

TIMKEN

圆锥滚子轴承游隙设定的方法





警告

不遵守下列警告可能会导致死亡或重伤。

正确的维护和操作程序非常重要。请务必遵守安装说明并保持适当的润滑。

切勿使用压缩空气旋转轴承。滚子可能在强力的作用下弹出。

轴承过热会引燃爆炸性气体。在易燃气体或谷物、
煤碳及其它易燃材料的尘埃聚集物达到爆炸水平的环境中
或附近使用时须格外注意，务必正确选择、安装、
维护和润滑轴承。要获得安装和维护说明，
请咨询设备供应商或设计人员。

紧配的轴承部件内部可能存在较高的张应力。试图通过切割的方式来
拆卸紧配内圈可能造成部件突然破裂，导致金属碎片在强力作用下弹出。
将轴承从轴上取下时请务必使用适当的防护措施或轴承拉拔器，
并始终穿戴包括护目镜在内的适当的个人防护装备。



注意

不遵守这些注意事项可能带来人身伤害。

切勿使用损坏的带座轴承单元。
在加热前除去零件上的润滑油或防锈剂，防止起火或冒烟。

注意

不遵守这些注意事项可能造成财产损失。

请勿使用已损坏的轴承。
使用不恰当的轴承配合可能导致设备损坏。

请咨询您的铁姆肯公司工程师获取更多信息与帮助。

注意

安装或拆卸组件时，切勿用力过大。

遵循所有公差、配合和扭矩建议。

务必遵循原始设备制造商的安装和维护指导原则。

保证正确校准。

请勿使用明火加热轴承部件。

请勿将轴承加热至超过149°C。

除非铁姆肯公司另有指示，产品应放置在原始包装之内直至安装。

请勿试图拆解整体式轴承。

上述行为可能会损坏部件，影响轴承的性能和使用寿命。

免责声明

我们竭尽所能确保本目录中信息的准确性，但错误和疏漏不可避免，
故不承担由此引发的任何责任。

圆锥滚子轴承游隙设定的方法

圆锥滚子轴承游隙设定的方法	4
轴承游隙的设定	4
手动设定轴承游隙.....	6
预设游隙轴承组件.....	7
自动设定轴承游隙的方法	7
SET-RIGHT 方法	8
ACRO-SET 方法.....	11
PROJECTA-SET 方法.....	13
TORQUE-SET 方法.....	14
安装设计和游隙设定装置	16
总结.....	18

圆锥滚子轴承游隙设定的方法

圆锥滚子轴承游隙设定的方法

圆锥滚子轴承可以在安装时设定游隙。正是由于这种独特的特性，可以将轴承游隙调整至满足应用条件的最佳范围，从而得到最佳的轴承性能和系统性能。

圆锥滚子轴承在设定游隙方面有以下优点：

- 在满足应用性能要求的同时，优化轴承游隙，延长轴承的寿命
- 设定合适的轴承游隙可以增加系统的刚度，例如，合适的游隙可以让齿轮更好地接触，延长齿轮的寿命
- 轴承内圈和外圈可以分离，更容易安装
- 轴承的游隙在装配机器时设定，因此可以接受更宽的轴和轴承座的公差范围

可以通过多种方法来快捷地设定圆锥滚子轴承的游隙。可以手动设定游隙，预设游隙或自动设定游隙。五种常用的自动设定游隙的方法（即SETRIGHT™、ACRO-SET™、PROJECTA-SET™、TORQUE-SET™和CLAMP-SET™），每一种都有很多实施方式、注意事项和优势。见表 1。

轴承游隙の設定

对于圆锥滚子轴承，“设定游隙”指某个已安装的轴承的特定量的轴向间隙或预紧量（轴向干涉）。圆锥滚子轴承的结构形式决定了它可以在装配时轻松调整并优化游隙。

与其他类型的滚动轴承不同，圆锥滚子轴承设定游隙时不需要通过严格控制轴或轴承座的配合来获得特定的游隙值。由于圆锥滚子轴承是成对安装的（图 1），它们的游隙主要取决于两列轴承的相对轴向位置。

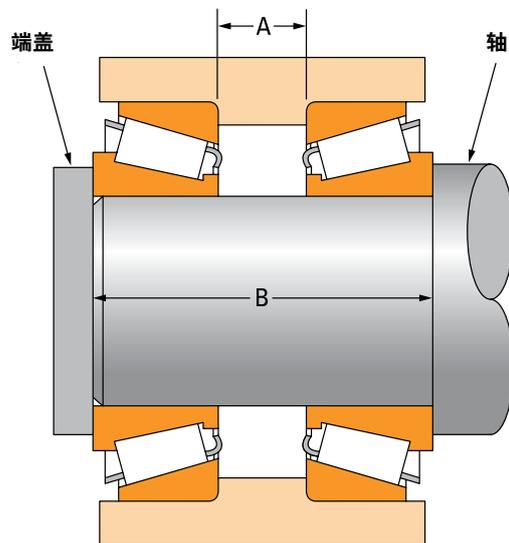


图 1. 机器装配简图显示了一个典型圆锥滚子轴承的（背对背）安装形式

轴承游隙的三个主要类型：

- 轴向间隙——先在一个方向上对轴施加一个小的轴向力，然后在相反的方向再次施加这个力，施加力的同时摆动或旋转轴，滚子和滚道之间的轴向间隙可以产生的一个可测量的轴向移动（轴承承载区小于 180 度）
- 预紧——滚子和滚道之间的轴向干涉，因此轴在按照上文描述的方法测量时无法测出轴向移动可以测出轴旋转的滚动阻力（承载区大于 180 度）
- 零游隙——轴向间隙和预紧之间的过渡，既无间隙也无预紧

装配和调整轴承过程中设定的轴承游隙称为冷安装游隙，在设备投入运行之前调整冷安装游隙。

运行过程中的游隙被称为轴承的“工作游隙”，工作游隙是轴承在运行过程中由于热膨胀和变形引起的游隙变化的结果。达到最佳工作游隙需要的冷安装游隙因应用的不同而不同。最佳游隙通常可以根据应用经验或测试来确定。然而，冷安装游隙和工作游隙的准确关系往往无从得知，只能根据已有的知识和经验进行估算。如要获得特定应用的轴承冷安装游隙建议，请联系铁姆肯公司销售工程师。

