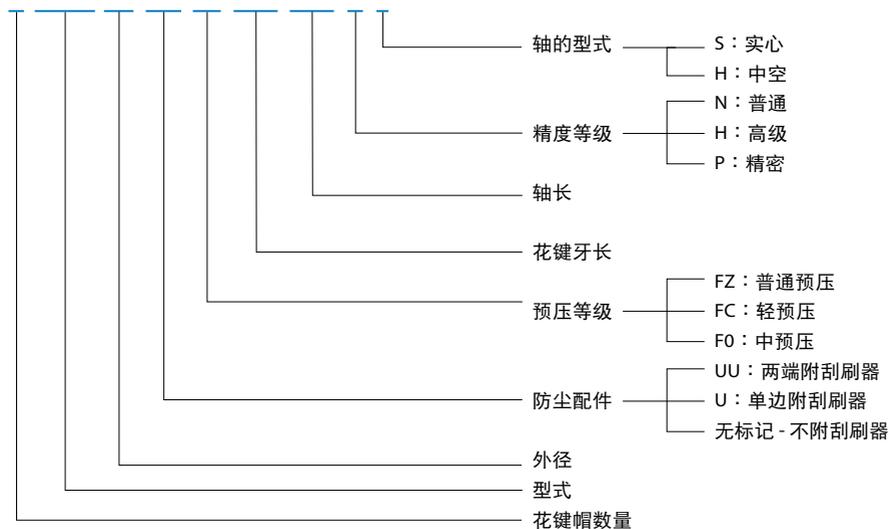


图5. 中空花键轴

## 旋转式滚珠花键产品说明

### 规格定义

2-STRA-25-UU-F0-400-500-N-S



### 精度定义

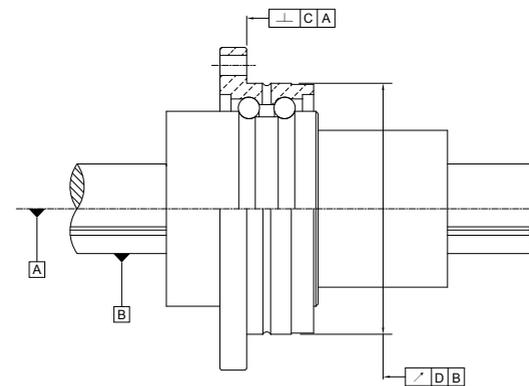


图6. 精度定义

表1 精度

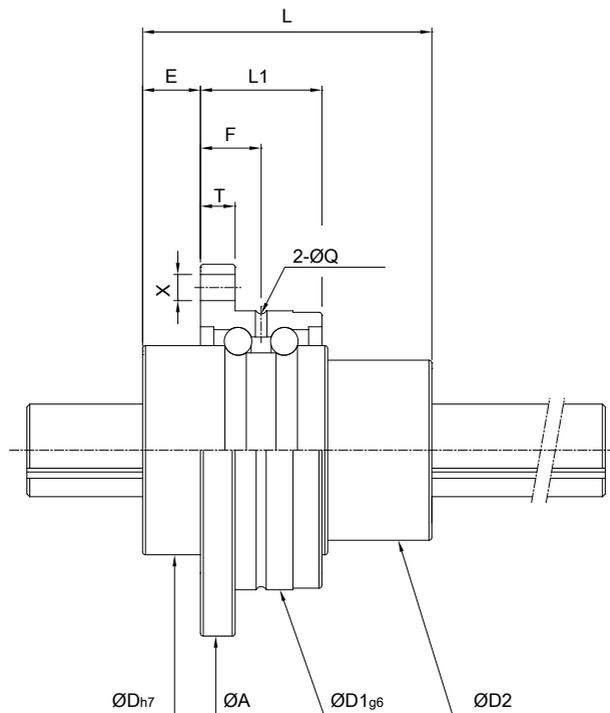
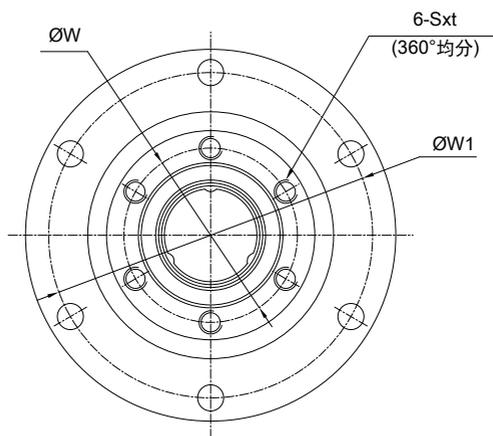
单位: mm

精度等级	普通(N)		高级(H)		精密(P)	
	C	D	C	D	C	D
规格						
STRA-1616	0.023	0.035	0.016	0.020	0.013	0.017
STRA-2020	0.023	0.035	0.016	0.020	0.013	0.017
STRA-2525	0.023	0.035	0.018	0.024	0.015	0.020

### 旋转式滚珠花键的容许转速

表2 STRA型的容许转速

型号	容许转速		
	滚珠花键部	支撑轴承部	
		根据轴长计算	油脂润滑
STRA 16	请参阅 花键轴的临界转速	4000	5400
STRA 20		3600	4900
STRA 25		3200	4300



规格	尺寸														尺寸		基本额定扭矩		基本额定负荷		静态容许力矩 M <sub>A</sub> (N·m)	支撑轴承基本额定负荷		质量	
	直径		外径			长度	法兰尺寸			螺孔	油孔位置	油孔孔径	E	L1	轴径	列数	C <sub>T</sub> (N·m)	C <sub>OT</sub> (N·m)	Ca (kN)	Co (kN)		Ca (kN)	Co (kN)	帽 (kg)	杆 (kg/m)
	D1 <sub>g6</sub>	D <sub>h7</sub>	W	Sxt	D2	L	A	T	W <sub>1</sub>	X	F	Q													
16	48	36	30	M4×0.7P×6	31	50	64	6	56	4.5	10.5	2	10	21	16	3	31.4	34.3	6.9	12.4	60	6.74	6.36	0.33	1.56
20	56	43.5	36	M5×0.8P×8	35	63	72	6	64	4.5	10.5	2	12	21	20	3	56.8	55.8	10.1	17.8	120	7.49	8.16	0.48	2.44
25	66	52	44	M5×0.8P×8	42	71	86	7	75	5.5	12.5	2	13	25	25	3	105	103	15.2	25.3	180	9.45	10.65	0.75	3.82

## 根据精度确定最大制造长度

表3显示根据精度确定的滚珠花键轴最大制造长度。

表3 根据精度确定最大制造长度

单位: *mm*

公称轴径	精度		
	普通级(N)	高级(H)	精密级(P)
16	630	500	500
20	630	500	500
25	800	800	800

注: 表中长度代表花键轴长度。

注: 对于标准中空花键轴, 最大制造长度应取决表中精密级所述之长度。