



滚珠花键

THK 综合产品目录

滚珠花键

THK 综合产品目录

A 产品解说

滚珠花键的类型.....	A3-4
选择的要点	A3-6
选择滚珠花键的操作程序图.....	A3-6
• 选择滚珠花键的步骤.....	A3-6
• 选择类型.....	A3-8
• 花键轴强度的探讨.....	A3-10
• 预测使用寿命.....	A3-17
选择预压.....	A3-25
• 旋转方向间隙.....	A3-25
• 预压与刚性.....	A3-25
• 使用条件与预压的选择基准.....	A3-26
确定精度.....	A3-28
• 精度等级.....	A3-28
• 精度规格.....	A3-28
高扭矩型滚珠花键	
LBS、LBST、LBF、LBR和LBH型.....	A3-30
• 结构与特长.....	A3-31
• 用途.....	A3-32
• 种类与特长.....	A3-33
• 支承座内径公差.....	A3-35
尺寸图、尺寸表	
微型滚珠花键.....	A3-36
LBS型(中负荷型).....	A3-38
LBST型(重负荷型).....	A3-40
LBF型(中负荷型).....	A3-42
LBR型.....	A3-44
LBH型.....	A3-46
LBS型的推荐轴端形状.....	A3-48
• 花键轴.....	A3-49
• 附件.....	A3-52
中扭矩型滚珠花键	
LT、LF型.....	A3-54
• 结构与特长.....	A3-55
• 种类与特长.....	A3-56
• 支承座内径公差.....	A3-57
尺寸图、尺寸表	
LT型.....	A3-58
LF型.....	A3-60
LT型的推荐轴端形状.....	A3-62
• 花键轴.....	A3-63
• 附件.....	A3-65
外筒旋转式滚珠花键	
带齿轮型 LBG型 LBGT型.....	A3-66

• 结构与特长.....	A3-67
• 种类与特长.....	A3-68
• 支承座内径公差.....	A3-69

尺寸图、尺寸表

LBG型.....	A3-70
LBGT型.....	A3-72
• 花键轴.....	A3-74

外筒旋转式滚珠花键

带支撑轴承型 LTR型 LTR-A型.....	A3-76
• 结构与特长.....	A3-77
• 种类与特长.....	A3-78
• 支承座内径公差.....	A3-79

尺寸图、尺寸表

小型LTR-A型.....	A3-80
LTR型.....	A3-82
• 花键轴.....	A3-84
• 外筒旋转式滚珠花键的容许转速.....	A3-86
按精度分类的最大制造长度.....	A3-87

设计的要点

花键轴端形状的检查手册.....	A3-88
支承座内径公差.....	A3-89
花键外筒的键槽与安装孔的位置.....	A3-89

配件

润滑.....	A3-90
材料与表面处理.....	A3-90
防尘.....	A3-90
• 伸缩防尘罩规格.....	A3-91

公称型号

• 公称型号的构成例.....	A3-92
-----------------	-------

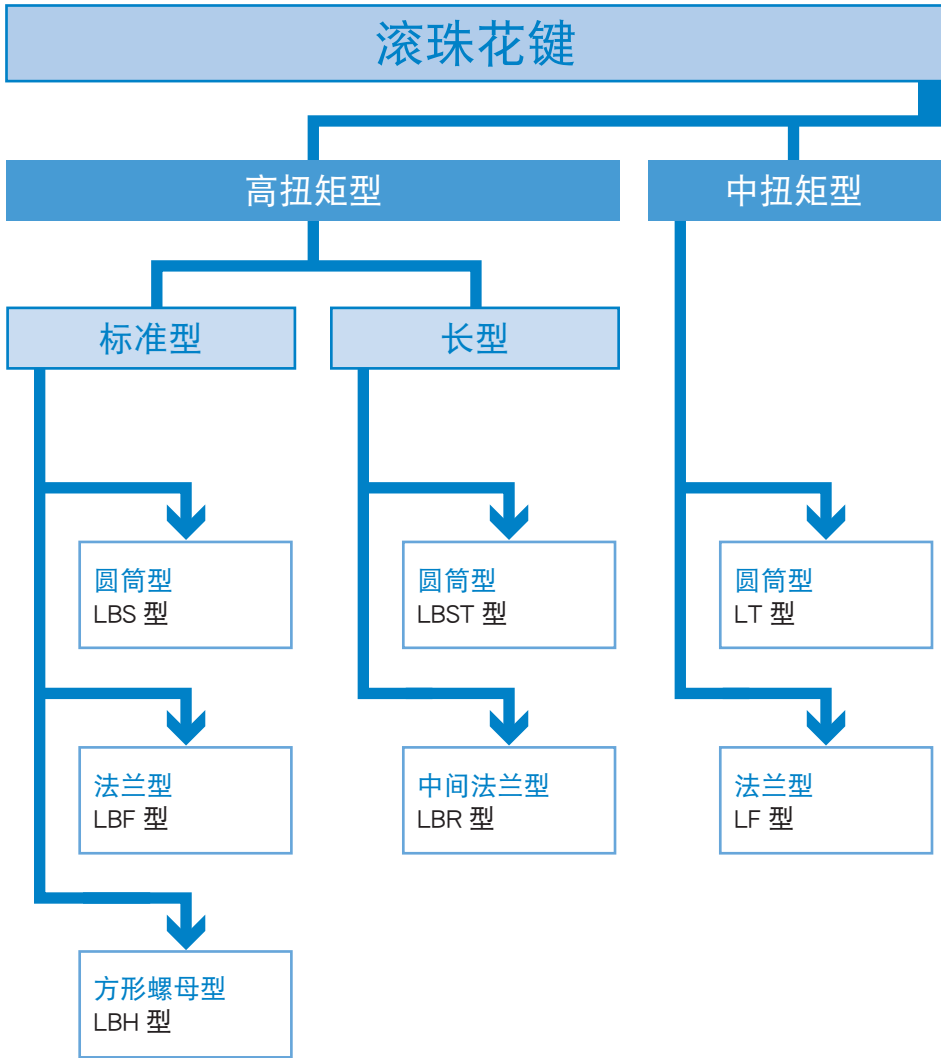
使用注意事项

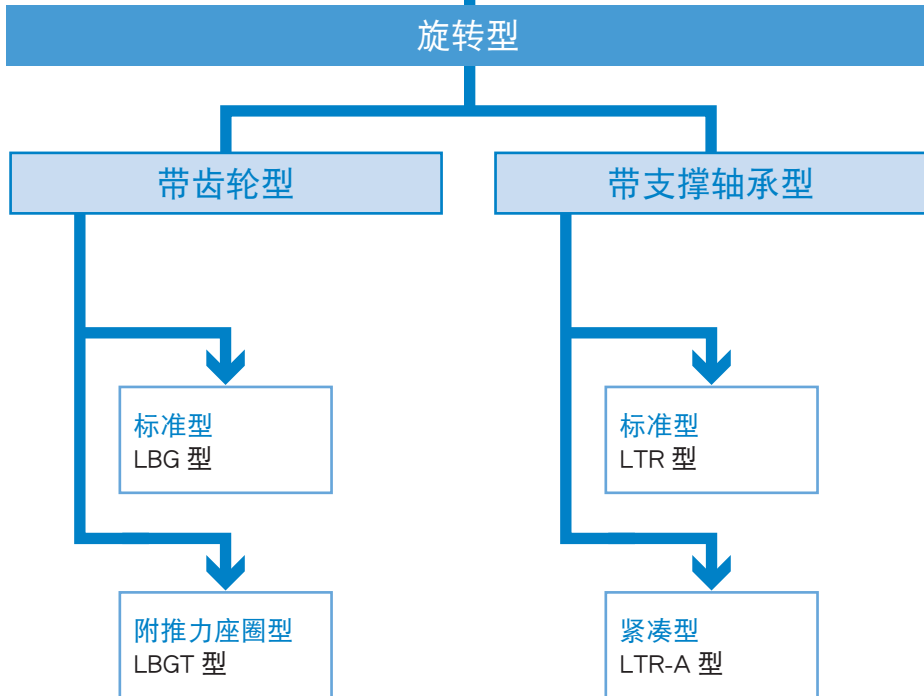
.....	A3-93
-------	-------

B 辅助手册(别册)

特长与类型	■3-4
滚珠花键的特长	■3-4
• 结构与特长	■3-4
滚珠花键的类型	■3-6
选择的要点	■3-8
选择滚珠花键的操作程序图	■3-8
• 选择滚珠花键的步骤	■3-8
• 选择类型	■3-10
• 花键轴强度的探讨	■3-12
• 预测使用寿命	■3-17
• 使用寿命计算例	■3-22
安装步骤与维护	■3-28
滚珠花键的装配	■3-28
• 安装花键	■3-28
• 梯型花键的装入	■3-30
• 花键轴的装入	■3-30
润滑	■3-31
配件	■3-32
材料与表面处理	■3-32
防尘	■3-32
公称型号	■3-33
• 公称型号的构成例	■3-33
使用注意事项	■3-34

滚珠花键的类型

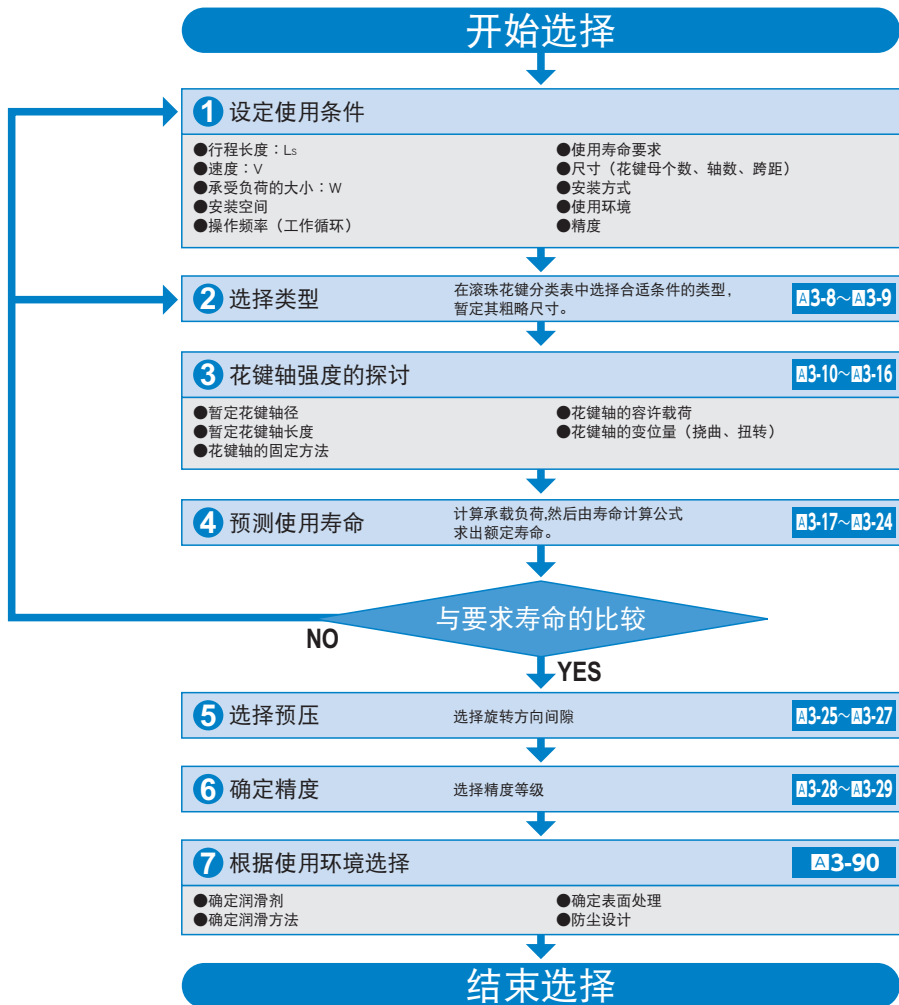




选择滚珠花键的操作程序图

选择滚珠花键的步骤

以下是选择滚珠花键的操作程序图,可作为选择时的基准。

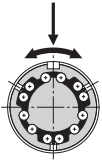
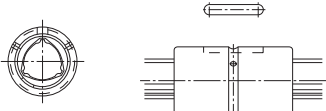
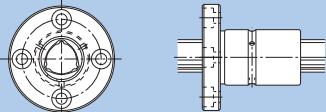
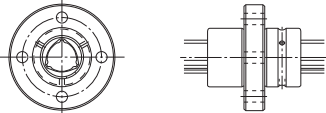
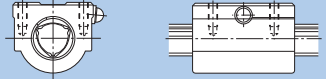
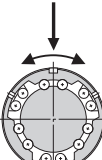
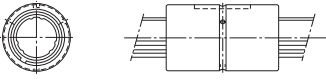
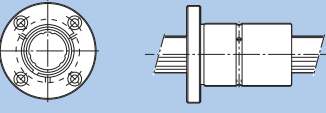
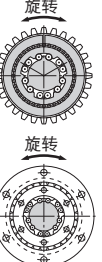
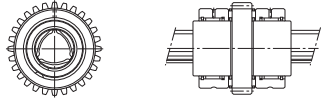
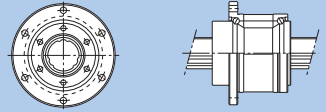


选择的要点

选择滚珠花键的操作程序图

选择类型

滚珠花键分为三种类型：高扭矩型、中扭矩型和外筒旋转型。您可以根据用途来选择类型。另外，备有丰富的花键外筒形状设计，可根据安装或使用目的不同来进行选择。

分类	类型	形状	轴径
高扭矩型 	LBS型 LBST型		公称轴径 6~150mm
	LBF型		公称轴径 15~100mm
	LBR型		公称轴径 15~100mm
	LBH型		公称轴径 15~50mm
中扭矩型 	LT型		公称轴径 4~100mm
	LF型		公称轴径 6~50mm
旋转型 	LBG型 LBGT型		公称轴径 20~85mm
	LTR-A型 LTR型		公称轴径 8~60mm

尺寸表	结构与特长	主要用途	
A3-36	<ul style="list-style-type: none"> 在花键轴外圈上按120°均等排列了3条突出部,并配有2列(总共6列)钢球列分别从左右方将其夹住。钢球的接触部为角接触构造,很容易对其施加预压。 由于钢球的循环都在梯形花键内径部进行,故梯形花键外径可小型化。 即使增加预压也能得到顺畅的直线滚动运动。 因接触角(45°)大而变位小,所以能获得高刚性。 旋转方向无间隙。 能传递大扭矩。 	<ul style="list-style-type: none"> 工业用机器人的架柱以及机械臂 自动装卸机 传送机 自动搬运装置 轮胎成型机 点焊机主轴 高速自动涂装导向轴 铆接机 绕线机 放电加工机机头 研磨床主轴驱动轴 各种变速装置 精密分度轴 	
A3-42			
A3-44			
A3-46			
A3-58	<ul style="list-style-type: none"> 在花键轴外圈上均等配置了2~3个凸肩突起部,用4~6列钢球分别从凸肩突起部分的左右方将其夹住。这种设计保证了能够受到适当、均匀的预压。 因具有接触角(20°),可施加适当的预压,因此消除了旋转方向的间隙,可得到出色的扭矩、力矩刚性。 	<ul style="list-style-type: none"> 诸如模具轴之类承受重负荷同时做直线运动的地方 诸如装货装置之类在固定位置进行角度旋转的地方 诸如自动气焊机主轴之类需要用1根轴制止回转的地方 	<ul style="list-style-type: none"> 工业用机器人的机械臂以及架柱 点焊机 铆接机 装订机 自动填充机 各种XY记录仪 自动捻丝机 光学测量设备
A3-60			
A3-70	<ul style="list-style-type: none"> 此类型为LBS型有着相同接触构造单元型。在梯形花键的法兰外圈上设置有齿轮,径向和推力滚针轴承紧紧地排列在梯形花键的外径上。 	<ul style="list-style-type: none"> 用于传递高扭矩的各种变速装置 	
A3-80	<ul style="list-style-type: none"> 在LT型滚珠花键的梯形花键外径上设置角接触型的钢球滚动面,构成支撑轴承,属小型、轻量型。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平多关节机器人的Z轴 绕线机 	

花键轴强度的探讨

滚珠花键的花键轴是能承受径向载荷或扭矩的复合轴。但在负荷或扭矩很大时,就必须要考虑花键轴的强度。

【承受挠曲的花键轴】

当弯矩作用在滚珠花键的花键轴上时,根据下式

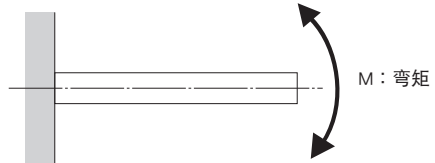
(1)可求出最适合的花键轴径。

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

M : 作用在花键轴上的最大弯矩 (N·mm)

σ : 花键轴的容许弯曲应力 (98N/mm²)

Z : 花键轴的截面系数 (mm³)
(参照图3-15上的表3和图3-16上的表4)



[参考]截面系数 (圆)

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

Z : 截面系数 (mm³)

d : 轴外径 (mm)

【承受扭曲的花键轴】

当扭转作用在滚珠花键的花键轴上时,根据下式

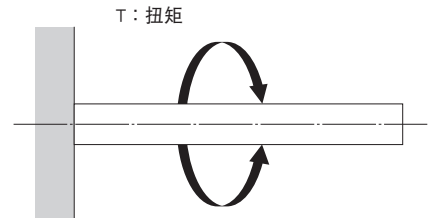
(2)可求出最适合的花键轴径。

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

T : 最大扭矩 (N·mm)

τ_s : 花键轴的容许扭转应力 (49N/mm²)

Z_p : 花键轴的极截面系数 (mm³)
(参照图3-15上的表3和图3-16上的表4)



[参考]截面系数 (圆)

$$Z_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

Z_p : 极截面系数 (mm³)

d : 轴外径 (mm)

【花键轴同时承受扭转和挠曲作用时】

当弯矩和扭矩同时作用在滚珠花键的花键轴上时, 考虑当量弯矩(M_e)和当量扭矩(T_e), 从而分别计算花键轴径的大小, 然后取其中花键轴径较大的值。

当量弯矩

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

$$M_e = \sigma \cdot Z$$

当量扭矩

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

$$T_e = \tau_a \cdot Z_D$$

【花键轴的刚性】

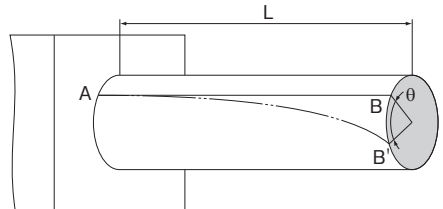
花键轴的刚性用相对于长度为1米的花键轴的扭转角来表示, 它被限制在 $1^\circ/4$ 左右。

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

$$\text{轴的刚性} = \frac{\text{扭转角}}{\text{单位长度}} = \frac{\theta \cdot \ell}{L} < \frac{1^\circ}{4}$$

θ	: 扭转角	($^\circ$)
L	: 花键轴长度	(mm)
G	: 横向弹性系数	($7.9 \times 10^4 \text{N/mm}^2$)
ℓ	: 单位长度	(1000mm)
I_p	: 极断面二次矩	(mm^4)

(参照A3-15上的表3和A3-16上的表4)



【花键轴的挠曲和挠曲角】

滚珠花键的花键轴挠曲和挠曲角应根据与其受力条件相适应的计算公式来计算。在表1和表2中,表示了各种各样使用条件下的计算式。

在A3-15的表3和A3-16的表4中表示了花键轴的截面系数(Z)和断面二次矩(I)。利用表中的Z、I, 通常的滚珠花键各种型号的强度和变位量(挠曲量)都可以计算得到。

表1 挠曲和挠曲角的计算式

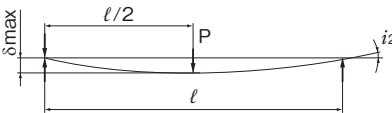
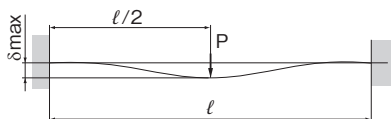
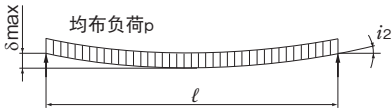
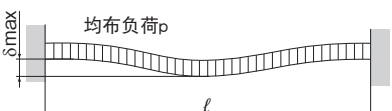

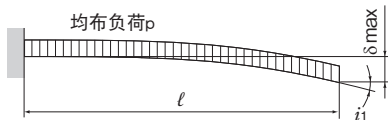
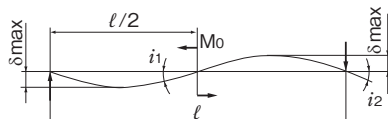
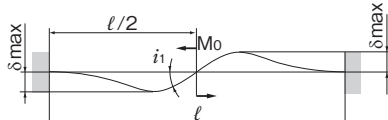
支撑方式	使用条件	挠曲的计算式	挠曲角的计算式
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = \frac{Pl^2}{16EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{192EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{5\rho l^4}{384EI}$	$i_2 = \frac{\rho l^3}{24EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{\rho l^4}{384EI}$	$i_2 = 0$

表2 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
一端固定		$\delta_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EI}$	$i_1 = \frac{P\ell^2}{2EI}$ $i_2 = 0$
一端固定		$\delta_{\max} = \frac{p\ell^4}{8EI}$	$i_1 = \frac{p\ell^3}{6EI}$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{\sqrt{3}M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{12EI}$ $i_2 = \frac{M_0\ell}{24EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{16EI}$ $i_2 = 0$

 δ_{\max} : 最大挠曲 (mm) M_0 : 力矩 (N·mm) ℓ : 跨距 (mm) I : 断面二次矩 (mm⁴) i_1 : 负荷作用点的挠曲角 i_2 : 支撑点的挠曲角 P : 集中负荷 (N) p : 均布负荷 (N/mm) E : 纵向弹性系数 2.06×10^5 (N/mm²)

【花键轴的危險速度】

通过滚珠花键轴旋转来传递动力时, 如果花键轴的转数变高并接近花键轴的固有频率时, 可能会引起共振, 造成无法运动。因此, 最高转数需要保证在危险速度以下的转数, 防止产生共振。

危险速度可由(6)式求出。

(作为安全系数, 乘以0.8。)

在高于共振点的场合及在接近共振点的场合下使用时, 需要重新探讨花键轴直径。

● 危险速度

$$N_c = \frac{60\lambda^2}{2\pi \cdot l_0^2} \cdot \sqrt{\frac{E \times 10^3 \cdot I}{\gamma \cdot A}} \times 0.8 \quad \dots (6)$$

N_c : 危险速度 (min⁻¹)

l_0 : 安装面之间的距离 (mm)

E : 杨氏模数 (2.06 × 10⁵ N/mm²)

I : 轴的最小断面二次矩 (mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} d^4 \quad d: \text{小径} \quad (\text{mm})$$

(参照 **A3-20** 上的表7和表8)

γ : 密度(比重) (7.85 × 10⁻⁶ kg/mm³)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad d: \text{小径} \quad (\text{mm})$$

(参照 **A3-20** 上的表7和表8)

A : 花键轴断面面积 (mm²)

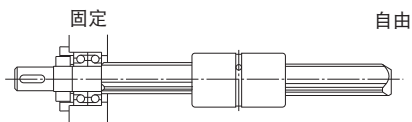
λ : 取决于安装方法的系数

(1) 固定-自由 $\lambda=1.875$

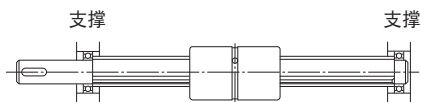
(2) 支撑-支撑 $\lambda=3.142$

(3) 固定-支撑 $\lambda=3.927$

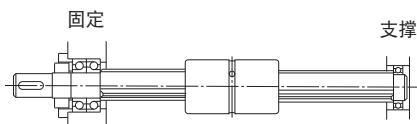
(4) 固定-固定 $\lambda=4.73$



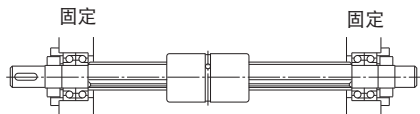
固定-自由



支撑-支撑



固定-支撑



固定-固定

【花键轴的横断面特性】

● 滚珠花键LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LBG和LBGT型的花键轴横断面特性

表3 LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LBG和LBGT型的花键轴横断面特性

公称轴径		I : 断面二次矩 mm ⁴	Z : 截面系数 mm ³	I _r : 极断面二次矩 mm ⁴	Z _r : 极截面系数 mm ³
6	实心轴	50.6	17.8	1.03×10 ²	36.2
8	实心轴	1.64×10 ²	42.9	3.35×10 ²	87.8
10	实心轴	3.32×10 ²	73.0	6.80×10 ²	1.50×10 ²
15	实心轴	1.27×10 ³	2.00×10 ²	2.55×10 ³	4.03×10 ²
20	实心轴	3.82×10 ³	4.58×10 ²	7.72×10 ³	9.26×10 ²
	空心轴	3.79×10 ³	4.56×10 ²	7.59×10 ³	9.11×10 ²
25	实心轴	9.62×10 ³	9.14×10 ²	1.94×10 ⁴	1.85×10 ³
	空心轴	9.50×10 ³	9.05×10 ²	1.90×10 ⁴	1.81×10 ³
30	实心轴	1.87×10 ⁴	1.50×10 ³	3.77×10 ⁴	3.04×10 ³
	空心轴	1.78×10 ⁴	1.44×10 ³	3.57×10 ⁴	2.88×10 ³
40	实心轴	6.17×10 ⁴	3.69×10 ³	1.25×10 ⁵	7.46×10 ³
	空心轴	5.71×10 ⁴	3.42×10 ³	1.14×10 ⁵	6.84×10 ³
50	实心轴	1.49×10 ⁵	7.15×10 ³	3.01×10 ⁵	1.45×10 ⁴
	空心轴	1.34×10 ⁵	6.46×10 ³	2.69×10 ⁵	1.29×10 ⁴
60	实心轴	3.17×10 ⁵	1.26×10 ⁴	6.33×10 ⁵	2.53×10 ⁴
	空心轴	2.77×10 ⁵	1.11×10 ⁴	5.54×10 ⁵	2.21×10 ⁴
70	实心轴	5.77×10 ⁵	1.97×10 ⁴	1.16×10 ⁶	3.99×10 ⁴
	空心轴	5.07×10 ⁵	1.74×10 ⁴	1.01×10 ⁶	3.49×10 ⁴
85	实心轴	1.33×10 ⁶	3.69×10 ⁴	2.62×10 ⁶	7.32×10 ⁴
	空心轴	1.11×10 ⁶	3.10×10 ⁴	2.22×10 ⁶	6.20×10 ⁴
100	实心轴	2.69×10 ⁶	6.25×10 ⁴	5.33×10 ⁶	1.25×10 ⁵
	空心轴	2.18×10 ⁶	5.10×10 ⁴	4.37×10 ⁶	1.02×10 ⁵
120	实心轴	5.95×10 ⁶	1.13×10 ⁵	1.18×10 ⁷	2.26×10 ⁵
	空心轴	5.28×10 ⁶	1.01×10 ⁵	1.06×10 ⁷	2.02×10 ⁵
150	实心轴	1.61×10 ⁷	2.40×10 ⁵	3.20×10 ⁷	4.76×10 ⁵
	空心轴	1.40×10 ⁷	2.08×10 ⁵	2.79×10 ⁷	4.16×10 ⁵

