

超精密轴承 安装指导



目录

- 安装注意及不当安装的影响
- 主轴轴承安装
- 超精圆柱滚子轴承安装

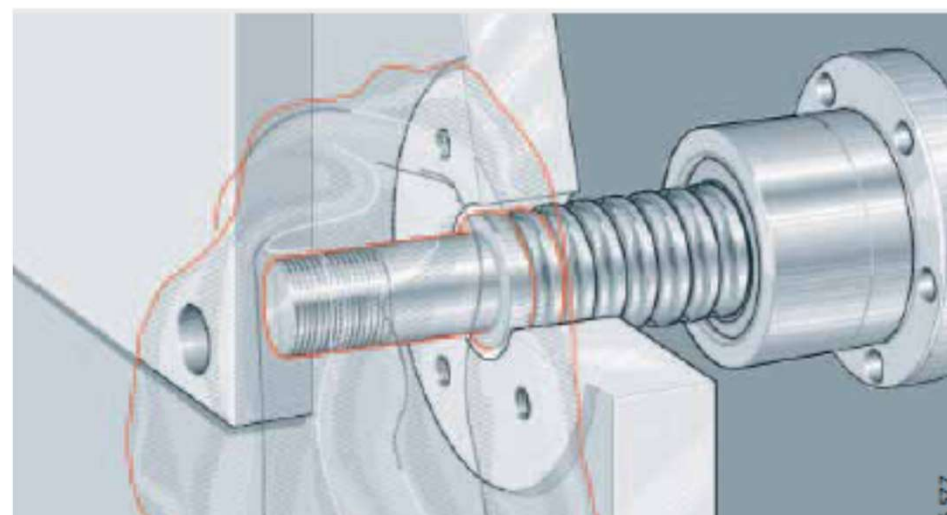
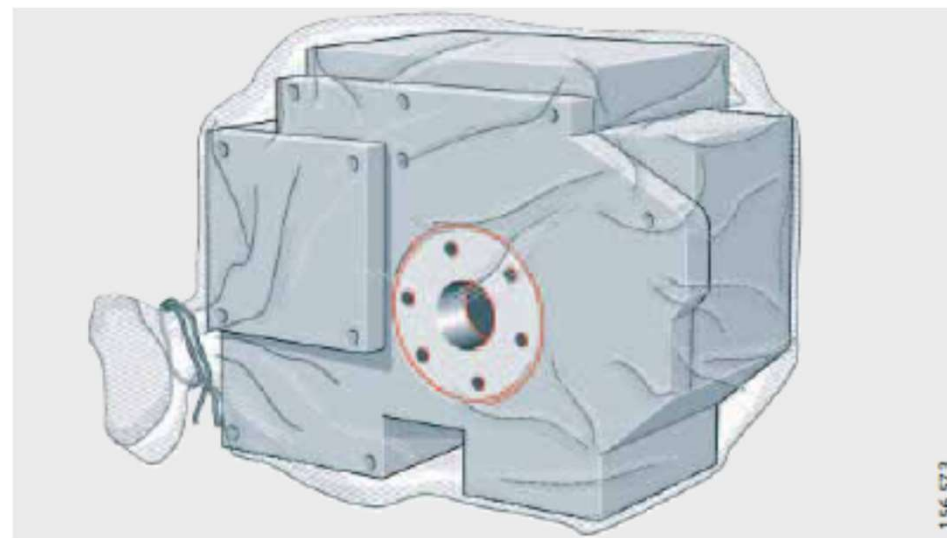
轴承安装对环境的要求



精密滚动轴承尽可能在单独的无尘车间里安装。

如果条件不允许，则：

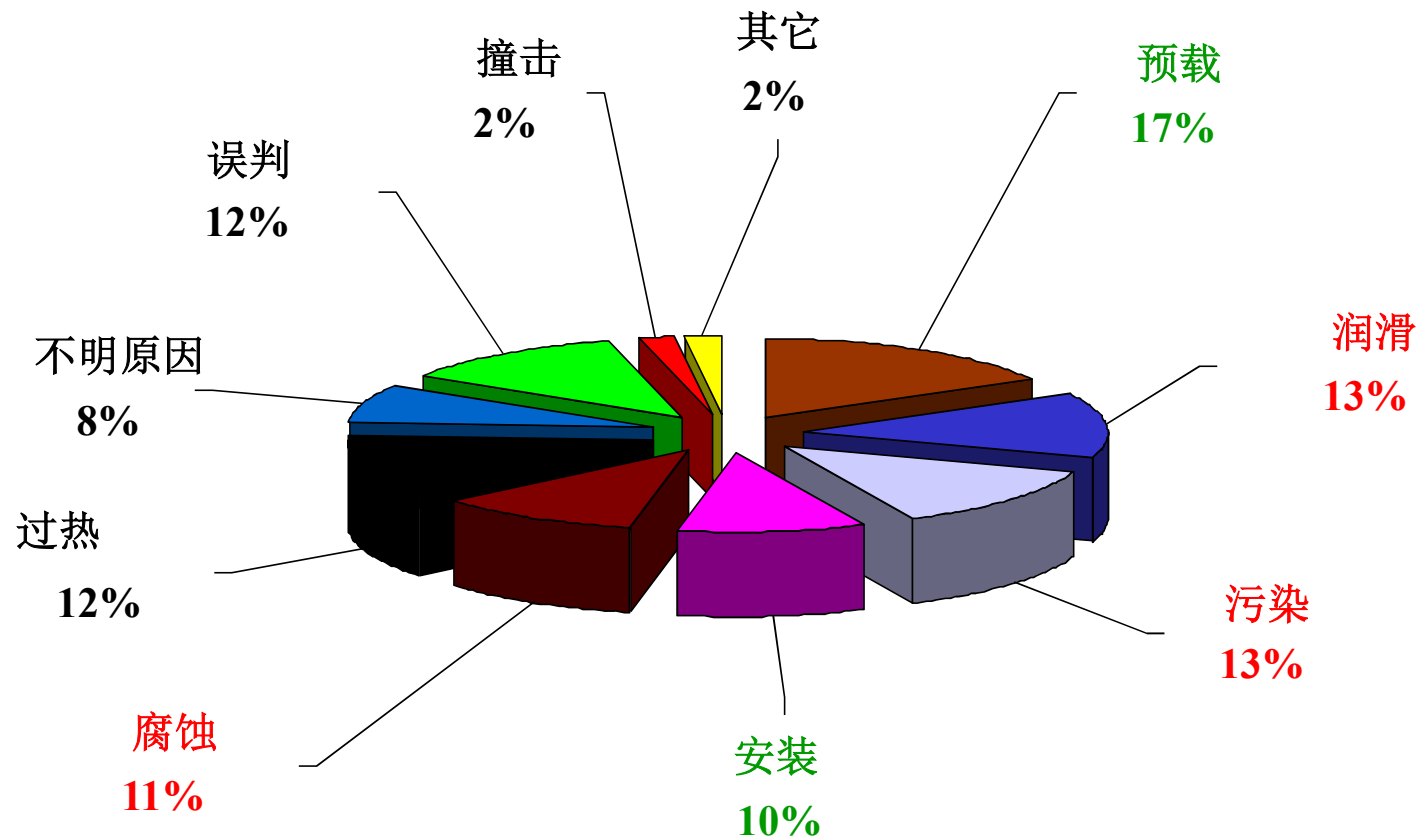
- 用罩遮盖机器或轴端
- 远离周围环境里的污物



注意

- ✓ 不要直接敲击轴承→内部裂纹
- ✓ 避免作用力于滚动体→损伤滚动体和滚道
- ✓ 切勿分拆自保持轴承。

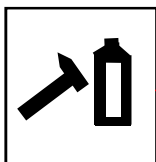
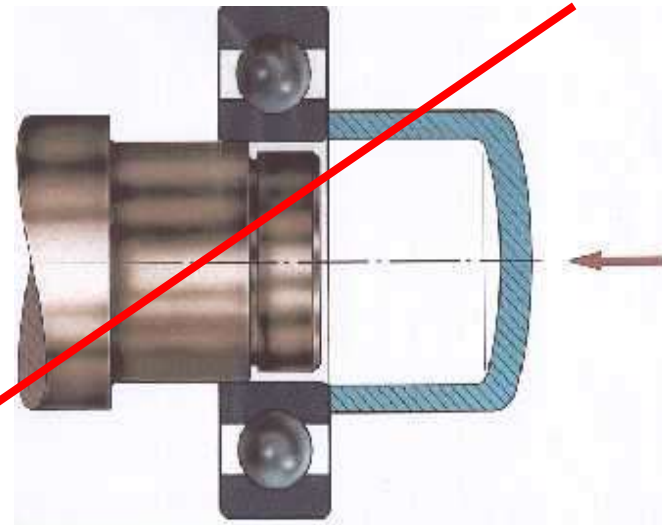
主轴轴承失效原因



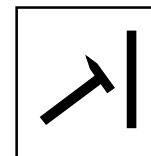
错误安装图例



对于精密轴承，敲击安装是禁止的。

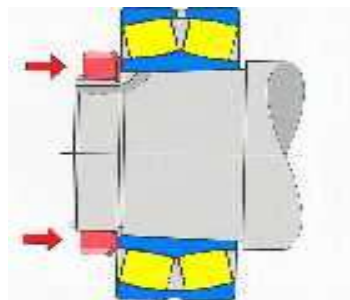


• 榔头和安装设备

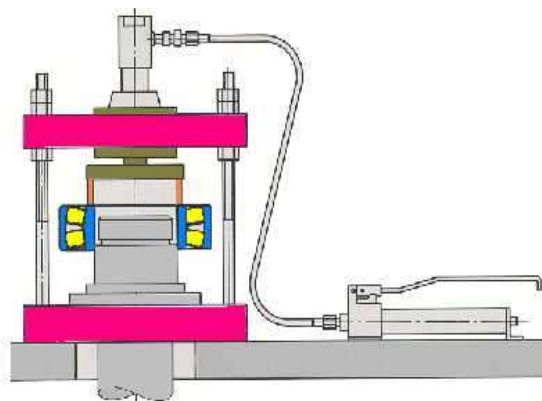


• 榔头和金属棒

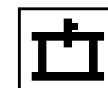
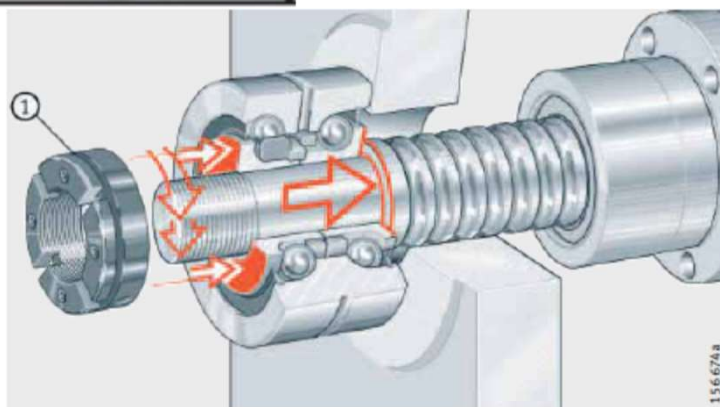
只允许通过机械、液压或加热方式进行安装。



加热方式



液压方式



• 机械压入

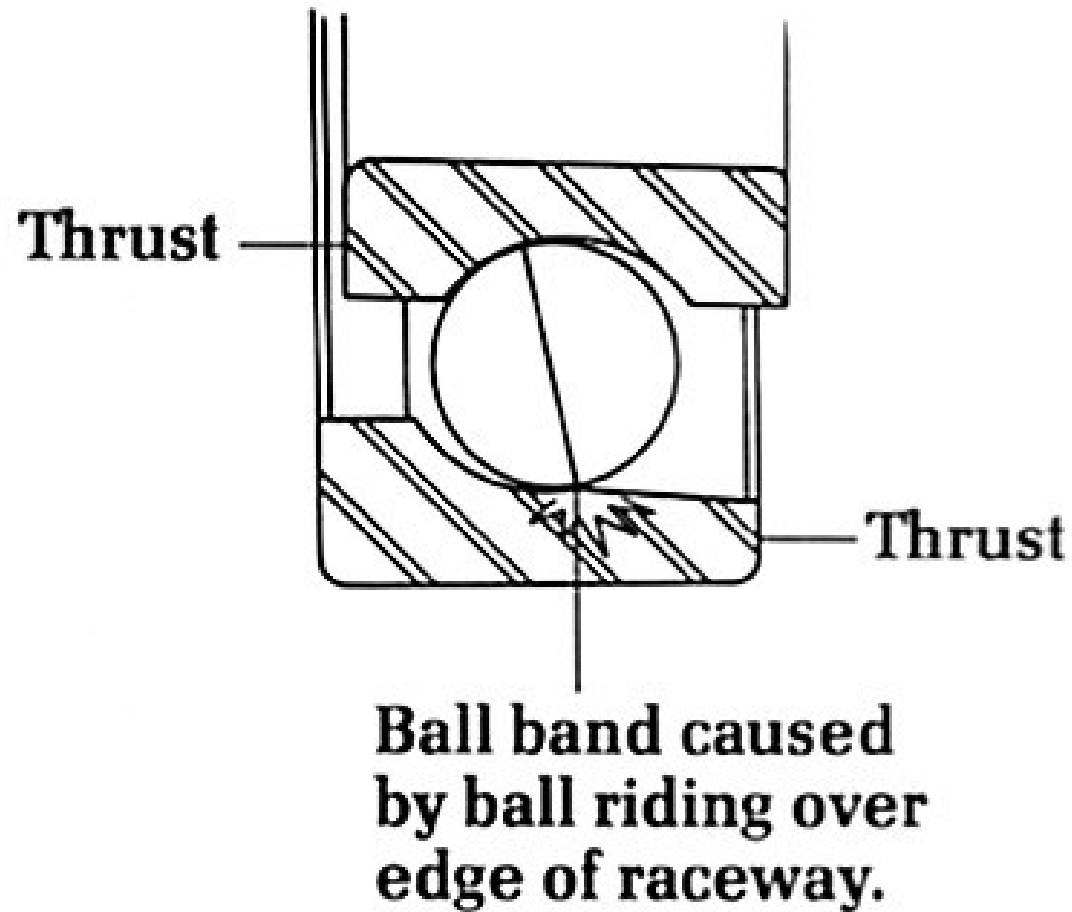
推荐的加热设备—感应加热器



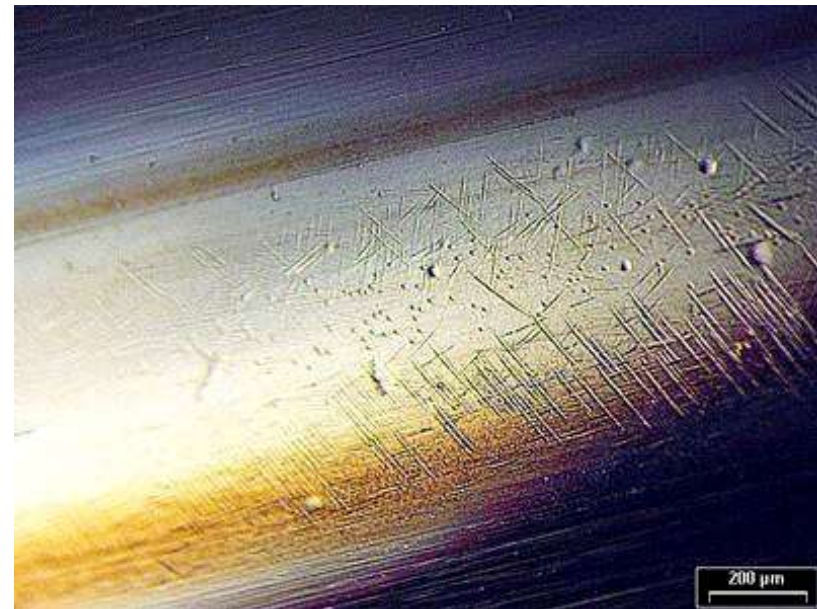
加热：通过电热箱和电热板(用隔块隔开)加热，使温度上升30到40K(到50 或60° C)，最好用感应加热器加热，它对于脂润滑的轴承加热过程速度快、安全、洁净，并且可以自动消磁。