表 1——圆锥滚子轴承游隙设定的方法比较

要求	游隙设定的方法						
	手动	预设游隙 组件	SET-RIGHT 方法	ACRO-SET 方法	PROJECTA-SET 方法	TORQUE-SET 方法	CLAMP-SET 方法
轴承安装游隙的范围 (单位: 英寸) (最小值到最大值)	0.004 - 0.010	0.006 - 0.012	0.008 - 0.014 (高概率区间)	0.004 - 0.006	0.002 - 0.004	0.005 - 0.007	0.003- 0.005
轴承安装游隙的类型	轴向间隙	轴向间隙或 预紧	轴向间隙或 预紧	轴向间隙或 预紧	轴向间隙或 预紧	轴向间隙或 预紧	轴向间隙
调整的部件必须是 松配合?	否	否	否	是	否	否	是
施加设定载荷?	是	否	否	是(常数)	是 测量弹簧	是	是(常数)
需要专用量具, 夹具; 零件?	否	否	否	否	是 专用量具和 LVDT*	是 转矩测量仪	是 补偿环
特殊轴承代码或装配?	否	是 “配对”组合	是 代码或隔圈	否	否	否	否
实施方法时是否 需要预测试?	否	否	是(有限的)	是	是	是	是
典型产量	低到中	低到高	中到高	低到高	中到高	低到高	低到高
装配工人的技能或 培训水平	高	低	低	低-中 读图	低 LVDT读数	低-中 读图/量具读数	低
是否使用垫片组?	是	否	否	是	是	是	是 恒定尺寸
垫片间隙测量?	是	否	否	是	否 (LVDT)	否 (轴承转矩)	否
是否可以使用更宽的轴承 系统安装公差范围?	是	否 控制配合 公差	否 需要更严格的 公差控制	是	是	是	是
轴承转动或摆动?	是	否	否	是	是	是	是
是否适用于现场作业?	是	是	是	是(参考服 务手册)	否	是 (借助手册和 新轴承)	是
适用于大尺寸、大重量的 设备?	否	是	是	是	否	否	否

注: 上面所有的轴承设定游隙的方法需要为轴承部件提供正确的支撑和有效夹紧。

* 线性差动变压器 (LVDT)

通常，为了获得最大的轴承寿命，理想的轴承工作游隙值接近零。大多数轴承在冷安装时会设定一个轴向间隙作为初始游隙。当设备达到稳定的运行温度时，游隙会尽可能接近所需的游隙——接近零。

某些应用的安装游隙会被设定成预紧以提高承受高应力部件的刚度或进行轴向定位，否则这些部件就会受到过度挠曲和偏心的影响。

必须避免工作状态下的过度预紧，否则轴承的疲劳寿命会显著缩短。另外，运行时过度预紧会产生大量热量，可能导致润滑问题和轴承的过早损坏。

承载区是对滚道承载圆弧的物理计量，直接反应了承担载荷的滚子数量。对于单列圆锥滚子轴承，最大寿命对应的承载区大约为225度。图2用图示说明了轴承在(悬臂)齿轮轴上的L10寿命和工作游隙之间的关系。

能够使轴承系统寿命最大化的理想工作游隙通常是在接近零到轻微的预紧这个区间内。

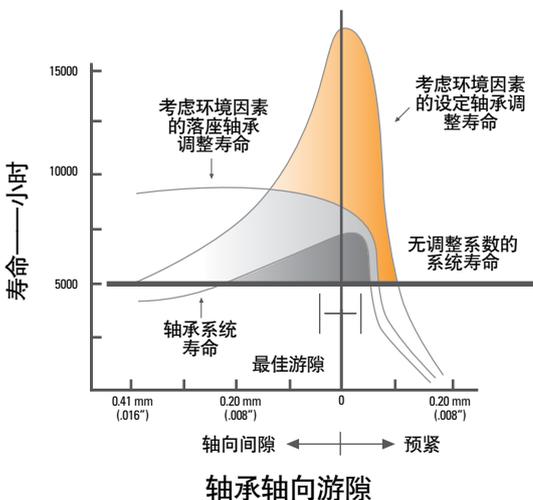


图2 轴承计算寿命与工作游隙的关系

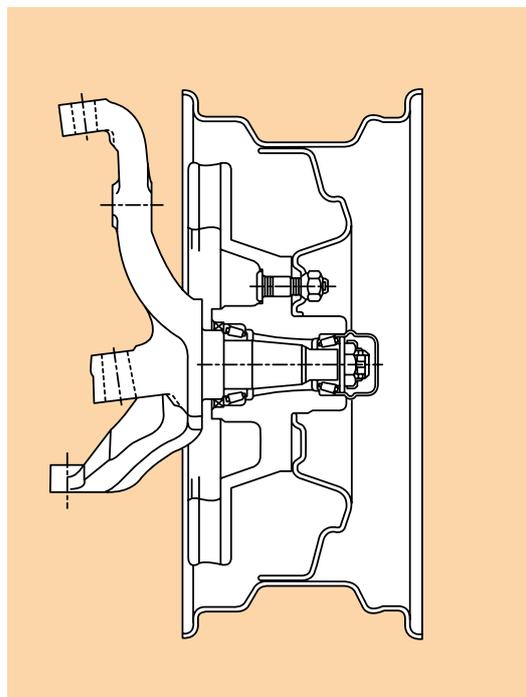


图3 卡车的非驱动轮

手动设定轴承游隙

中小数量设备生产时，如对轴承游隙的精度要求不高且轴承游隙主要为轴向间隙，经常可采用手动方法设定轴承游隙，通常不需要专用工具、量具、图表或夹具，但对装配工人的技能和判断力有要求。例如，采用单个调节螺母设计的常规卡车的非驱动轮(图3)，手动调节过程中，旋紧调节螺母的同时转动车轮，直到感觉旋转开始有阻力。然后调节螺母后退1/6到1/4圈，对准最近的锁止孔或后退到一个刚好能让轮子自由旋转的很小的轴向间隙。然后调节螺母锁定在该位置。需要运用工人的技巧和判断力来确定车轮在转动时何时旋转开始有阻力。设备越复杂且/或越大越重，对工人技能和判断力的水平要求越高。

对于复杂的、大型的或大批量生产的应用，手动设定游隙可能太麻烦，不精确，不可靠或太费时。铁姆肯公司设计出了预设游隙轴承组件和自动游隙设定方法，作为手动设定游隙的替代方案。

预设游隙轴承组件

很多应用使用或需要双列或紧密连接配对的轴承组件。这取决于机器的设计和运行特点(如热增长的影响、高载荷等)。为便于设定这种情况下的轴承游隙,我们经常使用预设游隙轴承组件。预设游隙轴承组件具有各种形式。但大多数一般被称为带隔圈轴承(图4)。大多数预设游隙轴承在制造和供应时都带有隔圈。隔圈根据轴承进行配磨定制,用于控制内部间隙(参考类型2S和TDI)。因此,这些定制或“配磨”的隔圈无法与其他轴承组装件互换使用。有一些预设游隙组件,如类型SR或TNA,可以允许使用可互换的隔圈和/或轴承部件。设计这些可互换组装件部件的目的是为了更严格地控制影响轴承游隙的重要公差,因此,这些部件可以随机选择使用。