注)空心花键轴孔的形状,请参照图3-49和图3-74。

● 滚珠花键LT、LF、LTR和LTR-A型的花键轴横断面特性

表4 LT、LF、LTR和LTR-A型的花键轴横断面特性

公称轴径		I : 断面二次矩 mm ⁴	Z : 截面系数 mm ³	I _p : 极断面二次矩 mm ⁴	Z _p : 极截面系数 mm ³	
4	实心轴	11.39	5.84	22.78	11.68	
5	实心轴	27.88	11.43	55.76	22.85	
6	实心轴	57.80	19.7	1.19×10 ²	40.50	
	空心轴 K型	55.87	18.9	1.16×10 ²	39.20	
8	实心轴	1.86×10 ²	47.4	3.81×10 ²	96.60	
	空心轴 K型	1.81×10 ²	46.0	3.74×10 ²	94.60	
10	实心轴	4.54×10 ²	92.6	9.32×10 ²	1.89×10 ³	
	空心轴 K型	4.41×10 ²	89.5	9.09×10 ²	1.84×10 ³	
13	实心轴	1.32×10 ³	2.09×10 ²	2.70×10 ³	4.19×10 ²	
	空心轴 K型	1.29×10 ³	2.00×10 ²	2.63×10 ³	4.09×10 ²	
16	实心轴	3.09×10 ³	3.90×10 ²	6.18×10 ³	7.80×10 ²	
	空心轴	K型	2.97×10 ³	3.75×10 ²	5.95×10 ³	7.51×10 ²
		N型	2.37×10 ³	2.99×10 ²	4.74×10 ³	5.99×10 ²
20	实心轴	7.61×10 ³	7.67×10 ²	1.52×10 ⁴	1.53×10 ³	
	空心轴	K型	7.12×10 ³	7.18×10 ²	1.42×10 ⁴	1.43×10 ³
		N型	5.72×10 ³	5.77×10 ²	1.14×10 ⁴	1.15×10 ³
25	实心轴	1.86×10 ⁴	1.50×10 ³	3.71×10 ⁴	2.99×10 ³	
	空心轴	K型	1.75×10 ⁴	1.41×10 ³	3.51×10 ⁴	2.83×10 ³
		N型	1.34×10 ⁴	1.08×10 ³	2.68×10 ⁴	2.16×10 ³
30	实心轴	3.86×10 ⁴	2.59×10 ³	7.71×10 ⁴	5.18×10 ³	
	空心轴	K型	3.53×10 ⁴	2.37×10 ³	7.07×10 ⁴	4.74×10 ³
		N型	2.90×10 ⁴	1.95×10 ³	5.80×10 ⁴	3.89×10 ³
32	实心轴	5.01×10 ⁴	3.15×10 ³	9.90×10 ⁴	6.27×10 ³	
	空心轴	K型	4.50×10 ⁴	2.83×10 ³	8.87×10 ⁴	5.61×10 ³
		N型	3.64×10 ⁴	2.29×10 ³	7.15×10 ⁴	4.53×10 ³
40	实心轴	1.22×10 ⁵	6.14×10 ³	2.40×10 ⁵	1.21×10 ⁴	
	空心轴	K型	1.10×10 ⁵	5.55×10 ³	2.17×10 ⁵	1.10×10 ⁴
		N型	8.70×10 ⁴	4.39×10 ³	1.71×10 ⁵	8.64×10 ³
50	实心轴	2.97×10 ⁵	1.20×10 ⁴	5.94×10 ⁵	2.40×10 ⁴	
	空心轴	K型	2.78×10 ⁵	1.12×10 ⁴	5.56×10 ⁵	2.24×10 ⁴
		N型	2.14×10 ⁵	8.63×10 ³	4.29×10 ⁵	1.73×10 ⁴
60	实心轴	6.16×10 ⁵	2.07×10 ⁴	1.23×10 ⁶	4.14×10 ⁴	
	空心轴 K型	5.56×10 ⁵	1.90×10 ⁴	1.13×10 ⁶	3.79×10 ⁴	
80	实心轴	1.95×10 ⁶	4.91×10 ⁴	3.90×10 ⁶	9.82×10 ⁴	
	空心轴 K型	1.58×10 ⁶	3.97×10 ⁴	3.15×10 ⁶	7.95×10 ⁴	
100	实心轴	4.78×10 ⁶	9.62×10 ⁴	9.56×10 ⁶	1.92×10 ⁵	
	空心轴 K型	3.76×10 ⁶	7.57×10 ⁴	7.52×10 ⁶	1.51×10 ⁵	

注)关于空心花键轴孔的形状,

关于空心轴K型:请参照图3-63和图3-84。

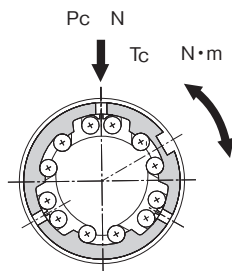
关于空心轴N型:请参照图3-63和图3-84。

预测使用寿命

【额定寿命】

滚珠花键即使在相同条件下制造且处于相同的运行条件下,其使用寿命也多少有些差异。因此,作为计算滚珠花键的使用寿命的参考,使用以下规定的额定寿命。

额定寿命指的是一批相同的滚珠花键在相同条件下分别运行时,其中的90%不产生表面剥落(金属表面的鳞片状剥落)所能达到的总运行距离。



【计算额定寿命】

滚珠花键可分为承受扭矩运行、承受径向载荷运行和承受力矩运行的情况。根据下式(7)~(10)可分别求出各种情况的额定寿命。(各负载方向的基本额定载荷均记载在各型号的尺寸表中)

● 承受扭矩负荷时

$$L = \left(\frac{f_T \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C_T}{T_c} \right)^3 \times 50 \quad \dots\dots (7)$$

● 承受径向载荷时

$$L = \left(\frac{f_T \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P_c} \right)^3 \times 50 \quad \dots\dots (8)$$

- | | | |
|-------|-----------|-------------|
| L | : 额定寿命 | (km) |
| C_T | : 基本动额定扭矩 | (N·m) |
| T_c | : 计算承受扭矩 | (N·m) |
| C | : 基本动额定载荷 | (N) |
| P_c | : 计算径向载荷 | (N) |
| f_T | : 温度系数 | (参照A3-19图1) |
| f_c | : 接触系数 | (参照A3-19表5) |
| f_w | : 负荷系数 | (参照A3-19表6) |

● 同时承受扭矩和径向载荷时

同时承受扭矩和径向载荷时,可根据下式(9)求出等价径向载荷后,再计算额定寿命。

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

P_E : 等价径向载荷 (N)

$\cos \alpha$: 接触角 i = 负载条数

$$\left(\begin{array}{ll} \text{LBS型} \alpha = 45^\circ & i = 2 (\text{LBS10或更小}) \\ & i = 3 (\text{LBS15或更大}) \\ \text{LT型} \alpha = 70^\circ & i = 2 (\text{LT13或更小}) \\ & i = 3 (\text{LT16或更大}) \end{array} \right)$$

d_p : 钢球中心直径 (mm)

(参照A3-20上的表7和表8)

● 使用1个或2个紧靠的梯型花键承受力矩负荷时

可按下式(10)求出等价径向载荷后,再计算额定寿命。

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

P_u : 等价径向载荷 (N)

(承受力矩负荷时)

K : 等价系数 (参照A3-23上的表9和A3-24上的表10)

M : 负荷力矩 (N·mm)

但是, M 应小于静态容许力矩。

● 同时承受力矩和径向载荷时

根据径向载荷与等价径向载荷的总和来计算额定寿命。

● 计算寿命时间

用上述公式计算额定寿命(L)后,当行程和每分钟往返次数一定时,寿命时间可按下式(11)计算。

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_1 \times 60} \quad \dots\dots\dots (11)$$

L_h : 工作寿命时间 (h)

l_s : 行程长度 (m)

n_1 : 每分钟往返次数 (min^{-1})

■ f_t : 温度系数

当滚珠花键的使用环境温度超过 100°C 的高温时,考虑到高温所引起的不良影响,计算寿命时应乘以图1的温度系数。

同时,注意滚珠花键也有必要使用对应高温的产品。

注)当使用环境温度超过 80°C 时,密封垫片和保持器的材料必须替换成相应的高温规格材料。详细情况请向THK咨询。

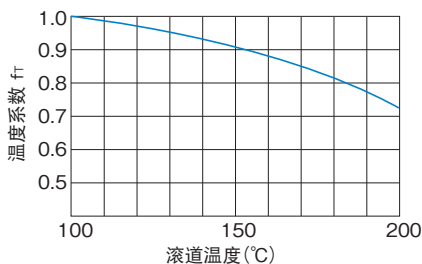


图1 温度系数 (f_t)

■ f_c : 接触系数

将直线运动导向的花键轴承套紧靠使用时,由于力矩负荷或安装面精度的影响,很难得到均匀的负荷分布。故将多个梯型花键紧靠使用时,请在基本额定载荷(C)和(C_0)上乘以表5中的相应接触系数。

注)在大型装置中,若预计负荷分布不均匀时,请考虑表5中的接触系数。

表5 接触系数 (f_c)

紧靠时的梯型花键个数	接触系数 f_c
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
通常使用	1

■ f_v : 负荷系数

通常作往复运动的机械在运转中大都伴随振动或冲击,特别是要正确计算在高速运转时所产生的振动以及频繁启动与停止所导致的所有冲击则尤为困难。因此,在不能得到实际作用于滚珠花键上的负荷时,或者速度和振动的影响很大时,请将基本额定载荷(C)和(C_0)除以表6中根据经验所得到的负荷系数。

表6 负荷系数 (f_v)

振动、冲击	速度 (V)	f_v
微小	微速时 $V \leq 0.25\text{m/s}$	1~1.2
小	低速时 $0.25 < V \leq 1\text{m/s}$	1.2~1.5
中	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7 LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LBG和LBGT型的花键轴横断面形状

单位：mm

公称轴径	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
小径 ϕd	11.7	15.3	19.5	22.5	31	39	46.5	54.5	67	81	101	130
外径 ϕD_0	14.5	19.7	24.5	29.6	39.8	49.5	60	70	84	99	117	147
钢球中心直径 ϕdp	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

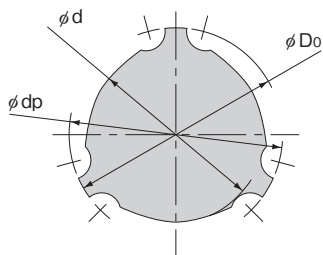
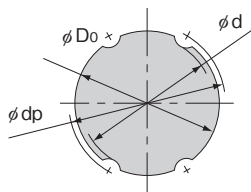


表8 LT、LF、LTR和LTR-A型的花键轴横断面形状

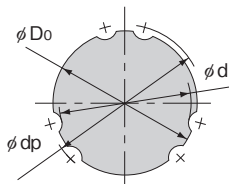
单位：mm

公称轴径	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	32	40	50	60	80	100
小径 ϕd	3.5	4.5	5	7	8.5	11.5	14.5	18.5	23	28	30	37.5	46.5	56.5	75.5	95
外径 ϕD_0	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	32	40	50	60	80	100
钢球中心直径 ϕdp	4.6	5.7	7	9.3	11.5	14.8	17.8	22.1	27.6	33.2	35.2	44.2	55.2	66.3	87.9	109.5
外径容许公差	0 -0.012		0 -0.015		0 -0.018		0 -0.021		0 -0.025		0 -0.03		0 -0.035		0 -0.035	

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。



公称轴径：小于或等于13mm



公称轴径：大于或等于16mm

【计算平均负荷】

像工业用机器人的机械臂那样，前进时抓住工件运动，后退时只有机械臂的自重时，或是像工具机那样，作用在梯型花键上的负荷由于各种各样的条件而变动时，必须考虑负荷的变动条件来进行寿命计算。

平均负荷(P_m)是指，当作用在梯型花键上的负荷大小由于运行中各种各样的条件而变动时，与这些变动负荷条件下的寿命具有相同寿命的一定大小的负荷。

基本式如下所示。

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

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)

● 阶段性变化的情况

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

P_m : 平均负荷 (N)

P_n : 变化负荷 (N)

L : 总运行距离 (m)

L_n : 承载 P_n 时运行的距离 (m)

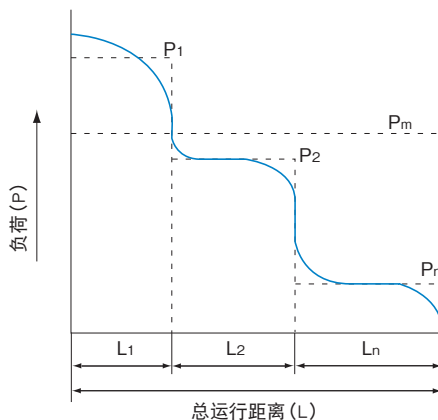


图2

● 单调变化的情况

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

P_{\min} : 最小负荷 (N)

P_{\max} : 最大负荷 (N)

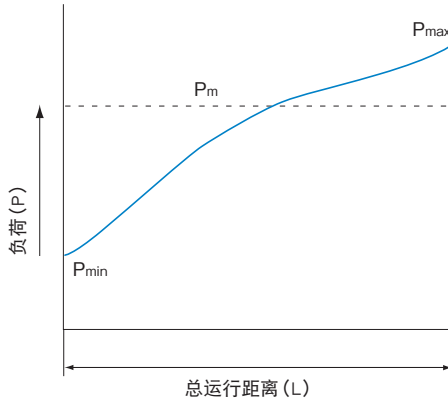


图3

● 按正弦曲线变化的情况

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

(b) $P_m \doteq 0.75P_{\max} \dots\dots\dots (15)$

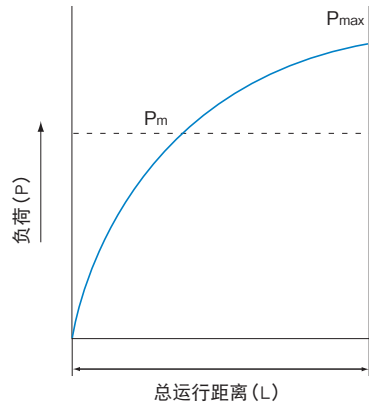
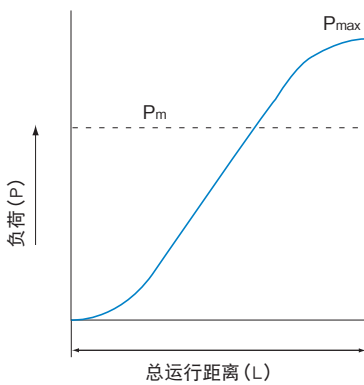


图4

【等价系数】

下面的表9和A3-24上的表10表示各型号滚珠花键在承受力矩时的等价径向载荷计算系数。

● 滚珠花键LBS型的等价系数表

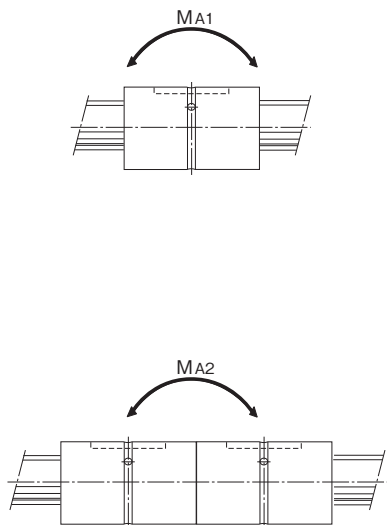


表9

公称型号	等价系数：K	
	单个梯形花键	两个紧靠的梯形花键
LBS 6	0.61	0.074
LBS 8	0.46	0.060
LBS 10	0.54	0.049
LBS 15	0.22	0.039
LBS 20	0.24	0.03
LBST 20	0.17	0.027
LBS 25	0.19	0.026
LBST 25	0.14	0.023
LBS 30	0.16	0.022
LBST 30	0.12	0.02
LBS 40	0.12	0.017
LBST 40	0.1	0.016
LBS 50	0.11	0.015
LBST 50	0.09	0.014
LBS 60	0.08	0.013
LBS 70	0.1	0.013
LBST 70	0.08	0.012
LBS 85	0.08	0.011
LBST 85	0.07	0.01
LBS 100	0.08	0.009
LBST 100	0.06	0.009
LBST 120	0.05	0.008
LBST 150	0.045	0.006

注1) LBF型与LBS型具有相同的等价系数K。

注2) LBR、LBG、LBGT以及LBH型与LBST型具有相同的等价系数K。

而LBF60型与LBST60型具有相同的等价系数。

LBH15型与LBS15型具有相同的等价系数。

● 滚珠花键LT型的等价系数表

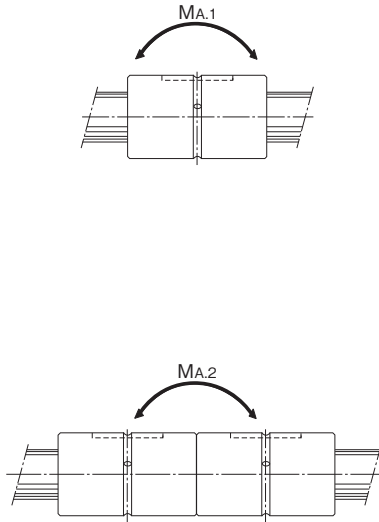


表10

公称型号	等价系数：K	
	单个梯形花键	两个紧靠的梯形花键
LT 4	0.65	0.096
LT 5	0.55	0.076
LT 6	0.47	0.06
LT 8	0.47	0.058
LT 10	0.31	0.045
LT 13	0.3	0.042
LT 16	0.19	0.032
LT 20	0.16	0.026
LT 25	0.13	0.023
LT 30	0.12	0.02
LT 40	0.088	0.016
LT 50	0.071	0.013
LT 60	0.07	0.011
LT 80	0.062	0.009
LT100	0.057	0.008

注)LF型、LTR型、LTR-A型的等效系数K与LT型相同。
但是，LTR32型与LT30型相同。

选择预压

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,因此应根据使用用途来选择适当的间隙。各型号的间隙值已被标准化,因此可根据使用条件进行恰当的选择。

旋转方向间隙

在滚珠花键中,将圆周方向间隙的总和作为旋转方向间隙,并且进行了标准化。特别是,适合于传递旋转扭矩的LBS型和LT型以旋转方向间隙来规定间隙。

旋转方向间隙(BCD)

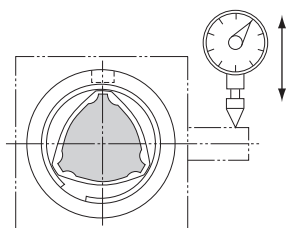
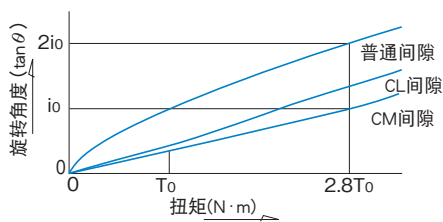


图5 旋转方向间隙的测量

预压与刚性

预压(预载荷)是以消除旋转方向间隙,提高刚性为目的,而事前给钢球施加的负荷。滚珠花键通过施加预压,根据预压量的大小来消除旋转方向间隙,从而提高刚性。图6表示了承受扭矩时旋转方向的变位置。

如图所示,预压的效果一直保持到预压负荷的2.8倍时为止。与无预压时相比,相同扭矩时的变位置成为二分之一,刚性在2倍以上。



T0: 预压负荷

图6

使用条件与预压的选择基准

在表11中,表示了根据滚珠花键的使用条件来选择旋转方向间隙的基准。

滚珠花键的旋转方向间隙对滚珠花键的精度或刚性有很大的影响。因此,根据用途选择适当的间隙是很重要的。一般来说,都采用有预压的产品。因为在进行往返旋转运动或往复直线运动时,会承受很大的振动冲击施加预压后会显著地提高使用寿命和精度。

表11 滚珠花键旋转方向间隙的选择基准

旋转方向间隙	使用条件	适用例
普通(无标识)	<ul style="list-style-type: none"> ● 以较小的力即可顺畅地进行驱动的地方 ● 在固定方向上持续有扭矩作用的地方 	<ul style="list-style-type: none"> • 各种测量仪 • 自动绘图仪 • 形状测量仪 • 动力计 • 绕线机 • 自动火焰切割机 • 珩磨床主轴 • 自动包装机
轻预压(CL)	<ul style="list-style-type: none"> ● 承受悬臂负荷或力矩作用的地方 ● 需要重复精度高的地方 ● 有交变负荷作用的地方 	<ul style="list-style-type: none"> • 工业用机器人的机械臂 • 各种自动装卸机 • 自动涂装机导向轴 • 放电加工机主轴 • 冲压式冲模导向轴 • 钻床主轴
中预压(CM)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要高刚性、易产生振动冲击的地方 ● 用1个花键外筒承受力矩的地方 	<ul style="list-style-type: none"> • 建筑车辆的转向操纵轴 • 点焊机轴 • 自动盘工刀具分度轴

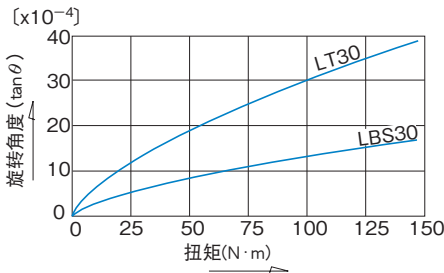


图7 零间隙时LBS型与LT型的比较

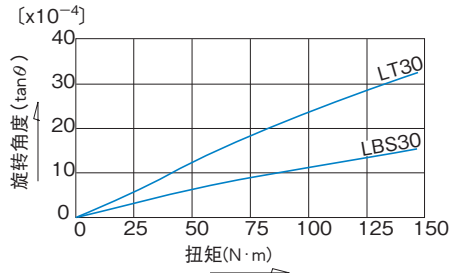


图8 CL间隙时LBS型与LT型的比较

表12 LBS、LBF、LBST、LBR和LBH型的旋转方向间隙

单位：μm

标记	普通	轻预压	中预压
公称轴径	无标记	CL	CM
6 8	-2~+1	-6~-2	—
10 15	-3~+2	-9~-3	-15~-9
20 25 30	-4~+2	-12~-4	-20~-12
40 50 60	-6~+3	-18~-6	-30~-18
70 85	-8~+4	-24~-8	-40~-24
100 120	-10~+5	-30~-10	-50~-30
150	-15~+7	-40~-15	-70~-40

表13 LT、LF型的旋转方向间隙

单位：μm

标记	普通	轻预压	中预压
公称轴径	无标记	CL	CM
4 5 6 8 10 13	-2~+1	-6~-2	—
16 20	-2~+1	-6~-2	-9~-5
25 30	-3~+2	-10~-4	-14~-8
40 50	-4~+2	-16~-8	-22~-14
60 80	-5~+2	-22~-12	-30~-20
100	-6~+3	-26~-14	-36~-24

表14 LBG、LBGT型的旋转方向间隙

单位：μm

标记	普通	轻预压	中预压
公称轴径	无标记	CL	CM
20 25 30	-4~+2	-12~-4	-20~-12
40 50 60	-6~+3	-18~-6	-30~-18
70 85	-8~+4	-24~-8	-40~-24

表15 LTR型的旋转方向间隙

单位：μm

标记	普通	轻预压	中预压
公称轴径	无标记	CL	CM
8 10	-2~+1	-6~-2	—
16 20	-2~+1	-6~-2	-9~-5
25 32	-3~+2	-10~-4	-14~-8
40 50	-4~+2	-16~-8	-22~-14
60	-5~+2	-22~-12	-30~-20

确定精度

精度等级

滚珠花键的精度根据梯型花键外径相对于花键轴支撑部的振摆,可分为普通级(无标记)、高级(H)、精密级(P)。测试项目如图9所示。

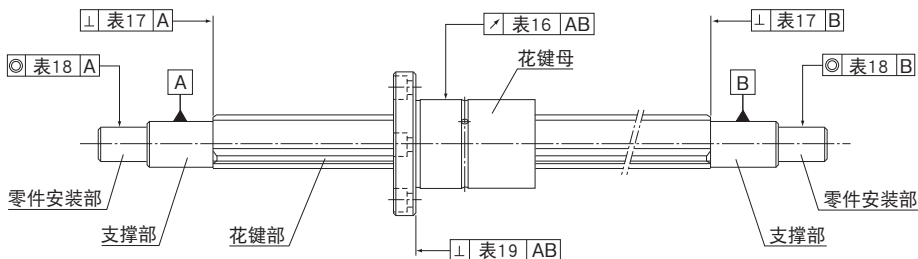


图9 滚珠花键精度测试项目

精度规格

滚珠花键的各测试项目如表16~表19所示。

表16 梯型花键外径相对于花键轴支撑部的振摆

单位: μm

精度		振摆(最大)																							
公称轴径 花键轴总长度 (mm)		4~8 ^{注)}			10			13~20			25~32			40,50			60~80			85~120			150		
以上	以下	普	高	精	普	高	精	普	高	精	普	高	精	普	高	精	普	高	精	普	高	精	普	高	精
—	200	72	46	26	59	36	20	56	34	18	53	32	18	53	32	16	51	30	16	51	30	16	—	—	—
200	315	133	(89)	—	83	54	32	71	45	25	58	39	21	58	36	19	55	34	17	53	32	17	—	—	—
315	400	—	—	—	103	68	—	83	53	31	70	44	25	63	39	21	58	36	19	55	34	17	—	—	—
400	500	—	—	—	123	—	—	95	62	38	78	50	29	68	43	24	61	38	21	57	35	19	46	36	19
500	630	—	—	—	—	—	—	112	—	—	88	57	34	74	47	27	65	41	23	60	37	20	49	39	21
630	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	103	68	42	84	54	32	71	45	26	64	40	22	53	43	24
800	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124	83	—	97	63	38	79	51	30	69	43	24	58	48	27
1000	1250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	114	76	47	90	59	35	76	48	28	63	55	32
1250	1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	139	93	—	106	70	43	86	55	33	80	65	40
1600	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	128	86	54	99	65	40	100	80	50
2000	2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	156	—	—	117	78	49	125	100	68
2500	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	143	96	61	150	129	84

注)括号里的尺寸表示公称轴径4除外。

注)此精度规格适用于LBS、LBST、LBF、LBR、LT和LF型。

表17 花键轴轴端面相对于花键轴支撑部的垂直度

单位: μm

精度	垂直度(最大)		
	普通级(无标记)	高级(H)	精密级(P)
公称轴径			
4 5 6 8 10	22	9	6
13 15 16 20	27	11	8
25 30 32	33	13	9
40 50	39	16	11
60 70 80	46	19	13
85 100 120	54	22	15
150	63	25	18

表18 零件安装部相对于花键轴支撑部的同心度

单位: μm

精度	同心度(最大)		
	普通级(无标记)	高级(H)	精密级(P)
公称轴径			
4 5 6 8	33	14	8
10	41	17	10
13 15 16 20	46	19	12
25 30 32	53	22	13
40 50	62	25	15
60 70 80	73	29	17
85 100 120	86	34	20
150	100	40	23

表19 梯型花键法兰安装面相对于花键轴支撑部的垂直度

单位: μm

精度	垂直度(最大)		
	普通级(无标记)	高级(H)	精密级(P)
公称轴径			
6 8	27	11	8
10 13	33	13	9
15 16 20 25 30	39	16	11
40 50	46	19	13
60 70 80 85	54	22	15
100	63	25	18

注)此表格不对应LBG、LBGT、LTR和LTR-A型。

高扭矩型滚珠花键

LBS、LBST、LBF、LBR和LBH型

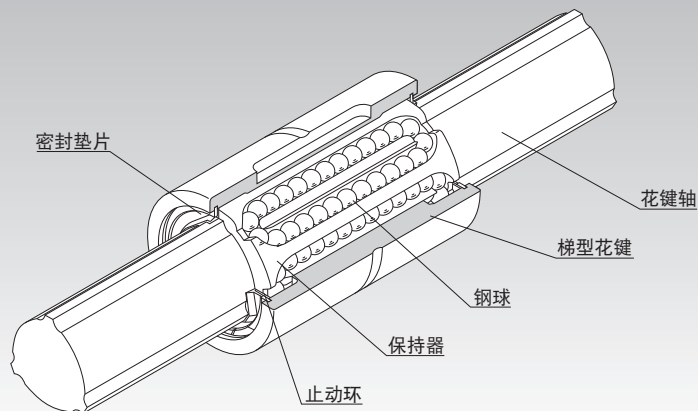


图1 高扭矩型滚珠花键LBS型的结构

选择的要点	A 3-6
设计的要点	A 3-88
配件	A 3-90
公称型号	A 3-92
使用注意事项	A 3-93
润滑相关产品	A 24-1
安装步骤与维护	B 3-28