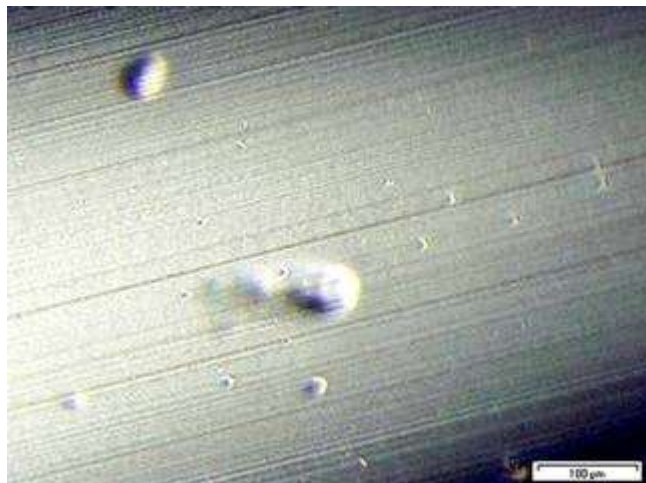
主轴轴承安装不当 造成的失效



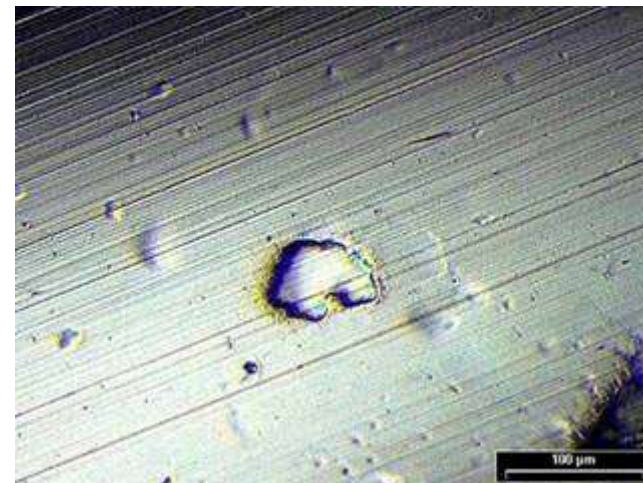
球体的凹痕会刮伤滚道：



不同类型的颗粒造成的凹痕



软颗粒

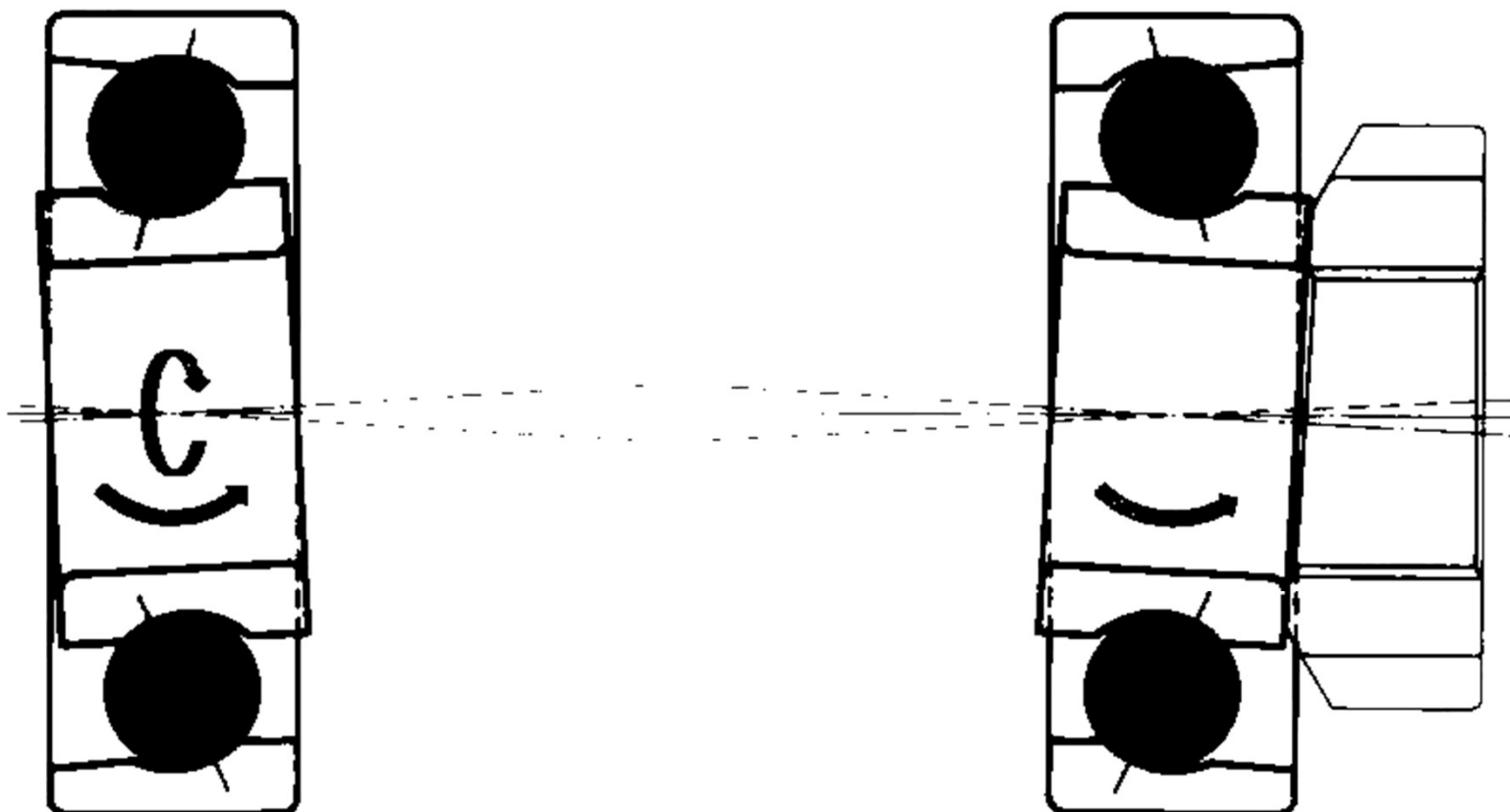


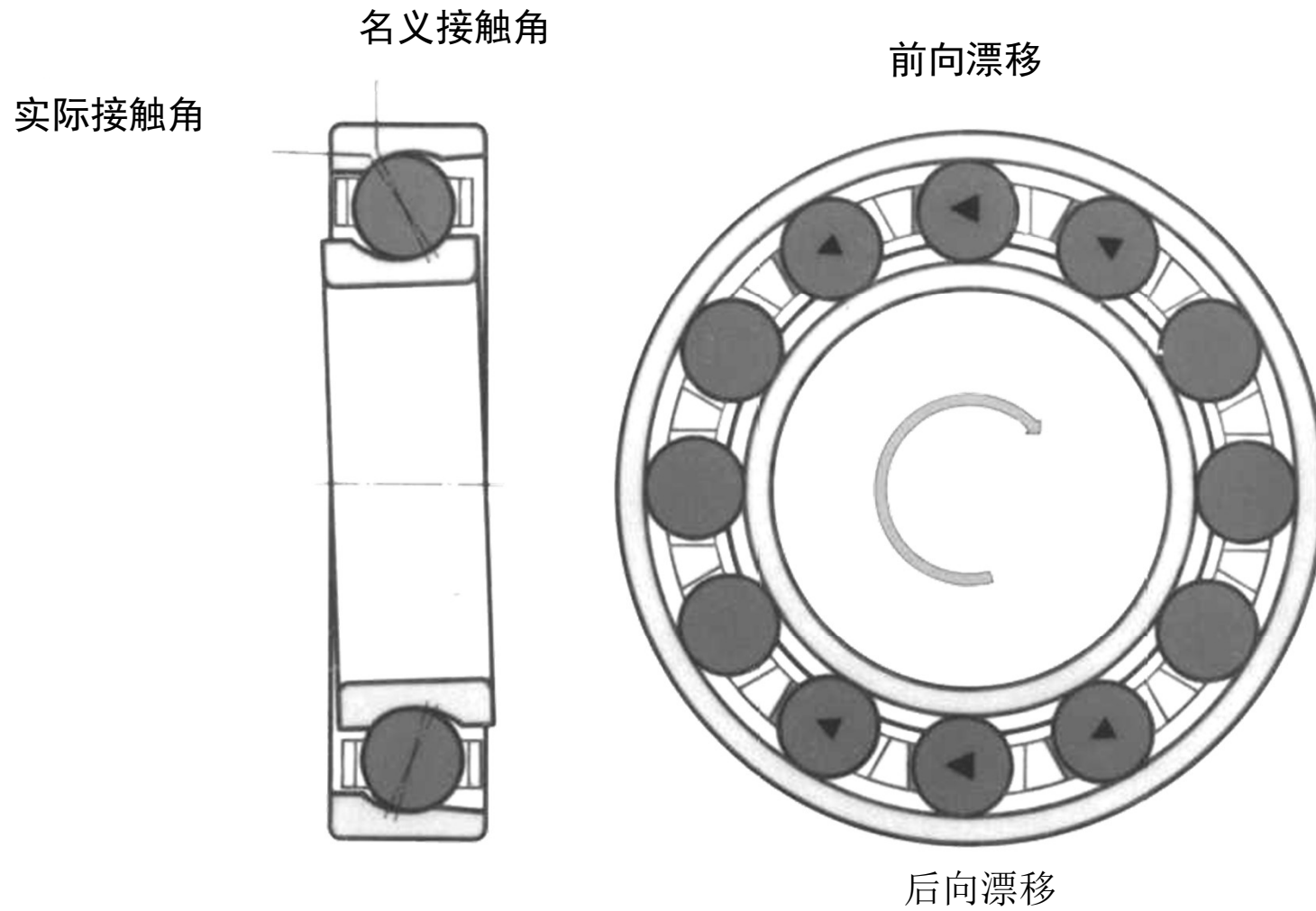
硬颗粒



脆性颗粒

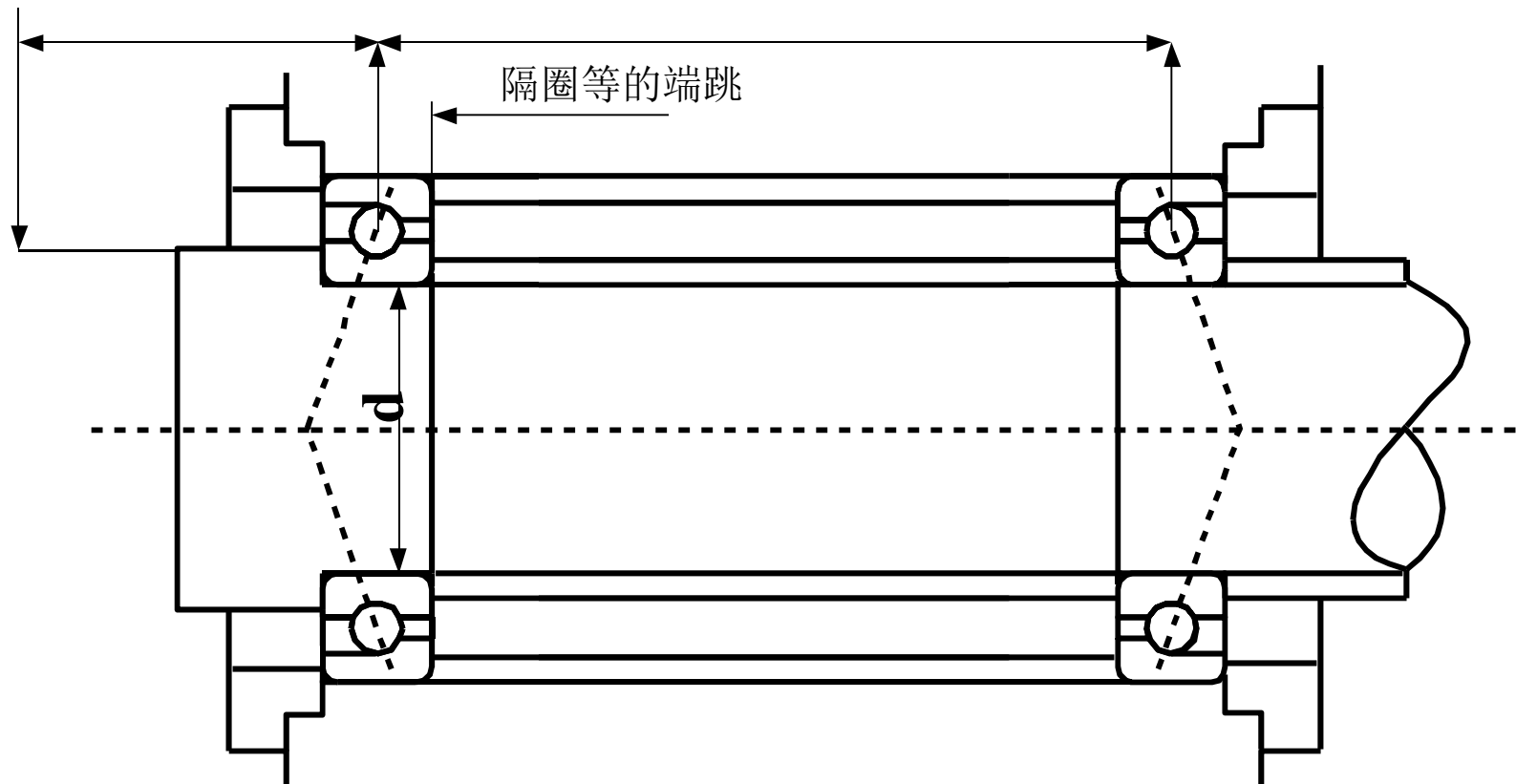
轴承安装倾斜后的运转状态



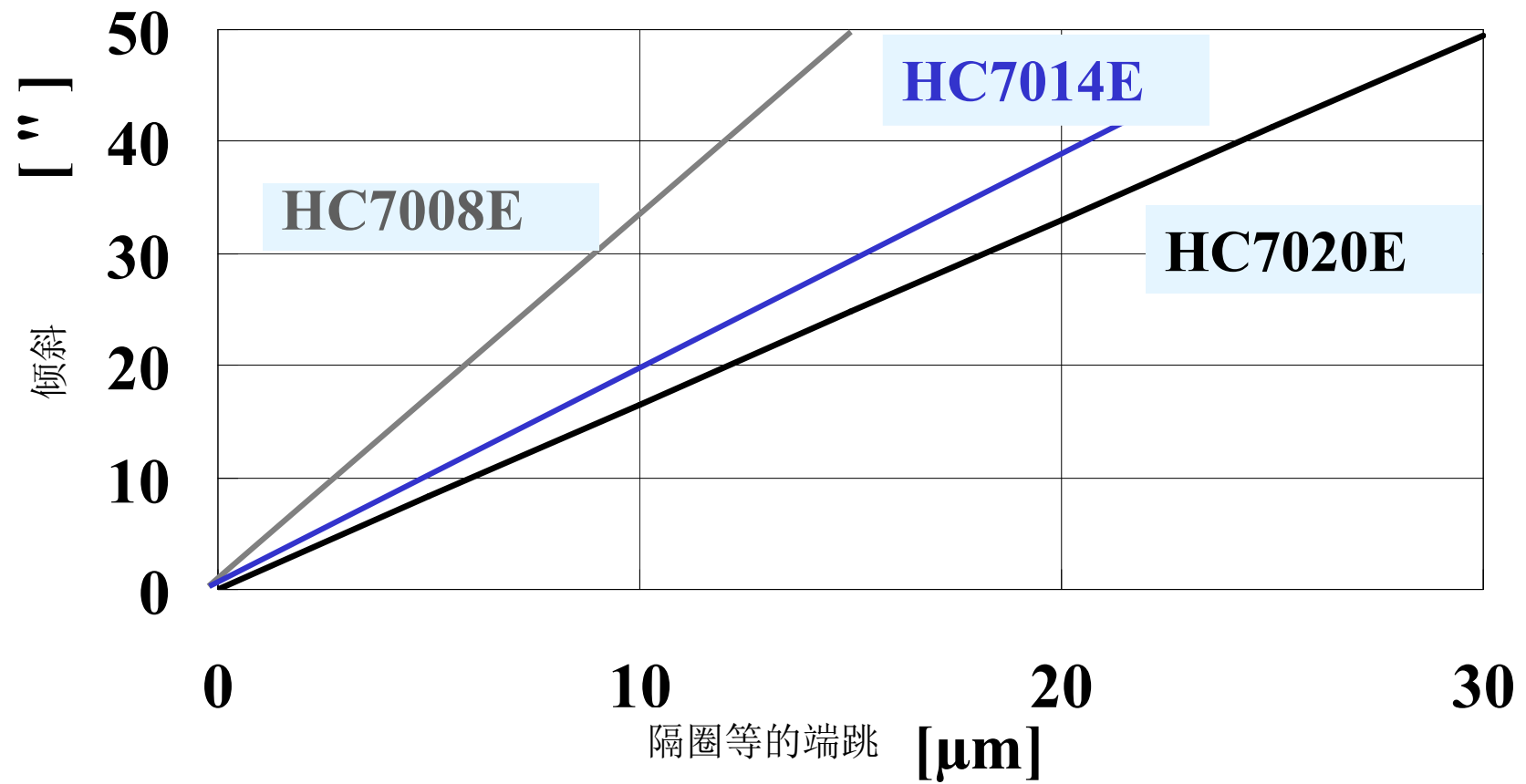