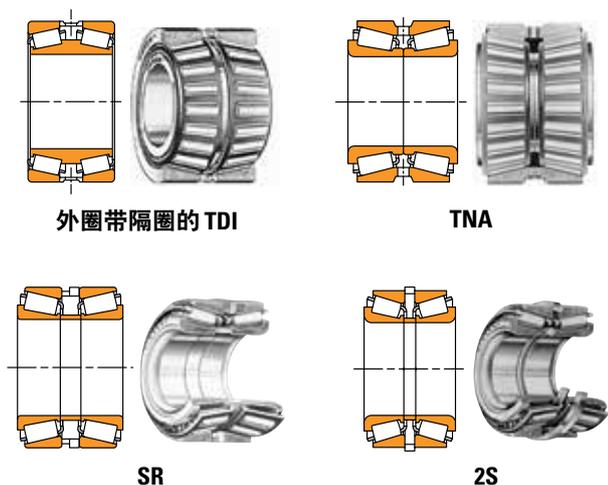


图4. 典型预设游隙组件示例

每种预设游隙轴承生产时都带有特定的(未安装的)内部间隙或出厂游隙(BEP)。根据特定应用所需的安装游隙范围来确定出厂游隙。轴承的安装游隙范围严格按照轴和轴承座配合的影响和BEP确定。通常只要求轴承与旋转部件是紧配合(轴或轴承座)。结果就是预期安装游隙范围小于0.008英寸。可互换部件的组件的安装游隙范围通常比“配对的”隔圈组件的安装游隙范围要大。通常使用预设游隙轴承组件时,安装很简单,只需利用隔圈正确地夹紧轴承部件。

典型的预设游隙轴承组件的应用

预设游隙轴承组件被大量地使用在各种工业设备中。如:行星齿轮、栓或连杆位置、变速箱惰齿轮、风机轮毂轴、水泵和惰轮轴、滑轮、输送机托辊、绞盘鼓、采矿设备的固定位置和浮动位置、推进和回转驱动装置、大型齿轮箱驱动装置。

自动设定轴承游隙的方法

除了预设游隙轴承组件,铁姆肯公司开发了五种常用的自动设定轴承游隙的方法(即SET-RIGHT、ACRO-SET、PROJECTA-SET、TORQUE-SET和CLAMP-SET)作为手动调节的备选方案。参考表1——“圆锥滚子轴承设定游隙方法的比较”用表格形式说明了这些方法的各种特性。本表第一行比较了每种方法合理控制轴承的安装游隙“范围”的能力。这些数值仅用于说明每种方法在设定游隙上的整体特点,与将游隙设定成“预紧”还是“轴向间隙”的目标无关。例如,在SET-RIGHT列下,预期(高概率区间或 6σ)游隙的变化,由于特定的轴承和轴承座/轴的公差控制,范围可能从典型的最小0.008英寸到0.014英寸。游隙范围可以在轴向间隙和预紧之间分配,从而最大化地优化轴承/应用的性能。

参考图5——“自动设定轴承游隙方法的应用”。该图使用一台典型的四驱农用拖拉机的设计举例说明了圆锥滚子轴承设定游隙方法的一般应用。

我们将在本模块的下列章节详细讨论每种方法应用的具体定义、理论和正式流程。

SET-RIGHT 方法

SET-RIGHT 方法通过控制轴承和安装系统的公差得到需要的游隙，无需手动调整圆锥滚子轴承。我们使用概率统计学规律预测这些公差对轴承游隙的影响。通常，SET-RIGHT 方法需要更加严格地控制轴/轴承座的加工公差，同时严格控制（借助精度等级和代码）轴承的关键公差。

该方法认为，装配体中的每个部件都有关键公差，并需要控制在一定的范围。概率定律表明，装配体中每个部件都是小公差或都是大公差的组合的概率非常小。并遵从“公差的正态分布”（图6），根据统计学规律，所有零件尺寸的叠加倾向于落在公差可能范围的中部。

SET-RIGHT 方法的目标是仅控制影响轴承游隙的最重要的公差。这些公差可能完全是轴承内部的，也可能牵涉到某些安装部件（即图1或图7的宽度 A 和 B，以及轴外径和轴承座内径）。结果就是，在很大概率下，轴承的安装游隙会落在一个可接受的

范围内（通常概率可靠性为 99.73% 或 3σ ，但在产量更高的生产中，有时要求 99.994% 或 4σ ）。使用 SET-RIGHT 方法时无需调整。要做的只是组装和夹紧机器部件。

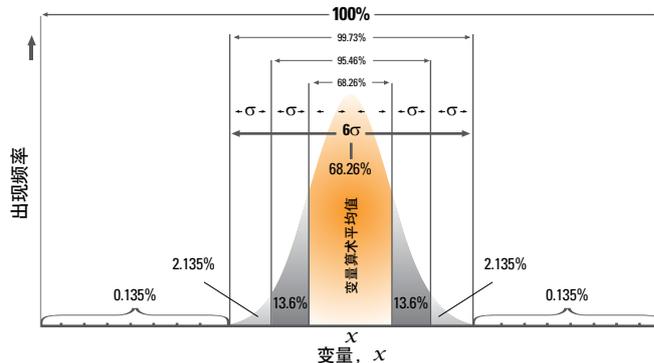
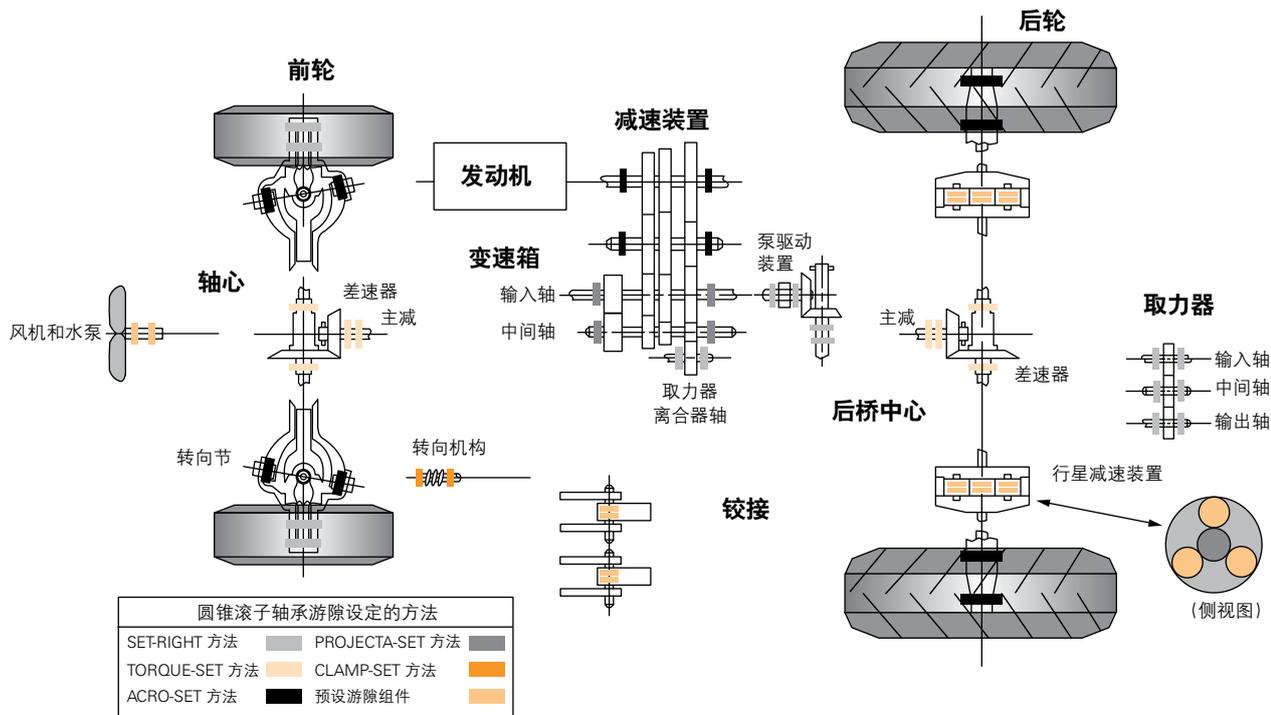