花键轴的横断面特性	A 3-15
等效系数	A 3-23
旋转方向间隙	A 3-25
精度规格	A 3-28
按精度分类的最大制造长度	A 3-87

结构与特长

高扭矩型滚珠花键如图1所示，在花键轴外圈上按120°均等排列了3条滚动面突起部，并配有2列（总共6列）负荷钢球列分别从左右方将其夹住。

滚动面被精密研磨加工成与球径相接近的R沟槽形状。当花键轴或梯型花键承受扭矩时，在6列负荷钢球中与扭矩方向一致的3列钢球均等地承受负荷，并且自动地决定旋转中心。反转时，就由反方向的3列钢球承受负荷。

各钢球列通过装在梯型花键内的保持器，持续进行整列循环运动，所以，即使将花键轴从梯型花键中抽出，钢球也不会脱落。

【旋转方向间隙为“零”】

高扭矩滚珠花键通过单个梯型花键施加预压，使旋转方向间隙为零，从而提高刚性。

像具有圆弧沟槽或哥德式沟槽的传统型滚珠花键一样，施加预压并不需要将2个梯型花键在圆周方向相互扭转方可使用，从而容易实现小型化设计。

【高刚性与精确定位】

因接触角大，并且用1个梯型花键就能施加预压，所以初期变位小，能获得高刚性和精确的定位精度。

【可进行高速运动和高速旋转】

由于摩擦力小，并采用出色的润滑剂保持构造以及具有刚性的保持器，所以即使作高速直线运动，在润滑脂的作用下也能满足长时间的使用需要。此外，因负荷钢球与无负荷钢球的半径方向距离大致相等，即使高速旋转时，作用在钢球上的离心力的影响也很小，能得到平滑稳定的直线运动。

【小型的设计】

与传统型滚珠花键不同，因不让无负荷的钢球在外周循环，所以梯型花键的外径可变小，从而可实现节省空间的小型设计。

【钢球保持型】

由于使用球保持器，即使将花键轴从梯型花键里抽出，钢球也不会脱落。

【可作为重负荷用直线轴承使用】

因钢球滚动面被加工成与钢球半径大致相等的R沟槽形状，所以钢球的接触面积大，即使对径向载荷也具有很强的承载能力。

【可用1根轴代替2根平行轴】

因用1根轴就可以承受扭矩方向和径向方向的负荷，所以可以将以往2根轴平行使用的地方用1根轴来代替，从而实现安装简单、省空间的设计。

用途

高扭矩型滚珠花键被广泛用于工业用机器人的架柱以及机械臂、自动装卸机、传送机、自动搬运装置、轮胎成型机、点焊机主轴、高速自动涂装导向轴、铆接机、卷线机、放电加工机机头、研磨床主轴驱动轴、各种变速装置、精密分度轴等,是具有高度可靠性的直线运动系统。

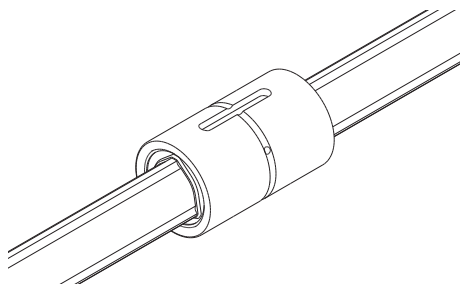
种类与特长

【梯型花键的种类】

圆筒形滚珠花键 LBS型(中负荷型)

尺寸表⇒ [A3-36](#)

梯型花键外径是直筒形，作传递扭矩时，将键敲入后使用，是最小型的型式。梯型花键外径进行了防炭加工。

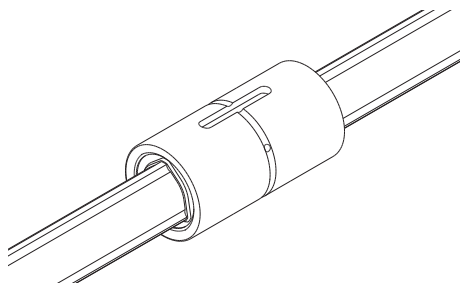


滚珠花键

圆筒形滚珠花键 LBST型(重负荷型)

尺寸表⇒ [A3-40](#)

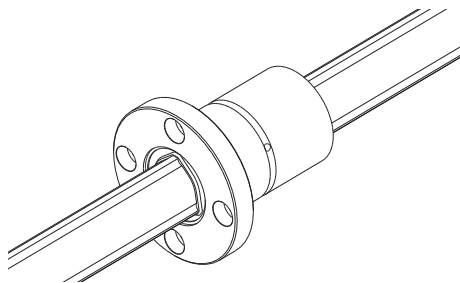
LBST型与LBS型具有相同的外径，是增加了梯型花键长度的重负荷型。最适合在空间小、扭矩大的地方，或有悬臂负荷、力矩等作用的地方。



法兰型滚珠花键 LBF型

尺寸表⇒ [A3-42](#)

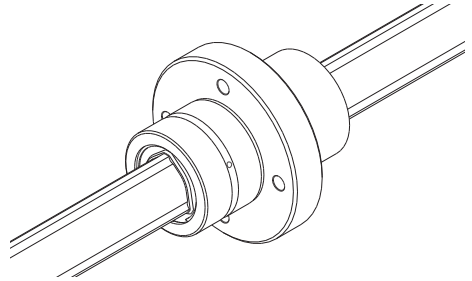
LBF型利用法兰通过螺栓固定在支承座上，故装配简单。最适合用在支承座上加工键槽有变形危险，或者支承座宽度比较狭小的地方。



法兰型滚珠花键 LBR型

尺寸表⇒[A3-44](#)

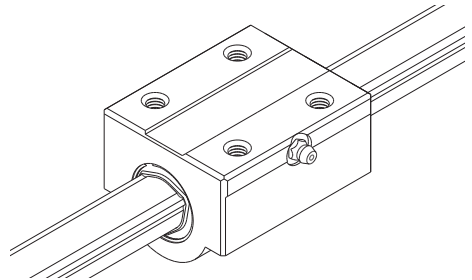
此为根据重负荷型LBST型设计的型号, 在中央部有一个法兰, 最适合用在需要使用工业用机器人的机械臂等的位置。



方形滚珠花键 LBH型

尺寸表⇒[A3-46](#)

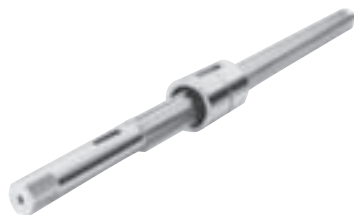
具有刚性的方形梯型花键, 不需要支承座, 可直接装在机械主体上。因而十分小巧, 并且可获得高刚性的直线运动导向装置。



【花键轴的种类】

精密实芯花键轴(标准型)

对通过冷拔成形的花键轴的滚动沟槽,进行精密研磨,达到高精度,然后与梯形花键配合。



特殊花键轴

花键轴端或中间部分的直径比较大时,THK将按照需求用切削加工制作花键部分。



空心花键轴(K型)

需要配管、配线、排气或减轻重量的地方,可用中空花键轴。



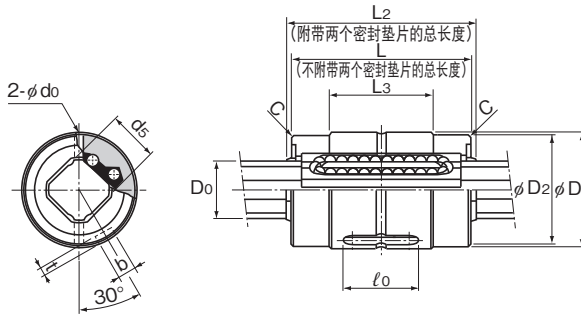
支承座内径公差

花键外筒和支承座的配合通常采用过渡配合。如果滚珠花键的精度不需要很高,也可以采用间隙配合。

表1 支承座内径公差

支承座内径公差	普通使用条件	H7
	需要减小间隙时	J6

微型滚珠花键



LBS6、8型

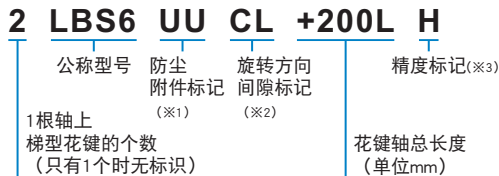
公称型号	梯型花键尺寸										
	外径		长度		L ₂	L ₃	D ₂	键槽尺寸			C
	D	公差	L	公差				b H8	t +0.1 0	l ₀	
LBS 6	12	0	20	0 -0.2	20.8	11	11.5	2	0.8	10	0.3
LBS 8	16	-0.011	25		26.4	14.5	15.5	2.5	1.2	12.5	0.3
LBS 10	19	0 -0.013	30		—	—	—	3	1.5	17	0.3

注) LBS6、8型为端盖式。

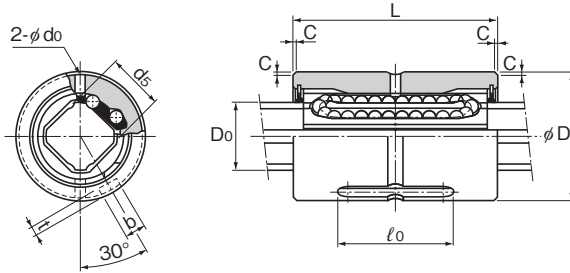
请勿使LBS6、8型的端盖受到冲击等。

THK不提供高温用微型滚珠花键。

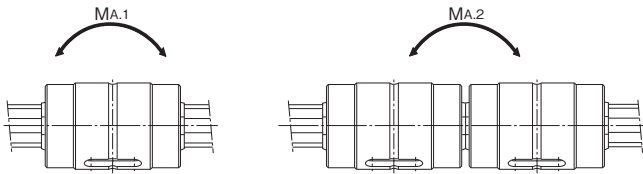
公称型号的构成例



(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。



LBS10型



单位：mm

	润滑孔	花键轴外径		基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩		质量		
		d_0	D_0	d_5	C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	$M_{A.1}$ ^{注)} N·m	$M_{A.2}$ ^{注)} N·m	梯型花键 g	花键轴 kg/m
		1.2	6	5.3	1.53	2.41	0.637	0.785	2.2	19.4	6.6	0.22
		1.2	8	7.3	4.07	6.16	1.18	1.42	5.1	39.6	15.4	0.42
		1.5	10	8.3	7.02	10.4	1.62	1.96	8.1	67.6	36.7	0.55

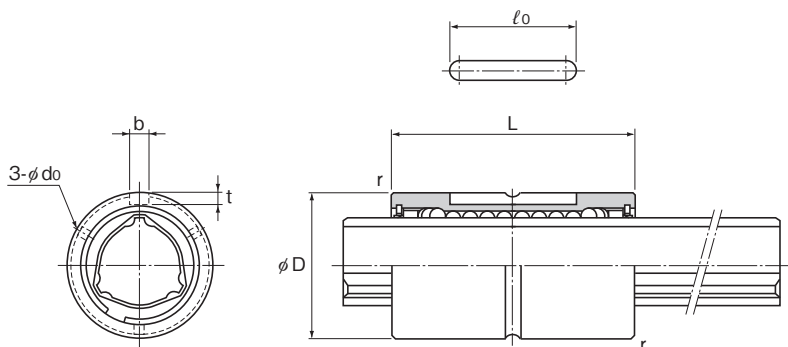
注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯型花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯型花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

(若使用1个梯型花键, 精度上不够稳定, 因此建议使用2个紧靠的梯型花键。)

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照 **A3-87**。

LBS型(中负荷型)



公称型号	梯型花键尺寸								
	外径		长度		键槽尺寸			r	润滑孔 do
	D	公差	L	公差	b H8	t +0.1 0	lo		
LBS 15	23	⁰ -0.013	40	⁰ -0.2	3.5	2	20	0.5	2
○● LBS 20	30	⁰ -0.016	50	⁰ -0.3	4	2.5	26	0.5	2
○● LBS 25	37		60		5	3	33	0.5	2
○● LBS 30	45		70		7	4	41	1	3
○● LBS 40	60		90		10	4.5	55	1	3
○● LBS 50	75	⁰ -0.019	100	⁰ -0.4	15	5	60	1.5	4
○● LBS 70	100	110	18		6	68	2	4	
○● LBS 85	120	⁰ -0.022	140		20	7	80	2.5	5
○● LBS 100	140	⁰ -0.025	160		28	9	93	3	5

注)○: 可对应高温规格的型号(带金属制保持器; 使用温度: 最高100℃)。

(例) LBS20 A CL + 500L H
└───┬───┘ 高温标识

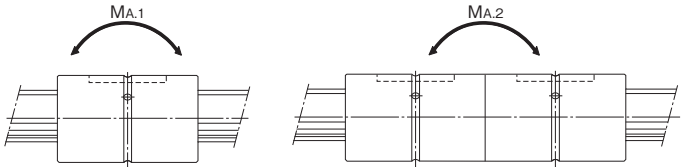
- : 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。
 使用带金属制保持器的滚珠花键型号不能安装密封毡圈。

公称型号的构成例

2 LBS40 UU CL +1000L P K

公称型号 1根轴上 梯型花键的个数 (只有1个时无标识)	防尘 附件标记 (※1)	旋转方向 间隙标记 (※2)	精度标记 (※3)	标准空心 花键轴的标识(※4)
			花键轴总长度 (单位mm)	

(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。(※4)参照A3-49。



单位：mm

	基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩		质量	
	C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_o kN	$M_{A.1}$ (注) N·m	$M_{A.2}$ (注) N·m	梯形花键 kg	花键轴 kg/m
	30.4	74.5	4.4	8.4	25.4	185	0.06	1
	74.5	160	7.8	14.9	60.2	408	0.14	1.8
	154	307	13	23.5	118	760	0.25	2.7
	273	538	19.3	33.8	203	1270	0.44	3.8
	599	1140	31.9	53.4	387	2640	1	6.8
	1100	1940	46.6	73	594	4050	1.7	10.6
	2190	3800	66.4	102	895	6530	3.1	21.3
	3620	6360	90.5	141	2000	12600	5.5	32
	5190	12600	126	237	3460	20600	9.5	45

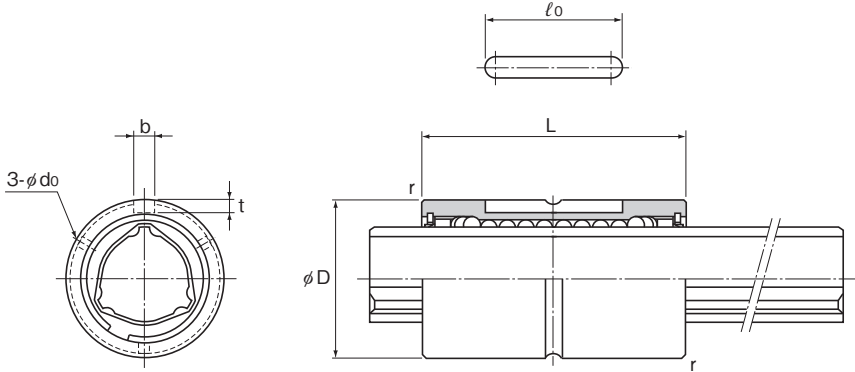
注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯形花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

(若使用1个LBS型,精度上也不够稳定,因此建议使用单个LBST型或使用2个紧靠的LBS型。)

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照图3-87。

LBST型(重负荷型)



公称型号	梯型花键尺寸								
	外径		长度		键槽尺寸			r	润滑孔 d ₀
	D	公差	L	公差	b H8	t +0.1 0	ℓ ₀		
○● LBST 20	30	0 -0.016	60	0 -0.2	4	2.5	26	0.5	2
○● LBST 25	37		70		5	3	33		
○● LBST 30	45		80		7	4	41		
○● LBST 40	60	0 -0.019	100	0 -0.3	10	4.5	55	1	3
○● LBST 50	75		112		15	5	60		
○ LBST 60	90		127		18	6	68		
○● LBST 70	100	0 -0.022	135	0 -0.4	18	6	68	2	4
○● LBST 85	120		155		20	7	80		
○● LBST 100	140		175		28	9	93		
○ LBST 120	160	0 -0.025	200	0 -0.5	28	9	123	3.5	6
○ LBST 150	205	0 -0.029	250		32	10	157		

注)○: 可对应高温规格的型号(带金属制保持器;使用温度:最高100℃)。

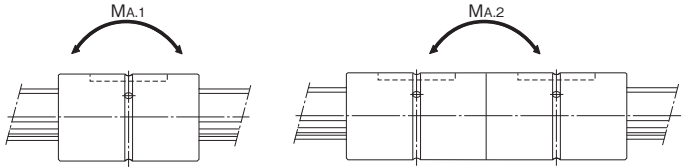
(例) LBST25 A CM+400L H
└───┬───┘ 高温标识

- : 可使用密封毡圈的型号(参照图A3-90)。
使用带金属制保持器的滚珠花键型号不能安装密封毡圈。

公称型号的构成例

2	LBST50	UU	CM	+800L	H	K
公称型号	防尘 附件标记 (※1)	旋转方向 间隙标记 (※2)	精度标记 (※3)	标准空心 花键轴的标识(※4)		
1根轴上 梯型花键的个数 (只有1个时无标识)				花键轴总长度 (单位mm)		

(※1)参照图A3-90。(※2)参照图A3-25。(※3)参照图A3-28。(※4)参照图A3-49。



单位：mm

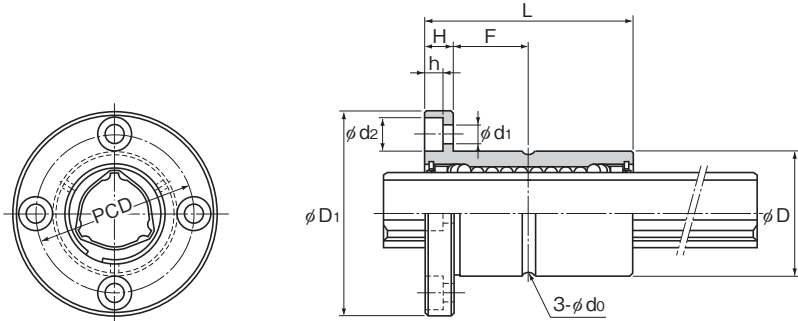
	基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩		质量	
	C_T N·m	C_{0T} N·m	C kN	C_0 kN	$M_{A.1}$ (注) N·m	$M_{A.2}$ (注) N·m	梯形花键 kg	花键轴 kg/m
	90.2	213	9.4	20.1	103	632	0.17	1.8
	176	381	14.9	28.7	171	1060	0.29	2.7
	312	657	22.5	41.4	295	1740	0.5	3.8
	696	1420	37.1	66.9	586	3540	1.1	6.8
	1290	2500	55.1	94.1	941	5610	1.9	10.6
	1870	3830	66.2	121	1300	8280	3.3	15.6
	3000	6090	90.8	164	2080	11800	3.8	21.3
	4740	9550	119	213	3180	17300	6.1	32
	6460	14400	137	271	4410	25400	10.4	45
	8380	19400	148	306	5490	32400	12.9	69.5
	13900	32200	196	405	8060	55400	28	116.6

注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯形花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照图3-87。

LBF型(中负荷型)



公称型号	梯型花键尺寸									
	外径		长度		法兰直径		H	F	润滑孔 d _o	PCD
	D	公差	L	公差	D ₁	公差				
LBF 15	23	⁰ _{-0.013}	40	0	43	-0.2	7	13	2	32
○● LBF 20	30	⁰ _{-0.016}	50	-0.2	49		7	18	2	38
○● LBF 25	37		60	0	60	9	21	2	47	
○● LBF 30	45	⁰ _{-0.019}	70	-0.3	70	10	25	3	54	
○● LBF 40	57		90		90	14	31	3	70	
○● LBF 50	70	⁰ _{-0.022}	100	-0.4	108	-0.3	16	34	4	86
○ LBF 60	85		127		124		18	45.5	4	102
○● LBF 70	95	⁰ _{-0.025}	110	-0.4	142	20	35	4	117	
○● LBF 85	115		140		168	22	48	5	138	
○● LBF 100	135		160		195	25	55	5	162	

注)○: 可对应高温规格的型号(带金属制保持器;使用温度:最高100℃)。

(例) LBF20 A CL + 500L H
└───┬───┘ 高温标识

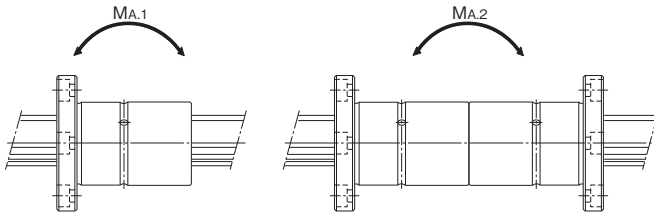
- : 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。
 使用带金属制保持器的滚珠花键型号不能安装密封毡圈。

公称型号的构成例

2 LBF20 DD CL +900L P K

公称型号	防尘附件标记 (※1)	旋转方向间隙标记 (※2)	精度标记 (※3)	标准空心花键轴的标识(※4)
1根轴上 梯型花键的个数 (只有1个时无标识)			花键轴总长度 (单位mm)	

(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。(※4)参照A3-49。



单位：mm

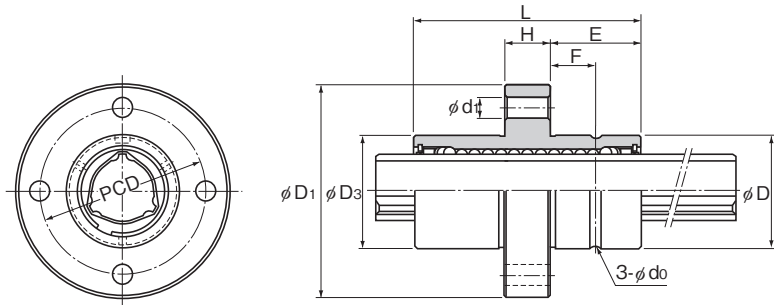
	安装孔 $d_1 \times d_2 \times h$	基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩		质量	
		C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	$M_{A.1}$ ^{注)} N·m	$M_{A.2}$ ^{注)} N·m	梯形花键 kg	花键轴 kg/m
	4.5×8×4.4	30.4	74.5	4.4	8.4	25.4	185	0.11	1
	4.5×8×4.4	74.5	160	7.8	14.9	60.2	408	0.2	1.8
	5.5×9.5×5.4	154	307	13	23.5	118	760	0.36	2.7
	6.6×11×6.5	273	538	19.3	33.8	203	1270	0.6	3.8
	9×14×8.6	599	1140	31.9	53.4	387	2640	1.2	6.8
	11×17.5×11	1100	1940	46.6	73	594	4050	1.9	10.6
	11×17.5×11	1870	3830	66.2	121	1300	8280	3.5	15.6
	14×20×13	2190	3800	66.4	102	895	6530	3.6	21.3
	16×23×15.2	3620	6360	90.5	141	2000	12600	6.2	32
	18×26×17.5	5910	12600	126	237	3460	20600	11	45

注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯形花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

(若使用1个梯形花键, 精度上不够稳定, 因此建议使用2个紧靠的梯形花键。)

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照 **A3-87**。



公称型号	梯型花键尺寸								
	外径		外径	长度		法兰直径	H	E	PCD
	D	公差	D ₃	L	公差	D ₁			
LBR 15	25	$\begin{matrix} 0 \\ -0.013 \end{matrix}$	25.35	40	$\begin{matrix} 0 \\ -0.2 \end{matrix}$	45.4	9	15.5	34
○● LBR 20	30	$\begin{matrix} 0 \\ -0.016 \end{matrix}$	30.35	60	$\begin{matrix} 0 \\ -0.3 \end{matrix}$	56.4	12	24	44
○● LBR 25	40		40.35	70		70.4	14	28	54
○● LBR 30	45	45.4	80	75.4		16	32	61	
○● LBR 40	60	$\begin{matrix} 0 \\ -0.019 \end{matrix}$	60.4	100		96.4	18	41	78
○● LBR 50	75	75.4	112	112.4		20	46	94	
○ LBR 60	90	$\begin{matrix} 0 \\ -0.022 \end{matrix}$	90.5	127	$\begin{matrix} 0 \\ -0.4 \end{matrix}$	134.5	22	52.5	112
○● LBR 70	95		95.6	135		140.6	24	55.5	117
○● LBR 85	120	120.6	155	170.6		26	64.5	146	
○● LBR 100	140	$\begin{matrix} 0 \\ -0.025 \end{matrix}$	140.6	175		198.6	34	70.5	170

注) ○: 可对应高温规格的型号(带金属制保持器; 使用温度: 最高100°C)。

(例) LBR40 A CM+600L H
└───┬───┘ 高温标识

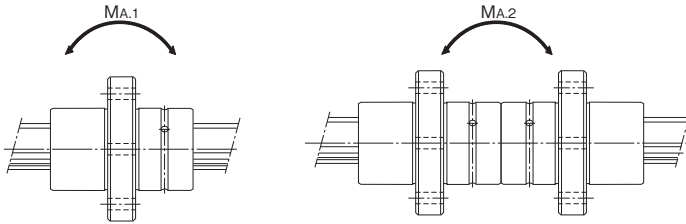
- : 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。
 使用带金属制保持器的滚珠花键型号不能安装密封毡圈。

公称型号的构成例

2 LBR30 UU CM +700L H K

公称型号 1根轴上 梯型花键的个数 (只有1个时无标识)	防尘 附件标记 (※1)	旋转方向 间隙标记 (※2)	精度标记 (※3) 标准空心 花键轴的标识(※4)
花键轴总长度 (单位:mm)			

(※1) 参照A3-90。(※2) 参照A3-25。(※3) 参照A3-28。(※4) 参照A3-49。



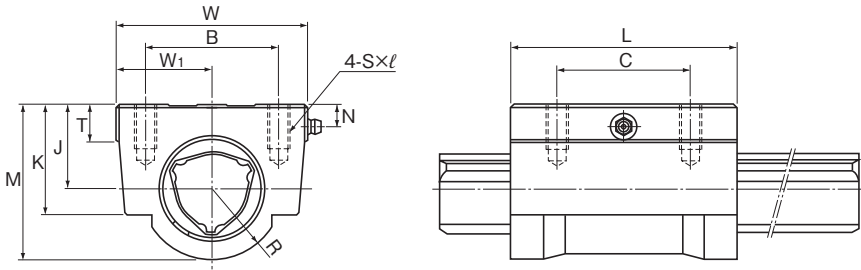
单位：mm

	安装孔			基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩		质量	
	d_1	F	润滑孔 d_o	C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	$M_{A.1}$ ^{注)} N·m	$M_{A.2}$ ^{注)} N·m	梯型花键 kg	花键轴 kg/m
	4.5	7.5	2	30.4	74.5	4.4	8.4	25.4	185	0.14	1
	5.5	12	2	90.2	213	9.4	20.1	103	632	0.33	1.8
	5.5	14	2	176	381	14.9	28.7	171	1060	0.54	2.7
	6.6	16	3	312	657	22.5	41.4	295	1740	0.9	3.8
	9	20.5	3	696	1420	37.1	66.9	586	3540	1.7	6.8
	11	23	4	1290	2500	55.1	94.1	941	5610	2.7	10.6
	11	26	4	1870	3830	66.2	121	1300	8280	3.7	15.6
	14	27	4	3000	6090	90.8	164	2080	11800	6	21.3
	16	32	5	4740	9550	119	213	3180	17300	8.3	32
	18	35	5	6460	14400	137	271	4410	25400	14.2	45

注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯型花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯型花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照A3-87。



公称型号	梯型花键尺寸									
	高度	宽度	长度				J	W ₁		
	M	W	L	B	C	S × l	±0.15	±0.15	T	K
○ LBH 15	29	34	43	26	26	M4 × 10	15	17	6	20
○● LBH 20	38	48	62	35	35	M6 × 12	20	24	7	26
○● LBH 25	47.5	60	73	40	40	M8 × 16	25	30	8	33
○● LBH 30	57	70	83	50	50	M8 × 16	30	35	10	39
○● LBH 40	70	86	102	60	60	M10 × 20	38	43	15	50
○● LBH 50	88	100	115	75	75	M12 × 25	48	50	18	63

注○: 可对应高温规格的型号(带金属制保持器; 使用温度: 最高100°C)。

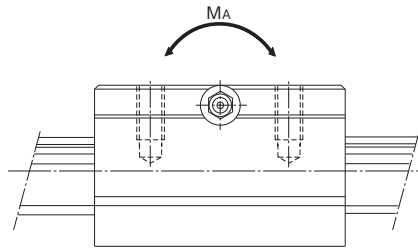
(例) LBH30 A CM + 600L H
└─── 高温标识

- : 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。
 使用带金属制保持器的滚珠花键型号不能安装密封毡圈。