隔圈对主轴精度的影响

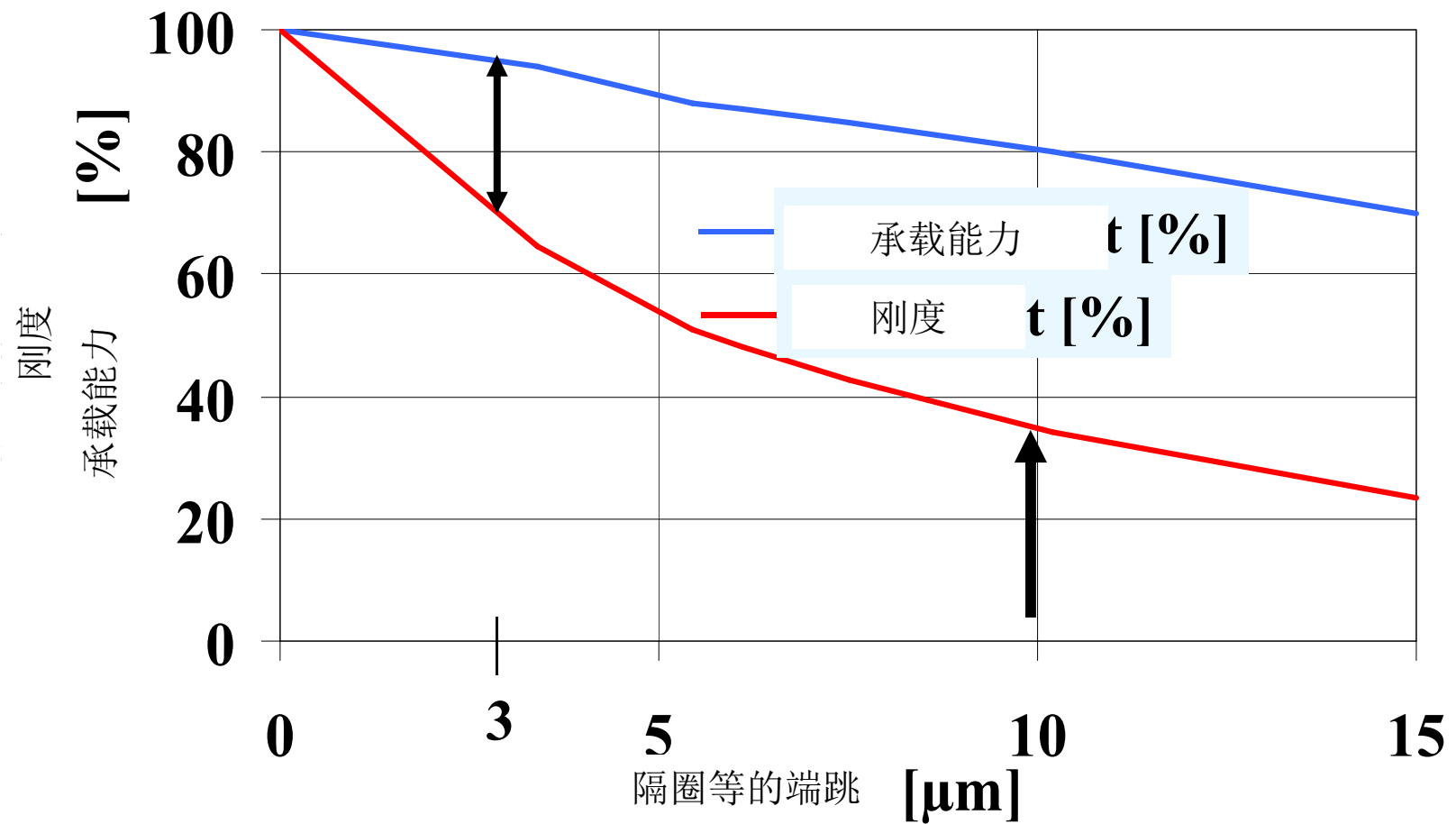
- 隔圈的端跳 → 轴承倾斜 → 刚度、承载能力下降

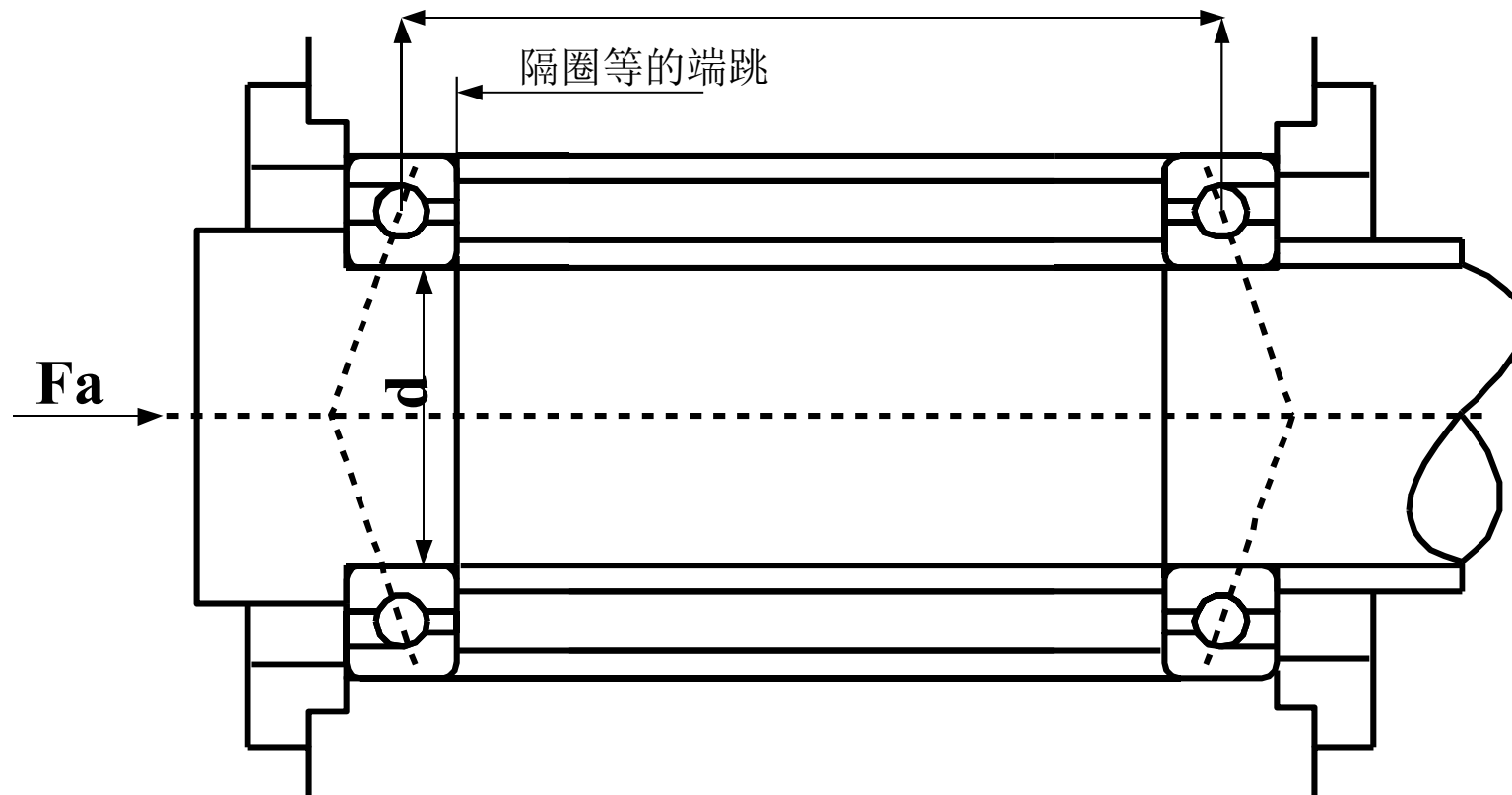


轴承倾斜与隔圈等的端跳的关系

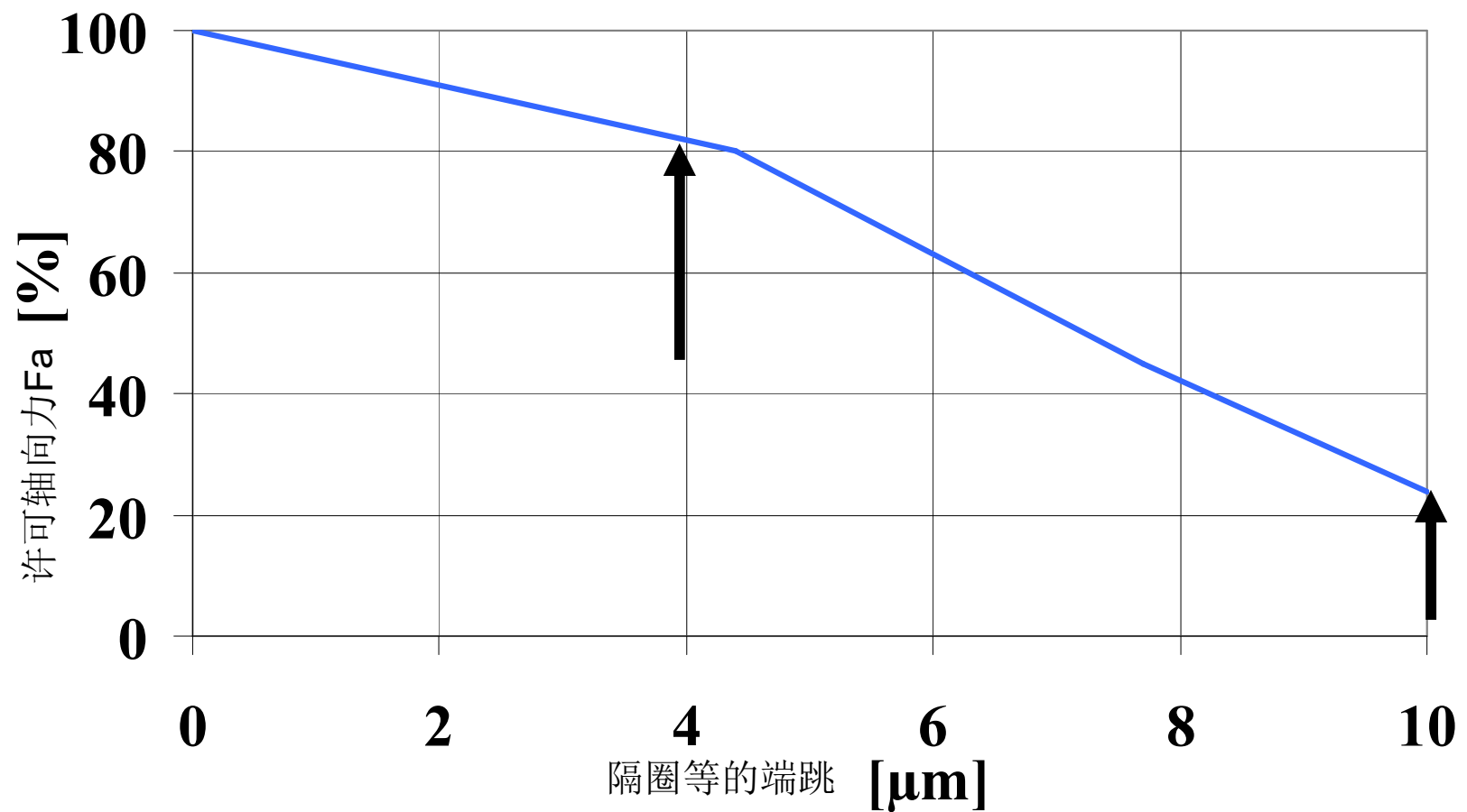


轴承倾斜对轴承承载能力和刚度的影响 (HC7008E)





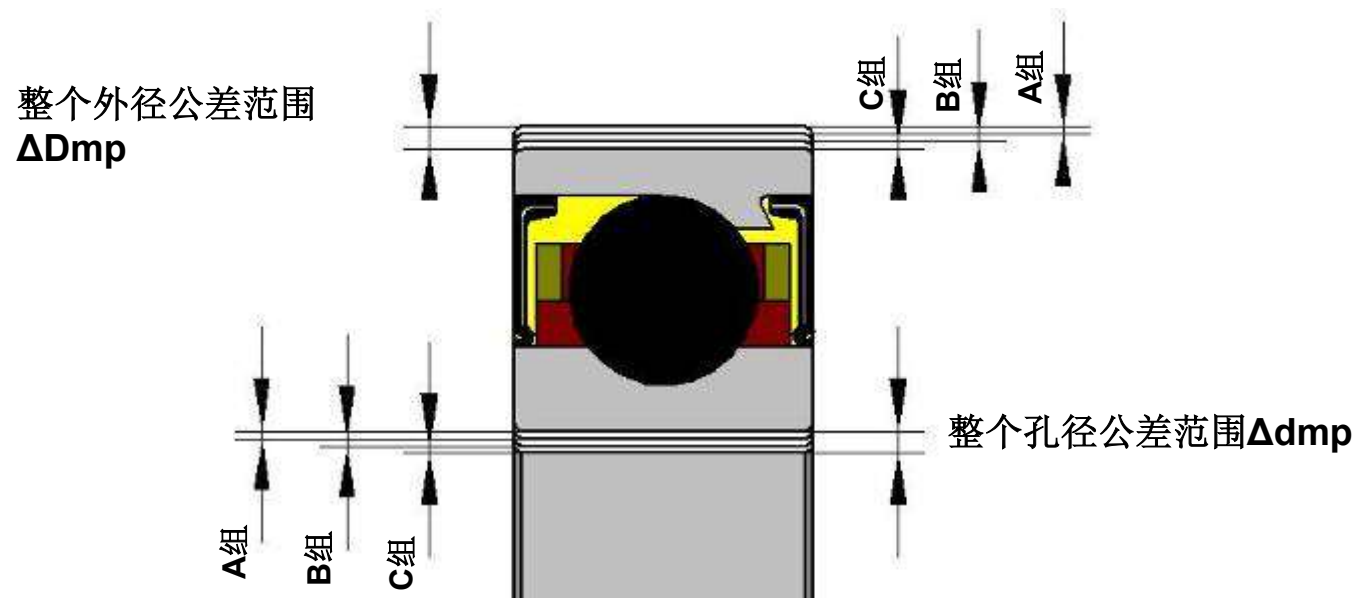
隔圈等的端跳与许可轴向力 F_a 的关系 (HC7014E)