图 6. 正态分布的频率曲线

图 5. 自动设定轴承游隙方法的应用



影响装配体中轴承游隙的所有尺寸，例如轴承的公差、轴外径、轴长度、轴承座长度和轴承座内径，在计算概率范围时都被认为是独立的变量。在图7示例中，内圈和外圈都使用常规的紧配合安装，端盖简单地夹持在轴的一端。

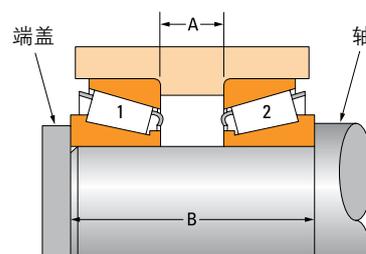


图7. 装配体

工作表					
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) ÷ (4)	
独立变量	公差 mm	当量轴向公差 mm	频率曲线的类型 和离散度	σ 的数值 ($\times 10^{-3}$)	$\left[\sigma \text{ 的数值} \right]^2$ ($\times 10^{-3}$) ²
轴肩间隔“A”	0.100	0.100	正态分布 6.0	17	289
轴长“B”	0.050	0.050	正态分布 6.0	8	64
轴外径——轴承 1 & 2†	0.016*	0.068	正态分布 6.0	11	121
内圈内径——轴承 1	0.013*	0.027	正态分布 6.0	5	25
内圈内径——轴承 2	0.013*	0.027	正态分布 6.0	5	25
外圈外径——轴承 1	0.020*	0.033	正态分布 6.0	6	36
外圈外径——轴承 2	0.020*	0.033	正态分布 6.0	6	36
轴承座内径——轴承 1	0.035*	0.058	正态分布 6.0	10	100
轴承座内径——轴承 2	0.035*	0.058	正态分布 6.0	10	100
内圈座高——轴承 1	0.050	0.050	矩形分布 3.5	14	196
内圈座高——轴承 2	0.050	0.050	矩形分布 3.5	14	196
外圈座高——轴承 1	0.050	0.050	正态分布 6.0	8	64
外圈座高——轴承 2	0.050	0.050	正态分布 6.0	8	64
总计		0.654			1316×10^{-6}

$$\sigma = (1316 \times 10^{-6})^{1/2}$$

$$= 0.036 \text{ mm}$$

$$3\sigma = 3 \times 0.036$$

$$= 0.108 \text{ mm (0.0043 in)}$$

$$6\sigma = 6 \times 0.036$$

$$= 0.216 \text{ mm (0.0085 英寸) 99.73% 的装配 (概率范围)}$$

可能区间 = 0.654 mm (0.0257 英寸) 100% 的装配

(例如) 选择 0.108 mm (0.0043 英寸) 作为平均游隙。

对于 99.73% 的装配，可能的游隙范围为零到 0.216 mm (0.0085 英寸)。

†两个独立内圈对应一个独立的轴变量，因此轴向系数为两倍。

计算出概率范围之后，需要确定轴向尺寸的名义长度以获得所需的轴承游隙。在本示例中，除轴的长度外所有尺寸都为已知。下面我们来看看如何计算轴的名义长度来得到合适的轴承游隙。

轴的长度计算 (计算名义尺寸) :

$$B = A + 2C + 2D + 2E + F$$

其中：

A = 外圈之间的轴承座的平均宽度

= 13.000 mm (0.5118 英寸)

B = 轴的平均长度 (待定)

C = 安装前的轴承平均宽度

= 21.550 mm (0.8484 英寸)

D = 平均内圈配合导致的轴承宽度增加*

= 0.050 mm (0.0020 英寸)

E = 平均外圈配合导致的轴承宽度增加*

= 0.076 mm (0.0030 英寸)

F = (所需的) 轴承游隙平均值

= 0.108 mm (0.0043 英寸)

* 转换为当量轴向公差。

参考《Timken®圆锥滚子轴承产品目录》内圈和外圈配合实践指南章节。

SET-RIGHT 方法的特殊注意事项：

1. 因为轴承K系数、当量轴向公差和紧配合部件的数量(即内圈和外圈同时紧配时更大)的不同, 最终计算出的轴承游隙范围可能变化很大。铁姆肯公司的销售工程师可以在设计阶段帮助客户选择公差经过特殊控制的轴承, 帮助客户优化安装设计, 从而使轴承游隙获得最小的高概率区间。
2. 轴承安装尺寸的控制, 轴承系统安装尺寸的公差必须保持一致和稳定, 在某些情况下应当更加严格地控制这些公差。
3. 如果轴承游隙的高概率区间无法通过控制公差来获得, 尝试减少较大公差是不实际也无法成功的, 那就要考虑SET-RIGHT的一种衍生方法——SPIN-RIGHT方法。
4. 现场作业替换件必须使用与初始生产相同类别和相同代码的轴承。

SET-RIGHT 方法的衍生：SPIN-RIGHT 方法

在某些情况下, 使用SET-RIGHT方法时, 轴承游隙高概率区间可能对实际应用而言过大。为减小这个区间并仍然应用概率定律, 我们可以使用SPIN-RIGHT方法。该方法可用于方便进行“垫片组”调节的应用(图16)。使用这种方法时, 只需将现有高概率区间除以2或3即可, 这取决于该应用可接受的游隙范围。

例如, 假设图1中轴承的高概率游隙区间计算结果为0.018英寸, 该应用需要一个轴向间隙为0.000英寸到0.009英寸的游隙。当前范围必须减少一半。借助SPIN-RIGHT方法, 所需的垫片增量(在端盖和轴之间使用垫片)将等于0.009英寸, 可以使用下述方法:

1. 装配齿轮箱(无需垫片和旋转检查, 无密封件), 确认轴承是否有轴向间隙或预紧。在首次旋转检查时, 如果轴自由旋转, 那么存在轴向间隙(图8), 轴承游隙正确。

2. 如果轴无法自由旋转, 轴承被预紧, 那么必须安装0.009英寸的垫片。第二次旋转测试时, 组件如能自由旋转, 则表明存在轴向间隙。
3. 如果预紧是所需的游隙, 那么应当将上例中的SPIN-RIGHT方法步骤以相反顺序执行: 如果轴能自由旋转, 那么说明轴承游隙不正确, 就需要拆掉0.009英寸的垫片。

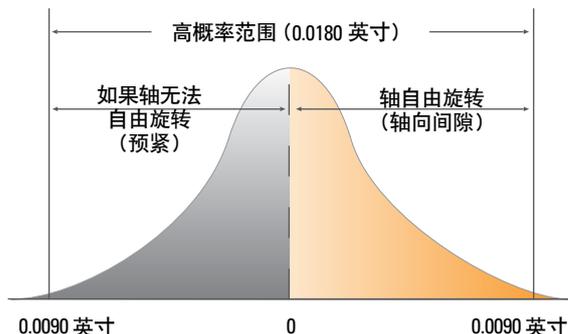


图8. 第1次旋转检查

典型的SET-RIGHT方法应用

SET-RIGHT方法已经应用于多种需要设定轴承游隙的应用场合, 包括拖拉机PTO装配(尤其是盲端或剖分轴承座设计)、汽车前驱车轮、齿轮减速箱轴、行星齿轮以及施工和采矿设备中使用的链轮和扭力轮毂。