公称型号的构成例



(※1) 参照A3-90。(※2) 参照A3-25。(※3) 参照A3-28。(※4) 参照A3-49。



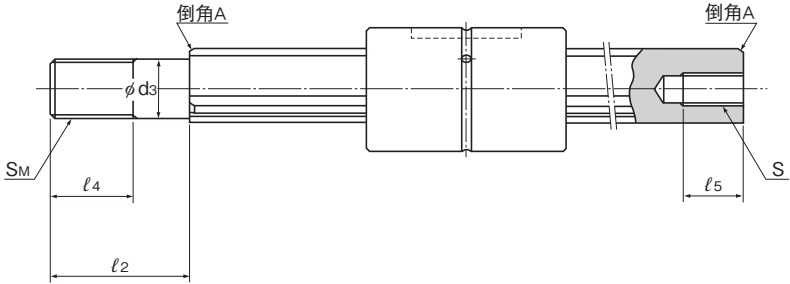
单位：mm

				基本额定扭矩		基本额定载荷(径向)		静态容许力矩 M_s ^{注)} N·m	质量	
R	N	油嘴	C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	梯形花键 kg		花键轴 kg/m	
14	5	φ4敲入喷嘴	30.4	74.5	4.4	8.4	25.4	0.23	1	
18	7	A-M6F	90.2	213	9.4	20.1	103	0.58	1.8	
22	6	A-M6F	176	381	14.9	28.7	171	1.1	2.7	
26	8	A-M6F	312	657	22.5	41.4	295	1.73	3.8	
32	10	A-M6F	696	1420	37.1	66.9	586	3.18	6.8	
40	13.5	A-PT1/8	1290	2500	55.1	94.1	941	5.1	10.6	

注)如上表所示, M_s 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照A3-87。

LBS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	$S \times l_5$
LBS 15	10	0 -0.015	23	M10×1.25	14	M6×10
LBS 20	14	0 -0.018	30	M14×1.5	18	M8×15
LBS 25	18		42	M18×1.5	25	M10×18
LBS 30	20	0 -0.021	46	M20×1.5	27	M12×20
LBS 40	30		70	M30×2	40	M18×30
LBS 50	36	0 -0.025	80	M36×3	46	M20×35

注)有关倒角A的详细情况, 请参照图A3-50。

花键轴

如**图3-35**所示,花键轴可分为精密实心花键轴,特殊花键轴和中空花键轴(K型)。

花键轴的形状可根据您的要求而制造,因此在估价或下订单时,请提供一份所需花键轴形状的图纸。

【花键轴的断面形状】

表2表示的是花键轴的断面形状。如果花键轴轴端需要加工为圆柱形,则请尽可能不要超过小径尺寸(ϕd)。

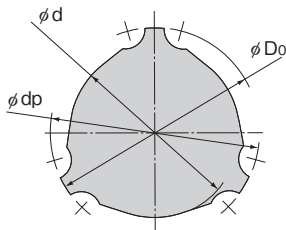


表2 花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
小径 ϕd	11.7	15.3	19.5	22.5	31	39	46.5	54.5	67	81	101	130
大径 ϕD_o	14.5	19.7	24.5	29.6	39.8	49.5	60	70	84	99	117	147
钢球中心直径 ϕdp	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
质量 (kg/m)	1	1.8	2.7	3.8	6.8	10.6	15.6	21.3	32	45	69.5	116.6

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【标准空心花键轴的孔形】

表3表示的是标准空心花键轴的孔形。当需要进行诸如配管、配线、排气或减轻重量等作业时,可使用本表。

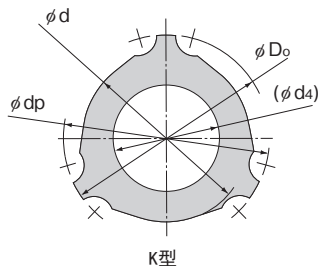


表3 标准空心花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
小径 ϕd	15.3	19.5	22.5	31	39	46.5	54.5	67	81	101	130
大径 ϕD_o	19.7	24.5	29.6	39.8	49.5	60	70	84	99	117	147
钢球中心直径 ϕdp	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
孔径 (ϕd_4)	6	8	12	18	24	30	35	45	56	60	80
质量 (kg/m)	1.6	2.3	2.9	4.9	7	10	13.7	19.5	25.7	47.3	77.1

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【花键轴轴端的倒角】

为了方便将花键轴套入梯形花键内, 除非另有规定, 一般将花键轴的轴端按照以下尺寸进行倒角加工。

● 倒角A

如图2所示, 如果花键轴的轴端已施行过阶梯加工、攻螺纹或钻孔加工, 则应根据表4中规定的倒角A尺寸进行加工。

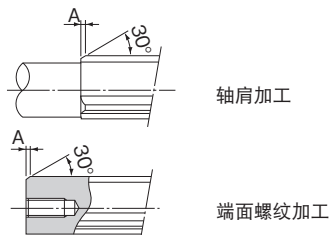


图2 倒角A

● 倒角B

如果花键轴的轴端没有被使用, 例如悬臂支撑, 则可根据表4中规定的倒角B尺寸进行加工。

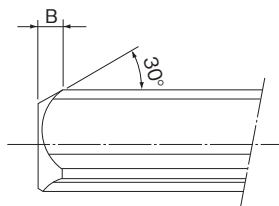


图3 倒角B

表4 花键轴轴端的倒角尺寸

单位: mm

公称轴径	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
倒角A	1	1	1.5	2.5	3	3.5	5	6.5	7	7	7.5	8
倒角B	3.5	4.5	5.5	7	8.5	10	13	15	16	17	17	18

注) 公称轴径为6、8和10的花键轴应倒角至0.5。

【特殊花键轴不完全花键部的长度】

如果花键轴的轴端或者中间部分比小径尺寸(ϕd)大,则需要保留不完全花键部分,以确保有凹槽可供研磨。表5表示其长度(S)与法兰直径(ϕdf)之间的关系。

(但是不适用于全长为1500mm以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。)

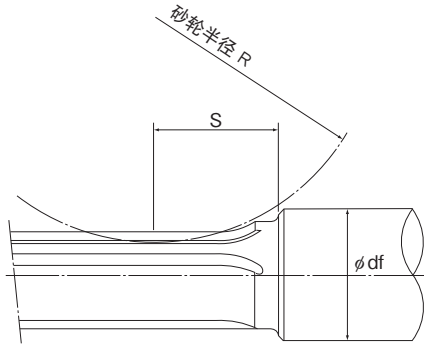


表5 不完全花键部分的长度：S

单位：mm

法兰直径 ϕdf	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
公称轴径	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
15	32	42	49	55	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	35	43	51	57	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	51	64	74	82	97	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	54	67	76	92	105	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	59	80	95	119	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	63	83	110	131	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	66	100	123	140	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—	89	115	134	150	—	—	—
85	—	—	—	—	—	—	—	—	61	98	122	140	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78	108	130	147	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81	111	133	150	—
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64	101	125	144

*但是,该表不适用于总长度为1500mm或以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。

附件

滚珠花键LBS/LBST型均配备如表6所示的标准键。

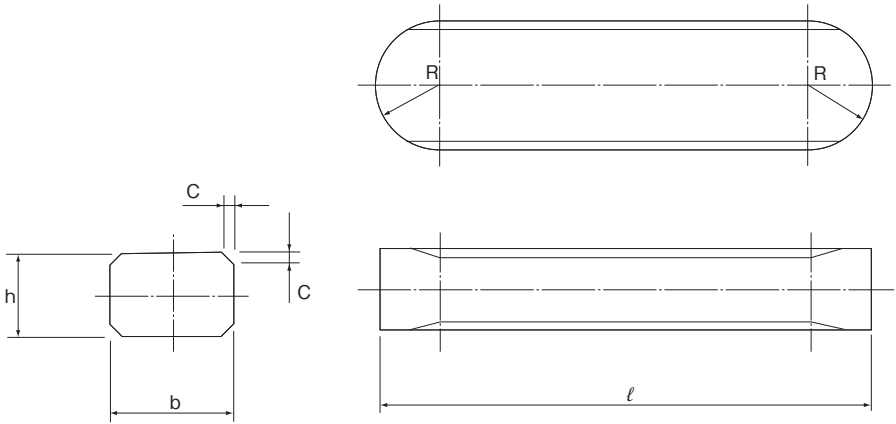


表6 LBS/LBST型用标准键

单位：mm

公称轴径	宽度b		高度h		长度 l		R	C	
		公差(p7)		公差(h9)		公差(h12)			
LBS 6	2	+0.016	1.3	0	10	0 -0.150	1	0.3	
LBS 8	2.5	+0.006	2	-0.025	12.5	0	1.25		
LBS 10	3		2.5		17	-0.180	1.5		
LBS 15	3.5		3.5		20	0	1.75	0.5	
LBS 20	4	+0.024 +0.012	4	0 -0.030	26	-0.210	2		
LBST 20									
LBS 25	5		5		33	0	2.5		
LBST 25							-0.250		3.5
LBS 30	7	+0.030 +0.015	7		41				
LBST 30									
LBS 40	10		8	0 -0.036	55		5	0.8	
LBST 40									
LBS 50	15		10		60	0 -0.300			
LBST 50									
LBS 60	18	+0.036 +0.018	12		68		9	1.2	
LBST 60									
LBS 70									
LBST 70									
LBS 85	20		13	0 -0.043	80	0 -0.350	14		
LBST 85									
LBS 100	28	+0.043 +0.022	18		93		14		
LBST 100									
LBS 120	28		18		123	0 -0.400	14		
LBST 120									
LBS 150	32	+0.051 +0.026	20	0 -0.052	157		16	2	

中扭矩型滚珠花键

LT、LF型

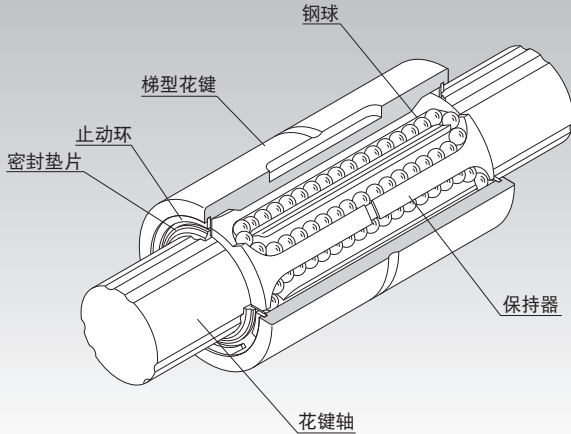


图1 中扭矩型滚珠花键LT型的结构

选择的要点	▲3-6
设计的要点	▲3-88
配件	▲3-90
公称型号	▲3-92
使用注意事项	▲3-93
润滑相关产品	▲24-1
安装步骤与维护	■B3-28

花键轴的横断面特性	▲3-15
等效系数	▲3-23
旋转方向间隙	▲3-25
精度规格	▲3-28
按精度分类的最大制造长度	▲3-87

结构与特长

中扭矩型滚珠花键是在花键轴外圈上设有2~3条突出部,并配有2列(总共4~6列)负荷钢球列分别从左右方将其夹住,可很容易施加预压。

各钢球列通过装在梯型花键内的特殊合成树脂保持器,持续进行整列循环运动,所以,即使将花键轴从梯型花键中抽出,钢球也不会脱落。

【大负荷容量】

因钢球滚动面被加工成与钢球曲率半径大致相等的圆弧沟槽形状,并为且为角接触构造,所以在径向和扭矩方向都具有很大的负荷容量。

【旋转方向间隙为“零”】

通过采用接触角都为 20° 的相对的2条钢球列,将花键轴突出部夹住,并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,并施加恰当的预压,所以能获得很高的扭矩刚性和力矩刚性。

【钢球保持型】

由于使用球保持器,即使将花键轴从梯型花键里抽出,钢球也不会脱落。

(LT4, 5型除外)

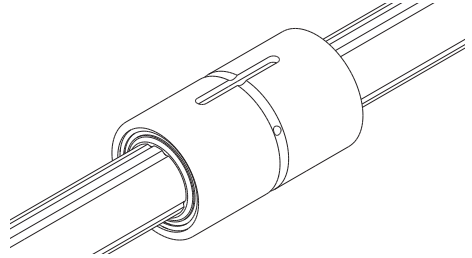
种类与特长

【梯型花键的种类】

圆筒形滚珠花键 LT型

尺寸表⇒[A3-58](#)

梯型花键外径是直筒形，作传递扭矩时，将键敲入后使用，是最小型化的类型。

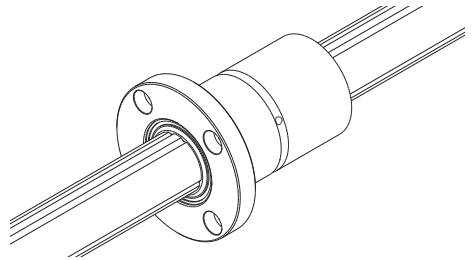


法兰型滚珠花键 LF型

尺寸表⇒[A3-60](#)

LF型利用法兰通过螺栓固定在支承座上，故装配简单。

最适合用在支承座上加工键槽有变形危险，或者支承座的宽度比较狭小的地方。



【花键轴的种类】

精密实芯花键轴(标准型)

花键轴的滚动沟槽经精密研磨达到高精度，然后与梯型花键配合使用。



特殊花键轴

花键轴端或中间部分的直径比较大时，THK将按照需求用切削加工制作花键部分。



空心花键轴(K型)

需要配管、配线、排气或减轻重量的地方,可用中空花键轴。



厚

空心花键轴(N型)

需要配管、配线、排气或减轻重量的地方,可用中空花键轴。



薄

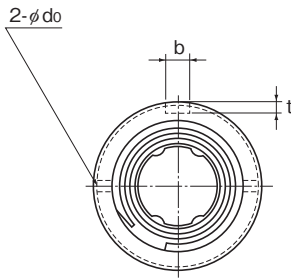
支承座内径公差

花键外筒和支承座的配合通常采用过渡配合。如果滚珠花键的精度不需要很高,也可以采用间隙配合。

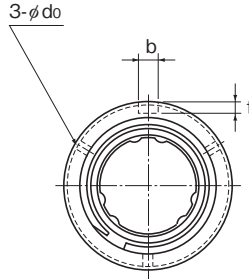
表1 支承座内径公差

支承座内径公差	普通使用条件	H7
	需要减小间隙时	J6

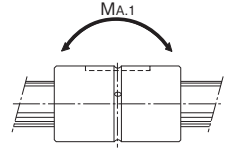
LT型



LT13型及更小型



LT16型及更大型



公称型号	梯形花键尺寸								
	外径		长度		b H8	键槽尺寸		r	润滑孔 d _o
	D	公差	L	公差		t +0.1 0	ℓ ₀		
注) LT 4	10	⁰ -0.009	16	0 -0.2	2	1.2	6	0.5	—
注) LT 5	12	0 -0.011	20		2.5	1.2	8	0.5	—
LT 6	14		25		2.5	1.2	10.5	0.5	1
LT 8	16	0 -0.013	25		2.5	1.2	10.5	0.5	1.5
LT 10	21		33		3	1.5	13	0.5	1.5
LT 13	24		36	3	1.5	15	0.5	1.5	
○ LT 16	31	0 -0.016	50	0 -0.3	3.5	2	17.5	0.5	2
○ LT 20	35		63		4	2.5	29	0.5	2
○ LT 25	42		71		4	2.5	36	0.5	3
○ LT 30	47		80		4	2.5	42	0.5	3
○ LT 40	64		100		6	3.5	52	0.5	4
○ LT 50	80	-0.019	125	0 -0.4	8	4	58	1	4
○ LT 60	90	0	140		12	5	67	1	5
○ LT 80	120	-0.022	160		16	6	76	2	5
○ LT 100	150	⁰ -0.025	185		20	7	110	2.5	5

注)LT4、5型不使用保持器，请勿将轴从花键外筒中拔出。(会导致钢球脱落。)

○：可对应高温规格的型号(带金属制保持器；使用温度：最高100℃)。

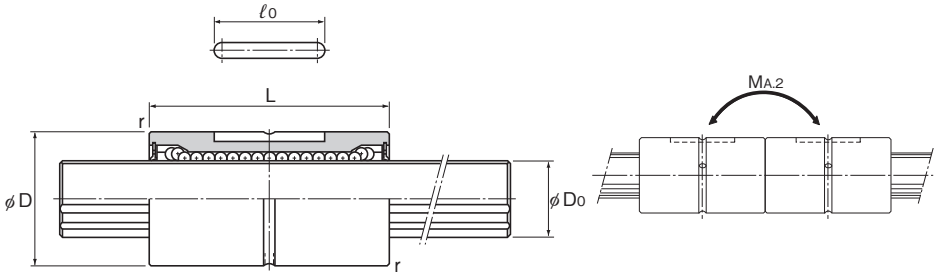
(例) LT20 A CL +500L H
└───┬───┘ 高温标识

公称型号的构成例

2 LT30 UU CL +500L H K

公称型号 1根轴上 梯形花键的个数 (只有1个时无标识)	防尘 附件标记 (※1)	旋转方向 间隙标记 (※2)	精度标记 (※3)	标准空心 花键轴的标识(※4)
			花键轴总长度 (单位mm)	

(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。(※4)参照A3-63。



单位：mm

	花键轴径 D_0 h7	钢球列	基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩		质量	
			C_T N·m	C_{0T} N·m	C kN	C_0 kN	M_{A1} (注) N·m	M_{A2} (注) N·m	梯形花键 g	花键轴 kg/m
	4	4	0.59	0.78	0.44	0.61	0.88	6.4	5.2	0.1
	5	4	0.88	1.37	0.66	0.88	1.5	11.6	9.1	0.15
	6	4	0.98	1.96	1.18	2.16	4.9	36.3	17	0.23
	8	4	1.96	2.94	1.47	2.55	5.9	44.1	18	0.4
	10	4	3.92	7.84	2.84	4.9	15.7	98	50	0.62
	13	4	5.88	10.8	3.53	5.78	19.6	138	55	1.1
	16	6	31.4	34.3	7.06	12.6	67.6	393	165	1.6
	20	6	56.9	55.9	10.2	17.8	118	700	225	2.5
	25	6	105	103	15.2	25.8	210	1140	335	3.9
	30	6	171	148	20.5	34	290	1710	375	5.6
	40	6	419	377	37.8	60.5	687	3760	1000	9.9
	50	6	842	769	60.9	94.5	1340	7350	1950	15.5
	60	6	1220	1040	73.5	111.7	1600	9990	2500	22.3
	80	6	2310	1920	104.9	154.8	2510	16000	4680	39.6
	100	6	3730	3010	136.2	195	3400	24000	9550	61.8

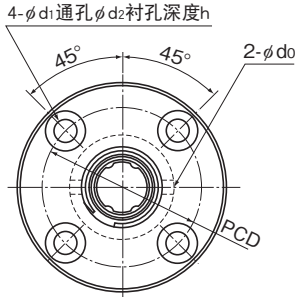
注)如上表所示, M_{A1} 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。

如上表所示, M_{A2} 为2个梯形花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。

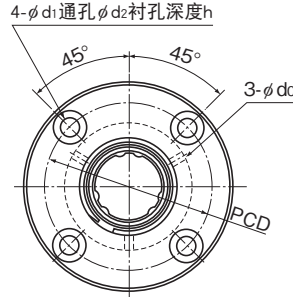
(若使用1个LT型,精度上也不够稳定,因此建议2个紧靠使用。)

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照A3-87。

LF型



LF13型及更小型



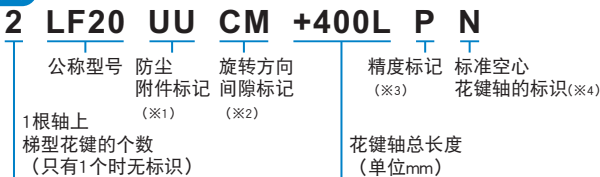
LF16型及更大型

公称型号	梯型花键尺寸													
	外径		长度		法兰直径		H	F	C	r	润滑孔		安装孔	
	D	公差	L	公差	D ₁	公差					d ₀	PCD	d ₁ ×d ₂ ×h	
LF 6	14	0	25	0	30	-0.2	5	7.5	0.5	0.5	1.5	22	3.4×6.5×3.3	
LF 8	16	-0.011	25		32		5	7.5	0.5	0.5	1.5	24	3.4×6.5×3.3	
LF 10	21	0 -0.013	33		42		6	10.5	0.5	0.5	1.5	32	4.5×8×4.4	
LF 13	24		36	44	7	11	0.5	0.5	1.5	33	4.5×8×4.4			
○ LF 16	31	0 -0.016	50	0	51	-0.2	7	18	0.5	0.5	2	40	4.5×8×4.4	
○ LF 20	35		63		58		9	22.5	0.5	0.5	2	45	5.5×9.5×5.4	
○ LF 25	42		71		65		9	26.5	0.5	0.5	3	52	5.5×9.5×5.4	
○ LF 30	47	0 -0.019	80	0	75	-0.3	10	30	0.5	0.5	3	60	6.6×11×6.5	
○ LF 40	64		100		100		14	36	1	0.5	4	82	9×14×8.6	
○ LF 50	80		125		124		16	46.5	1	1	4	102	11×17.5×11	

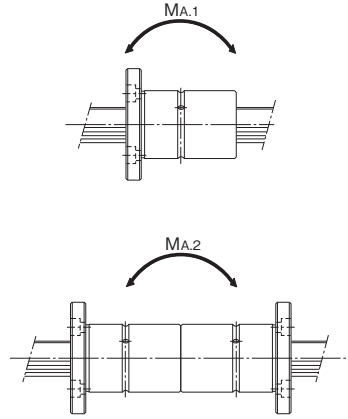
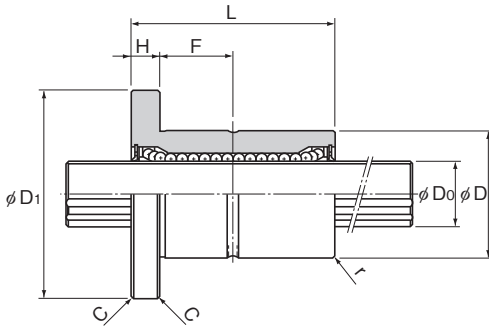
注)○: 可对应高温规格的类型(带金属制保持器; 使用温度: 最高100℃)。

(例) LF30 A CL+700L H
└──────────┘ 高温标识

公称型号的构成例



(※1)参照图A3-90。(※2)参照图A3-25。(※3)参照图A3-28。(※4)参照图A3-63。

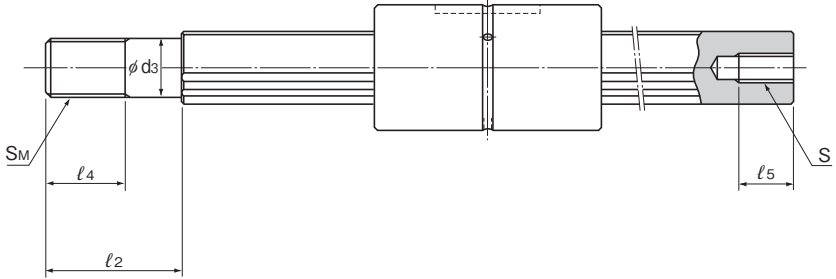


单位：mm

花键轴径	钢球列	基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩		质量	
		C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	$M_{A.1}$ ^{注)} N·m	$M_{A.2}$ ^{注)} N·m	梯形花键 g	花键轴 kg/m
D_0 h7									
6	4	0.98	1.96	1.18	2.16	4.9	36.3	35	0.23
8	4	1.96	2.94	1.47	2.55	5.9	44.1	37	0.4
10	4	3.92	7.84	2.84	4.9	15.7	98	90	0.62
13	4	5.88	10.8	3.53	5.78	19.6	138	110	1.1
16	6	31.4	34.3	7.06	12.6	67.6	393	230	1.6
20	6	56.9	55.9	10.2	17.8	118	700	330	2.5
25	6	105	103	15.2	25.8	210	1140	455	3.9
30	6	171	148	20.5	34	290	1710	565	5.6
40	6	419	377	37.8	60.5	687	3760	1460	9.9
50	6	842	769	60.9	94.5	1340	7350	2760	15.5

注)如上表所示, $M_{A.1}$ 为使用1个梯形花键时的轴向容许力矩值。
 如上表所示, $M_{A.2}$ 为2个梯形花键紧靠使用时的轴向容许力矩值。
 (若使用1个LF型, 精度上也不够稳定, 因此建议2个紧靠使用。)
 有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照 **A3-87**。

LT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	$S \times l_5$
LT 6	5	0	12	M5×0.8	7	M2.5×4
LT 8	6	-0.012	14	M6×1	8	M3×5
LT 10	8	0	18	M8×1	11	M4×6
LT 13	10	-0.015	23	M10×1.25	14	M5×8
LT 16	14	0	30	M14×1.5	18	M6×10
LT 20	16	-0.018	38	M16×1.5	22	M8×15
LT 25	22	0	50	M22×1.5	28	M10×18
LT 30	27	-0.021	60	M27×2	34	M14×25
LT 40	36	0	80	M36×3	45	M18×30
LT 50	45	-0.025	100	M45×4.5	58	M22×40

花键轴

如**图3-56**所示,花键轴可分为精密实心花键轴,特殊花键轴和中空花键轴(K型和N型)。花键轴的形状可根据您的要求而制造,因此在估价或下订单时,请提供一份所需花键轴形状的图纸。

【花键轴的断面形状】

表2表示的是花键轴的断面形状。如果花键轴轴端需要加工为圆柱形,则请尽可能不要超过小径尺寸(ϕd)。

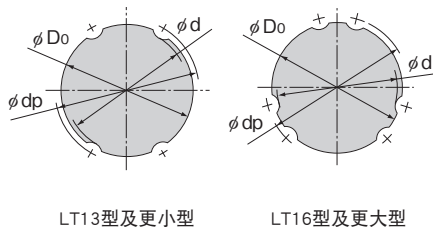


表2 花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100
小径 ϕd	3.5	4.5	5	7	8.5	11.5	14.5	18.5	23	28	37.5	46.5	56.5	75.5	95
大径 ϕD_o h7	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100
钢球中心直径 ϕdp	4.6	5.7	7	9.3	11.5	14.8	17.8	22.1	27.6	33.2	44.2	55.2	66.3	87.9	109.5
质量(kg/m)	0.1	0.15	0.23	0.4	0.62	1.1	1.6	2.5	3.9	5.6	9.9	15.5	22.3	39.6	61.8

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【标准空心花键轴的孔形】

表3表示的是LT、LF型的标准空心花键轴(K型和N型)的孔形。

当需要进行诸如配管、配线、排气或减轻重量等作业时,可使用本表。

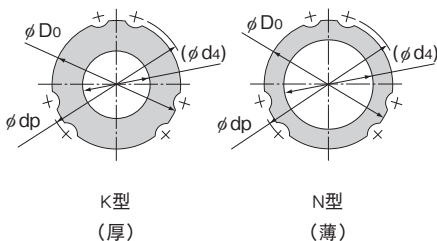


表3 标准空心花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100	
大径 ϕD_o	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100	
钢球中心直径 ϕdp	7	9.3	11.5	14.8	17.8	22.1	27.6	33.2	44.2	55.2	66.3	87.9	109.5	
K型	孔径(ϕd_4)	2.5	3	4	5	7	10	12	16	22	25	32	52.5	67.5
	质量(kg/m)	0.2	0.35	0.52	0.95	1.3	1.8	3	4	6.9	11.6	16	22.6	33.7
N型	孔径(ϕd_4)	—	—	—	—	11	14	18	21	29	36	—	—	—
	质量(kg/m)	—	—	—	—	0.8	1.3	1.9	2.8	4.7	7.4	—	—	—