目录

- 安装注意及不当安装的影响
- 主轴轴承安装
- 超精圆柱滚子轴承安装

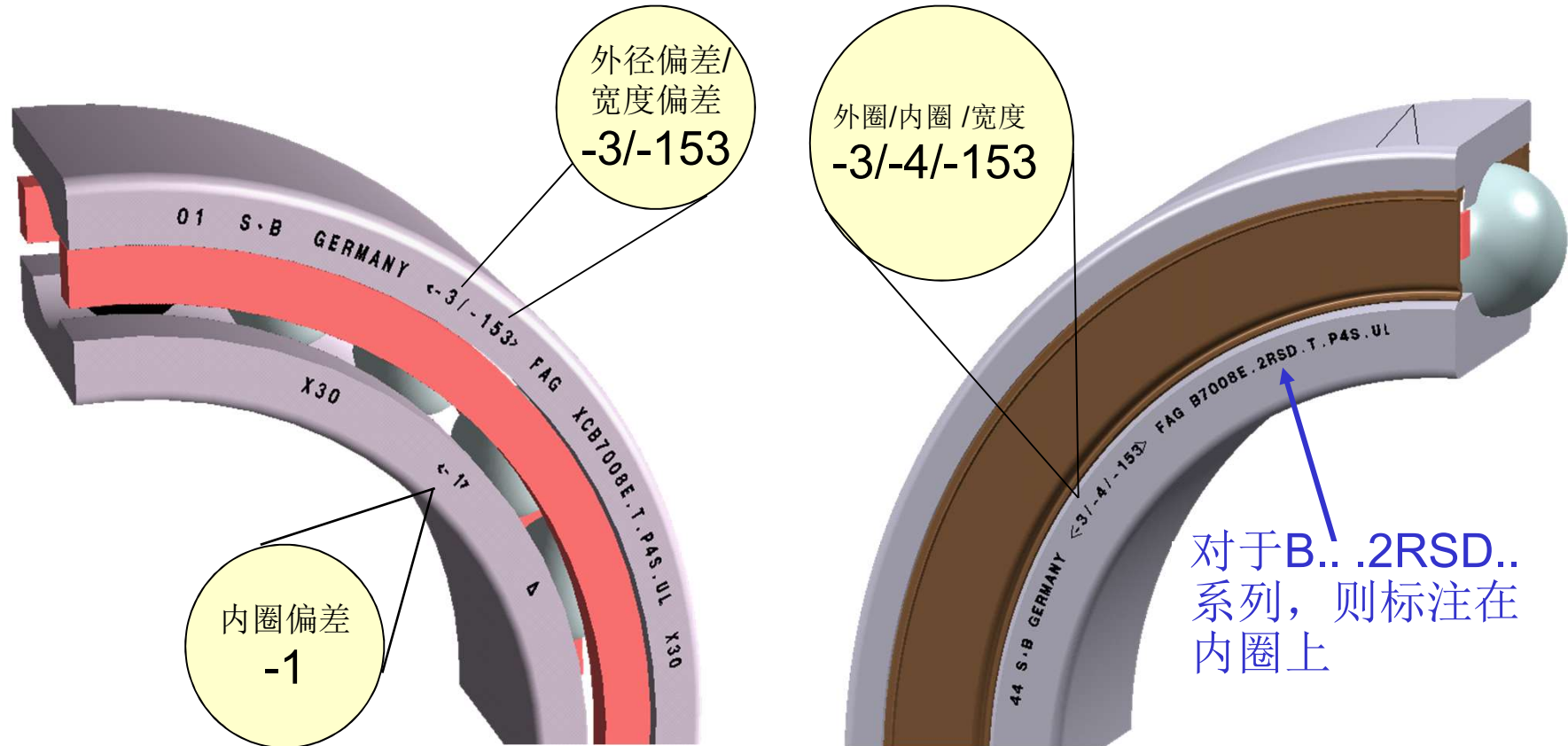
公差和精度等级 直径实际值的分组



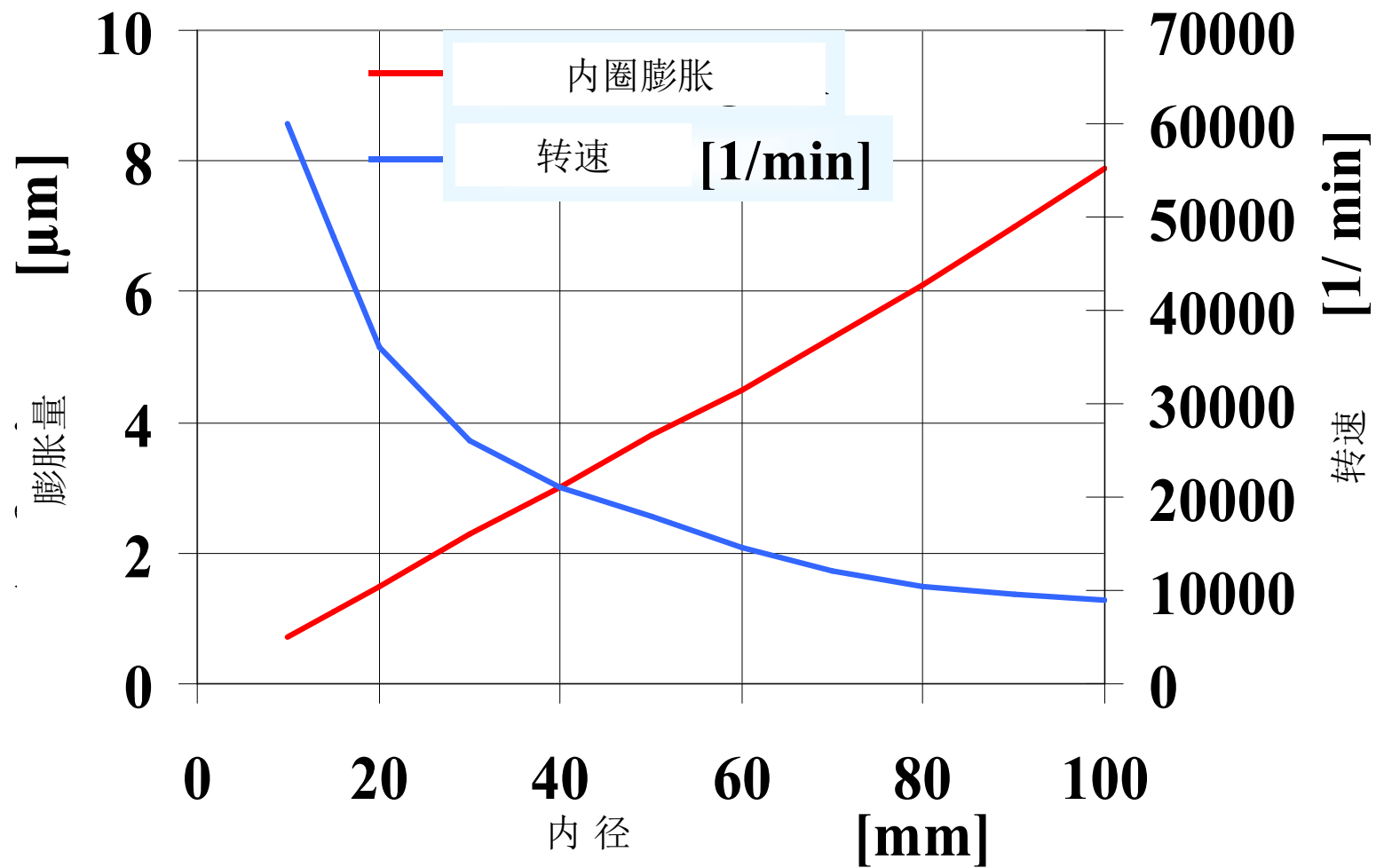
整个公差范围 $\Delta d_{mp} / \Delta D_{mp}$ [μm]		分组及标记实际值								
		A组 [μm]		标记 值	B组 [μm]		标记 值	C组 [μm]		标记 值
大于	小于	大于	小于	< >	大于	小于	< >	大于	小于	< >
0	-9	0.0	-3.0	-1	-3.0	-6.0	-4	-6.0	-9.0	-7
0	-10	0.0	-3.0	-1	-3.0	-7.0	-5	-7.0	-10.0	-8
0	-11	0.0	-3.5	-2	-3.5	-7.5	-5	-7.5	-11.0	-9
0	-12	0.0	-4.0	-2	-4.0	-8.0	-6	-8.0	-12.0	-10