ACRO-SET 方法

这种设定游隙的方法基于胡克定律：在材料的弹性范围内，系统形变与施加的载荷成正比（即 $F=kx$ ，其中 k =弹性系数）。这种方法假定，零件与零件个体差异较小，在一定的载荷下，组件的系统总形变是一致和可重复的（图9）。

为确定适用于特定系统，必须首先确定尺寸参考条件即“形变常数”。形变常数即是（平均）系统形变，由一个施加在轴承上的已知设定载荷产生，通过测试若干试制单元得出。这种系统形变通常借助测量垫片间隙测得（图10）。

然后推导 ACRO-SET 系统常数。它等于给“设定”载荷形变常数加上所需的轴承游隙。在生产中，将该常数添加到测量的垫片间隙中，以确定每个单元最终的垫片组厚度。确定 ACRO-SET 系统常数时可联系铁姆肯公司的销售工程师获取帮助。

为每个设备选择最终垫片组厚度时只需使用垫片表（图11）。表中标注的垫片组厚度包含了之前确定的 ACRO-SET 常数的影响。注意，借助在两个相隔 180° 的位置量取的垫片间隙，通过垫片表可以很容易地确定合适的垫片组尺寸。我们将使用行星驱动轮组件（图10）来说明 ACRO-SET 方法。

1. 通过预先测试确定“设定”载荷“P”，通过两个螺栓施加该载荷（相距180°）。施加的载荷与螺栓扭矩成正比。（一般而言，首先施加一个更大的“落座力”，然后旋转轴承，在进行 ACRO-SET 垫片间隙测量之前确保部件的安装位置正确）。

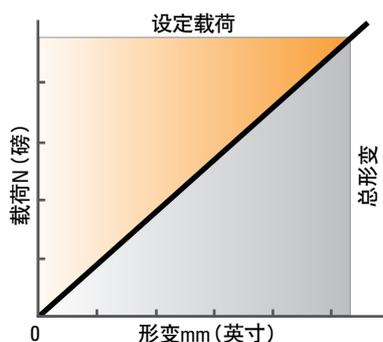


图 9. 系统形变

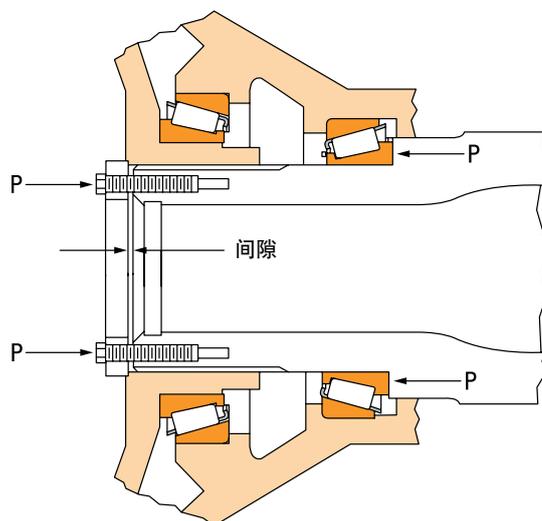


图 10. 行星驱动轮

2. 旋转或摆动轴承，同时施加“设定”载荷“P”并测量垫片间隙，首先在 0 度位置测量然后在 180 度位置测量。
3. 从垫片表中选择合适的垫片组厚度，该厚度等于测量到的间隙加预先确定的 ACRO-SET 系统常数（从预先测试的组件中得出）。图 10 计算出了两个读数的平均值并给出了垫片组的最终厚度。在这种情况下，对应 180 度位置的垫片厚度是 0.66，对应 0 度位置的是 0.61，最终的垫片厚度是 0.97。
4. 安装最终的垫片组并根据拧紧力矩旋紧所有的螺栓。

图 11. 典型的 ACRO-SET 垫片表

第二个间隙 测量值 (180°位置), mm	第一个间隙测量值 (0°位置), mm				
	0.56	0.58	0.61	0.64	0.66
0.56	0.89	0.91	0.91	0.94	0.94
0.58	0.91	0.91	0.94	0.94	0.97
0.61	0.91	0.94	0.94	0.97	0.97
0.64	0.94	0.94	0.97	0.97	0.99
0.66	0.94	0.97	0.97	0.99	0.99
0.69	0.97	0.97	0.99	0.99	1.02
0.71	0.97	0.99	0.99	1.02	1.02

ACRO-SET 方法的特殊注意事项：

1. 轴承的“落座”和“设定”载荷通常由几个螺栓施加(即载荷 $=NT/(d\mu)$ ，其中：N=螺栓的数量，T=螺栓的扭矩，d=螺栓的直径， μ =螺纹摩擦系数，通常 $\mu=0.17$)。通常，施加的落座力应当为系统承载能力最低的轴承的 $Ca(90)$ 值的 2-3 倍，施加的设定载荷为其 $Ca(90)$ 值的 0.75-1 倍。
2. 松配合的可调整部件。
可调整的位置最好是松配合。然而，按照下面的说明，外圈和内圈也可以是紧配：
 - A. 外圈与衬套为紧配合，衬套与轴承座为松配合。
 - B. 在设定轴承游隙的操作中，使用一个松配的“标准”外圈或内圈(需在 ACRO-SET 常数中补偿平均紧配合)。
 - C. 将紧配合补偿量设计在特定工具中(PROJECTA-SET)。
3. ACRO-SET 方法所必需的组件，如轴承座壁和盖板，生产出来的各部件的尺寸必须稳定一致。
4. 设计必须能够便于向可移动的轴承部件施加一个设定载荷用于调整。
5. 在施加设定载荷时必须旋转或摆动轴承。
6. 设计必须便于测量可移动部件的间隙。
7. 应当确认所用的实际垫片组的厚度。

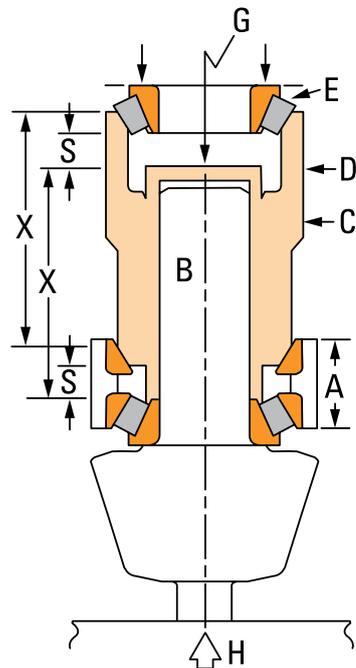


图 12. PROJECTA-SET 概念

如简图所示，PROJECTA-SET 方法是将测量隔圈尺寸需要的两个面从量具难以到达的位置“投射”到可测量的位置。

- A - 圆锥滚子轴承装配包括组件压入轴(B)的下面的内圈，上面和下面的外圈，不包括上面的内圈。
- C - 间隔基准将下面的内圈台面投射出一个已知距离(x)(距离轴端)。
- D - 量具基准将上面的外圈滚道投射出相同的距离(x)。
- E - 处于测量位置的上面的内圈。
- G - 测量点(如对于小批量测量是千分表，对于大批量测量是电子变压器——LVDT)经过安排和预设用于指示隔圈的尺寸(S)。