注) 标准空心滚珠花键轴可区分成K型和N型。订购时,请在型号后面标明“K”或“N”以示区别。

【特殊花键轴不完全花键部的长度】

如果花键轴的轴端或者中间部分比小径尺寸(ϕd)大,则需要保留不完全花键部分,以确保有凹槽可供研磨。表4表示其长度(S)与法兰直径(ϕdf)之间的关系。

(但是不适用于全长为1500mm以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。)

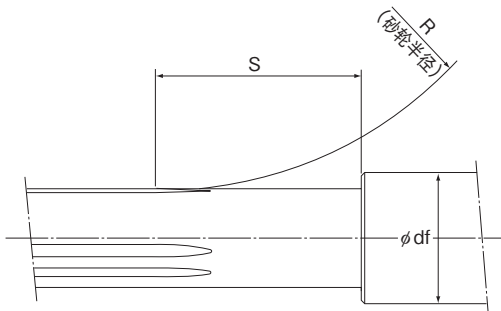


表4 不完全花键部分的长度：(S)微型

单位：mm

法兰直径 ϕdf	4	5	6	8	10
公称轴径					
4	23	25	27	31	—
5	—	24	26	29	33

标准型

单位：mm

法兰直径 ϕdf	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	140	160
公称轴径																
6	24	28	31	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	25	29	35	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	26	31	38	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	33	39	46	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	36	47	58	67	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	37	50	60	76	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	38	51	72	88	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	40	62	80	95	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	42	63	81	107	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	65	96	118	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	87	114	134	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53	89	115	135	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57	90	116	136

*但是,该表不适用于总长度为1500mm或以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。

附件

滚珠花键LT型配备表5所示的标准键。

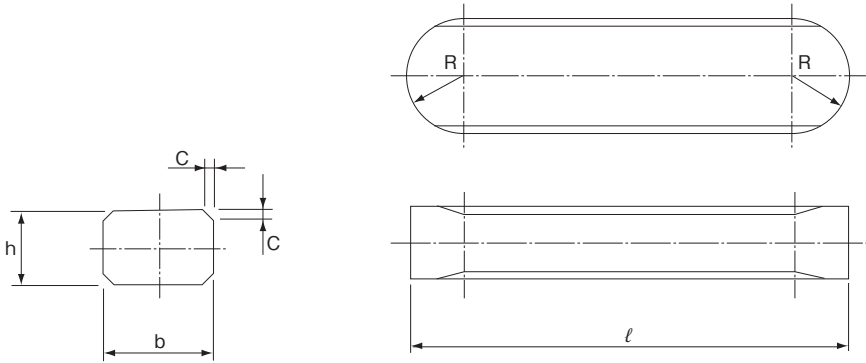


表5 LT型用标准键

单位：mm

公称轴径	宽度b		高度h		长度ℓ		R	C
		公差(p7)		公差(h9)		公差(h12)		
LT 4	2	+0.016 +0.006	2	0 -0.025	6	0 -0.120	1	0.3
LT 5	2.5		2.5		8	0 -0.150	1.25	
LT 6 LT 8	2.5		2.5		10.5	0 -0.180	1.25	
LT 10	3		3		13		1.5	
LT 13	3		3		15		1.5	
LT 16	3.5	+0.024 +0.012	3.5	0 -0.030	17.5	1.75	0.5	
LT 20	4		4		29	0 -0.210		2
LT 25	4		4		36	0		2
LT 30	4		4		42	-0.250		2
LT 40	6		6		52	3		
LT 50	8	+0.030 +0.015	7	0 -0.036	58	0 -0.300	4	0.8
LT 60	12	+0.036	8		67	6		
LT 80	16	+0.018	10		76	8		
LT 100	20	+0.043 +0.022	13	0 -0.043	110	0 -0.350	10	

外筒旋转式滚珠花键

带齿轮型 LBG型 LBG T型

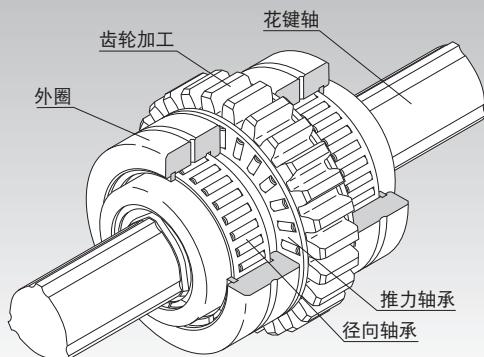


图1 旋转式滚珠花键LBG型的结构

选择的要点	A3-6
设计的要点	A3-88
配件	A3-90
公称型号	A3-92
使用注意事项	A3-93
润滑相关产品	A24-1
安装步骤与维护	B3-28

花键轴的横断面特性	A3-15
等效系数	A3-23
旋转方向间隙	A3-25
精度规格	A3-28
按精度分类的最大制造长度	A3-87

结构与特长

旋转式滚珠花键是在花键轴外圈上设有3条突出部,并配有2列(总共6列)负荷钢球列分别从左右方将其夹住,可很容易施加预压。

这些型号是基于LBR型的单元类型,而在LBR型的法兰外圈上进行了齿轮加工,并将径向和推力轴承紧凑地排列在梯型花键上。

各钢球列通过特殊合成树脂保持器,持续进行整列循环运动,所以,即使将花键轴从梯型花键中抽出,钢球也不会脱落。

【旋转方向间隙为“零”】

在花键轴外圈上按 120° 均等排列了3条滚动面突起部,并且配有2列(总共6列)负荷钢球列分别以 45° 接触角从左右方将其夹住,来施加预压。从而使旋转方向的无效行程可为零,并能提高刚性。

【小型的设计】

径向以及推力轴承在梯型花键部紧凑地结合在一起,可实现小型化设计。

【高刚性】

由于接触角大,并施加恰当的预压,所以能获得很高的扭矩刚性和力矩刚性。

另外,使用支承单元中的滚针轴承可以实现对径向载荷具有高刚性的梯型花键支撑。

【最适合于梯型花键驱动的扭矩传递】

由于支撑轴承允许高刚性梯型花键支撑,这些型号最适合于梯型花键驱动的扭矩传递。

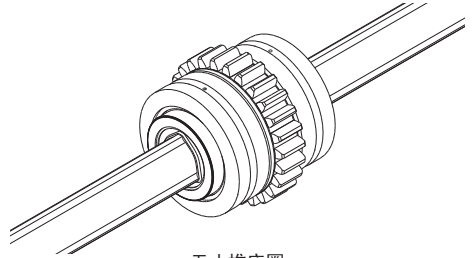
种类与特长

【梯型花键的种类】

带齿轮滚珠花键 LBG型

尺寸表⇒[A3-70](#)

这些型号是基于LBR型的单元类型,而在LBR型的法兰外圈上进行了齿轮加工,并将径向和推力滚针轴承紧凑地排列在梯型花键上。最适合于梯型花键驱动的扭矩传递机构。

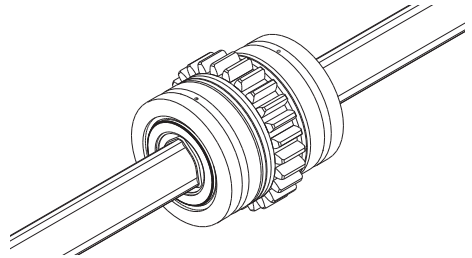


无止推座圈

带齿轮滚珠花键 LBGT型

尺寸表⇒[A3-72](#)

这些型号是基于LBR型的单元类型,而在LBR型的法兰外圈上进行了齿轮加工,并将径向和推力滚针轴承紧凑地排列在梯型花键上。最适合于梯型花键驱动的扭矩传递机构。



带止推座圈

【花键轴的种类】

详细情况请参照[A3-35](#)。

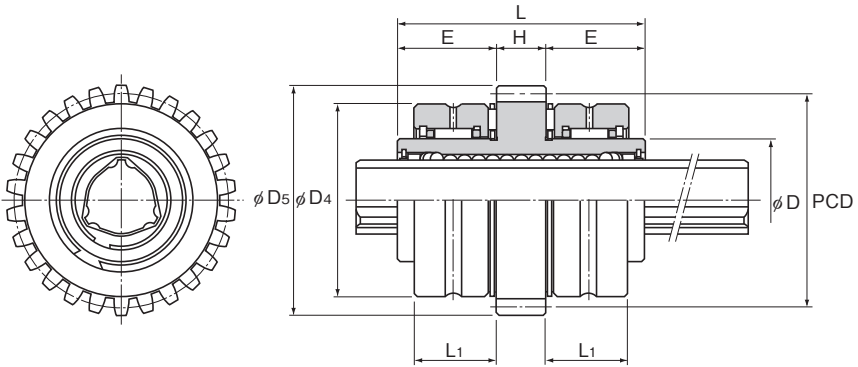
支承座内径公差

表1表示LBG、LBGT型的支承座内径公差。

表1 支承座内径公差

支承座内径公差	通常使用条件	H7
	需要小间隙时	J6

LBG型



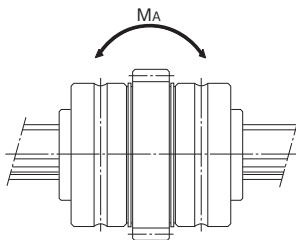
公称型号	梯型花键尺寸											
	梯型花键外径		长度		外径		宽度		H	E		
	D	公差	L	公差	D ₄	公差	L ₁	公差				
● LBG 20	30	$\begin{matrix} 0 \\ -0.009 \end{matrix}$	60	0 -0.2	47	$\begin{matrix} 0 \\ -0.011 \end{matrix}$	20	$\begin{matrix} 0 \\ -0.16 \end{matrix}$	12	24		
● LBG 25	40	0	70		60	0	23	0	14	28		
● LBG 30	45	-0.011	80		65	-0.013	27	-0.19	16	32		
● LBG 40	60	0	100	0 -0.3	85	0 -0.015	31	0 -0.25	18	41		
● LBG 50	75	-0.013	112		100		0		32	0	20	46
LBG 60	90	0	127		120		-0.015		38	-0.25	22	52.5
● LBG 85	120	-0.015	155	150	$\begin{matrix} 0 \\ -0.025 \end{matrix}$	40			26	64.5		

注) ●: 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。

公称型号的构成例



(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。(※4)参照A3-74。



单位：mm

	齿轮规格※				基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩	质量	
	齿面圆直径 D_o	标准节圆直径 PCD	模数 m	齿数 z	G_T N·m	G_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	$M_A^{(注)}$ N·m	梯型花键 单元 kg	花键轴 kg/m
	56	52	2	26	90.2	213	9.4	20.1	103	0.61	1.8
	70	65	2.5	26	176	381	14.9	28.7	171	1.4	2.7
	75	70	2.5	28	312	657	22.5	41.4	295	2.1	3.8
	96	90	3	30	696	1420	37.1	66.9	586	3	6.8
	111	105	3	35	1290	2500	55.1	94.1	941	4.1	10.6
	133	126	3.5	36	1870	3830	66.2	121	1300	6.3	15.6
	168	160	4	40	4740	9550	119	213	3180	11.8	32

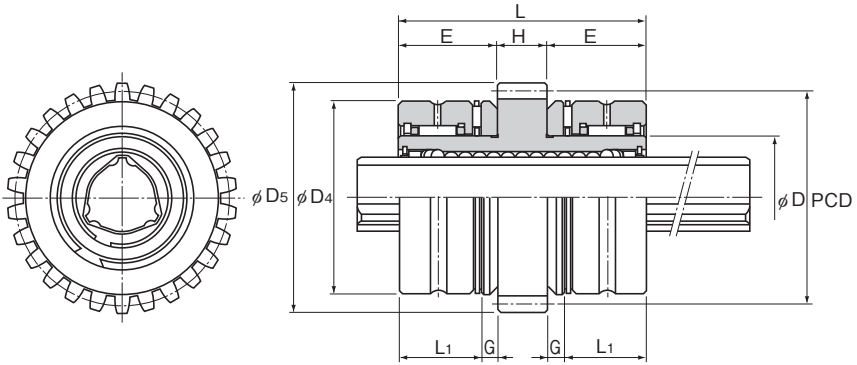
注) ※表中的齿轮规格为最大组件的尺寸。

还可以根据您的要求, 生产斜齿轮和蜗轮等特殊规格的齿轮。

如上表所示, M_A 为使用1个梯型花键时的轴向容许力矩值。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照A3-87。

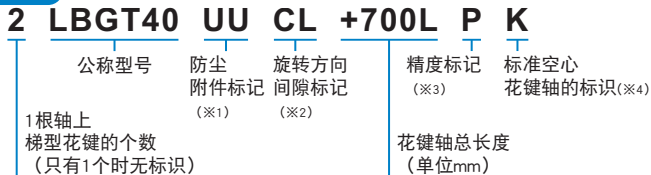
LBGT型



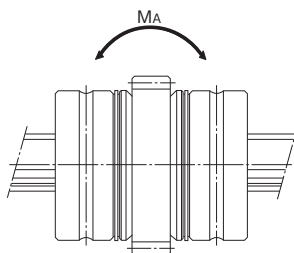
公称型号	梯型花键尺寸										
	梯型花键外径		长度		外径		宽度		止推 座圈宽度		
	D	公差	L	公差	D ₄	公差	L ₁	公差	G	H	E
● LBGT 20	30	⁰ _{-0.009}	60	0 -0.2	47	⁰ _{-0.011}	20	⁰ _{-0.16}	4	12	24
● LBGT 25	40	⁰ _{-0.011}	70		60	⁰ _{-0.013}	23	⁰ _{-0.19}	5	14	28
● LBGT 30	45	⁰ _{-0.013}	80		65	⁰ _{-0.015}	27	⁰ _{-0.25}	5	16	32
● LBGT 40	60	⁰ _{-0.015}	100	0 -0.3	85	⁰ _{-0.025}	31	0 -0.25	8	18	41
● LBGT 50	75	⁰ _{-0.015}	112		100	⁰ _{-0.025}	32		10	20	46
LBGT 60	90	⁰ _{-0.015}	127		120	⁰ _{-0.025}	38		12	22	52.5
● LBGT 85	120	⁰ _{-0.015}	155		150	⁰ _{-0.025}	40		16	26	64.5

注) ●: 可使用密封毡圈的型号(参照A3-90)。

公称型号的构成例



(※1)参照A3-90。(※2)参照A3-25。(※3)参照A3-28。(※4)参照A3-74。



单位：mm

	齿轮规格※				基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩	质量	
	齿面圆直径 D_s	标准节圆直径 PCD	模数 m	齿数 z	C_T N·m	C_{OT} N·m	C kN	C_0 kN	M_s (注) N·m	梯型花键 单元 kg	花键轴 kg/m
	56	52	2	26	90.2	213	9.4	20.1	103	0.67	1.8
	70	65	2.5	26	176	381	14.9	28.7	171	1.5	2.7
	75	70	2.5	28	312	657	22.5	41.4	295	2.2	3.8
	96	90	3	30	696	1420	37.1	66.9	586	3.3	6.8
	111	105	3	35	1290	2500	55.1	94.1	941	4.8	10.6
	133	126	3.5	36	1870	3830	66.2	121	1300	7.2	15.6
	168	160	4	40	4740	9550	119	213	3180	13.4	32

注)※表中的齿轮规格为最大组件的尺寸。

还可以根据您的要求,生产斜齿轮和蜗轮等特殊规格的齿轮。

如上表所示, M_s 为使用1个梯型花键时的轴向容许力矩值。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况,请参照**A3-87**。

花键轴

如**图3-35**所示,花键轴可分为精密实心花键轴,特殊花键轴和空心花键轴(K型)。

花键轴的形状可根据您的要求而制造,因此在估价或下订单时,请提供一份所需花键轴形状的图纸。

【花键轴的断面形状】

表2表示的是花键轴的断面形状。如果花键轴轴端需要加工为圆柱形,则请尽可能不要超过小径尺寸(ϕd)。

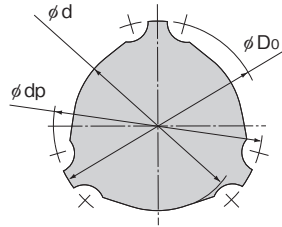


表2 花键轴的断面形状

单位: mm

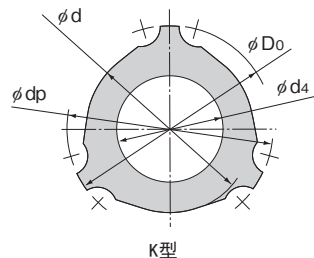
公称轴径	20	25	30	40	50	60	85
小径 ϕd	15.3	19.5	22.5	31	39	46.5	67
大径 ϕD_0	19.7	24.5	29.6	39.8	49.5	60	84
钢球中心直径 ϕdp	20	25	30	40	50	60	85
质量 (kg/m)	1.8	2.7	3.8	6.8	10.6	15.6	32

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【标准空心花键轴的孔形】

表3表示的是LBG和LBGT型的标准空心花键轴(K型)的孔形。

当需要进行诸如配管、配线、排气或减轻重量等作业时,可使用本表。



K型

表3 标准空心花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	20	25	30	40	50	60	85
小径 ϕd	15.3	19.5	22.5	31	39	46.5	67
大径 ϕD_0	19.7	24.5	29.6	39.8	49.5	60	84
钢球中心直径 ϕdp	20	25	30	40	50	60	85
孔径 ϕd_1	6	8	12	18	24	30	45
质量 (kg/m)	1.6	2.3	2.9	4.9	7	10	19.5

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【花键轴轴端的倒角】

详细情况请参照图A3-50。

【特殊花键轴不完全花键部的长度】

如果花键轴的轴端或者中间部分比小径尺寸(ϕd)大,则需要保留不完全花键部分,以确保有凹槽可供研磨。表4表示其长度(S)与法兰直径(ϕdf)之间的关系。

(但是不适用于全长为1500mm以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。)

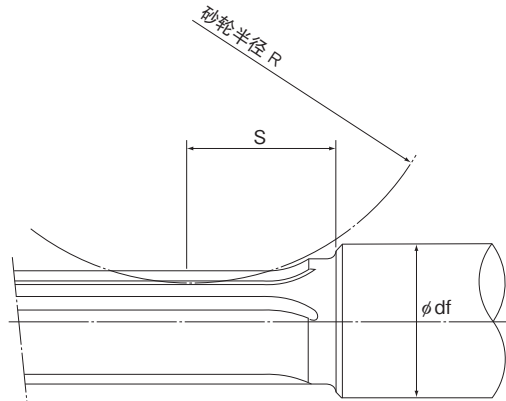


表4 不完全花键部分的长度：S

单位：mm

法兰直径 ϕdf	20	25	30	35	40	50	60	80	100	120	140
公称轴径	20	25	30	35	40	50	60	80	100	120	140
20	35	43	51	57	62	—	—	—	—	—	—
25	—	51	64	74	82	97	—	—	—	—	—
30	—	—	54	67	76	92	105	—	—	—	—
40	—	—	—	—	59	80	95	119	—	—	—
50	—	—	—	—	—	63	83	110	131	—	—
60	—	—	—	—	—	—	66	100	123	140	—
70	—	—	—	—	—	—	—	89	115	134	150
85	—	—	—	—	—	—	—	61	98	122	140

外筒旋转式滚珠花键

带支撑轴承型 LTR型 LTR-A型

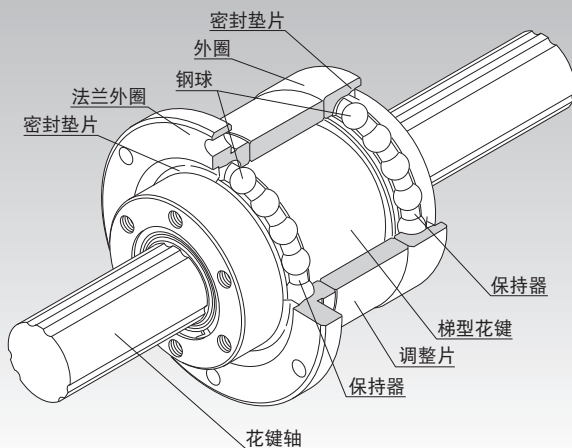


图1 旋转式滚珠花键LTR型的结构

选择的要点	A3-6
设计的要点	A3-88
配件	A3-90
公称型号	A3-92
使用注意事项	A3-93
润滑相关产品	A24-1
安装步骤与维护	B3-28

花键轴的横断面特性	A3-15
等效系数	A3-23
旋转方向间隙	A3-25
精度规格	A3-28
按精度分类的最大制造长度	A3-87

结构与特长

旋转式滚珠花键LTR型是在花键轴外圈上设有3条突起部,并配有2列(总共6列)负荷钢球列分别从左右方将其夹住,可很容易施加预压。

在梯型花键外径上设置了角接触型的钢球滚动面,构成支撑轴承,既小型又轻量。

各钢球列通过特殊合成树脂保持器,持续进行整列循环运动,所以,即使将花键轴从梯型花键中抽出,钢球也不会脱落。

同时,支撑轴承带有专用密封垫片,可防止异物的进入。

【旋转方向间隙为“零”】

通过采用接触角都为 20° 的相对的2条钢球列,将花键轴突出部夹住,并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。

【小型的设计】

因梯型花键与支撑轴承为一体结构,能实现既高精度又小型的设计。

【安装简便】

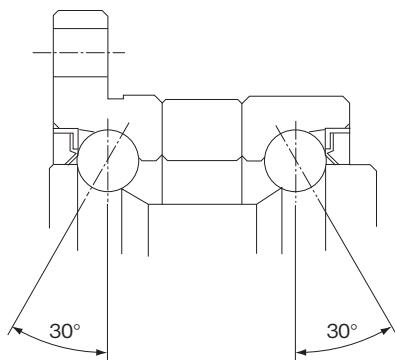
只要用螺栓将其固定在支承座上就可,安装非常简单。

【高刚性】

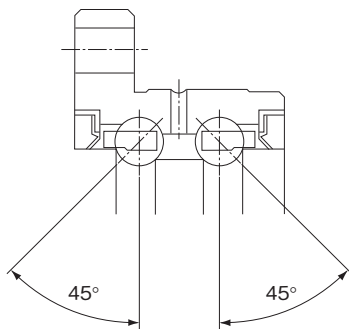
由于接触角大,并施加恰当的预压,所以能获得很高的扭矩刚性和力矩刚性。

支撑轴承采用了抗力矩负荷能力强的 30° 接触角,从而能获得高刚性的轴支撑。

同时,小型的LTR-A型采用了 45° 的接触角。



LTR型



LTR-A型

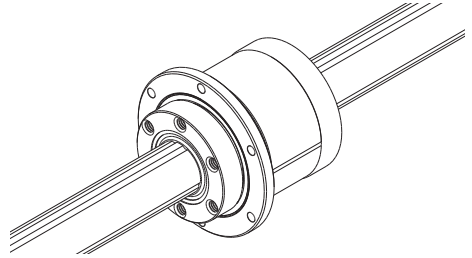
种类与特长

【梯型花键的种类】

滚珠花键 LTR型

尺寸表⇒[A3-82](#)

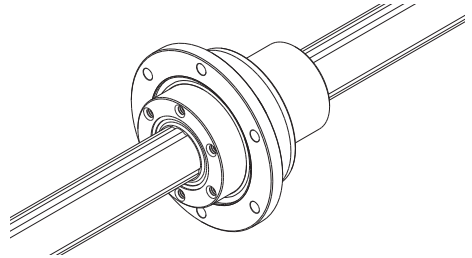
此为支撑轴承与梯型花键的外表面直接组合成一体的小型单元型。



滚珠花键 LTR-A型

尺寸表⇒[A3-80](#)

此为LTR的小型化类型。



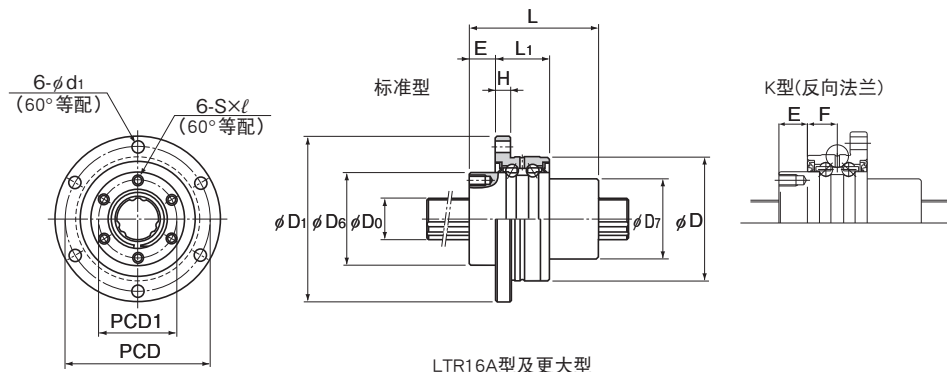
【花键轴的种类】

详细情况请参照[A3-56](#)。

支承座内径公差

LTR型的支承座内径公差建议采用H7级。

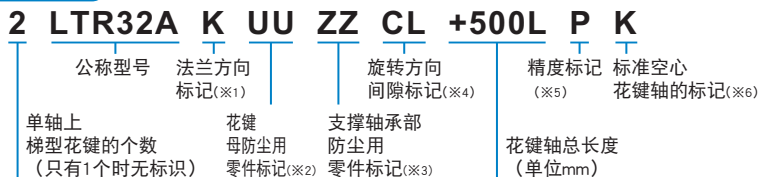
小型LTR-A型



LTR16A型及更大型

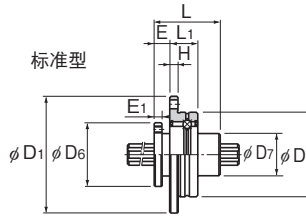
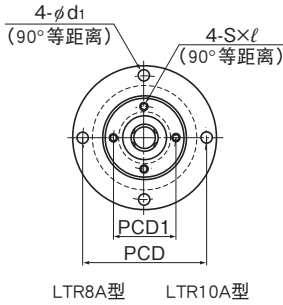
公称型号	梯形花键尺寸															
	外径		长度 L	法兰直径 D ₁	D ₀ h7	D ₇	H	L ₁	标准 型 E	K 型 E	油孔 位置 F	E ₁	PCD	PCD1	S × l	
	D	公差														
LTR 8A	32	-0.009 -0.025	25	44	24	16	3	10.5	6	8.5	4	3	38	19	M2.6 × 3	
LTR 10A	36		33	48	28	21	3	10.5	9	11.5	4	—	42	23	M3 × 4	
LTR 16A	48	-0.010 -0.029	50	64	36	31	6	21	10	10	10.5	—	56	30	M4 × 6	
LTR 20A	56		63	72	43.5	35	6	21	12	12	10.5	—	64	36	M5 × 8	
LTR 25A	66		71	86	52	42	7	25	13	13	12.5	—	75	44	M5 × 8	
LTR 32A	78		80	103	63	52	8	25	17	17	12.5	—	89	54	M6 × 10	
LTR 40A	100		-0.012	100	130	79.5	64	10	33	20	20	16.5	—	113	68	M6 × 10
			-0.034													

公称型号的构成例



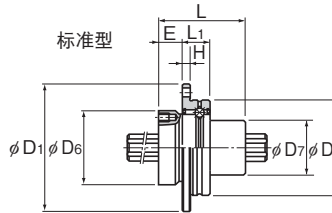
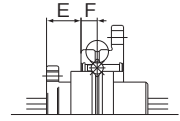
(※2)参照A3-90。(※3)参照A3-90。(※4)参照A3-25。(※5)参照A3-28。(※6)参照A3-84。

(※1)无标识：标准 K：法兰反向



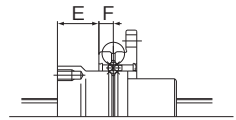
LTR8A型

K型(反向法兰)



LTR10A型

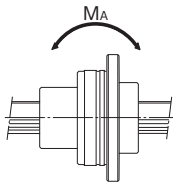
K型(反向法兰)