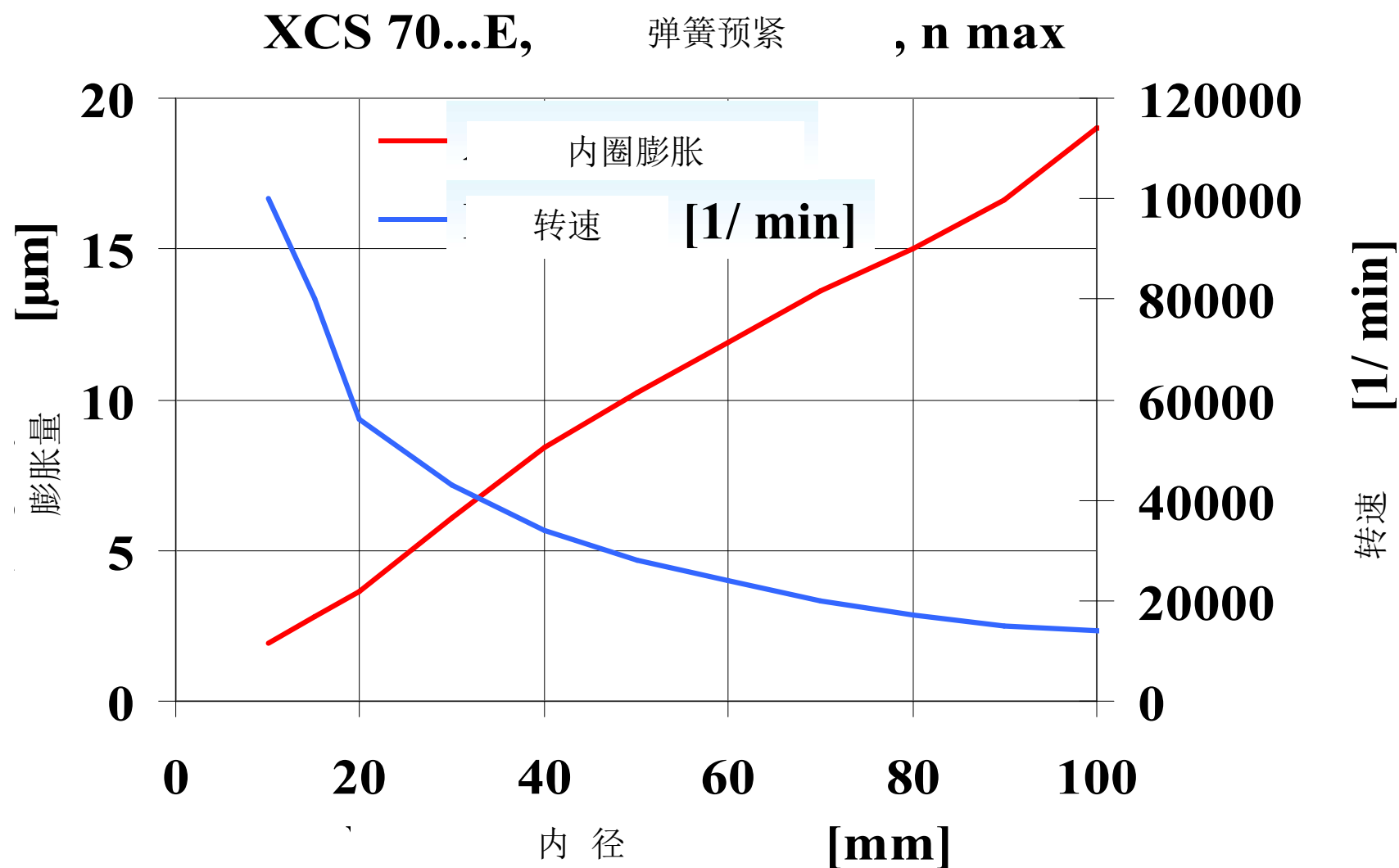
内圈与轴的过盈量

下图为内外径和高度实际偏差，内圈与轴的过盈量取决于最高转速。

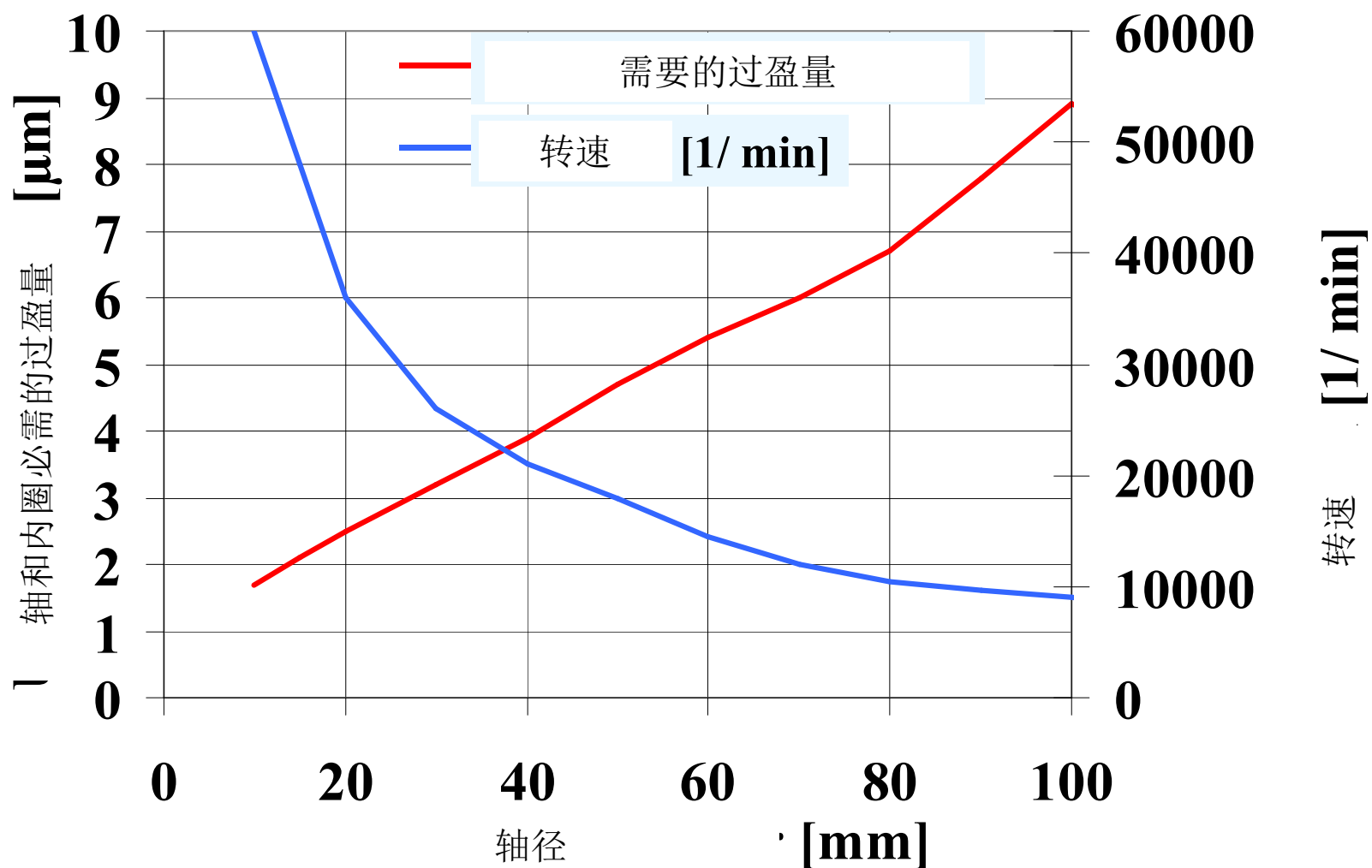


HCS 70...E...QBCL, n max

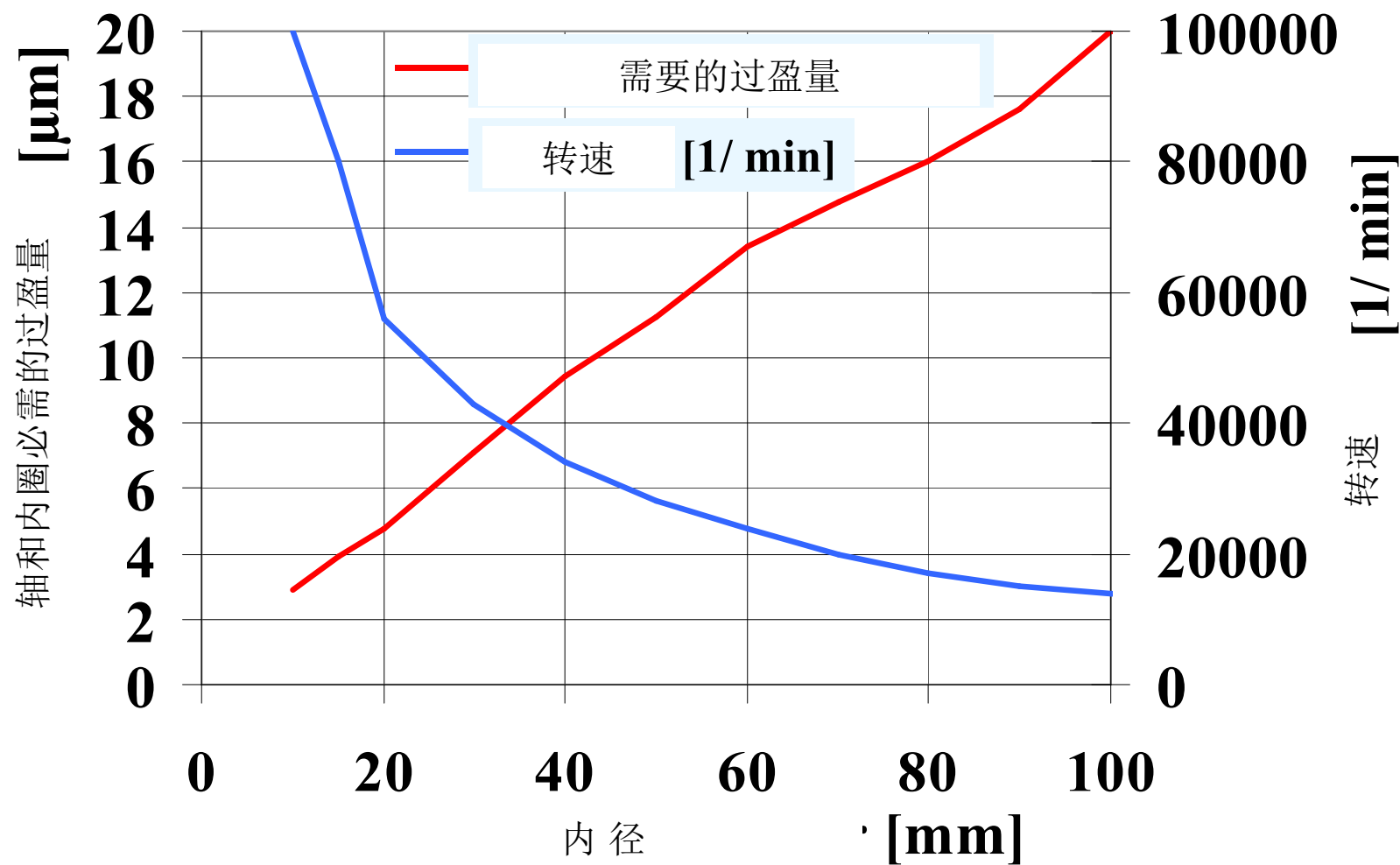




HCS 70...E...QBCL, n max



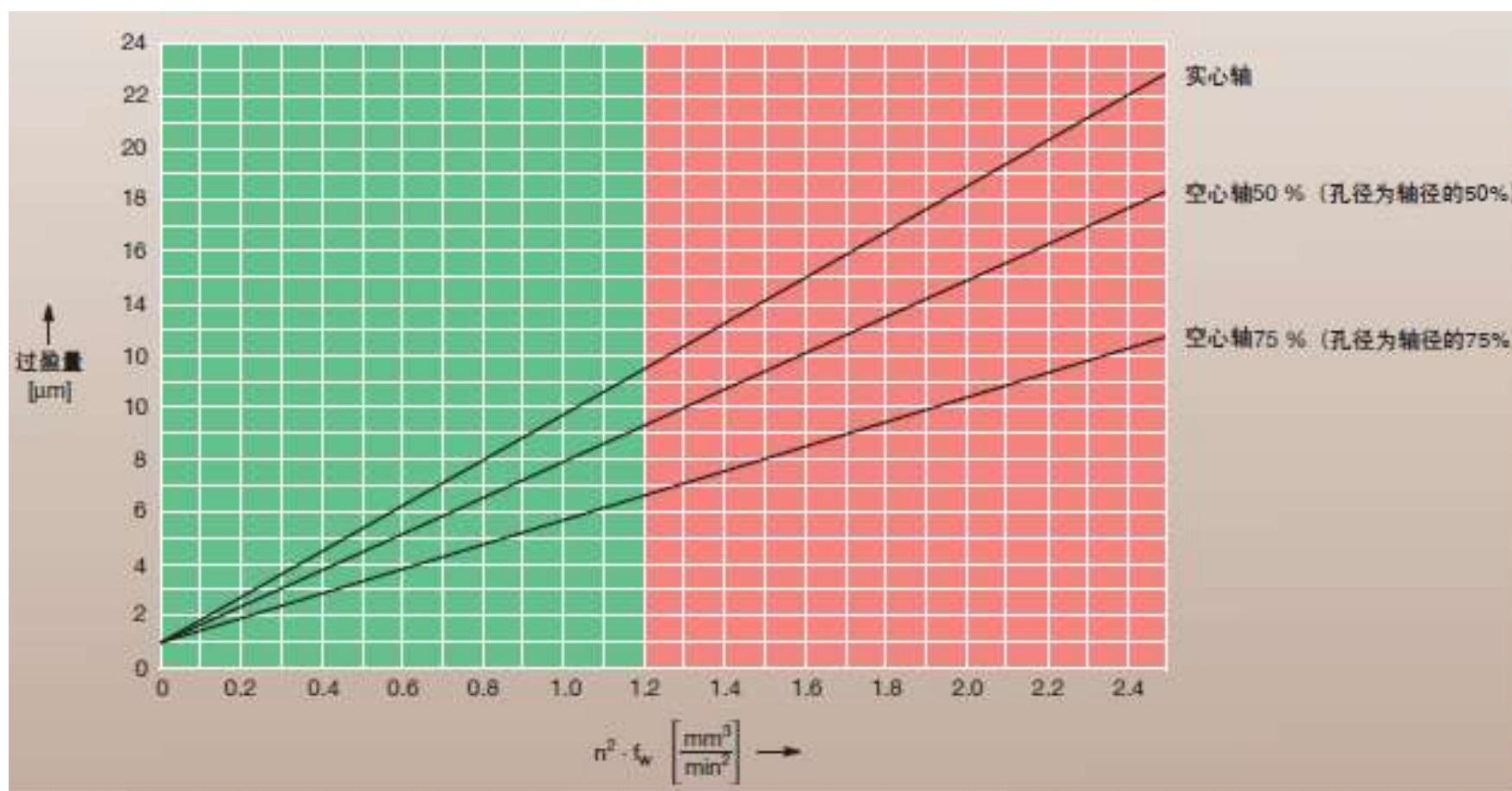
XCS 70..E, 弹簧预紧 n max



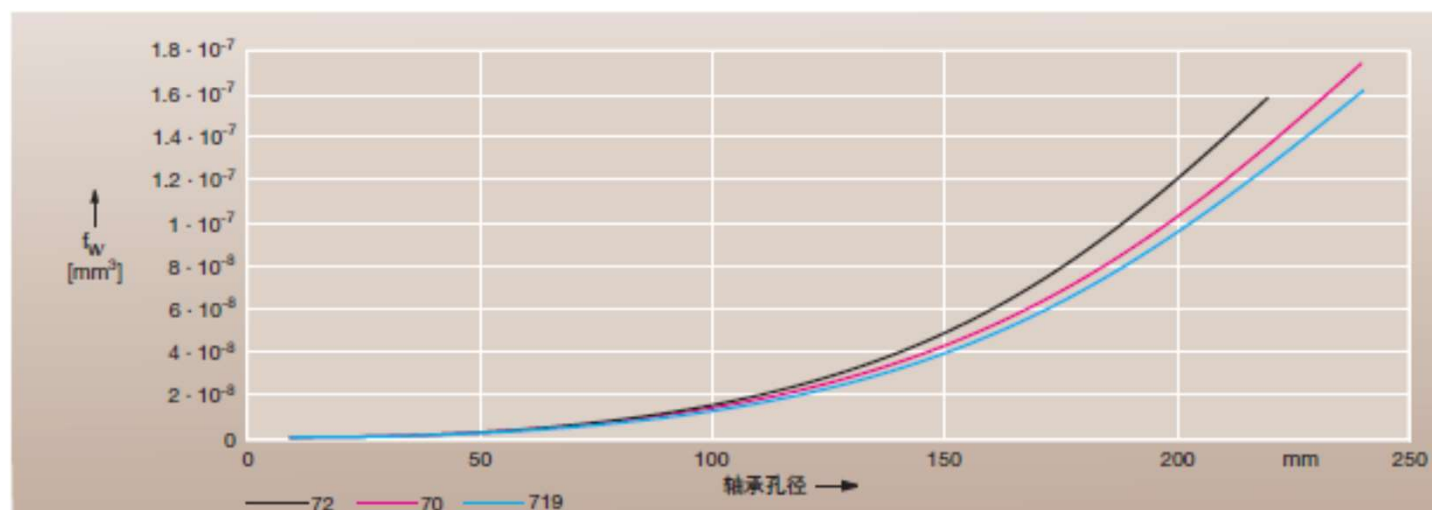
最高转速与过盈量的关系



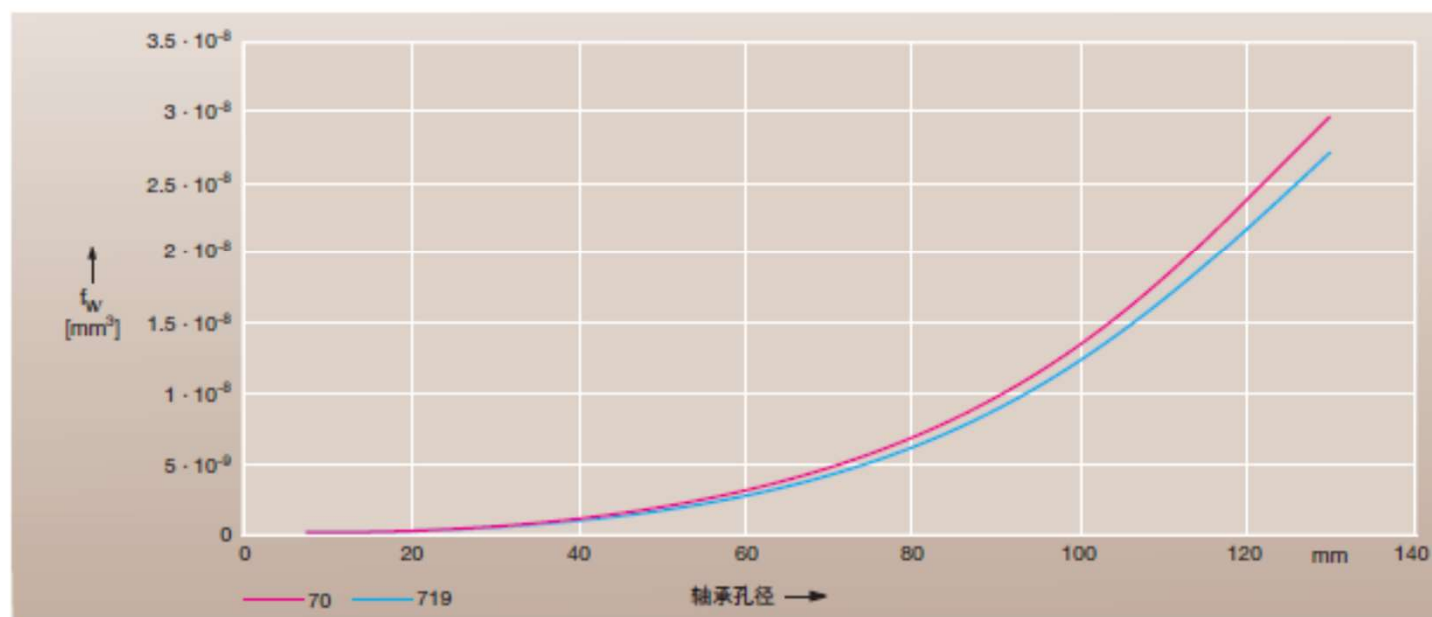
轴承内圈与轴紧配合所需的过盈量可由下图表或由BearinX程序计算得到。



最高转速与过盈量的关系 查询fw值的图表



12: 系数 f_w 用于内圈和轴由转速决定的配合, 适用于轴承系列B, HCB, XCB



13: 系数 f_w 用于内圈和轴由转速决定的配合, 适用于轴承系列B, HC, XC

以上都是安装设计，
以下是安装指导

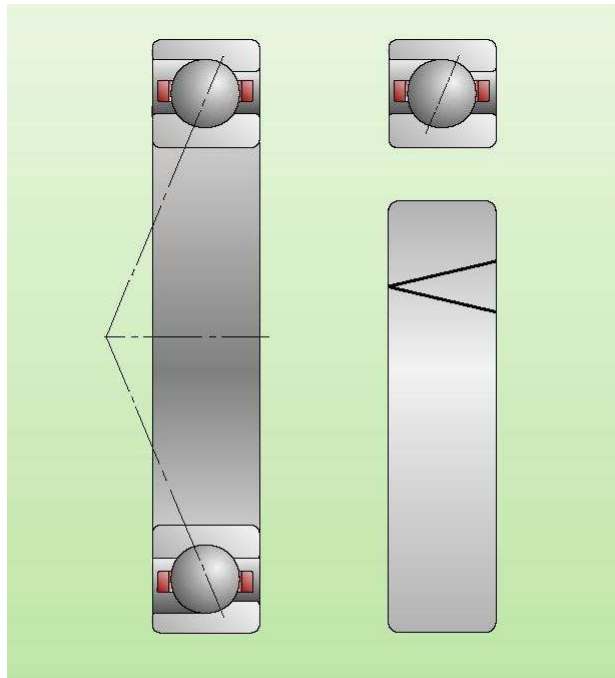
安装前，检查包装有
无破损。

主轴轴承的
包装如右图

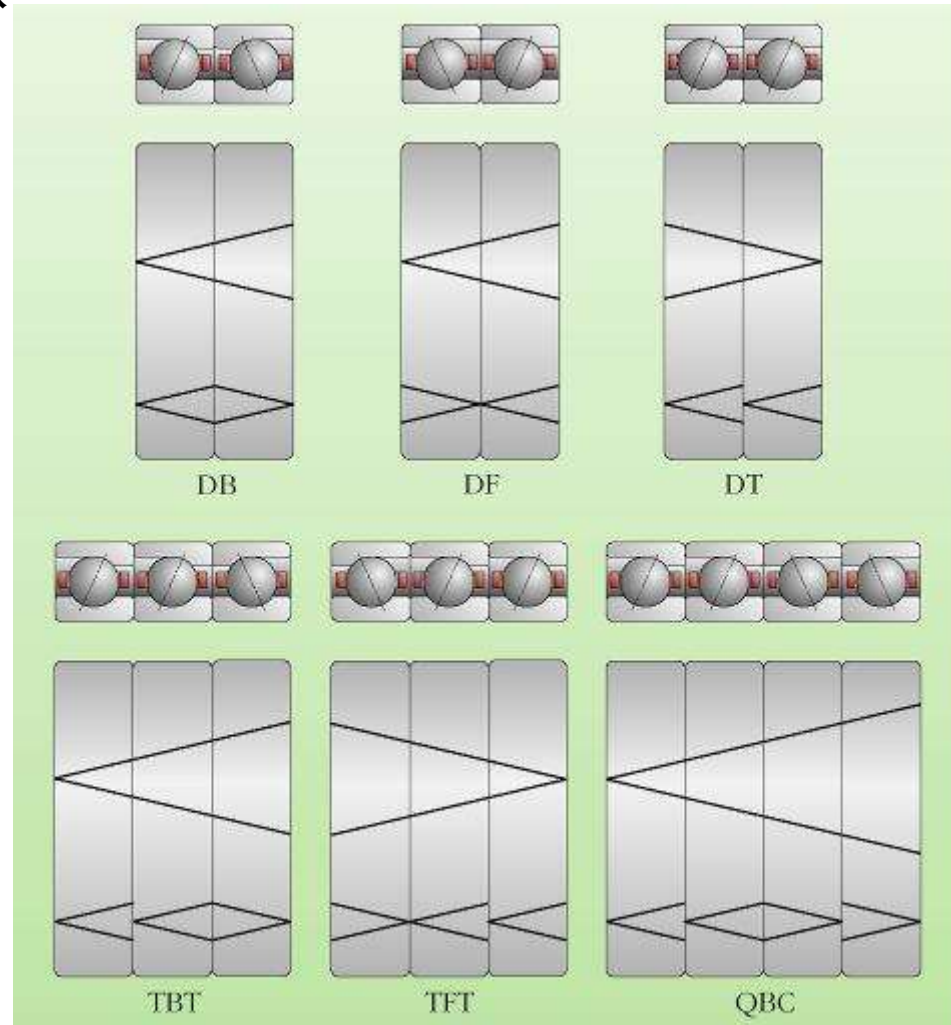


主轴轴承 – 单个和配组

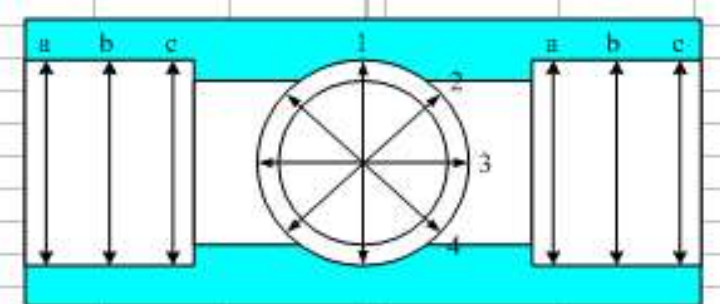
如果是配对轴承，要保持大小两个标记都吻合；万能配对（后缀为U）的轴承没有大的标记。



47: 单个轴承的接触角标记



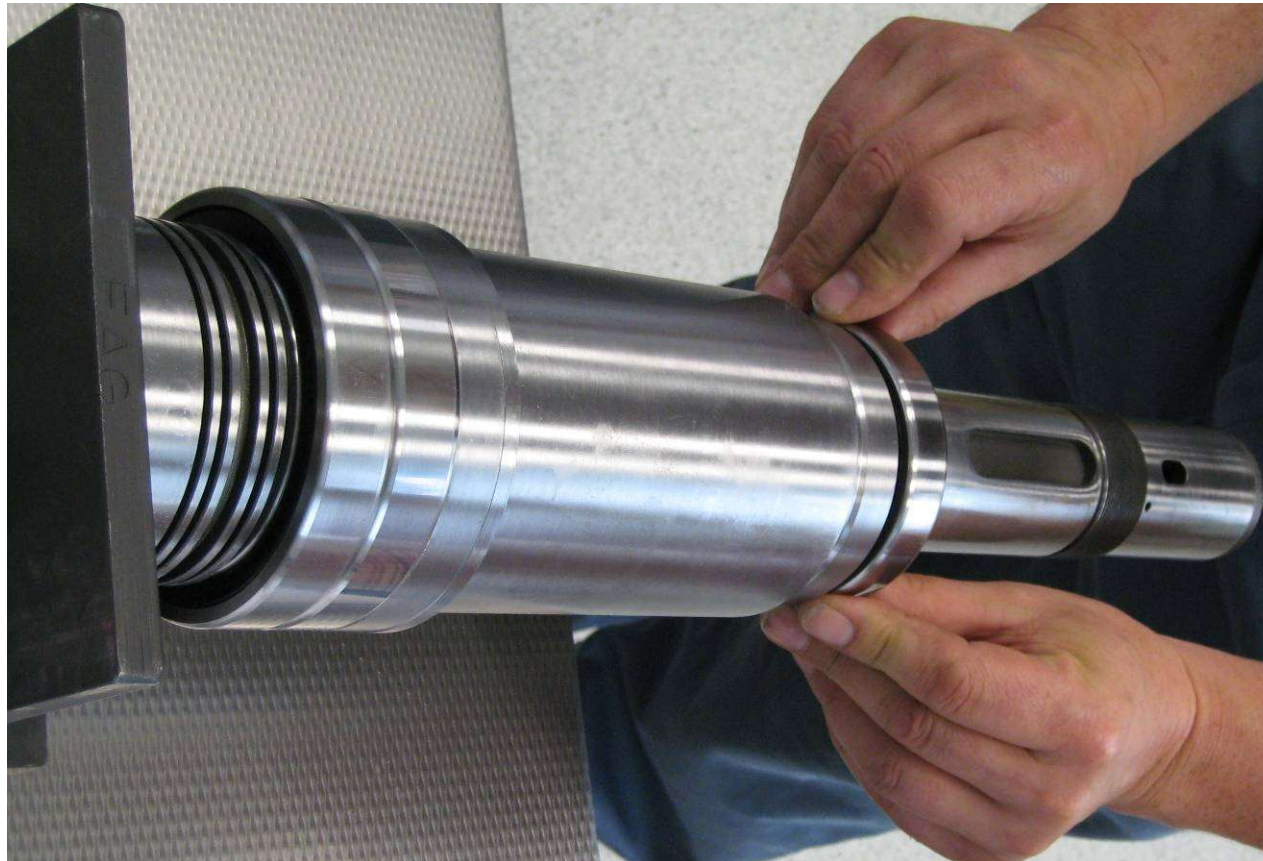
48: 即装即用轴承组示例

机型型号: _____	图纸号: _____	安装日期: _____	
轴			
座			
前端 轴颈直径d: _____ 公差: _____		后端 轴颈直径d: _____ 公差: _____	
	平面a	平面b	平面c
位置1			
位置2			
位置3			
位置4			
座孔直径D: _____ 公差: _____		座孔直径D: _____ 公差: _____	
	平面a	平面b	平面c
位置1			
位置2			
位置3			
位置4			
备注: _____			