在该图中，在可移动的基准(H)上施加一个已知的力将上面的内圈安装在“投射”的轨迹上——量具会直接给出需要的隔圈尺寸的读数。在实践中，可以使用替代方案以满足任何特殊的生产设备和要求(例如，一个在上方移动头部施加测量载荷的静基准)。

ACRO-SET方法的典型应用

已经成功地将 ACRO-SET 方法运用到圆锥滚子轴承设定游隙的例子包括：手动变速驱动桥、升降梭箱变速器、农用拖拉机车桥、取力器、行星齿轮、差速器和驱动齿轮轴、齿轮减速器、越野卡车和拖拉机车轮。

PROJECTA-SET方法

PROJECTA-SET 方法在概念和应用方面与 ACRO-SET 方法类似，但通过使用特殊的测量夹具增加了额外的多样性和复杂性。这种量具可以把无法测量的垫片、隔圈间隙或参考面“投射”到一个容易测量的地方。这种量具通常会用于读取读数的千分表或 LVDT。它也非常适用于在调节部件（内圈或外圈）采用紧配合而不会牺牲装配速度或精度的设计。该方法（图12）包括两个重要的量具：通常等于已知设计长度（参考 X）的一个隔圈套筒（参考 C）和一个圆锥测量套筒（参考 D）。这些套筒将把无法接触的隔圈间隙投射到轴端。

为说明 PROJECTA-SET 方法，请参考一个典型的主减轴组件（图13）。在这种背对背安装的内圈调节设计中，通过在两个内圈小端面之间使用隔圈获得轴承游隙。在这种应用中外圈和内圈为轻微紧配合。所需的测量步骤为：

1. 将组装的驱动齿轮轴（上内圈和隔圈除外）放置在下压板上。将量具放置在上轴承外圈上，然后放入上内圈（图13）。
2. 施加压力，用两个轴承内圈夹住量具。此时借助内部的蝶形弹簧可以把已知的轴向载荷传递到量具。（注意：施加压力的目的只是将上内圈夹在合适的位置，靠在隔圈套筒上，使轴承正确落座。某些量具通过一个螺母实现该功能）。
3. 摆动测量仪器（把手）让轴承滚子落座到位。LVDT 探头测量两个量具之间的轴向位移，数字显示屏上就会显示所需的隔圈尺寸的读数。

4. 借助量具根据下列方程确定隔圈尺寸（图13）： $S = Z - A + K$

其中：

S = 所需隔圈的尺寸，

Z = 套筒长度（固定值）

A = 内圈和外圈定位器的圆锥上两个对应直径之间的可变距离。
（已知调零的尺寸）

K = 常数，补偿由于量具弹簧载荷造成的系统偏差、平均内圈配合影响（间隙损失）和所需的轴承游隙

G = 间隙测量值，表示距离的变化“A”。距离“A”包括“G”

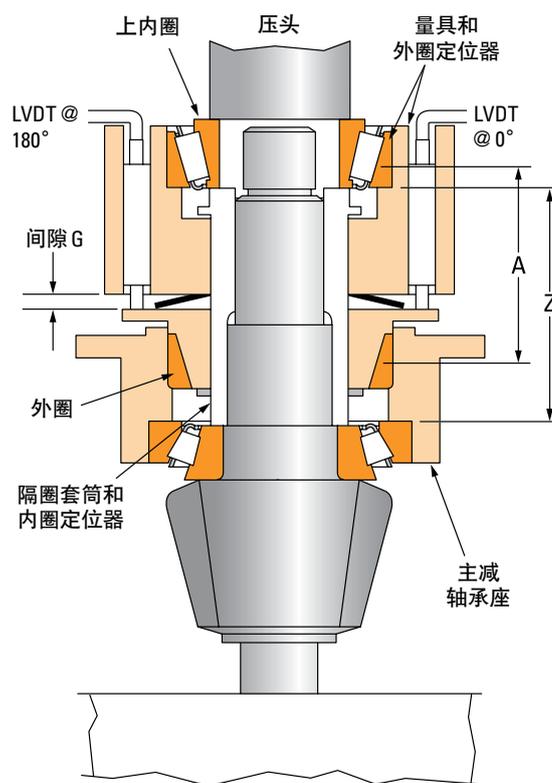


图 13. 主减轴 PROJECTA-SET 方法测量示例

PROJECTA-SET 方法的特殊注意事项:

1. 针对具体的应用应该检查 PROJECTA-SET 量具的尺寸、重量、成本和设计。行业应用的典型测量成本，包括 LVDT 和量具内部弹簧，每个约为 10,000 美元。为提高设定游隙的效率，对于每年超过 30,000 次的装配量，设计者应当考虑在测量中使用特殊的自动加压设计和使用加压夹具。
2. 如果同一个应用中使用不同的轴承系列和不同型号的轴，那么需要使用单独的测量仪器或可互换的部件（即双锥体）。
3. 仅仅是圆锥滚子轴承设定游隙一种替代方案（ACRO-SET 与 PROJECTA-SET 方法类似，应当首先考虑）。

PROJECTA-SET 方法的优势

- 内圈或外圈紧配合的应用中更换垫片或隔圈时可以避免时的拆卸
- 可以方便地应用于自动装配流程
- 相比过去传统的手动方法，将人工判断降低到了最小程度
- 使用 PROJECTA-SET 量具需要的培训时间最短
- PROJECTA-SET 法能够提供一致的、可靠的设定游隙

TORQUE-SET 方法

TORQUE-SET 方法基于下列原则：预紧轴承中的转矩会直接随施加的预紧力的增加而增加，前者是后者的函数（通常以尺寸预载量衡量）。实验室测试表明，新轴承的转矩变化非常小，可以有效地利用轴承转矩预测/测量尺寸预载游隙。需通过载荷预先测试来确定预紧量与转矩的这种关系（图 14）。测量轴承的初始转矩之后通过加上或减去垫片达到所需的轴承游隙，要么是轴向间隙，要么是预紧。垫片表一般用于帮助为每个单元选择最终的垫片组（图 15）。