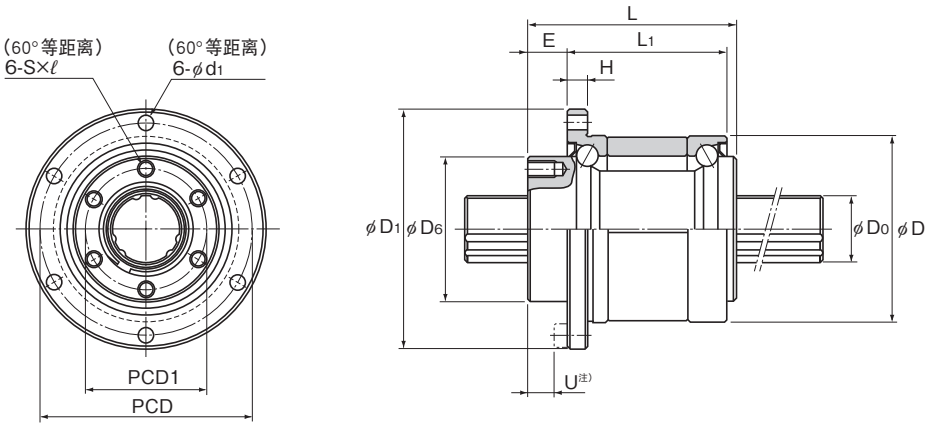
单位: mm

花键轴径	D ₀ h7	钢球列	基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩 M _s ^{注)} N·m	支撑轴承基本额定载荷		质量	
			C _T N·m	C _{0T} N·m	C KN	C ₀ KN		C kN	C ₀ kN	梯型花键 kg	花键轴 kg/m
d ₁											
3.4	8	4	1.96	2.94	1.47	2.55	5.9	0.69	0.24	0.08	0.4
3.4	10	4	3.92	7.84	2.84	4.9	15.7	0.77	0.3	0.13	0.62
4.5	16	6	31.3	34.3	7.06	12.6	67.6	6.7	6.4	0.35	1.6
4.5	20	6	56.8	55.8	10.2	17.8	118	7.4	7.8	0.51	2.5
5.5	25	6	105	103	15.2	25.8	210	9.7	10.6	0.79	3.9
6.6	32	6	180	157	20.5	34	290	10.5	12.5	1.25	5.6
9	40	6	418	377	37.8	60.4	687	16.5	20.7	2.51	9.9

注) 如下表所示, M_s为使用梯型花键时单个的轴向容许力矩值。
有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照A3-87。

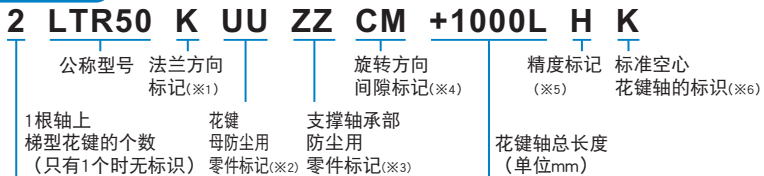


LTR型



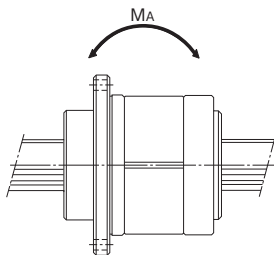
公称型号	梯型花键尺寸										
	外径		长度 L	法兰直径 D ₁	D ₆ h7	H	L ₁	E	PCD	PCD1	S × l
	D	公差									
LTR 16	52	0 -0.007	50	68	39.5	5	37	10	60	32	M5 × 8
LTR 20	56		63	72	43.5	6	48	12	64	36	M5 × 8
LTR 25	62		71	78	53	6	55	13	70	45	M6 × 8
LTR 32	80		80	105	65.5	9	60	17	91	55	M6 × 10
LTR 40	100	0 -0.008	100	130	79.5	11	74	23	113	68	M6 × 10
LTR 50	120		125	156	99.5	12	97	25	136	85	M10 × 15
LTR 60	134		140	170	115	12	112	25	150	100	M10 × 15

公称型号的构成例



(※2)参照A3-90。(※3)参照A3-90。(※4)参照A3-25。(※5)参照A3-28。(※6)参照A3-84。

(※1)无标识:标准 K:法兰反向



单位：mm

	d ₁	U ^{注)}	花键轴径		基本额定扭矩		基本额定载荷		静态容许力矩	支撑轴承基本额定载荷		质量	
			D ₀ h7	钢球列	C _T N·m	C _{0T} N·m	C KN	C ₀ KN	M _k ^{注)} N·m	C kN	C ₀ kN	梯型花键 kg	花键轴 kg/m
	4.5	5	16	6	31.4	34.3	7.06	12.6	67.6	12.7	11.8	0.51	1.6
	4.5	7	20	6	56.9	55.9	10.2	17.8	118	16.3	15.5	0.7	2.5
	4.5	8	25	6	105	103	15.2	25.8	210	17.6	18	0.93	3.9
	6.6	10	32	6	180	157	20.5	34	290	20.1	24	1.8	5.6
	9	13	40	6	419	377	37.8	60.5	687	37.2	42.5	3.9	9.9
	11	13	50	6	842	769	60.9	94.5	1340	41.7	54.1	6.7	15.5
	11	13	60	6	1220	1040	73.5	111.7	1600	53.1	68.4	8.8	22.3

注)如上表所示, M_k为使用1个梯型花键时的轴向容许力矩值。

尺寸U表示内六角螺栓头部至梯型花键末端的尺寸。

有关滚珠花键轴按精度分类的最大长度的详细情况, 请参照A3-87。

花键轴

如**图3-56**所示,花键轴可分为精密实心花键轴,特殊花键轴和空心花键轴(K型和N型)。花键轴的形状可根据您的要求而制造,因此在估价或下订单时,请提供一份所需花键轴形状的图纸。

【花键轴的断面形状】

表1表示的是花键轴的断面形状。如果花键轴轴端需要加工为圆柱形,则请尽可能不要超过小径尺寸(ϕd)。

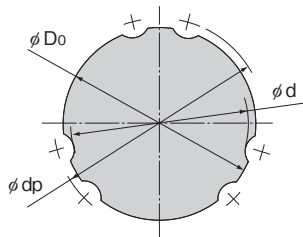


表1 花键轴的断面形状

单位: mm

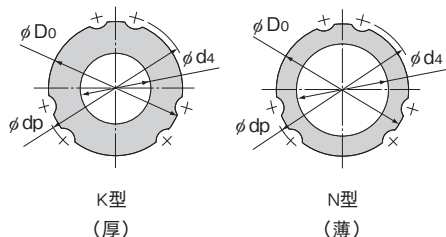
公称轴径	8	10	16	20	25	32	40	50	60
小径 ϕd	7	8.5	14.5	18.5	23	30	37.5	46.5	56.5
大径 ϕD_o h7	8	10	16	20	25	32	40	50	60
钢球中心直径 ϕdp	9.3	11.5	17.8	22.1	27.6	35.2	44.2	55.2	66.3
质量 (kg/m)	0.4	0.62	1.6	2.5	3.9	5.6	9.9	15.5	22.3

* 小径 ϕd 的尺寸为加工后未留下沟槽处的值。

【标准空心花键轴的孔形】

表2表示的是LTR型的标准空心花键轴(K型和N型)的孔形。

当需要进行诸如配管、配线、排气或减轻重量等作业时,可使用本表。



K型
(厚)

N型
(薄)

表2 标准空心花键轴的断面形状

单位: mm

公称轴径	8	10	16	20	25	32	40	50	60
大径 ϕD_o	8	10	16	20	25	32	40	50	60
钢球中心直径 ϕdp	9.3	11.5	17.8	22.1	27.6	35.2	44.2	55.2	66.3
K型	孔径 ϕd_4	3	4	7	10	12	18	25	32
	质量 (kg/m)	0.35	0.52	1.3	1.8	3	4.3	6.9	11.6
N型	孔径 ϕd_4	—	—	11	14	18	23	29	36
	质量 (kg/m)	—	—	0.8	1.3	1.9	3.1	4.7	7.4

注) 标准空心滚珠花键轴可区分成K型和N型。订购时,请在型号后面标明“K”“N”以示区别。

【花键轴轴端的倒角】

详细情况请参照图A3-50。

【特殊花键轴不完全花键部的长度】

如果花键轴的轴端或者中间部分比小径尺寸(ϕd)大,则需要保留不完全花键部分,以确保有凹槽可供研磨。表3表示其长度(S)与法兰直径(ϕdf)之间的关系。

(但是不适用于全长为1500mm以上的花键轴,详细情况请向THK咨询。)

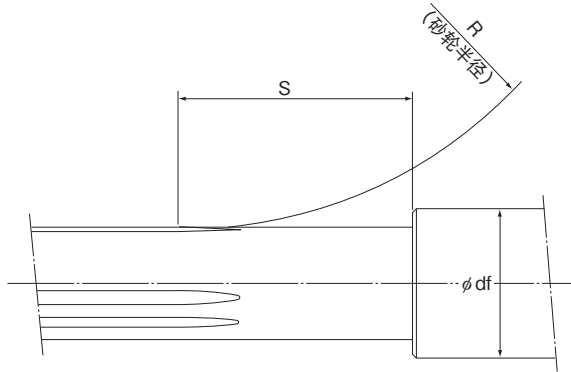


表3 不完全花键部分的长度：S

单位：mm

法兰直径 ϕdf	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	140	160
公称轴径																
8	—	25	29	35	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	26	31	38	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	36	47	58	67	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	37	50	60	76	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	38	51	72	88	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	40	75	88	109	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	42	63	81	107	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	65	96	118	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	87	114	134	—	—

外筒旋转式滚珠花键的容许转速

外筒旋转式滚珠花键LTR型的情况下,受到滚珠花键副的危险转度和支撑轴承部的容许转速两者中的较低一方的值的限制。使用时请不要超过容许转速。

表4 LTR型的容许转速

单位: min⁻¹

公称型号	容许转速		
	滚珠花键副	支撑轴承部	
	根据轴长计算	脂润滑	油润滑
LTR16	A3-14参照	4000	5400
LTR20		3600	4900
LTR25		3200	4300
LTR32		2400	3300
LTR40		2000	2700
LTR50		1600	2200
LTR60		1400	2000

表5 LTR-A型的容许转速

单位: min⁻¹

公称型号	容许转速		
	滚珠花键副	支撑轴承部	
	根据轴长计算	脂润滑	油润滑
LTR8A	A3-14参照	6900	9300
LTR10A		5900	7900
LTR16A		4000	5400
LTR20A		3600	4900
LTR25A		3200	4300
LTR32A		2400	3300
LTR40A		2000	2700

按精度分类的最大制造长度

表1和表2显示按精度分类的滚珠花键轴最大制造长度。

表1 LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LBG和LBGT型按精度分类的最大制造长度

单位：mm

公称轴径	精度		
	普通级(无标记)	高级(H)	精密级(P)
6	200	150	100
8	600	200	150
10	600	400	300
15	1800	600	600
20	1800	700	700
25	3000	1400	1400
30	3000	1400	1400
40	3000	1400	1400
50	3000	1400	1400
60	3800	2500	2000
70	3800	2500	2000
85	3800	3000	3000
100	4000	3000	3000
120	3000	3000	3000
150	3000	3000	3000

表2 LT、LF、LTR和LTR-A型按精度分类的最大制造长度

单位：mm

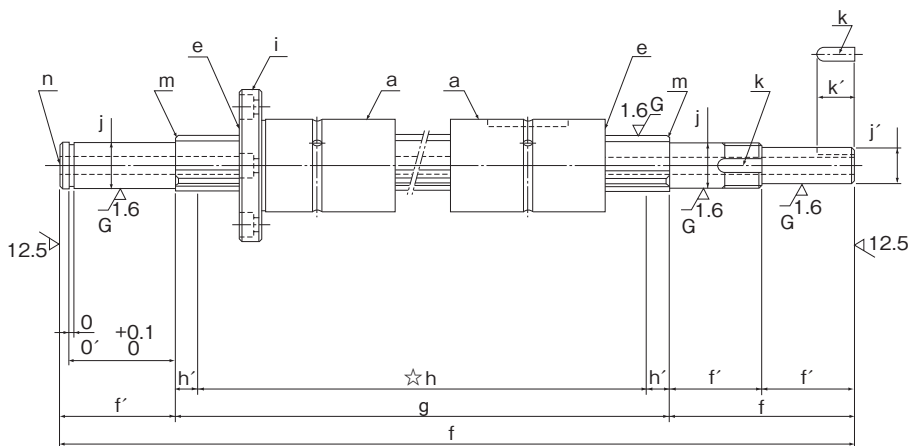
公称轴径	精度		
	普通级(无标记)	高级(H)	精密级(P)
4	600	200	200
5	600	315	200
6	600	400	315
8	1000	500	400
10	1000	630	500
13	1000	800	630
16	2000	1000	1000
20	2000	1500	1000
25	3000	1500	1000
30	3000	1600	1250
40	3000	2000	1520
50	3000	2000	1500
60	4000	2000	2000
80	4000	2000	2000
100	4000	3000	3000

1. 表中的长度表示轴的全长。
2. 表中的数值适合于标准空心轴(K)型。
3. 对于标准空心轴(N)型,普通级和高级的最大对应长度都不得超过表中精密级的长度。

花键轴端形状的检查手册

对于花键轴端需要加工的产品,请在订货时确认以下的项目。

下图表示了滚珠花键的基本图面。



【检查项目】

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a. 要装入的梯型花键型号 b. 梯型花键的个数 c. 旋转方向间隙 d. 精度 e. 是否有密封垫片(一端有密封垫片时,密封垫片的朝向) f. 总长度(各部分尺寸是否齐全,合计尺寸是否正确) g. 花键部有效长度 h. 淬火范围(请在必要的地方标注☆,并指明淬火目的) | <ul style="list-style-type: none"> i. 法兰的方向(法兰型) j. 花键轴端形状(是否比花键部最小直径要大)(黑表皮、薄薄的残留在表面) k. 梯型花键与花键轴端形状的位置关系(梯型花键的键槽、法兰的安装孔) l. 各部分倒角的表示 m. 花键轴端的倒角形状(参照图3-50) n. 花键轴上有贯穿孔时,其用途的说明 o. o'. 止动环装配槽 p. 最大制造长度 q. 是否有其他先例 |
|--|--|

支承座内径公差

花键外筒和支承座的配合,通常采用过渡配合。如果滚珠花键的精度不需要很高,也可以采用间隙配合。

表1 支承座内径公差

支承座内径公差	普通使用条件	H7
	需要减小间隙时	J6

注)外筒旋转式滚珠花键LTR型的支承座内径公差建议采用H7级。

花键外筒的键槽与安装孔的位置

在滚珠花键的各种型号中,直筒形花键外筒外径上的键槽如图1所示的相对位置关系来加工负荷钢球列。

此外,法兰型的法兰安装孔位于图2所示的相对位置上。

请在订货时指定花键轴上要加工键槽等的相对位置关系。

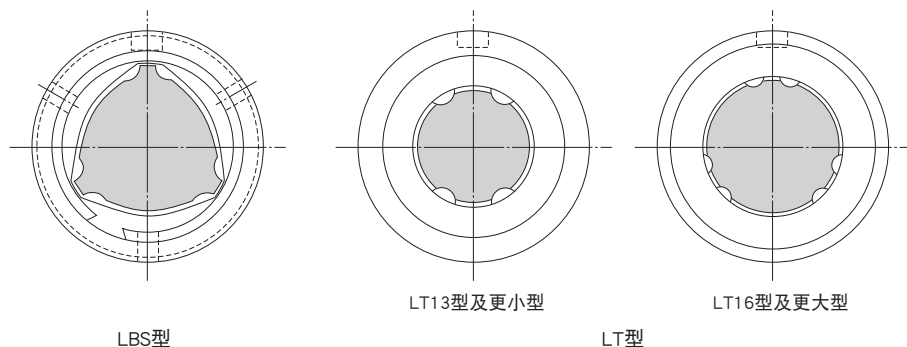


图1 键槽的位置

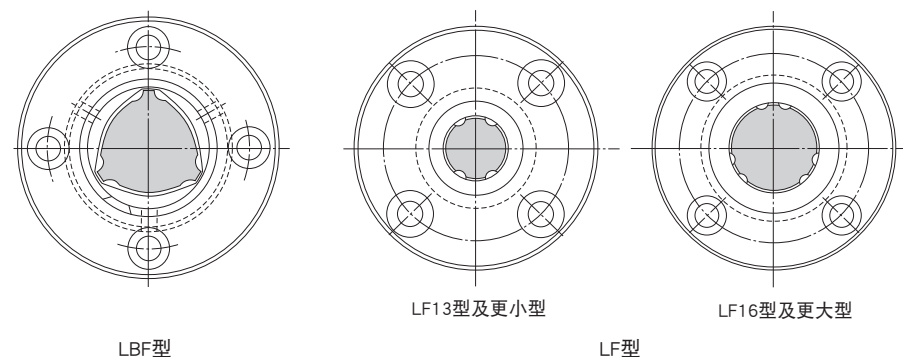


图2 法兰安装孔的位置

润滑

为防止异物进入到梯型花键内或润滑剂的泄漏, THK滚珠花键备有耐磨损性很强的特殊合成橡胶制密封垫片。

在带密封垫片的梯型花键(两端UU型密封、一端密封)内, 装有优质的锂皂基润滑脂2号。在高速运转或长行程使用时, 请在试运行后, 从梯型花键的润滑孔往里再次注入相同种类的润滑脂后再开动机械设备。

此后, 请根据使用情况, 在必要时补充相同的润滑脂。

另外, 润滑脂的补充时间根据使用条件的不同而异, 通常情况下使用时, 以运行距离达到100km(6个月~1年)为基准, 进行润滑脂的补充或交换。

不带密封垫片的情况下, 请在梯型花键内涂抹润滑脂, 或在花键轴的滚动沟槽内涂布润滑脂。

材料与表面处理

根据使用环境等情况, 有时会有必要对滚珠花键进行防锈处理或使用材料的变更。有关防锈处理和使用材料的变更, 请向THK咨询。

防尘

如果粉尘及其他异物进入滚珠花键, 将导致异常磨损, 并缩短使用寿命, 因而必须防止异物进入花键外筒内。所以, 预想可能会有粉尘及其他异物进入时, 就有必要选择满足使用环境条件的密封装置或防尘装置。

THK的滚珠花键备有耐磨损性很强的特殊合成橡胶制的密封垫片作为防尘配件。如果要求更高的防尘效果, 有些型号还备有密封毡圈。有关密封毡圈的详细情况, 请向THK咨询。

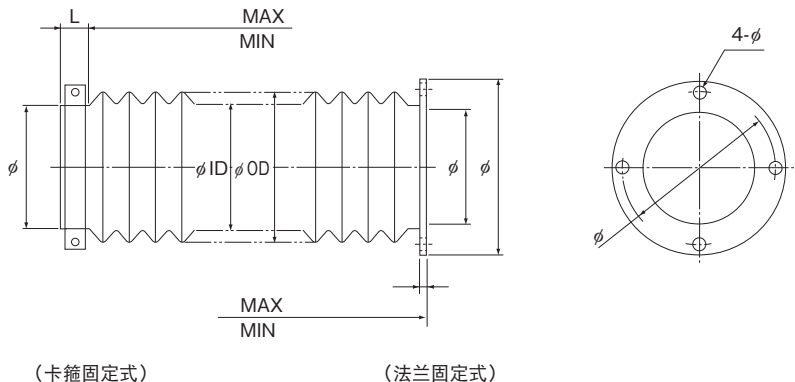
另外, THK还生产圆型伸缩防尘罩, 详细情况请向THK咨询。

表1 防尘配件标记

标记	防尘配件
无标记	无密封垫片
UU	梯型花键的两端带橡胶制密封垫片
U	梯型花键的一端带橡胶制密封垫片
DD	梯型花键的两端带橡胶制密封毡圈
D	梯型花键的一端带密封毡圈
ZZ	支撑轴承的两端带橡胶制密封垫片
Z	支撑轴承的一端带橡胶制密封垫片

伸缩防尘罩规格

可利用伸缩防尘罩作为防尘附件, 请使用本规格表。



伸缩防尘罩罩的规格

滚珠丝杠型号：

伸缩防尘罩尺寸

行程：()mm MAX:()mm MIN:()mm
容许外径：(φOD) 理想内径：(φID)

使用方法

安装方式：(水平/垂直/倾斜) 速度：()mm/sec. min.
运动：(往复运动/振动)

使用条件

耐油、耐水性：(必须/不必) 油的名称 ()
耐化学性：名称 () × () %
场所：(室内/室外)

备注：

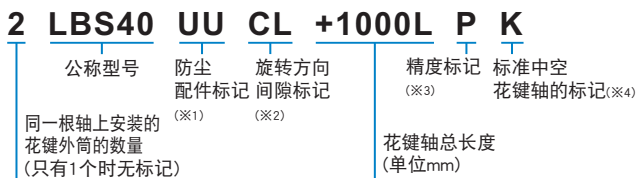
制造数量：

公称型号的构成例

公称型号的构成因各型号的特点而异,因此请参考对应的公称型号的构成例。

【滚珠花键】

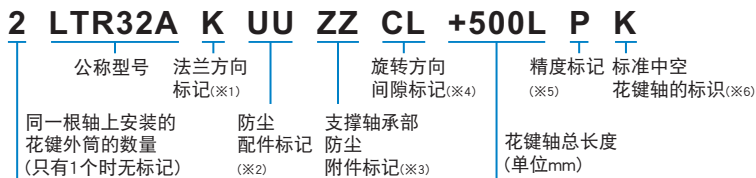
● LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LT和LF型。



(※1) 参照 **A3-90**。(※2) 参照 **A3-25**。(※3) 参照 **A3-28**。(※4) 参照 **A3-49**。

【外筒旋转式滚珠花键】

● LTR、LTR-A、LBG和LBGT型



(※2)参照 **A3-90**。(※3)参照 **A3-90**。(※4)参照 **A3-25**。(※5)参照 **A3-28**。(※6)参照 **A3-84**。

(※1) 无标识: 标准 K: 法兰反向

【使用】

- (1) 请不要拆分各部分。否则,可能导致异物进入或者功能损坏。
- (2) 花键外筒及花键轴倾斜后,可能因自重作用而落下,因此请加以注意。
- (3) 请不要让滚珠花键掉落或者敲击。否则,可能导致被划伤、破损。另外,受到了敲击后,即使外观上看不见破损,也可能导致功能损坏。
- (4) 请注意防止衣物、切屑等异物的进入。否则,可能导致钢球循环部件的破损、功能损坏。
- (5) 请避免在超过80°C的条件下使用。要超过80°C的环境下使用时,请向THK咨询。
- (6) 因冷却液的种类的不同,有时可能给产品的功能带来障碍。要在冷却液可能进入花键外筒内部的环境下使用时,请咨询THK。
- (7) 异物、铁屑等异物附着时,请在清洗后重新封入润滑剂。
- (8) 要在经常产生振动的场所、无尘室、真空、低温或高温等特殊环境下使用时,请向THK咨询。
- (9) 在法兰型花键外筒上追加加工定位销孔等情况时请向THK咨询。

【润滑】

- (1) 请仔细擦拭防锈油并封入润滑剂后再使用。
- (2) 请避免将性状不同的润滑剂混合在一起使用。
- (3) 在经常产生振动的场所、无尘室、真空、低温或高温等特殊环境下使用时,有可能无法使用通常的润滑剂,详细情况请向THK咨询。
- (4) 要使用特殊的润滑剂时,请事先咨询THK。
- (5) 采用油润滑时,有时由于使用姿势的原因,润滑油可能无法到达内部各处。详细情况请向THK咨询。
- (6) 润滑补充间隔因使用条件的不同而异,详细情况请向THK咨询。

【存放】

存放滚珠花键时,请将其按照THK的出场包装的状态下水平存放,并避免高温、低温和高度潮湿的环境。



滚珠花键

THK 综合产品目录

滚珠花键

THK 综合产品目录

B 辅助手册

特长与类型	B3-4
滚珠花键的特长	B3-4
• 结构与特长	B3-4
滚珠花键的类型	B3-6
选择的要点	B3-8
选择滚珠花键的操作程序图	B3-8
• 选择滚珠花键的步骤	B3-8
• 选择类型	B3-10
• 花键轴强度的探讨	B3-12
• 预测使用寿命	B3-17
• 使用寿命计算例	B3-22
安装步骤与维护	B3-28
滚珠花键的装配	B3-28
• 安装花键	B3-28
• 梯型花键的装入	B3-30
• 花键轴的装入	B3-30
润滑	B3-31
配件	B3-32
材料与表面处理	B3-32
防尘	B3-32
公称型号	B3-33
• 公称型号的构成例	B3-33
使用注意事项	B3-34

A 产品解说(别册)