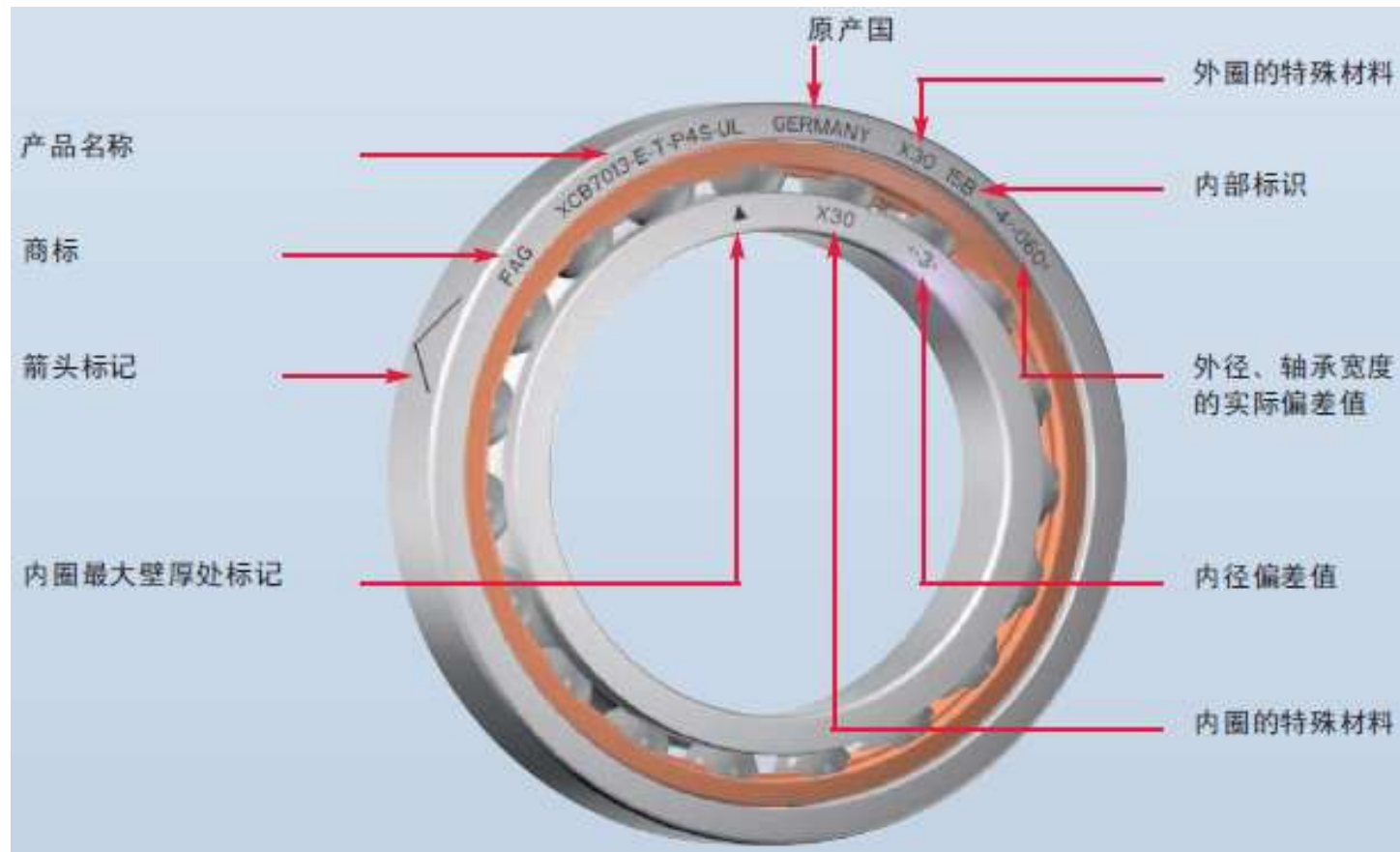
安装前检测轴和轴承座的尺寸公差并记录。

测量方法如左图所示，直径要测三个以上的径向平面，每一个径向平面上要测量4个方向。

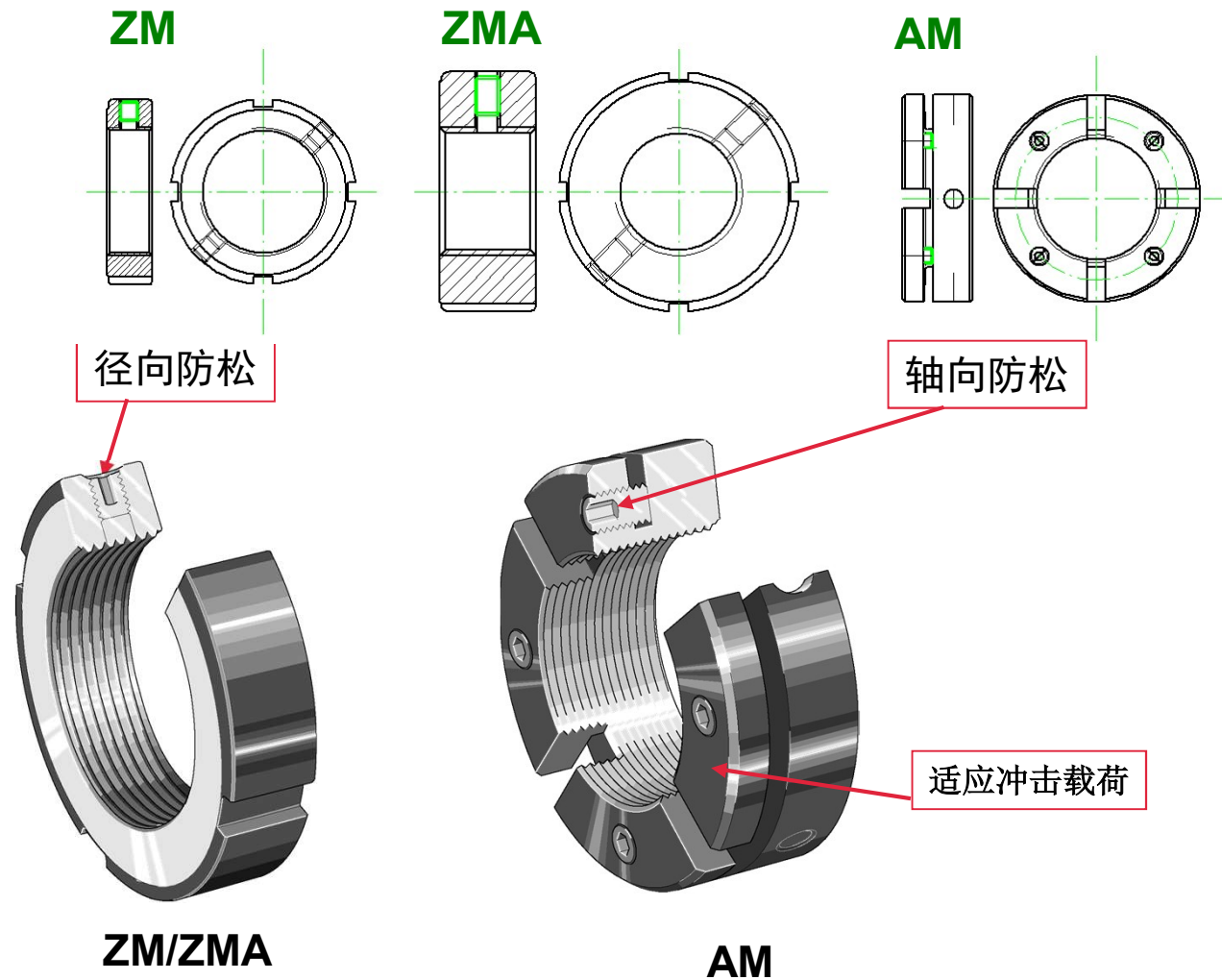
把主轴固定在安装台架上，再依次安装轴承和隔圈，为了便于安装，可以在配合面上抹上少许油或油脂。



保证轴承组内各个轴承内圈端面上的最大壁厚标记在同一个径向平面内的同一侧，且与轴的最大跳动点对置180°。



轴承和隔圈安装好后，要进行锁紧，以下是精密锁紧螺母的介绍





等温度稳定到室温后，用3到4倍的钳紧力(超精密轴承样本206页)把轴承压到轴肩上。这样可以检查轴承安装的效果。如果内圈没有紧靠上，通常在松开时会发出咔嗒声。为了可靠地施加钳紧力，推荐采用液压装置进行安装。

最后用样本表格中的锁紧力矩MA拧紧锁紧螺母，然后按指定力矩拧紧螺母的防松螺栓。

注：

锁紧螺母锁紧力矩仅针对我司锁紧螺母，各个公司的数值会有所差别。



检测轴系的跳动是否符合要求。



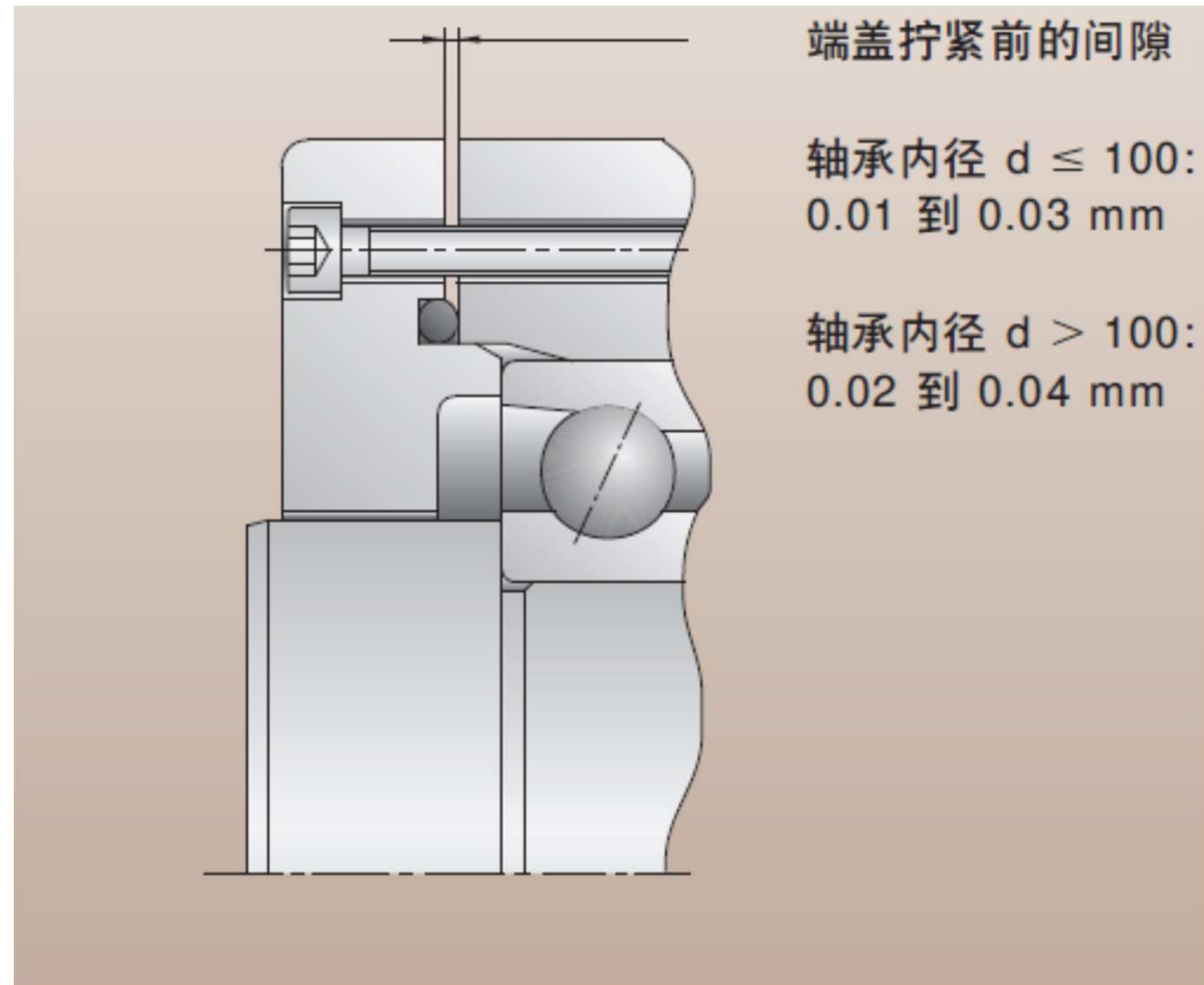
最后安装轴承座。



外圈的锁紧



为了获得最好的性能或实现主轴相对轴承座的精确定位，必须作一些特殊的调整处理，如用于轴承外圈在轴承座里轴向夹紧的端盖，在加紧前与轴承座端面留有间隙。



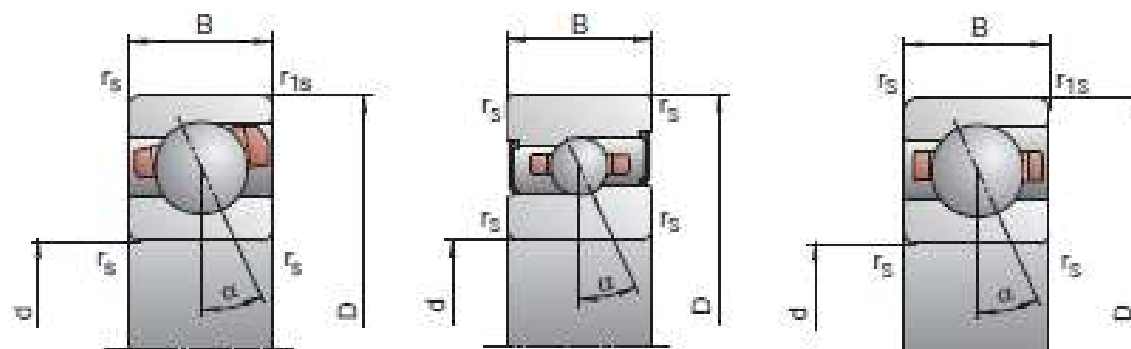
端盖拧紧前的间隙

轴承内径 $d \leq 100$:
0.01 到 0.03 mm

轴承内径 $d > 100$:
0.02 到 0.04 mm

端盖安装调整间隙的建议值

单个轴承的轴向刚度可在样本查到



η***		轴向刚度*** c _a			密封 设计*	重量 kg	轴承型号 FAG
M	H	L	M	H			
		N/μm					
695	1638	47.7	87.8	130.1	—	0.14	B71815-C-TPA-P4
881	2150	116.8	187.3	264.5	—	0.14	B71815-E-TPA-P4
377	933	39.8	75.6	111.2	—	0.14	HCB71815-C-TPA-P4
434	1180	103.0	163.0	235.4	—	0.14	HCB71815-E-TPA-P4
1991	4460	68.5	118.8	172.7	▪	0.35	B71915-C-T-P4S
2721	6055	156.2	258.3	353.3	▪	0.35	B71915-E-T-P4S
1025	2336	57.7	99.6	141.7	▪	0.30	HCB71915-C-T-P4S

轴承组的轴向刚度

轴承组的轴向刚度系数如下

轴承布置	后缀	c_a N/ μ m	K_{aE} $\alpha = 15^\circ$ 和 $\alpha = 25^\circ$ N
	DB	$c_a^{1)}$	$3 \cdot F_V$
	TBT	$1.64 \cdot c_a$	$6 \cdot F_V$
	QBC	$2 \cdot c_a$	$6 \cdot F_V$
	QBT	$2.24 \cdot c_a$	$9 \cdot F_V$
	PBC	$2.64 \cdot c_a$	$9 \cdot F_V$

K_{aE} = 卸载力	F_V = 预紧力	¹⁾ 轴承表
----------------	-------------	-------------------

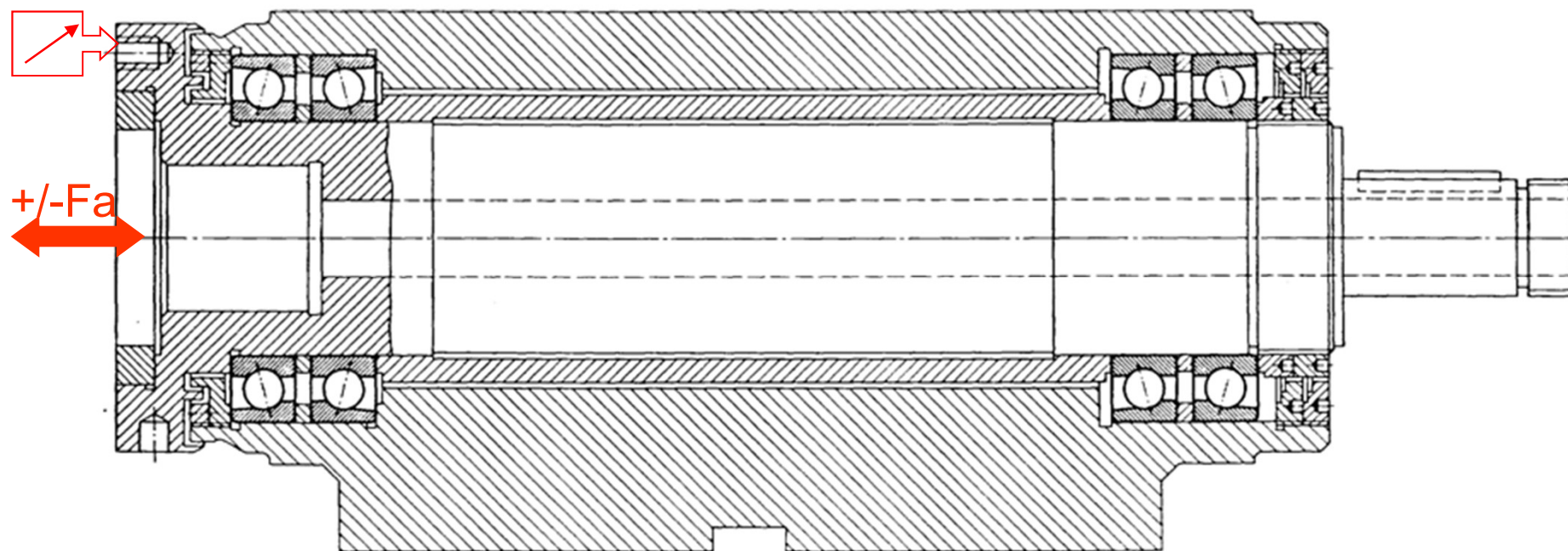
轴承安装的成功与否，也可通过检查轴向刚度是否满足来验证。



检查轴向刚性 S_a 来验证安装是否成功，在轴端施加一个力，测量轴向位移量后算出轴向刚性（下两页）是否符合。

测量轴向变形量 Δa_x [N/ μ m]

$$S_a = F_a / \Delta a_x \text{ [N}/\mu\text{m}]$$



选择正确的润滑脂



FAG ARCANOL L075是一种高性能的润滑脂，广泛应用于高速下外圈恒温且最高不超过80°C的主轴轴承。由于液体冷却的作用，电主轴的温度很难会升到80°C，L075已经成为主轴轴承的标准润滑脂。