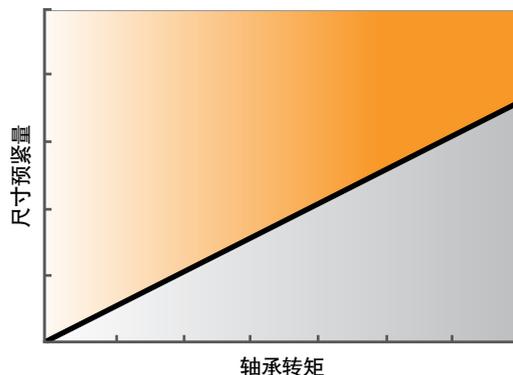


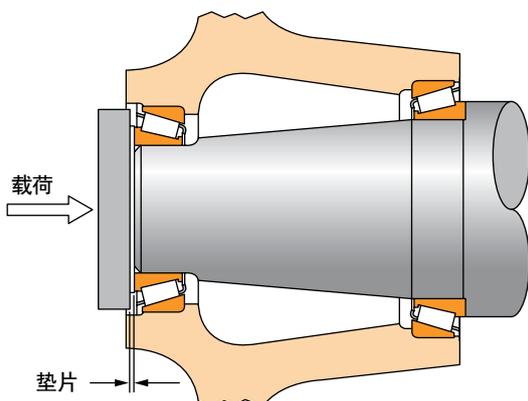
图 14. 尺寸预紧量对比

实施 TORQUE-SET 方法所需的步骤概括如下：

1. 使用参考（恒定厚度）垫片组装配设备，确保系统为预紧（图 16）。注意：每个装配产生的轴承预紧结果实际上并不相同，这取决于各部件累积公差的不同。
2. 测量轴承的转矩（图 17）。
3. 根据预先绘制的垫片表选择最终的垫片组厚度（图 15）。
4. 安装最终的垫片组，安装所有螺栓，完成装配（图 18）。

轴承转矩的测量值 (N•m)	垫片组添加值 (mm)
1.13	.20
1.36	.23
1.58	.23
1.81	.25
2.03	.25
2.26	.28
2.49	.28
2.71	.30
2.94	.30
3.16	.33
3.39	.33
3.62	.36
3.84	.38
4.07	.38
4.29	.41

图 15. 确定 TORQUE-SET 垫片组的图表



轴承转矩受转速和所用润滑剂的影响。任何使用 TORQUE-SET 方法的应用中，润滑剂和速度应当保持不变。

测量轴承转矩最常用的方法是使用力矩扳手。

有时可以使用适配轴端螺母尺寸的套筒，如果不行，可以制作一个适配轴端尺寸的专用转接头。如果能够转动轴承座，可以根据轴承座适配力矩扳手，从而测量转矩。

如果无法使用力矩扳手，可以使用弹簧秤测量轴承转矩。将绳子缠绕在齿轮或轮子上，再借助弹簧秤记录让组件保持转动所需的拉力。转矩的计算方法：用缠绕绳子的齿轮或轮子的半径乘以拉力。如果有垫片表，那么这一步可以省略，垫片表注明了拉力对应的垫片组的尺寸。

测量轴承转矩的过程中，在保持顺畅旋转的同时，尽可能慢地让轴旋转。

TORQUE-SET 方法的特殊注意事项：

1. 要能够测量转矩。

设计必须便于测量轴承的转矩。如果密封件、活塞环等其他部件对转矩有贡献，必须从轴承转矩中识别并分离出这些转矩值。例如，在轴向间隙状况下，记录轴和密封件的拖曳力矩；在预紧情况下，加上所需的轴承转矩。

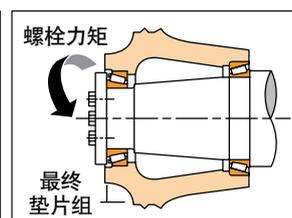
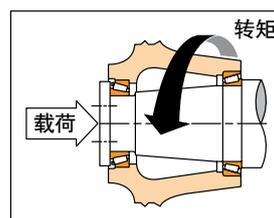
2. 能否“复位”紧配合的部件。

当紧配合的部件用于轴承调节时，必须在施加 TORQUE-SET 载荷并确定最终垫片组之后设法“复位”或回压该部件。

3. 轴承转动转矩受转速和所用润滑剂的影响。这些必须在各测量单元之间保持不变。测量转动转矩最常用的方法是使用力矩扳手。测量转矩的过程中，在保持顺畅旋转的同时，尽可能慢地让轴旋转（约 3.5 转/分钟）。

4. 如果负载不均衡（例如由较重的部件、离合器片或卡钳制动器产生的），不能使用 TORQUE-SET 方法。这会导致转动过程中力矩发生变化。

5. 对于现场作业，TORQUE-SET 方法不能应用在之前运行过的（如磨合过的）轴承上。必须使用一套全新轴承或替代性方法。



典型的 TORQUE-SET 应用

TORQUE-SET 方法已经成功应用于各种工业和汽车。典型应用包括驱动齿轮轴、差速器轴、变速箱轴和齿轮箱轴。

TORQUE-SET 方法的优势

- 通常无需专用夹具或其他工具。所需的只有力矩扳手或简单的弹簧秤
- 无需测量垫片间隙。更换垫片组的目的是为了获得正确的游隙
- 对采用手动方法在实践中不能实行或非常困难的设备，这种方法尤为实用。但是，它对于特大型设备不实用
- 在安装新轴承时现场作业可以使用 TORQUE-SET 方法

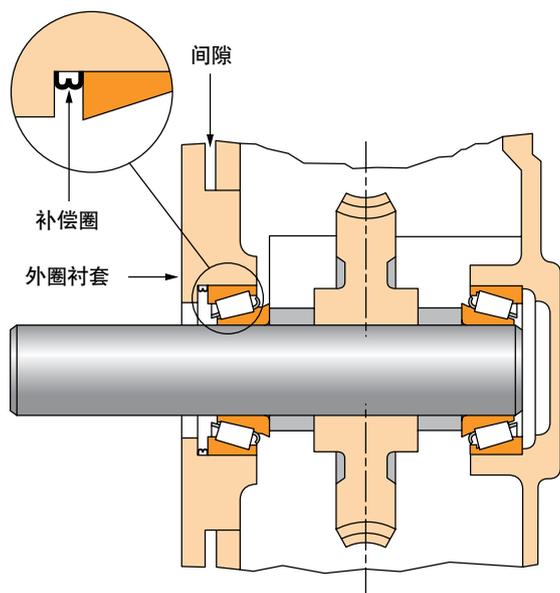


图 19. 蜗轮减速器

安装设计和设定游隙装置

圆锥滚子轴承可以进行多种形式的安装，在不同的安装形式中，有多种方法将轴承游隙设置成所需的轴向间隙或预紧。

内圈设定游隙装置

在背对背安装过程中，通常只有一个内圈由固定挡肩支撑，而另一个内圈是可移动的，由某种设定游隙装置提供支撑。

可以使用一个开槽螺母获得需要的轴承游隙(图 20)。螺母由开口销锁定。螺母和垫圈的尺寸必须为内圈提供足够的支撑。轴上的两个开口销孔，呈间隔 90 度分开，能够在螺母一周旋转中获得两倍的锁定位置，因此能够获得相应的更紧密的轴承游隙。可以使用一个自锁螺母、凸边垫圈和锁紧垫圈替代开槽螺母(图 21)。关于其他锁紧螺母的使用，请参阅《Timken®圆锥滚子轴承产品目录》中的“辅助零件”一节。