滚珠花键的类型..... A3-4

选择的要点..... A3-6

选择滚珠花键的操作程序图..... A3-6

- 选择滚珠花键的步骤..... A3-6
- 选择类型..... A3-8
- 花键轴强度的探讨..... A3-10
- 预测使用寿命..... A3-17

选择预压..... A3-25

- 旋转方向间隙..... A3-25
- 预压与刚性..... A3-25
- 使用条件与预压的选择基准..... A3-26

确定精度..... A3-28

- 精度等级..... A3-28
- 精度规格..... A3-28

高扭矩型滚珠花键

LBS、LBST、LBF、LBR和LBH型..... A3-30

- 结构与特长..... A3-31
- 用途..... A3-32
- 种类与特长..... A3-33
- 支承座内径公差..... A3-35

尺寸图、尺寸表

微型滚珠花键..... A3-36

LBS型(中负荷型)..... A3-38

LBST型(重负荷型)..... A3-40

LBF型(中负荷型)..... A3-42

LBR型..... A3-44

LBH型..... A3-46

LBS型的推荐轴端形状..... A3-48

- 花键轴..... A3-49
- 附件..... A3-52

中扭矩型滚珠花键

LT、LF型..... A3-54

- 结构与特长..... A3-55
- 种类与特长..... A3-56
- 支承座内径公差..... A3-57

尺寸图、尺寸表

LT型..... A3-58

LF型..... A3-60

LT型的推荐轴端形状..... A3-62

- 花键轴..... A3-63
- 附件..... A3-65

外筒旋转式滚珠花键

带齿轮型 LBG型 LBGT型..... A3-66

• 结构与特长..... A3-67

• 种类与特长..... A3-68

• 支承座内径公差..... A3-69

尺寸图、尺寸表

LBG型..... A3-70

LBGT型..... A3-72

- 花键轴..... A3-74

外筒旋转式滚珠花键

带支撑轴承型 LTR型 LTR-A型..... A3-76

- 结构与特长..... A3-77
- 种类与特长..... A3-78
- 支承座内径公差..... A3-79

尺寸图、尺寸表

小型LTR-A型..... A3-80

LTR型..... A3-82

- 花键轴..... A3-84
- 外筒旋转式滚珠花键的容许转速..... A3-86

按精度分类的最大制造长度..... A3-87

设计的要点..... A3-88

花键轴端形状的检查手册..... A3-88

支承座内径公差..... A3-89

花键外筒的键槽与安装孔的位置..... A3-89

配件..... A3-90

润滑..... A3-90

材料与表面处理..... A3-90

防尘..... A3-90

- 伸缩防尘罩规格..... A3-91

公称型号..... A3-92

- 公称型号的构成例..... A3-92

使用注意事项..... A3-93

滚珠花键的特长

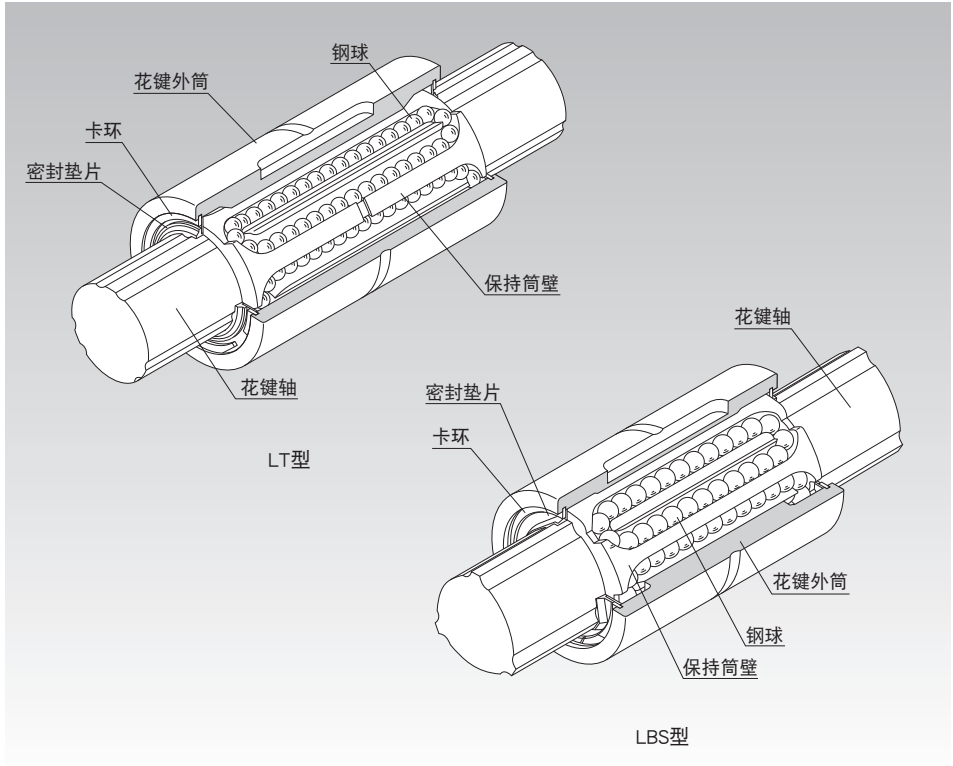


图1 滚珠花键LBS、LT型的结构

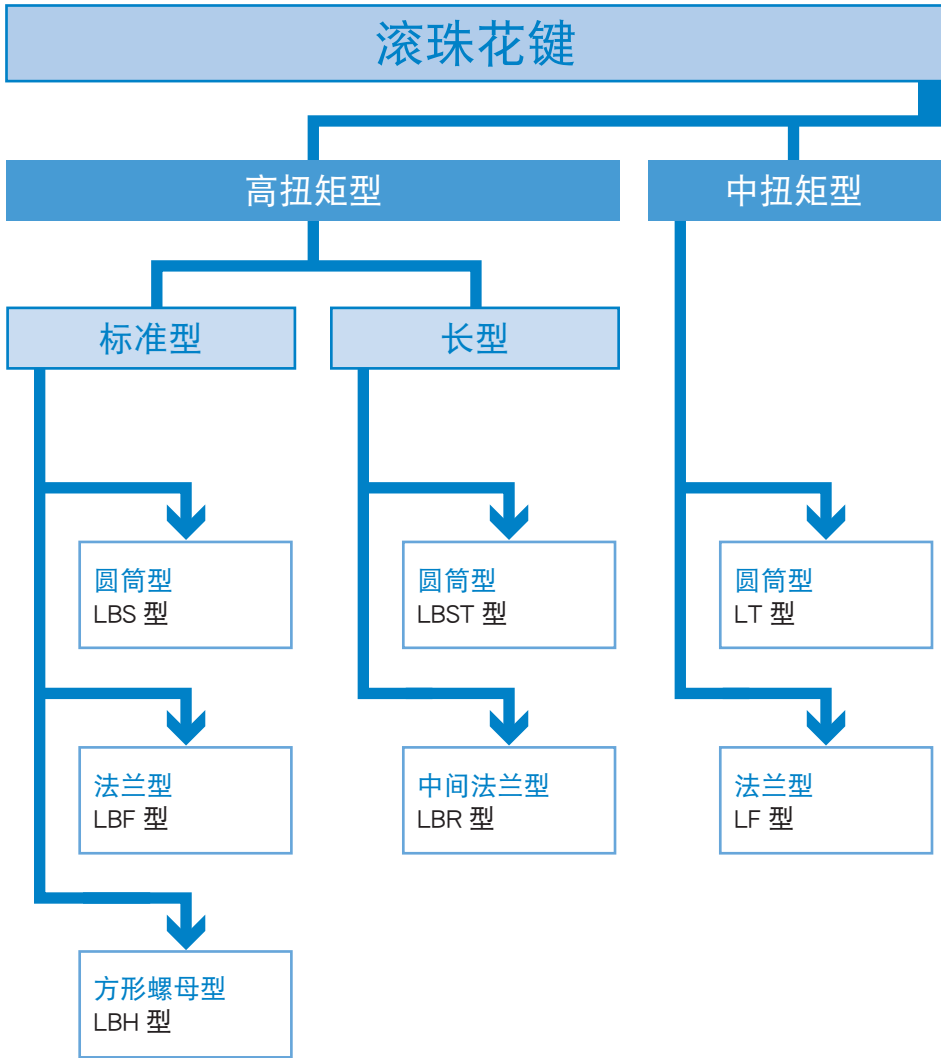
结构与特长

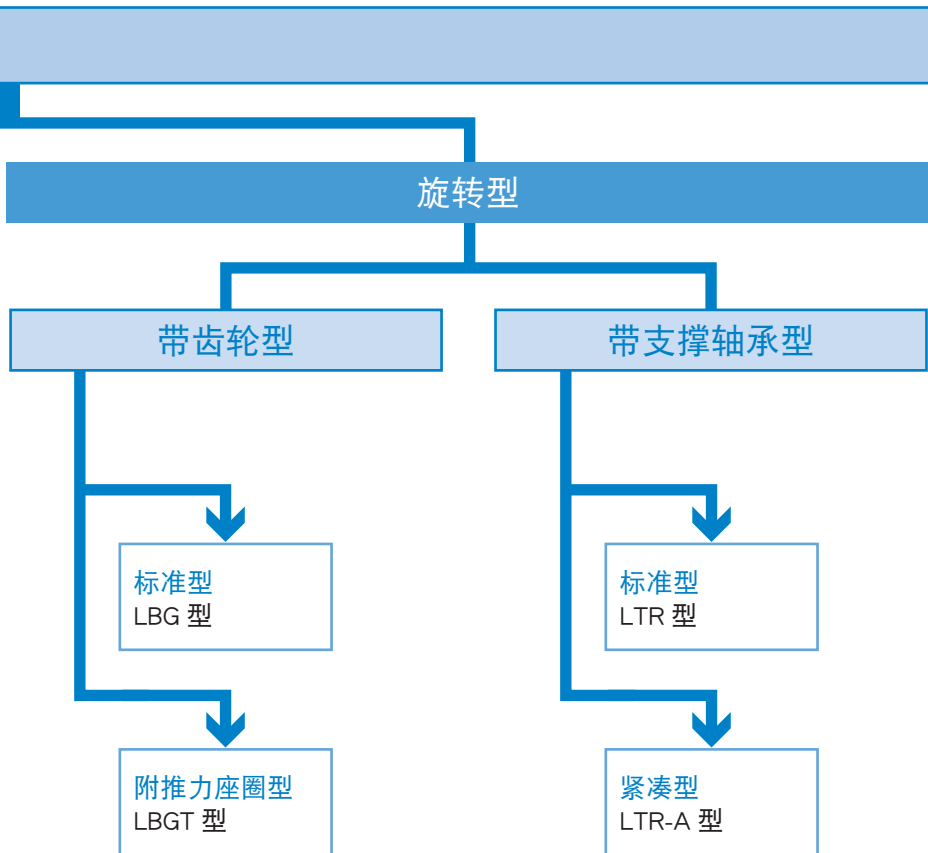
滚珠花键利用装在梯型花键内的钢球，在经精密研磨的花键轴滚动沟槽中，可一边作平滑的直线运动，一边传递力矩，是具有划时代意义的直线运动系统。

并且，与传统的构造不同，由于可以通过滚珠花键对单个梯型花键施加预压（预载荷），因此可在振动冲击负荷作用过大、定位精度要求高、以及需要高速运动性能的地方等，发挥其高性能。

另外，即使代替直线轴承使用时，因在轴径相同的情况下，滚珠花键所具有的额定载荷是直线轴承的十几倍，所以能设计得十分小巧。即使在悬臂负荷、力矩等作用的情况下，也可安全使用，而且寿命长。

滚珠花键的类型

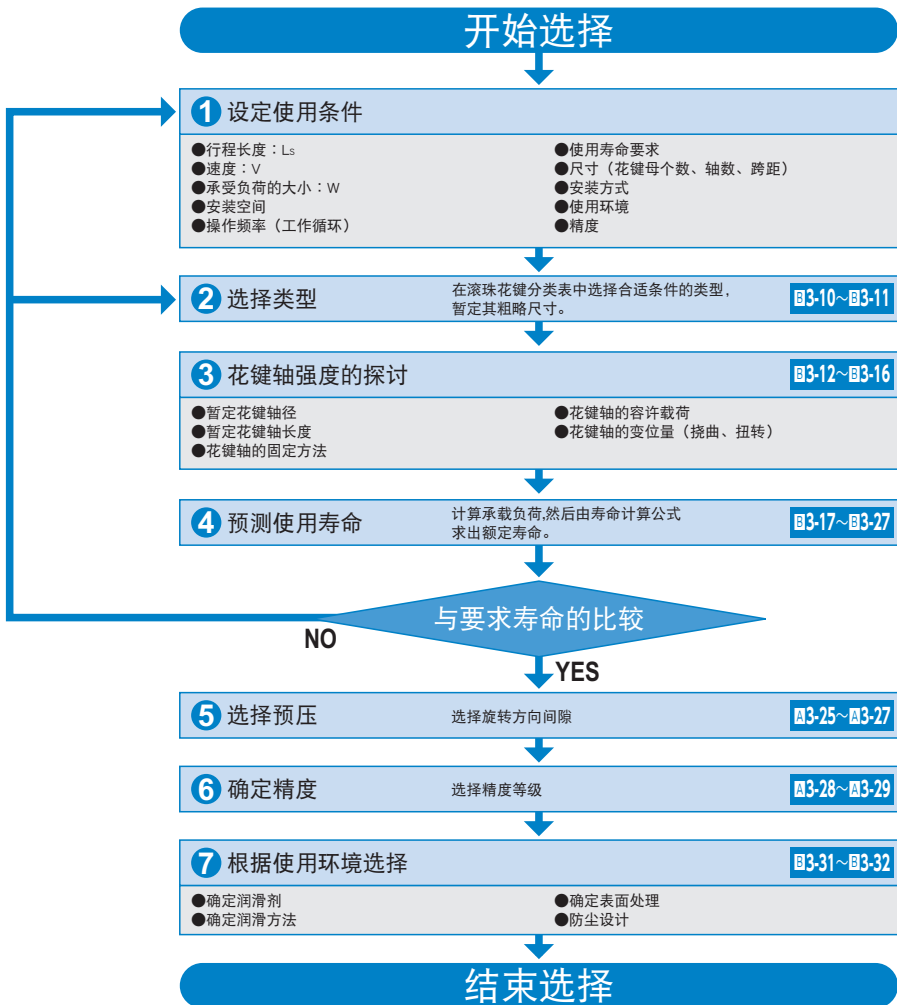




选择滚珠花键的操作程序图

选择滚珠花键的步骤

以下是选择滚珠花键的操作程序图,可作为选择时的基准。

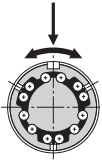
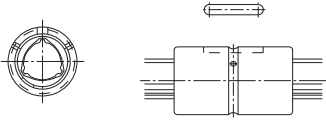
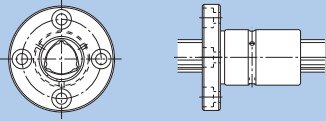
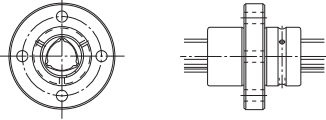
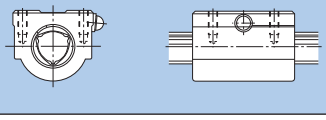
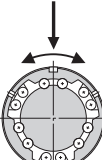
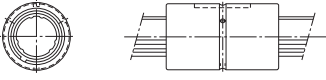
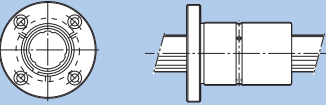
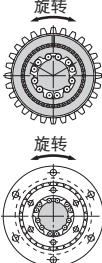
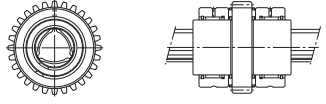
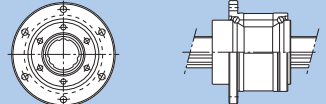


选择的要点

选择滚珠花键的操作程序图

选择类型

滚珠花键分为三种类型：高扭矩型、中扭矩型和外筒旋转型。您可以根据用途来选择类型。另外，备有丰富的花键外筒形状设计，可根据安装或使用目的不同来进行选择。

分类	类型	形状	轴径
高扭矩型 	LBS型 LBST型		公称轴径 6~150mm
	LBF型		公称轴径 15~100mm
	LBR型		公称轴径 15~100mm
	LBH型		公称轴径 15~50mm
中扭矩型 	LT型		公称轴径 4~100mm
	LF型		公称轴径 6~50mm
旋转型 	LBG型 LBGT型		公称轴径 20~85mm
	LTR-A型 LTR型		公称轴径 8~60mm

※各形式的尺寸表请参照另册「 产品解说」

尺寸表*	结构与特长	主要用途
■3-36	<ul style="list-style-type: none"> 在花键轴外圈上按120°均等排列了3条突出部,并配有2列(总共6列)钢球列分别从左右方将其夹住。钢球的接触部为角接触构造,很容易对其施加预压。 由于钢球的循环都在梯形花键内径部进行,故梯形花键外径可小型化。 即使增加预压也能得到顺畅的直线滚动运动。 因接触角(45°)大而变位小,所以能获得高刚性。 旋转方向无间隙。 能传递大扭矩。 	<ul style="list-style-type: none"> 工业用机器人的架柱以及机械臂 自动装卸机 传送机 自动搬运装置 轮胎成型机 点焊机主轴 高速自动涂装导向轴 铆接机 绕线机 放电加工机机头 研磨床主轴驱动轴 各种变速装置 精密分度轴
■3-42		
■3-44		
■3-46		
■3-58	<ul style="list-style-type: none"> 在花键轴外圈上均等配置了2~3个凸肩突起部,用4~6列钢球分别从凸肩突起部分的左右方将其夹住。这种设计保证了能够受到适当、均匀的预压。 因具有接触角(20°),可施加适当的预压,因此消除了旋转方向的间隙,可得到出色的扭矩、力矩刚性。 	<ul style="list-style-type: none"> 诸如模具轴之类承受重负荷同时做直线运动的地方 诸如装货装置之类在固定位置进行角度旋转的地方 诸如自动气焊机主轴之类需要用1根轴制止回转的地方 工业用机器人的机械臂以及架柱 点焊机 铆接机 装订机 自动填充机 各种XY记录仪 自动捻丝机 光学测量设备
■3-60		
■3-70	<ul style="list-style-type: none"> 此类型为LBS型有着相同接触构造单元型。在梯形花键的法兰外圈上设置有齿轮,径向和推力滚针轴承紧紧地排列在梯形花键的外径上。 	<ul style="list-style-type: none"> 用于传递高扭矩的各种变速装置
■3-80	<ul style="list-style-type: none"> 在LT型滚珠花键的梯形花键外径上设置角接触型的钢球滚动面,构成支撑轴承,属小型、轻量型。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平多关节机器人的Z轴 绕线机

花键轴强度的探讨

滚珠花键的花键轴是能承受径向载荷或扭矩的复合轴。但在负荷或扭矩很大时,就必须要考虑花键轴的强度。

【承受挠曲的花键轴】

当弯矩作用在滚珠花键的花键轴上时,根据下式

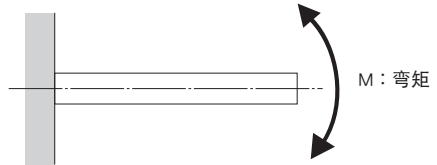
(1)可求出最适合的花键轴径。

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

M : 作用在花键轴上的最大弯矩 (N·mm)

σ : 花键轴的容许弯曲应力 (98N/mm²)

Z : 花键轴的截面系数 (mm³)
(参照图3-15上的表3和图3-16上的表4)



[参考]截面系数 (圆)

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

Z : 截面系数 (mm³)

d : 轴外径 (mm)

【承受扭曲的花键轴】

当扭转作用在滚珠花键的花键轴上时,根据下式

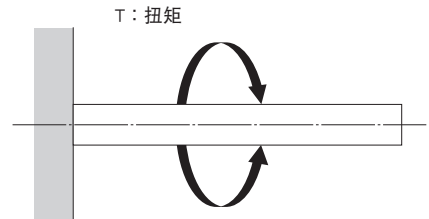
(2)可求出最适合的花键轴径。

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

T : 最大扭矩 (N·mm)

τ_a : 花键轴的容许扭转应力 (49N/mm²)

Z_p : 花键轴的极截面系数 (mm³)
(参照图3-15上的表3和图3-16上的表4)



[参考]截面系数 (圆)

$$Z_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

Z_p : 极截面系数 (mm³)

d : 轴外径 (mm)

【花键轴同时承受扭转和挠曲作用时】

当弯矩和扭矩同时作用在滚珠花键的花键轴上时, 考虑当量弯矩(M_e)和当量扭矩(T_e), 从而分别计算花键轴径的大小, 然后取其中花键轴径较大的值。

当量弯矩

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

$$M_e = \sigma \cdot Z$$

当量扭矩

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

$$T_e = \tau_a \cdot Z_p$$

【花键轴的刚性】

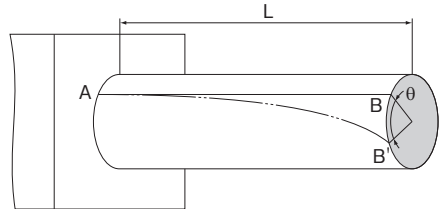
花键轴的刚性用相对于长度为1米的花键轴的扭转角来表示, 它被限制在 $1^\circ/4$ 左右。

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

$$\text{轴的刚性} = \frac{\text{扭转角}}{\text{单位长度}} = \frac{\theta \cdot \ell}{L} < \frac{1^\circ}{4}$$

θ	: 扭转角	($^\circ$)
L	: 花键轴长度	(mm)
G	: 横向弹性系数	($7.9 \times 10^4 \text{N/mm}^2$)
ℓ	: 单位长度	(1000mm)
I_p	: 极断面二次矩	(mm^4)

(参照A3-15上的表3和A3-16上的表4)



【花键轴的挠曲和挠曲角】

滚珠花键的花键轴挠曲和挠曲角应根据与其受力条件相适应的计算公式来计算。在表1和表2中，表示了各种各样使用条件下的计算式。

在 **A3-15** 的表3和 **A3-16** 的表4中表示了花键轴的截面系数(Z)和断面二次矩(I)。利用表中的Z、I，通常的滚珠花键各种型号的强度和变位量(挠曲量)都可以计算得到。

表1 挠曲和挠曲角的计算式

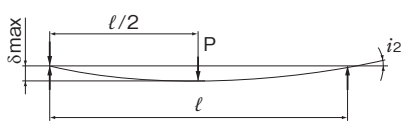
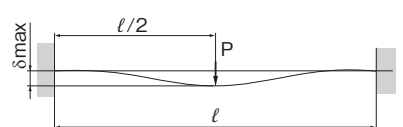
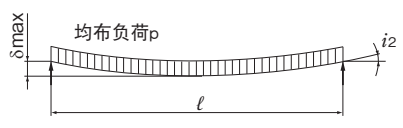
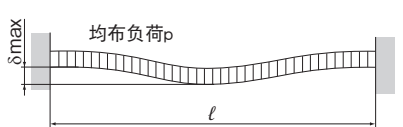

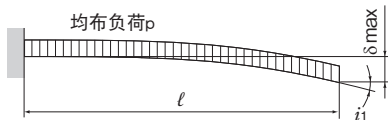
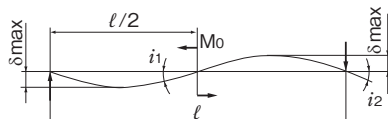
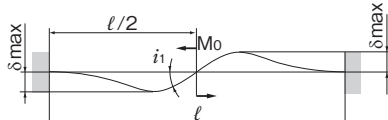
支撑方式	使用条件	挠曲的计算式	挠曲角的计算式
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = \frac{Pl^2}{16EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{192EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{5\rho l^4}{384EI}$	$i_2 = \frac{\rho l^3}{24EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{\rho l^4}{384EI}$	$i_2 = 0$

表2 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
一端固定		$\delta_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EI}$	$i_1 = \frac{P\ell^2}{2EI}$ $i_2 = 0$
一端固定		$\delta_{\max} = \frac{p\ell^4}{8EI}$	$i_1 = \frac{p\ell^3}{6EI}$ $i_2 = 0$
两端自由		$\delta_{\max} = \frac{\sqrt{3}M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{12EI}$ $i_2 = \frac{M_0\ell}{24EI}$
两端固定		$\delta_{\max} = \frac{M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{16EI}$ $i_2 = 0$

 δ_{\max} : 最大挠曲 (mm) M_0 : 力矩 (N·mm) ℓ : 跨距 (mm) I : 断面二次矩 (mm⁴) i_1 : 负荷作用点的挠曲角 i_2 : 支撑点的挠曲角 P : 集中负荷 (N) p : 均布负荷 (N/mm) E : 纵向弹性系数 2.06×10^5 (N/mm²)

【花键轴的危險速度】

通过滚珠花键轴旋转来传递动力时, 如果花键轴的转数变高并接近花键轴的固有频率时, 可能会引起共振, 造成无法运动。因此, 最高转数需要保证在危险速度以下的转数, 防止产生共振。

危险速度可由(6)式求出。

(作为安全系数, 乘以0.8。)

在高于共振点的场合及在接近共振点的场合下使用时, 需要重新探讨花键轴直径。

● 危险速度

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

N_c : 危险速度 (min⁻¹)

l_b : 安装面之间的距离 (mm)

E : 杨氏模数 (2.06 × 10⁵ N/mm²)

I : 轴的最小断面二次矩 (mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} d^4 \quad d: \text{小径} \quad (\text{mm})$$

(参照 **表3-20** 上的表7和表8)

γ : 密度 (比重) (7.85 × 10⁻⁶ kg/mm³)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad d: \text{小径} \quad (\text{mm})$$

(参照 **表3-20** 上的表7和表8)

A : 花键轴断面面积 (mm²)

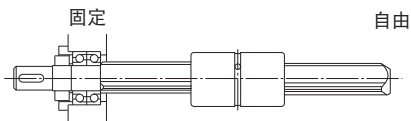
λ : 取决于安装方法的系数

(1) 固定-自由 $\lambda=1.875$

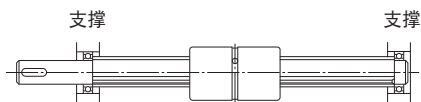
(2) 支撑-支撑 $\lambda=3.142$

(3) 固定-支撑 $\lambda=3.927$

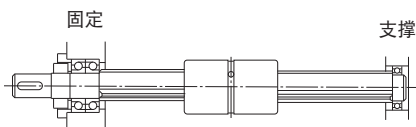
(4) 固定-固定 $\lambda=4.73$



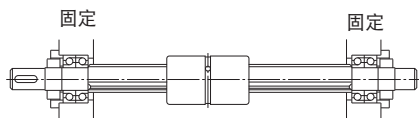
固定-自由



支撑-支撑



固定-支撑



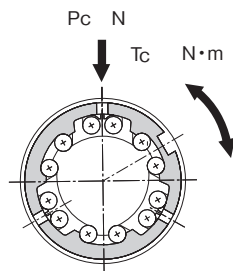
固定-固定

预测使用寿命

【额定寿命】

滚珠花键即使在相同条件下制造且处于相同的运行条件下,其使用寿命也多少有些差异。因此,作为计算滚珠花键的使用寿命的参考,使用以下规定的额定寿命。

额定寿命指的是一批相同的滚珠花键在相同条件下分别运行时,其中的90%不产生表面剥落(金属表面的鳞片状剥落)所能达到的总运行距离。



【计算额定寿命】

滚珠花键的额定寿命根据运行中所承受的负荷的种类而有所不同:扭矩负荷、径向载荷和力矩负荷。根据下式(7)至(10)进行计算,可求得各额定寿命值。(各负荷方向的基本额定载荷均记载在各型号的尺寸表中。)

● 承受扭矩负荷时

$$L = \left(\frac{f_T \cdot f_c \cdot C_T}{f_w \cdot T_c} \right)^3 \times 50 \quad \dots\dots (7)$$

● 承受径向载荷时

$$L = \left(\frac{f_T \cdot f_c \cdot C}{f_w \cdot P_c} \right)^3 \times 50 \quad \dots\dots (8)$$

- | | | |
|-------|-----------|-------------|
| L | : 额定寿命 | (km) |
| C_T | : 基本动额定扭矩 | (N·m) |
| T_c | : 计算承受扭矩 | (N·m) |
| C | : 基本动额定载荷 | (N) |
| P_c | : 计算径向载荷 | (N) |
| f_T | : 温度系数 | (参照B3-19图1) |
| f_c | : 接触系数 | (参照B3-19表3) |
| f_w | : 负荷系数 | (参照B3-19表4) |

● 同时承受扭矩和径向载荷时

同时承受扭矩和径向载荷时,可根据下式(9)求出等价径向载荷后,再计算额定寿命。

$$P_E = P_c + \frac{4 \cdot T_c \times 10^3}{i \cdot dp \cdot \cos\alpha} \quad \dots\dots\dots (9)$$

P_E : 等价径向载荷 (N)

$\cos\alpha$: 接触角 i = 负载条数

$$\left(\begin{array}{ll} \text{LBS型 } \alpha = 45^\circ & i = 2 (\text{LBS10或更小}) \\ & i = 3 (\text{LBS15或更大}) \\ \text{LT型 } \alpha = 70^\circ & i = 2 (\text{LT13或更小}) \\ & i = 3 (\text{LT16或更大}) \end{array} \right)$$

dp : 钢球中心直径 (mm)
(参照图B3-20上的表7和表8)

● 使用1个或2个紧靠的梯型花键承受力矩负荷时

可按下式(10)求出等价径向载荷后,再计算额定寿命。

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

P_u : 等价径向载荷 (N)
(承受力矩负荷时)

K : 等价系数 (参照图B3-23上的表9和图B3-24上的表10)

M : 负荷力矩 (N·mm)

但是, M 应小于静态容许力矩。

● 同时承受力矩和径向载荷时

根据径向载荷与等价径向载荷的总和来计算额定寿命。

● 计算寿命时间

用上述公式计算额定寿命(L)后,当行程和每分钟往返次数一定时,寿命时间可按下式(11)计算。

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_1 \times 60} \quad \dots\dots\dots (11)$$

L_h : 工作寿命时间 (h)

l_s : 行程长度 (m)

n_1 : 每分钟往返次数 (min^{-1})

■ f_t : 温度系数

当滚珠花键的使用环境温度超过100℃的高温时,考虑到高温所引起的不良影响,计算寿命时应乘以图1的温度系数。

同时,注意滚珠花键也有必要使用对应高温的产品。

注)当使用环境温度超过80℃时,密封垫片和保持器的材料必须替换成相应的高温规格材料。详细情况请向THK咨询。

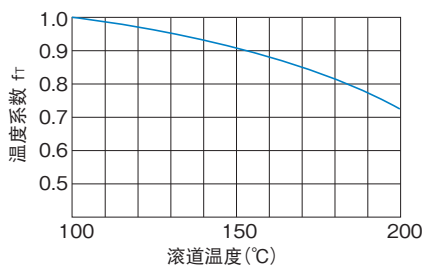


图1 温度系数 (f_t)

■ f_c : 接触系数

将直线运动导向的花键轴承套紧靠使用时,由于力矩负荷或安装面精度的影响,很难得到均匀的负荷分布。故将多个梯型花键紧靠使用时,请在基本额定载荷(C)和(C_0)上乘以表3中的相应接触系数。

注)在大型装置中,若预计负荷分布会不均匀时,请考虑表3中的接触系数。

表3 接触系数 (f_c)

紧靠时的梯型花键个数	接触系数 f_c
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
通常使用	1

■ f_v : 负荷系数

通常作往复运动的机械在运转中大都伴随振动或冲击,特别是要正确计算在高速运转时所产生的振动以及频繁启动与停止所导致的所有冲击则尤为困难。因此,在不能得到实际作用于滚珠花键上的负荷时,或者速度和振动的影响很大时,请将基本额定载荷(C)和(C_0)除以表4中根据经验所得到的负荷系数。