FAG ARCANOL L210是另一种高速润滑脂。因为其基础油粘度较高，因此可用于超过80°C可达100°C的场合。

FAG ARCANOL L055是一种高负荷油脂，最常用于滚珠丝杠驱动的轴端轴承、转台轴承和车床尾座中央轴承的配置等场合，实践证明效果很好。

FAG润滑脂ARCANOL	L075	L210	L055
油脂牌号 DIN 51 502	KE3K-50	KHC3P-40	KP2N-40
增稠剂	聚脲	聚脲	锂
基础油	PAO/脂	PAO/脂	矿物油+脂
基础油粘度mm ² /s 在40 °C 在100 °C	22 5	65 10	85 12.5
稠度	3	3	2
无使用寿命的工作温度°C	不超过80	不超过100	不超过70
最大转速指数* mm/min	2 000 000	1 300 000	800 000
应用	高速油脂		高压油脂
标准润滑脂用于	HSS,HCS,XCS B,HCB...2RSD		
比重 (近似) g/ccm	0.92	0.88	0.9
* 转速指数n · d _m 为轴承平均直径和转速的乘积 (适用于点载荷)			

合适的填脂量 超精轴承样本179页



孔径代码	润滑脂量/轴承系列									
	HS719	HS70	B719	B70	B72	N10	N19	NN30	NNU49	2344
	HC719	HC70	HC B719	HCB70	HC B72					2347
	XC719	XC70	XCB719	XCB70	XCB72					
cm ³										
6		0.12		0.04						
7		0.13		0.06						
8		0.17		0.11						
9		0.21		0.10						
00	0.17	0.26	0.09	0.17	0.26					
01	0.18	0.28	0.10	0.21	0.36					
02	0.28	0.46	0.17	0.32	0.48					
03	0.32	0.58	0.17	0.42	0.68					
04	0.58	0.98	0.36	0.76	1.12					
05	0.68	1.14	0.40	0.86	1.44					
06	0.92	1.72	0.42	1.12	2.10	0.69		0.76		3.90
07	1.18	2.20	0.64	1.74	3.00	0.91		0.95		5.00
08	1.62	2.60	1.36	2.35	3.80	1.15		1.14		6.10
09	2.10	3.65	1.60	3.00	4.55	1.44		1.61		7.80
10	2.35	4.00	1.74	3.30	5.45	1.56	0.81	1.74		8.35
11	3.40	5.95	2.20	4.60	6.50	2.25	1.05	2.55		12.20
12	3.60	6.40	2.50	4.95	8.00	2.45	1.13	2.70		12.20
13	3.90	6.80	2.65	5.30	9.35	2.60	1.20	2.85		13.30
14	5.80	9.20	4.35	7.10	10.80	3.10	2.05	4.20	2.90	17.80
15	6.10	9.70	4.60	7.50	12.90	3.30	2.20	4.45	3.10	18.90
16	7.00	12.80	4.90	9.65	12.30	4.30	2.30	6.10	3.25	25.60
17	8.55	13.40	6.80	10.30	18.30	4.50	3.15	6.40	4.50	27.80
18	9.40	17.70	7.10	13.30	19.10	5.75	3.30	7.85	4.75	38.90
19	9.85	18.40	7.45	13.90	26.10	6.00	3.45	8.20	4.95	38.90
20	12.80	19.20	9.70	14.60	27.20	6.20	4.05	8.50	6.25	44.40
21	13.30	24.60	10.10	15.00	36.30	7.75	4.25	10.60	6.50	61.10
22	14.70	28.20	10.40	21.90	43.90	8.50	4.45	13.70	6.75	61.10
24	17.90	30.30	14.20	23.60	38.80	9.05	5.85	15.90	10.10	66.70
26	24.00	43.70	18.10	36.10	41.90	14.90	7.65	21.20	13.60	105.60
28	25.60	46.30	19.30	38.30	58.60	15.70	8.05	24.10	12.10	116.70
30	37.80	57.10	28.40	44.70	81.30	19.00	12.00	29.30	21.20	138.90
32	39.90	69.70	30.00	58.20	102.90	23.00	12.60	37.20	22.40	172.20
34			31.70	65.30	120.40	30.80	13.30	48.80	23.60	227.80
36			47.40	94.90	125.70	38.30	19.10	63.50	32.70	316.70
38			50.00	99.10	155.40	55.80	20.00	67.40	34.20	311.10
40			70.60	118.30	187.80	67.90	29.70	86.70	54.50	411.10
44			68.30	172.60	250.10	72.50	32.10	110.10	59.00	522.20
48			73.70	185.30		112.50	34.50	127.50	63.60	622.20
52			118.20	267.00		119.10	52.60	177.30	109.50	833.30
56			126.00	283.90		157.70	55.90	196.70	116.60	850.00

HS、HC和XC系列的主轴轴承，可提供内含润滑脂的密封式设计；相应型号为HSS、HCS和XCS。
B719、B70和部分B72主轴轴承也同样提供内含润滑脂的密封式设计；后缀为2RSD，请见轴承表。

安装结束后的 磨合与动平衡

脂润滑



磨合过程包括若干个按不同转速和持续时间进行的起停操作，每次运转结束后的停顿时间尤为重要。所需的起停操作循环次数视轴承尺寸、轴承数量、最高转速以及轴承环境而定。建议监测磨合期间的温度。



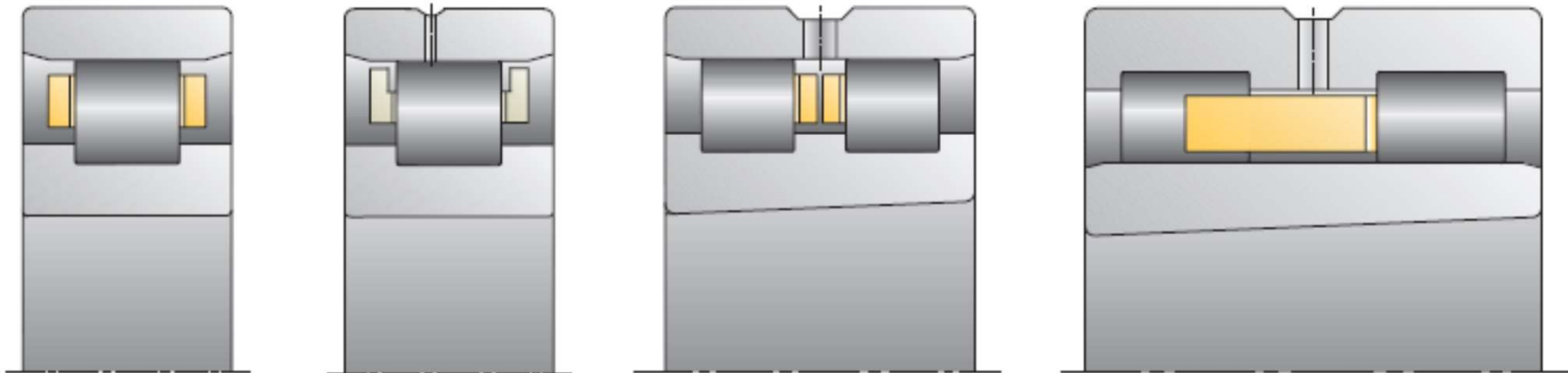
目录

- 安装注意及不当安装的影响
- 主轴轴承安装
- 超精圆柱滚子轴承安装

安装锥孔圆柱滚子轴承

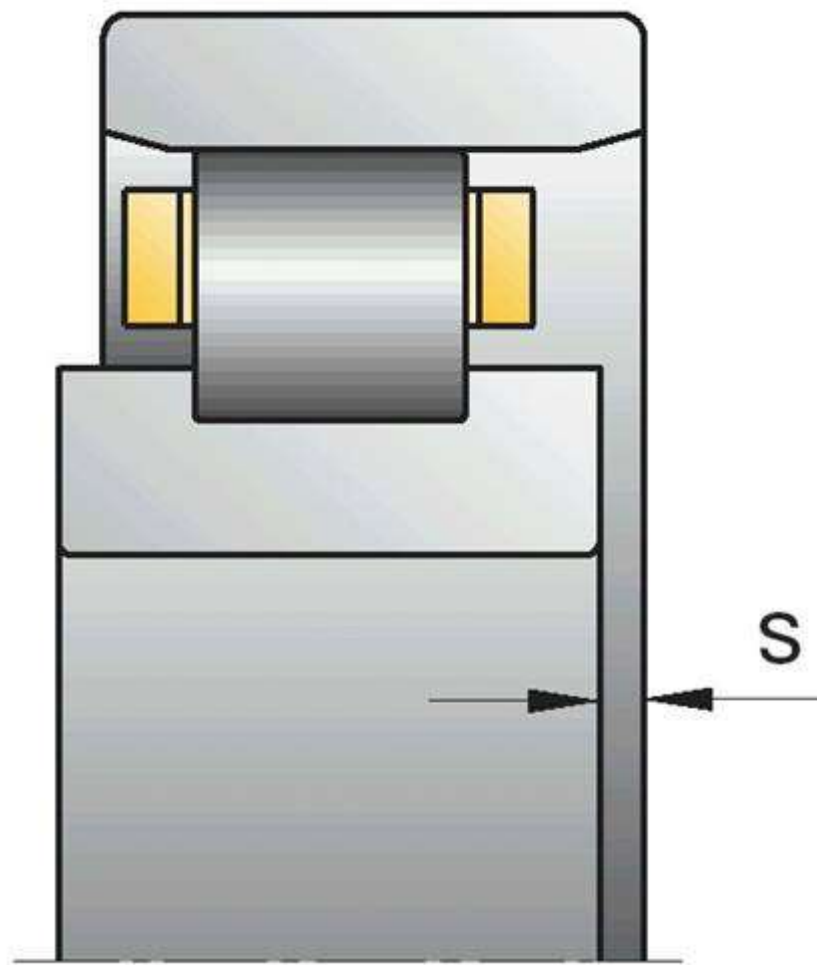


**N10, N19, HCN10
NN30, NNU49**



See FAG publication No. WL 80 200/2EA

圆柱滚子轴承具有浮动功能，但允许的横向位移量不能超过S（参阅样本）。



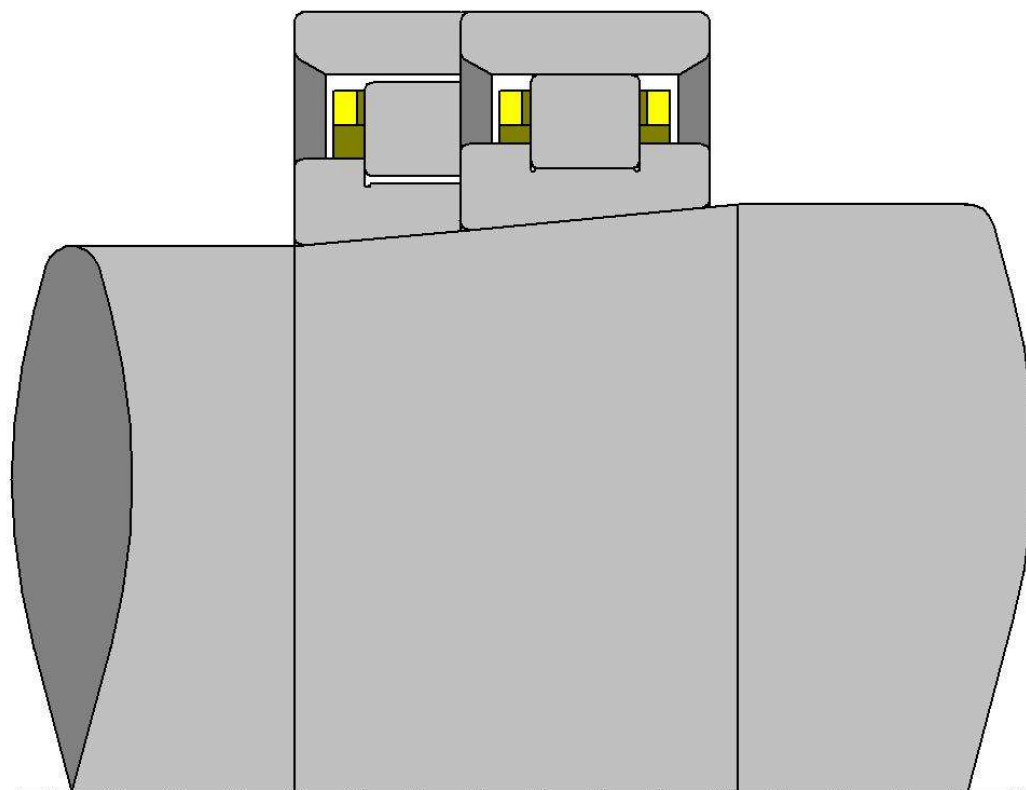
最高转速与游隙的关系

圆柱滚子轴承

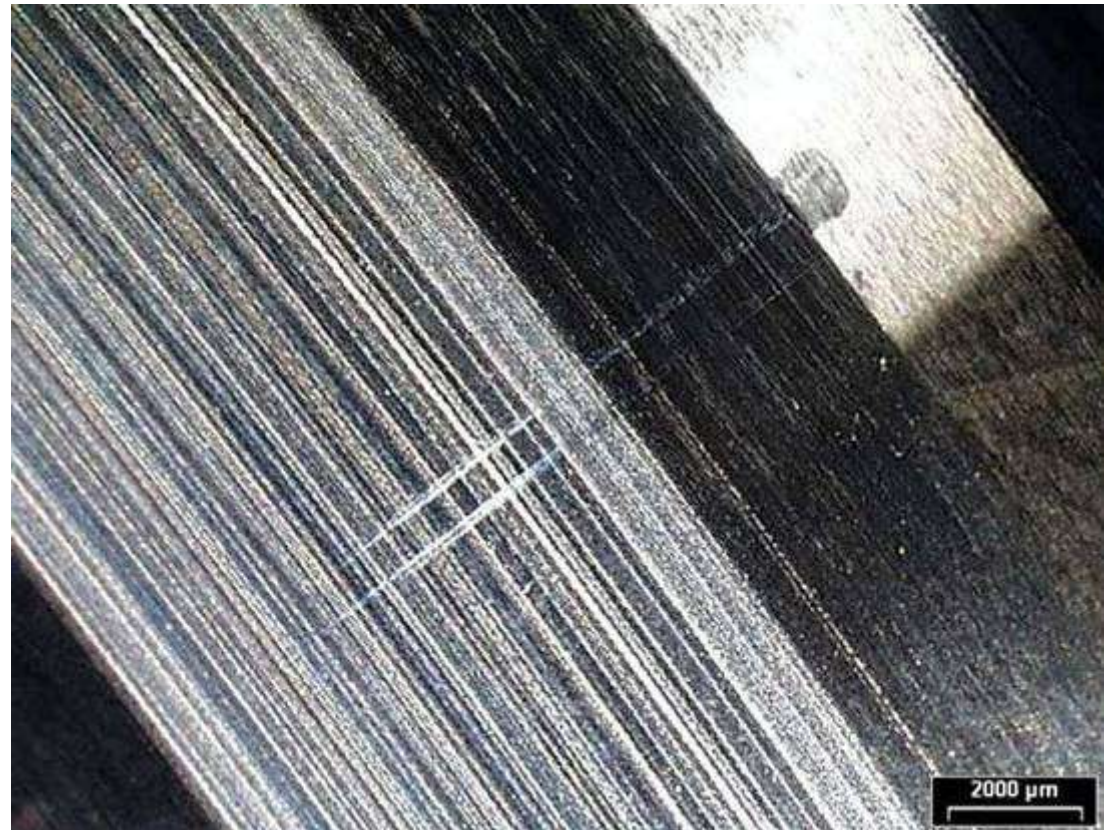
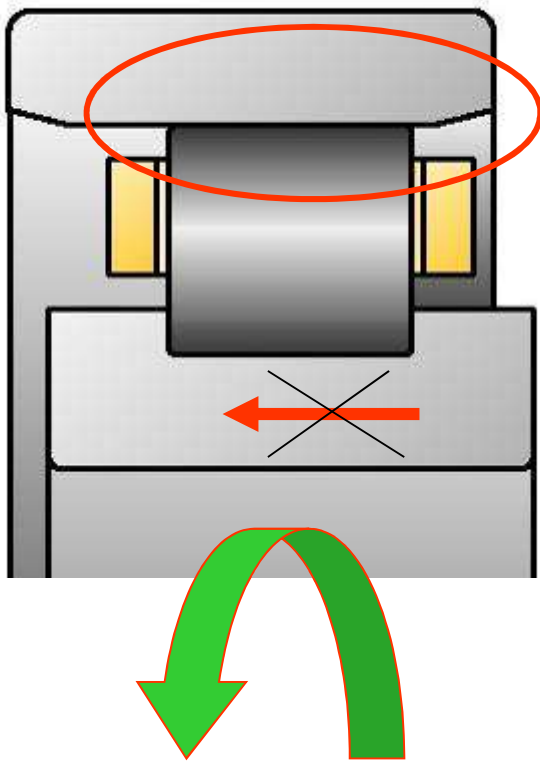