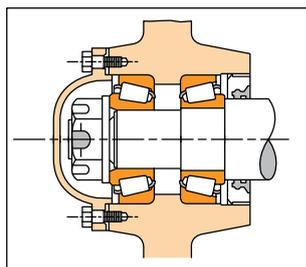


图 20. 开槽螺母

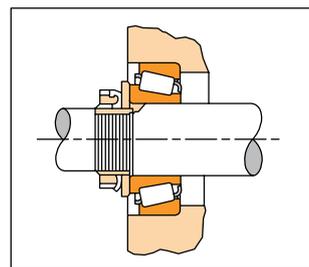


图 21. 锁紧螺母

可以使用标桩螺母(图 22)设定轴承游隙，通过将细的一头敲入键槽，将其锁定。

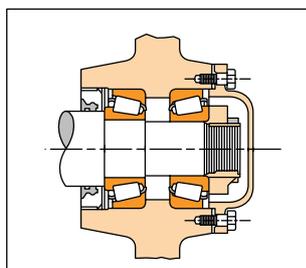


图 22. 标桩螺母

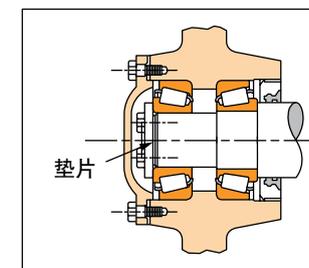


图 23. 端盖

借助通过螺栓、固定到轴端的垫片和端盖获得图 23 中的游隙。可以在端盖上开槽来测量垫片间隙。

一个带有内圈隔圈的 TDO 轴承 (位于中心线以上, 图 24) 和一个 TNA 轴承 (位于中心线以下) 在制造时设定了一个固定的内部游隙。如图所示, TDO 轴承带一个内圈隔圈, 通过端盖和档肩夹持安装在轴上。TNA 轴承通过档肩将内圈直接加紧装配在轴上。每种情况都无需额外的游隙调整过程。

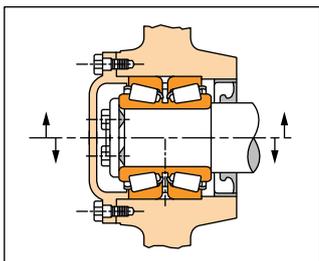


图 24. TDO 和 TDA

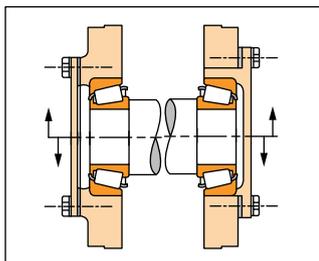


图 25. 外圈衬套和外圈端盖

可以通过选择外圈隔圈和使用由螺栓固定到轴承座上的端盖来设定游隙 (图 26)。

带外圈隔圈 (图 27) 的 TDI 轴承可由外圈隔圈提供一个具体的固定内部游隙。轴承通过外圈端盖和轴承座挡肩将外圈和隔圈夹紧。无需额外的游隙调整过程。

外圈游隙设定装置

在面对面安装过程中, 通常只有一个外圈由固定挡肩支撑, 另一个可移动的外圈可由某种合适的游隙设定装置调整位置。

一个外圈衬套 (图 25, 位于中心线之上) 和一个外圈端盖 (位于中心线之下) 使用垫片调整游隙, 而衬套或端盖由螺栓固定。

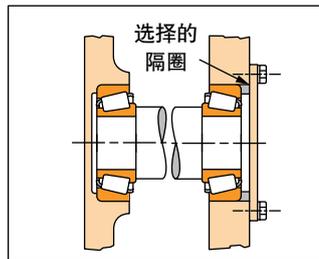


图 26. 选择的外圈隔圈

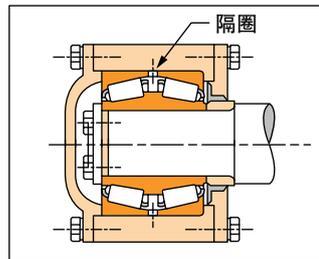


图 27. TDI

总结

相比其他类型的轴承，圆锥滚子轴承的优势之一是在安装时调节游隙。手动设定游隙已经被很多制造商接受，而且将被继续使用。但是，由于成本和更严格的性能要求，更多的制造商倾向于使用自动设定轴承游隙的方法。

最好在设计阶段就选择自动设定轴承游隙的方法。但是，如果设备已经设计并制造完成，也可以使用一种或结合多种游隙设定的方法来提高游隙设定的可靠性，减少装配时间。

在选择合适的自动设定轴承游隙的方法时，请联系铁姆肯公司的销售工程师获得进一步支持。铁姆肯公司团队可以在夹具设计、样机测试和生产工艺实施等方面提供帮助。

上海

上海市虹桥路1号港汇中心1座27层
邮政编码: 200030
电话: 86-21-61138000
传真: 86-21-61138001

北京

北京市东三环北路2号南银大厦1606室
邮政编码: 100027
电话: 86-10-64106490
传真: 86-10-64106489

成都

成都市人民南路一段86号城市之心30楼L座
邮政编码: 610016
电话: 86-28-86202271
传真: 86-28-86202276

沈阳

沈阳市和平区南京北街206号
沈阳城市广场第二座3-1506室
邮政编码: 110001
电话: 86-24-23341585
传真: 86-24-23341279

无锡

无锡市新区锡锦路8号
邮政编码: 214028
电话: 86-510-85523888
传真: 86-510-85523885

广州

广州市天河路228号之一广晟大厦2308室
邮政编码: 510620
电话: 86-20-38330049
传真: 86-20-85505003

西安

西安市碑林区南关正街88号
长安国际大厦A座11楼1123和1125室
邮政编码: 710068
电话: 86-29-87201927
传真: 86-29-87201937

武汉

武汉市汉口解放大道634号新世界中心B座8层02室
邮政编码: 430032
电话: 86-27-83590002
传真: 86-27-83590005

长沙

长沙市韶山北路159号通程国际大酒店1713室
邮政编码: 410011
电话: 86-731-85052990
传真: 86-731-85052991

青岛

青岛市香港中路9号香格里拉中心办公楼23层2308室
邮政编码: 266071
电话: 86-532-80927509
传真: 86-532-80927586

天津

天津市和平区大沽北路2号天津环球金融中心津塔写字楼302室
邮政编码: 300022
电话: 86-22-58308010
传真: 86-22-58308023

郑州

郑州市郑东新区金水路与心怡路交汇处东北角郑州金融国际中心(楷林IFC)D座18层
邮政编码: 450000
电话: 86-371-53612569

台北

台湾台北市民权东路三段144号1527室
邮政编码: 105
电话: 886-2-27160642
传真: 886-2-27176102

TIMKEN

在全球多元化市场中, 铁姆肯公司的工程师们运用精深的知识, 帮助提高机械设备的运转效率和可靠性。铁姆肯公司研发、制造并营销高性能机械组件, 包括轴承、齿轮、皮带、链条及相关机械动力传动产品和服务。

更强。恪守承诺。更强。创造价值。更强。全球协同。更强。携手共进。| 更强。设计使然。

www.timken.com.cn

2M 08-15-2 编号: 5556C
Timken® 是铁姆肯公司的注册商标。
©2015 铁姆肯公司
中国印刷