表4 负荷系数 (f_v)

振动、冲击	速度 (V)	f_v
微小	微速时 $V \leq 0.25\text{m/s}$	1~1.2
小	低速时 $0.25 < V \leq 1\text{m/s}$	1.2~1.5
中	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

【计算平均负荷】

像工业用机器人的机械臂那样,前进时抓住工件运动,后退时只有机械臂的自重时,或是像工具机那样,作用在梯型花键上的负荷由于各种各样的条件而变动时,必须考虑负荷的变动条件来进行寿命计算。

平均负荷(P_m)是指,当作用在梯型花键上的负荷大小由于运行中各种各样的条件而变动时,与这些变动负荷条件下的寿命具有相同寿命的一定大小的负荷。

基本式如下所示。

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

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)

● 阶段性变化的情况

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

P_m : 平均负荷 (N)

P_n : 变化负荷 (N)

L : 总运行距离 (m)

L_n : 承载 P_n 时运行的距离 (m)

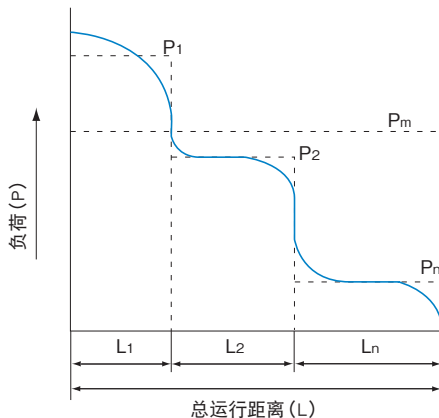


图2

● 单调变化的情况

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

P_{\min} : 最小负荷 (N)

P_{\max} : 最大负荷 (N)

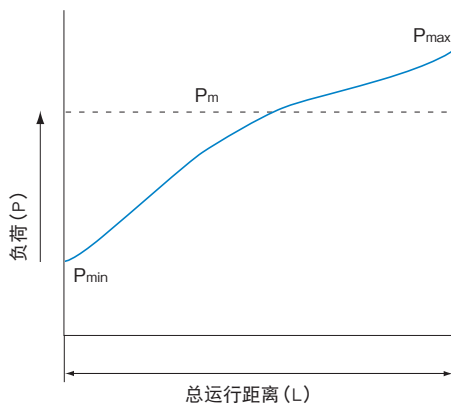


图3

● 按正弦曲线变化的情况

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

(b) $P_m \doteq 0.75P_{\max} \dots\dots\dots (15)$

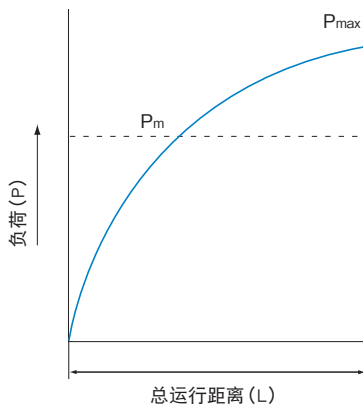
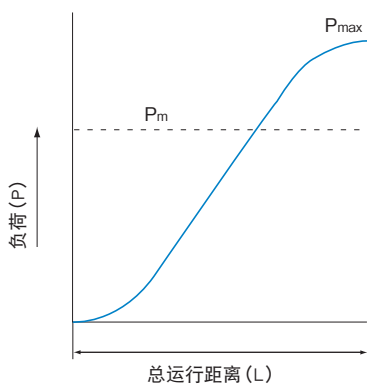


图4

【等价系数】

各形式在承受力矩时的等效径向载荷计算系数如**图3-23**表9、**图3-24**表10所示。

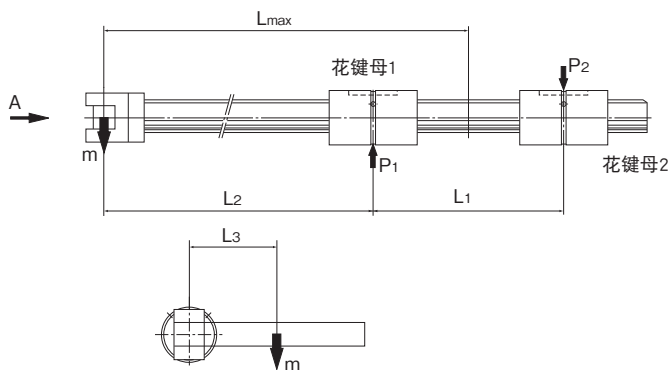
使用寿命计算例

● 计算例1

工业用机器人的机械臂(水平)

[使用条件]

端部负荷质量	$m=50\text{kg}$	最大行程时机械臂长度	$L_{\max}=400\text{mm}$
行程	$l_s=200\text{mm}$		$L_2=325\text{mm}$
梯形花键安装跨距(假定)	$L_1=150\text{mm}$		$L_3=50\text{mm}$



A矢量视图
图5

(此例中滚珠花键的型号为LBS型。)

■ 轴的强度计算

计算作用于轴上的弯矩(M)和扭矩(T)。

$$M = m \times 9.8 \times L_{\max} = 196000N \cdot \text{mm}$$

$$T = m \times 9.8 \times L_3 = 24500N \cdot \text{mm}$$

因同时承受扭转和挠曲,所以要计算当量弯矩(M_e)和当量扭矩(T_e),根据数值大的一方来决定公称轴径。

由**图3-13**的式(3)和(4):

$$M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2} \doteq 196762.7N \cdot \text{mm}$$

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \doteq 197525.3N \cdot \text{mm}$$

$$M_e < T_e$$

$\therefore T_e = \tau_a \times Z_p$ 所以,

$$Z_p = \frac{T_e}{\tau_a} \doteq 4031\text{mm}^3$$

从**图3-15**的表3可知,满足 Z_p 的公称轴径,应在40以上。

■平均负荷P。

先计算机械臂伸长至最大时的作用负荷(P_{1max})和缩短时的作用负荷(P_{1min}),再分别计算梯型花键的平均负荷。

$$P_{1max} = \frac{m \times 9.8(L_1 + L_2)}{L_1} \doteq 1551.7N$$

$$P_{2max} = \frac{m \times 9.8 \times L_2}{L_1} \doteq 1061.7N$$

缩短时

$$P_{1min} = \frac{m \times 9.8 \times [(L_2 - \ell_s) + L_1]}{L_1} \doteq 898.3N$$

$$P_{2min} = \frac{m \times 9.8 \times (L_2 - \ell_s)}{L_1} \doteq 408.3N$$

此变动负荷,如B3-21的图3所示,负荷呈单调变化,故可使用B3-21的式(13)来计算平均负荷。

梯型花键1的平均负荷(P_{1m})

$$P_{1m} \doteq \frac{1}{3} (P_{1min} + 2P_{1max}) = 1333.9N$$

梯型花键2的平均负荷(P_{2m})

$$P_{2m} \doteq \frac{1}{3} (P_{2min} + 2P_{2max}) = 843.9N$$

计算作用在单个梯型花键上的扭矩。

$$T = \frac{m \times 9.8 \times L_3}{2} = 12250N \cdot mm$$

因同时承受径向载荷和扭矩,可根据B3-18的式(9),计算等价径向载荷。

$$P_{1E} = P_{1m} + \frac{4 \times T}{3 \times dp \times \cos\alpha} = 1911.4N$$

$$P_{2E} = P_{2m} + \frac{4 \times T}{3 \times dp \times \cos\alpha} = 1421.4N$$

■额定寿命L。

根据B3-17的式(8),额定寿命计算公式如下。

$$\text{花键母1的额定寿命 } L_1 = \left(\frac{f_T \times f_C}{f_w} \times \frac{C}{P_{1E}} \right)^3 \times 50 = 68867.4km$$

$$\text{花键母2的额定寿命 } L_2 = \left(\frac{f_T \times f_C}{f_w} \times \frac{C}{P_{2E}} \right)^3 \times 50 = 167463.2km$$

- f_t : 温度系数=1(根据图3-19上的图1)
- f_c : 接触系数=1(根据图3-19上的表3)
- f_w : 负荷系数=1.5(根据图3-19上的表4)
- C : 基本动额定荷重=31.9kN(LBS40型)

额定寿命的计算如上所述, 在上述的使用条件下, 单元寿命为梯形花键1的68867.4km。

● 计算例2

[使用条件]

推力位置 : F_s

行程速度 : $V_{max}=0.25m/sec$

加速度 : $a=0.36m/sec^2$ (根据各自的速度线图)

行程 : $S=700mm$

支承座质量 : $m_1=30kg$

机械臂质量 : $m_2=20kg$

头部质量 : $m_3=15kg$

工件质量 : $m_4=12kg$

从推力作用位置到各质量(重心)的尺寸

$l_1=200mm$ $l_2=500mm$

$l_3=1276mm$

循环(1循环为30秒)

1. 下降(3.5秒)
2. 静止(1秒) : 有工件时
3. 上升(3.5秒)
4. 静止(7秒)
5. 下降(3.5秒)
6. 静止(1秒) : 无工件时
7. 上升(3.5秒)
8. 静止(7秒)

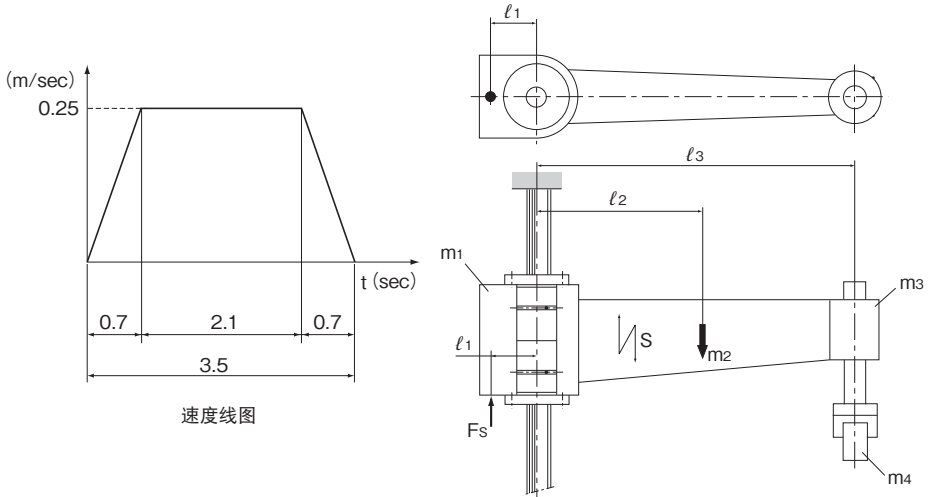


图6

■轴的强度计算

计算轴的强度, 暂定轴径为60。(两个梯形花键紧靠使用)

■计算在加速时、等速时、减速时各质量(m_n)作用在梯形花键上的力矩(M_n)

加减速时的负荷力矩: M_1

$$M_1 = m_n \times 9.8 \left(1 \pm \frac{a}{g}\right) \times l_n \quad \dots\dots(a)$$

等速时的负荷力矩: M_2

$$M_2 = m_n \times 9.8 \times l_n \quad \dots\dots(b)$$

加减速时的负荷力矩: M_3

$$M_3 = m_n \times 9.8 \left(1 \pm \frac{a}{g}\right) \times l_n \quad \dots\dots(c)$$

- m_n : 各质量 (kg)
- a : 加速度 (m/sec²)
- g : 重力加速度 (m/sec²)
- l_n : 各负荷作用点与推力中心的偏心量 (mm)

假定:

$$A = \left(1 + \frac{a}{g}\right), \quad B = \left(1 - \frac{a}{g}\right)$$

●下降时

由式(c), 加速时

$$\begin{aligned} M_{n1} &= m_1 \times 9.8 \times B \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_2 + l_3) \\ &= 398105.01 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(b), 等速时

$$\begin{aligned} M_{n2} &= m_1 \times 9.8 \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times (l_1 + l_2 + l_3) \\ &= 412972 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(a), 减速时

$$\begin{aligned} M_{n3} &= m_1 \times 9.8 \times A \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_2 + l_3) \\ &= 427838.99 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

●上升时

由式(a), 加速时

$$\begin{aligned} M_{n1}' &= m_1 \times 9.8 \times A \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_2 + l_3) \\ &= 427838.99 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(b), 等速时

$$\begin{aligned} M_{n2}' &= m_1 \times 9.8 \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times (l_1 + l_2 + l_3) \\ &= 412972 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(c), 减速时

$$\begin{aligned} M_{m3}' &= m_1 \times 9.8 \times B \times l_1 + m_2 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_2) + m_3 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_3) \\ &= 398105.01 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

●下降时(承载工件时)

由式(c), 加速时

$$\begin{aligned} M_{m1}'' &= M_{m1} + m_4 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_3) \\ &= 565433.83 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(b), 等速时

$$\begin{aligned} M_{m2}'' &= M_{m2} + m_4 \times 9.8 \times (l_1 + l_3) \\ &= 586549.6 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(a), 减速时

$$\begin{aligned} M_{m3}'' &= M_{m3} + m_4 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_3) \\ &= 607665.37 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

●上升时(承载工件时)

由式(a), 加速时

$$\begin{aligned} M_{m1}''' &= M_{m1}' + m_4 \times 9.8 \times A \times (l_1 + l_3) \\ &= 607665.37 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(b), 等速时

$$\begin{aligned} M_{m2}''' &= M_{m2}' + m_4 \times 9.8 \times (l_1 + l_3) \\ &= 586549.6 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由式(c), 减速时

$$\begin{aligned} M_{m3}''' &= M_{m3}' + m_4 \times 9.8 \times B \times (l_1 + l_3) \\ &= 565433.83 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$\therefore M_1 = M_{m1} = M_{m3}' = 398105.01 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_2 = M_{m2} = M_{m2}' = 412972 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_3 = M_{m3} = M_{m1}' = 427838.99 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_1' = M_{m1}' = M_{m3}''' = 565433.83 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_2' = M_{m2}' = M_{m2}''' = 586549.6 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_3' = M_{m3}' = M_{m1}''' = 607665.37 \text{N} \cdot \text{mm}$$

■计算由于各力矩引起的梯型花键等价径向载荷

力矩 M_n 与 P_n 的关系式

$$P_n = M_n \times K \quad \dots\dots(d)$$

P_n : 等价径向载荷 (N)

M_n : 负荷力矩 (N·mm)

K : 等价系数 (根据图3-23上的表9)

(2个LBF60型紧靠使用时, $K=0.013$)

根据(d)式, 计算各负荷力矩的等价径向载荷。

$$P_{n1}=P_{n3}'=M_1 \times 0.013 \doteq 5175.4N$$

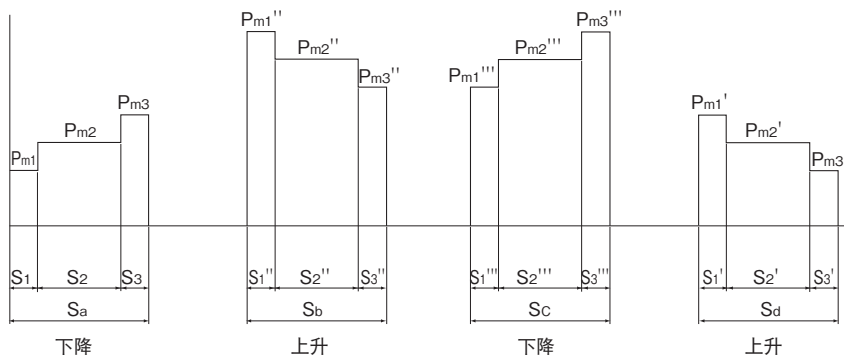
$$P_{n2}=P_{n2}'=M_2 \times 0.013 \doteq 5368.6N$$

$$P_{n3}=P_{n1}'=M_3 \times 0.013 \doteq 5561.9N$$

$$P_{n1}''=P_{n3}'''=M_1' \times 0.013 \doteq 7350.7N$$

$$P_{n2}''=P_{n2}'''=M_2' \times 0.013 \doteq 7625.2N$$

$$P_{n3}''=P_{n1}'''=M_3' \times 0.013 \doteq 7899.7N$$



$\begin{cases} P_1 = P_{m1} = P_{m3}' \doteq 5175.4N \\ P_2 = P_{m2} = P_{m2}' \doteq 5368.6N \\ P_3 = P_{m3} = P_{m1}' \doteq 5561.9N \end{cases}$	$\begin{cases} P_4 = P_{m1}'' = P_{m3}''' \doteq 7350.7N \\ P_5 = P_{m2}'' = P_{m2}''' \doteq 7625.2N \\ P_6 = P_{m3}'' = P_{m1}''' \doteq 7899.7N \end{cases}$	$\begin{cases} S = S_a = S_b = S_c = S_d = 700mm \\ S_1 = S_1 = S_1' = S_1'' = S_1''' = 87.5mm \\ S_2 = S_2 = S_2' = S_2'' = S_2''' = 525mm \\ S_3 = S_3 = S_3' = S_3'' = S_3''' = 87.5mm \end{cases}$
---	---	--

■计算平均负荷 P_m

由图3-20上的式(12),

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{4 \times S} \{ 2 \{ (P_1^3 \times S_1) + (P_2^3 \times S_2) + (P_3^3 \times S_3) \} + 2 \{ (P_4^3 \times S_3) + (P_5^3 \times S_2) + (P_6^3 \times S_1) \} \}}$$

$$\doteq 6689.5N$$

■根据平均负荷计算额定寿命L

由图3-17上的式(8),

$$L = \left(\frac{f_r \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P_m} \right)^3 \times 50$$

$$= 7630km$$

- f_r : 温度系数=1 (根据图3-19上的图1)
- f_c : 接触系数=0.81 (根据图3-19上的表3)
- f_w : 负荷系数=1.5 (根据图3-19上的表4)
- C : 基本动额定载荷=66.2 kN (LBF60型)

如上所述, 2个LBF60型紧靠使用时的额定寿命为7630km。

滚珠花键的装配

安装花键

梯型花键的安装例如图1和图2所示。尽管花键轴方向的固定强度并不要求很高, 但应避免只将其敲入而不予固定的现象。

直线花键母型

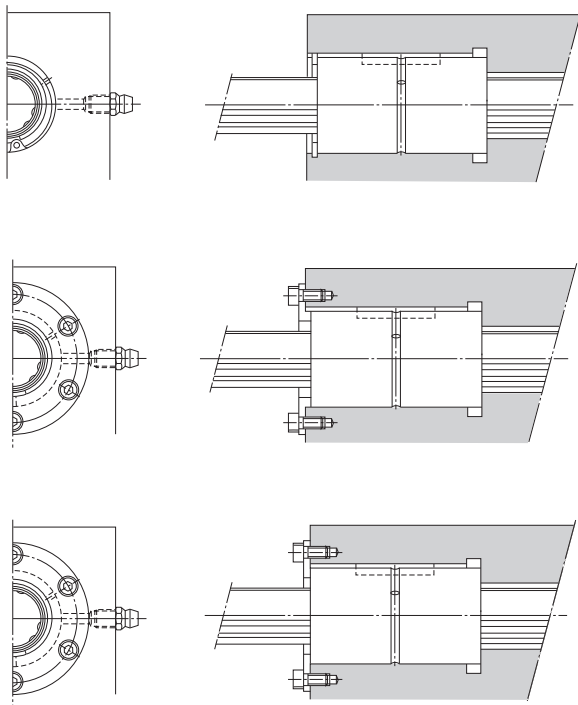
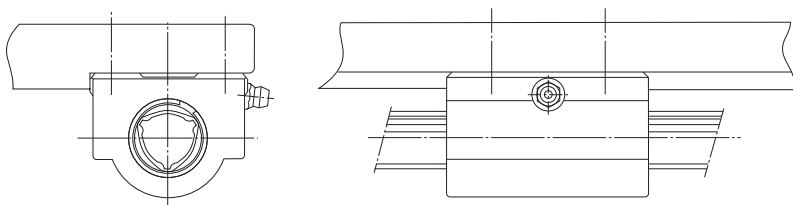
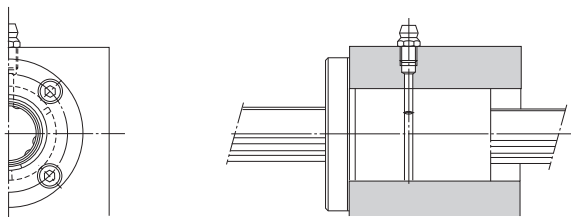


图1 梯型花键的安装例

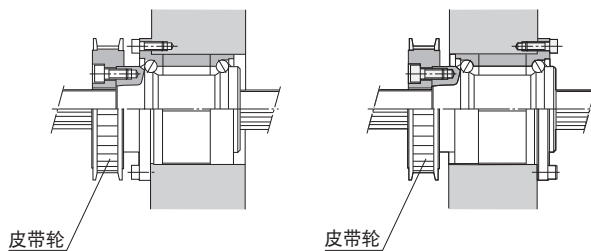
LBH型



法兰型



LTR型



LBG型

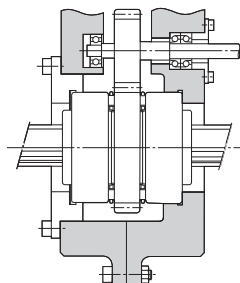


图2 梯型花键的安装例

梯型花键的装入

将梯型花键装入支承座时, 请使用夹具(图3)慢慢地插入, 而不要敲打侧板或密封垫片。

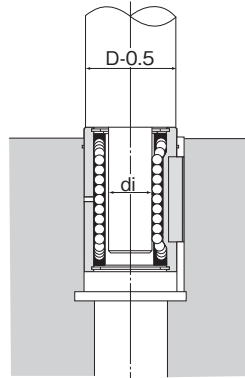


图3

表1 LBS型夹具的尺寸

单位: mm

公称轴径	15	20	25	30	40	50	60	70	85	100	120	150
di	12.5	16.1	20.3	24.4	32.4	40.1	47.8	55.9	69.3	83.8	103.8	131.8

表2 LT型夹具的尺寸

单位: mm

公称轴径	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	80	100
di	5.0	7	8.5	11.5	14.5	18.5	23	28	37.5	46.5	56	75.5	94.5

花键轴的装入

将花键轴装入梯型花键里时, 因花键轴和梯型花键上有配合记号(图4), 请一边确认两者的位置关系, 一边无倾斜地将轴插入梯型花键里。

如果过分强行地插入, 可能会导致钢球脱落, 请特别注意。

往带密封垫片或有预压的梯型花键里插入花键轴时, 请在花键轴的外径上涂抹润滑剂。

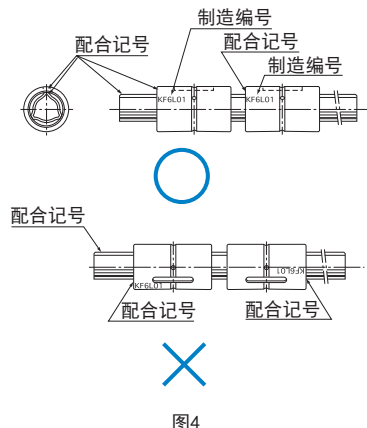


图4

润滑

为防止异物进入到梯型花键内或润滑剂的泄漏, THK滚珠花键备有耐磨损性很强的特殊合成橡胶制密封垫片。

在带密封垫片的梯型花键(两端UU型密封、一端密封)内, 装有优质的锂皂基润滑脂2号。在高速运转或长行程使用时, 请在试运行后, 从梯型花键的润滑孔往里再次注入相同种类的润滑脂后再开动机械设备。

此后, 请根据使用情况, 在必要时补充相同的润滑脂。

另外, 润滑脂的补充时间根据使用条件的不同而异, 通常情况下使用时, 以运行距离达到100km(6个月~1年)为基准, 进行润滑脂的补充或交换。

不带密封垫片的情况下, 请在梯型花键内涂抹润滑脂, 或在花键轴的滚动沟槽内涂布润滑脂。

材料与表面处理

根据使用环境等情况, 有时会有必要对滚珠花键进行防锈处理或使用材料的变更。有关防锈处理和使用材料的变更, 请向THK咨询。

防尘

如果粉尘及其他异物进入滚珠花键, 将导致异常磨损, 并缩短使用寿命, 因而必须防止异物进入花键外筒内。所以, 预想可能会有粉尘及其他异物进入时, 就有必要选择满足使用环境条件的密封装置或防尘装置。

THK的滚珠花键备有耐磨损性很强的特殊合成橡胶制的密封垫片作为防尘配件。如果要求更高的防尘效果, 有些型号还备有密封毡圈。有关密封毡圈的详细情况, 请向THK咨询。

另外, THK还生产圆型伸缩防尘罩, 详细情况请向THK咨询。

表1 防尘配件标记

标记	防尘配件
无标记	无密封垫片
UU	梯形花键的两端带橡胶制密封垫片
U	梯形花键的一端带橡胶制密封垫片
DD	梯形花键的两端带橡胶制密封毡圈
D	梯形花键的一端带密封毡圈
ZZ	支撑轴承的两端带橡胶制密封垫片
Z	支撑轴承的一端带橡胶制密封垫片

公称型号的构成例

公称型号的构成因各型号的特点而异，因此请参考对应的公称型号的构成例。

【滚珠花键】

● LBS、LBST、LBF、LBR、LBH、LT和LF型。

2	LBS40	UU	CL	+1000L	P	K
	公称型号	防尘 配件标记 (※1)	旋转方向 间隙标记 (※2)		精度标记 (※3)	标准中空 花键轴的标记(※4)
同一根轴上安装的 花键外筒的数量 (只有1个时无标记)				花键轴总长度 (单位mm)		

(※1) 参照图3-90。(※2) 参照图3-25。(※3) 参照图3-28。(※4) 参照图3-49。

【外筒旋转式滚珠花键】

● LTR、LTR-A、LBG和LBGT型

2	LTR32A	K	UU	ZZ	CL	+500L	P	K
	公称型号	法兰方向 标记(※1)	防尘 配件标记 (※2)	支撑轴承部 防尘 附件标记(※3)	旋转方向 间隙标记(※4)		精度标记 (※5)	标准中空 花键轴的标识(※6)
同一根轴上安装的 花键外筒的数量 (只有1个时无标记)				花键轴总长度 (单位mm)				

(※2)参照图3-90。(※3)参照图3-90。(※4)参照图3-25。(※5)参照图3-28。(※6)参照图3-84。

(※1) 无标识：标准 K：法兰反向

【使用】

- (1) 请不要拆分各部分。否则,可能导致异物进入或者功能损坏。
- (2) 花键外筒及花键轴倾斜后,可能因自重作用而落下,因此请加以注意。
- (3) 请不要让滚珠花键掉落或者敲击。否则,可能导致被划伤、破损。另外,受到了敲击后,即使外观上看不见破损,也可能导致功能损坏。
- (4) 请注意防止衣物、切屑等异物的进入。否则,可能导致钢球循环部件的破损、功能损坏。
- (5) 请避免在超过80°C的条件下使用。要超过80°C的环境下使用时,请向THK咨询。
- (6) 因冷却液的种类的不同,有时可能给产品的功能带来障碍。要在冷却液可能进入花键外筒内部的环境下使用时,请咨询THK。
- (7) 异物、铁屑等异物附着时,请在清洗后重新封入润滑剂。
- (8) 要在经常产生振动的场所、无尘室、真空、低温或高温等特殊环境下使用时,请向THK咨询。
- (9) 在法兰型花键外筒上追加加工定位销孔等情况时请向THK咨询。

【润滑】

- (1) 请仔细擦拭防锈油并封入润滑剂后再使用。
- (2) 请避免将性状不同的润滑剂混合在一起使用。
- (3) 在经常产生振动的场所、无尘室、真空、低温或高温等特殊环境下使用时,有可能无法使用通常的润滑剂,详细情况请向THK咨询。
- (4) 要使用特殊的润滑剂时,请事先咨询THK。
- (5) 采用油润滑时,有时由于使用姿势的原因,润滑油可能无法到达内部各处。详细情况请向THK咨询。
- (6) 润滑补充间隔因使用条件的不同而异,详细情况请向THK咨询。

【存放】

存放滚珠花键时,请将其按照THK的出场包装的状态下水平存放,并避免高温、低温和高度潮湿的环境。