安装游隙/预载	极限转速
单列圆柱滚子轴承	
- 5 ... 0 [μm]	$< 0.75 \cdot n^*$ 脂润滑
0 [μm] (零游隙))	$0.75 \dots 1.0 \cdot n^*$ 脂润滑
0 ... 5 [μm]	$1 \dots 1.1 \cdot n^*$ 脂润滑
0 ... 5 [μm]	$1.0 \cdot n^*$ 油润滑
双列圆柱滚子轴承	
- 5 ... 0 [μm]	$< 0.50 \cdot n^*$ 脂润滑
$2 \cdot 10^{-5} \cdot d_m$ [mm]	$0.50 \dots 0.75 \cdot n^*$ 脂润滑
$4 \cdot 10^{-5} \cdot d_m$ [mm]	$0.75 \dots 1.0 \cdot n^*$ 脂润滑
$1 \cdot 10^{-4} \cdot d_m$ [mm]	$1.0 \cdot n^*$ 油润滑
* 极限转速请见轴承参数表 $d_m = (d + D)/2$ 这些值作为内外圈温差$\Delta T \leq 5\text{K}$的轴承的参考值。当内外圈温差更大时（电主轴），请咨询舍弗勒公司。	

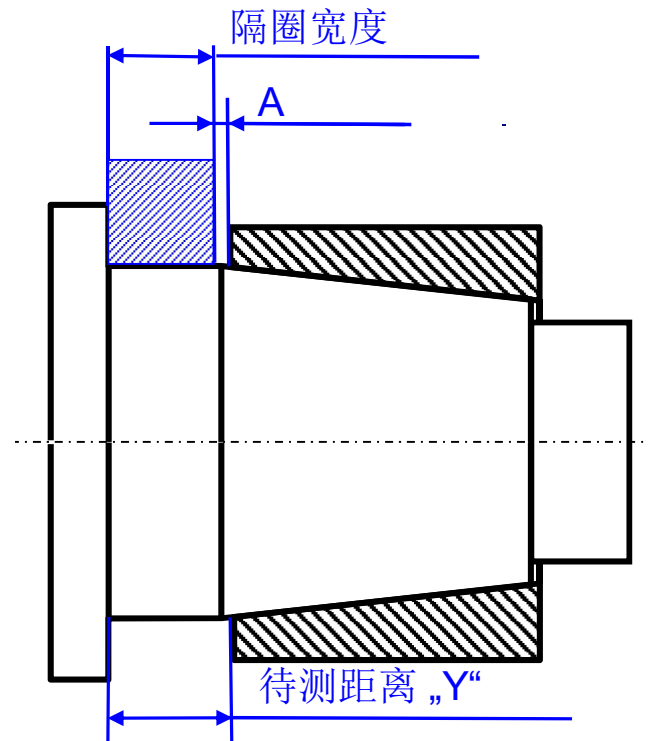
超精密圆柱滚子轴承 安装过程中调整径向游隙



在推进圆柱滚子轴承的同时，缓慢转动轴承，以防内外圈发生倾斜导致滚道受伤。保证内圈相对外圈没有倾斜且主轴安装过程中缓慢转动，就不会产生划痕。



圆柱滚子轴承的游隙调节



锥孔圆柱滚子轴承安装后的状态是正游隙、零游隙或负游隙(预紧)，通过测量内圈到锥轴（**锥度 1:12**）挡肩端面的推进距离可以比较准确地调节游隙。

表面的光洁程度，内圈弹性膨胀和轴的收缩都会影响F值。

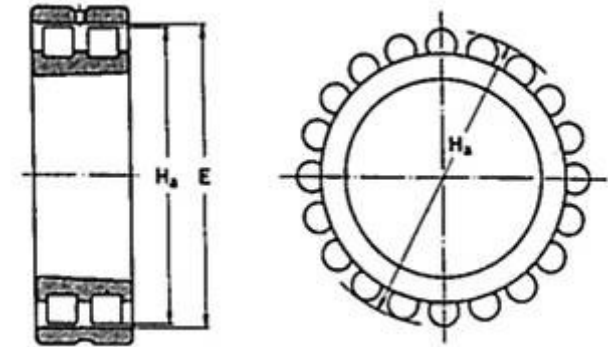
$$\text{推进距离 } A = F \cdot \Delta G$$

$\Delta G =$ 径向游隙变化量

d_B/d'	F
0...0,2	13
0,2...0,3	14
0,3...0,4	15
0,4...0,5	16
0,5...0,6	17
0,6...0,8	18
0,8...0,9	19

FAG-包络圆量规

调整游隙精度可以到 $\pm 1 \mu\text{m}$



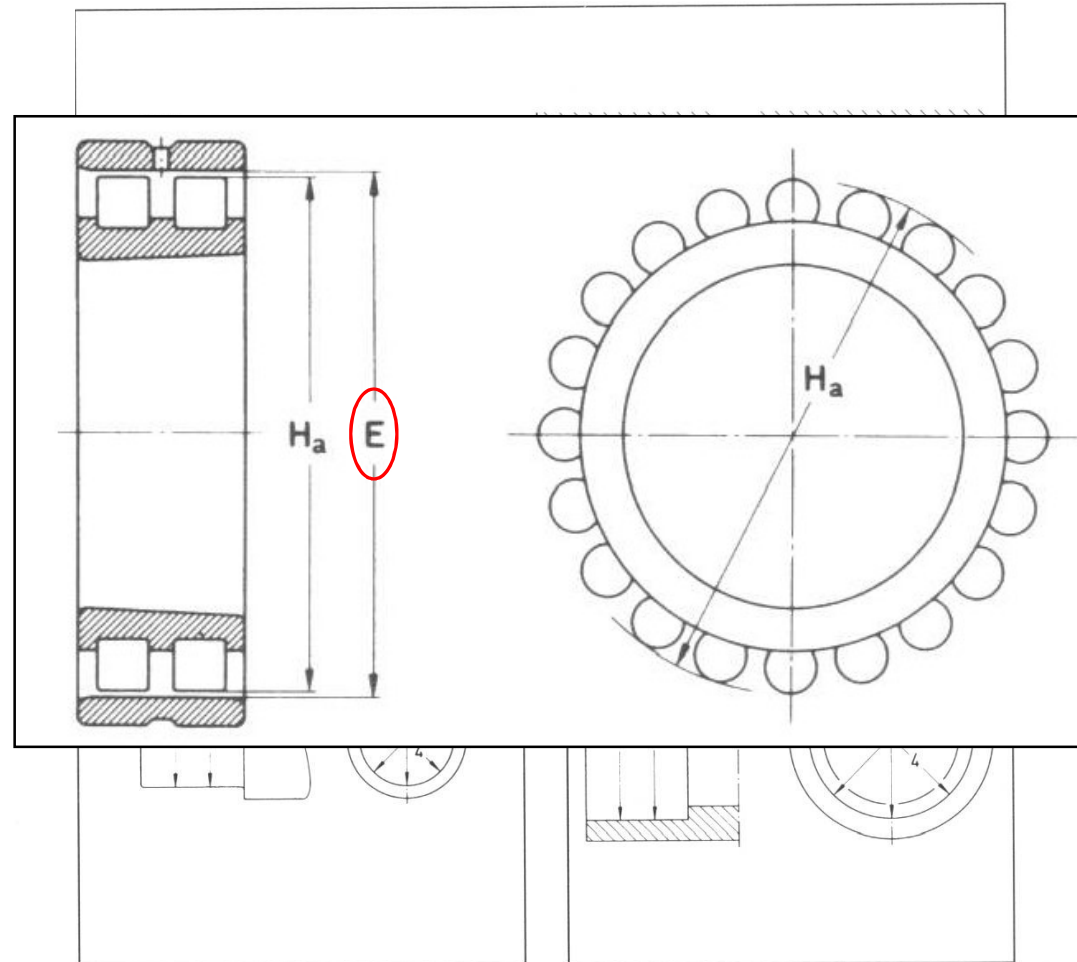
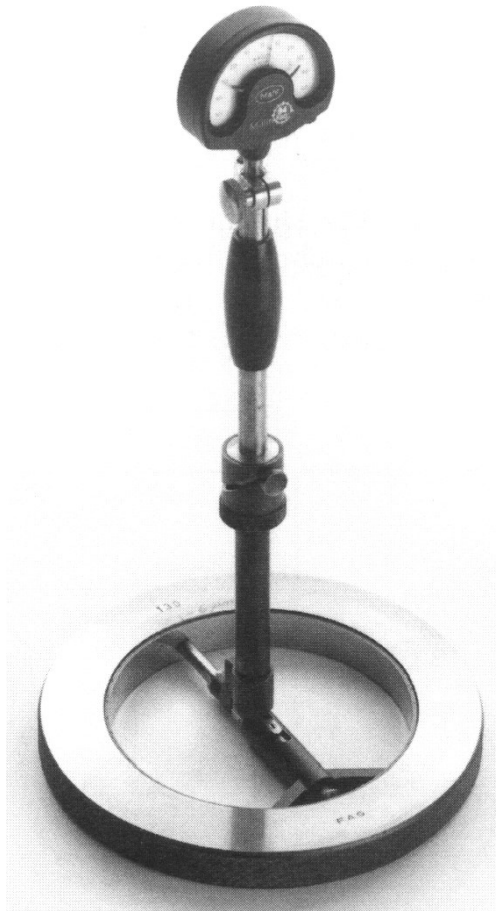
MGA 31适用范围:

FAG NN3006ASK到
NN3048ASK

FAG N1006K到
N1048K

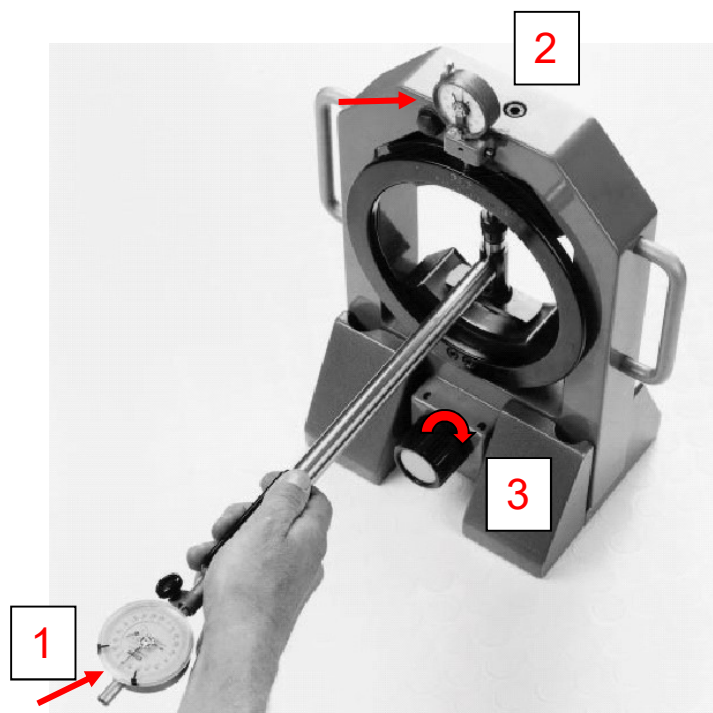
使用MGA31调整工作游隙

1. 测量滚道直径

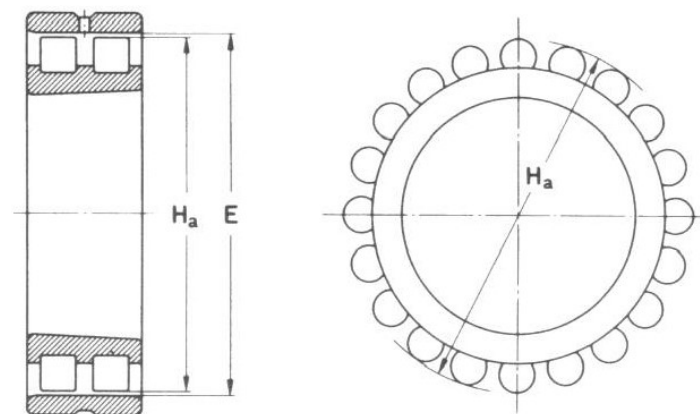


采用MGA31调整工作游隙

2. 将滚道直径传给MGA31



- 将孔径测量装置放进MGA31
- 利用调节螺钉 **3** 将MGA31 设置到轴承 **1** 测量的外圈滚道值
- 将刻度盘指示器调至零 **2**



使用MGA31调整工作游隙

3. 用液压装置推动轴承到预设游隙值

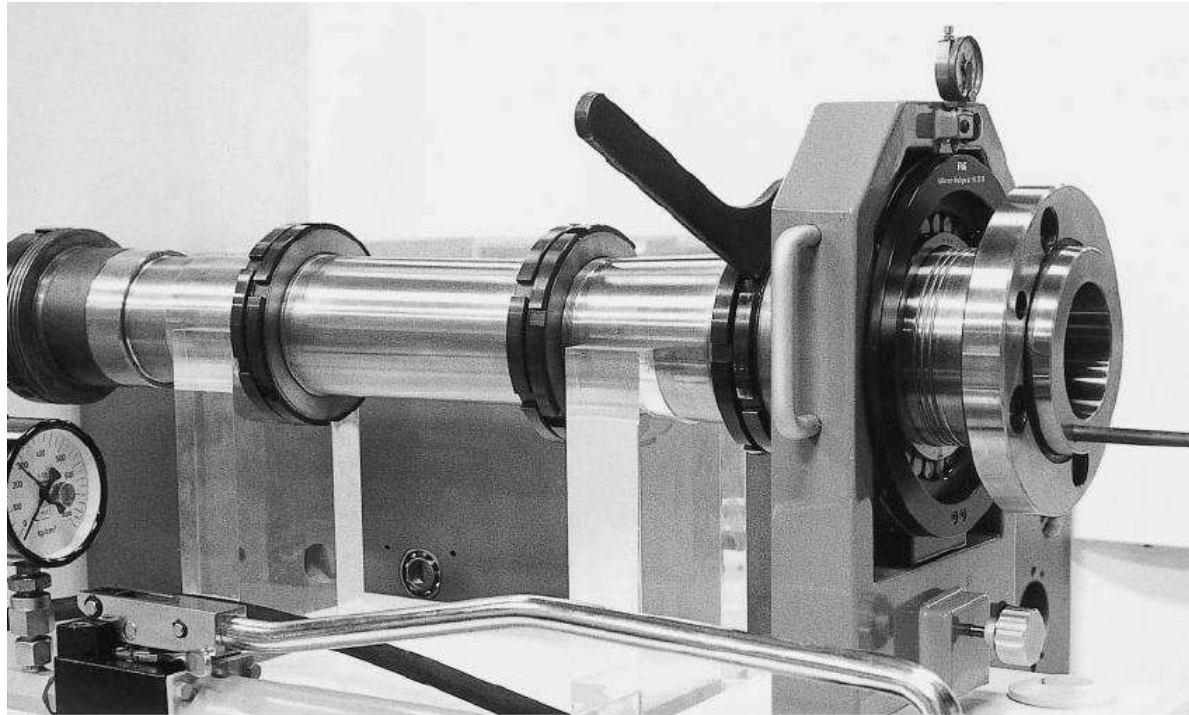
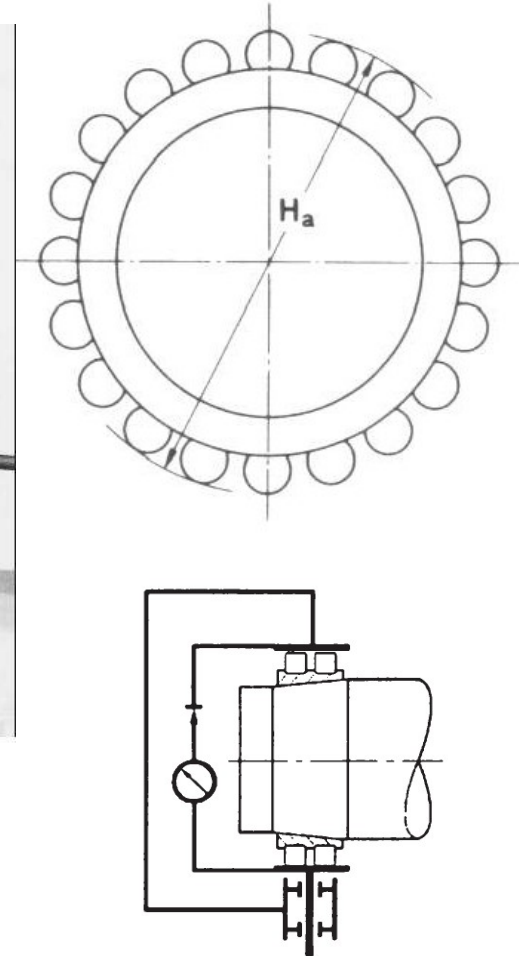


图4 边界圆测量装置MGA31放置在转动圈上。内圈在液压作用下在锥形托上沿轴向移动，直到边界圆测量装置的指示卡规达到设定值

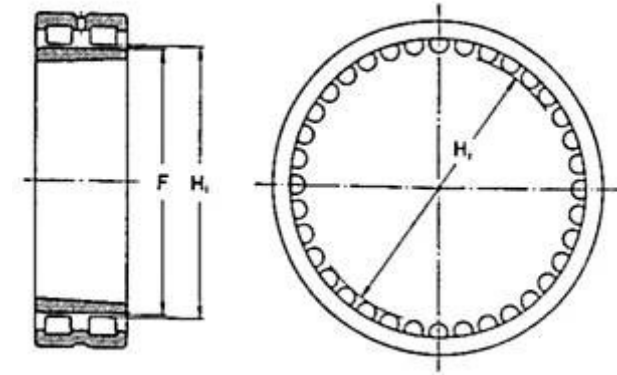


使用MGA31调整工作游隙

4. 测量实际所需的推进距离



FAG-包络圆量规



MGI 21适用范围：
FAG NNU4920SK
到NNU4964SK



谢谢