

矿用车轮边减速器行星轮轴承 装配工艺改进

□ 河北汇工机械设备有限公司/杨钟胜

问题的提出

SRT55C矿用汽车轮边减速器是典型的NGW行星减速机构,由1个太阳轮和4个行星轮、1个内齿圈和1个行星架等零件组成。太阳轮是主动轮,它和4个行星轮(从动轮)相啮合。涉及轴承装配有4个行星轮、4个行星轮轴、4个配对单列圆锥滚子轴承、4个螺栓和4个螺母。在轴承装配之后,要求4个行星轮均能手动灵活转动。但是在总装后,有的行星轮转动沉重,有明显的阻滞感,达不到装配质量要求。通过和国外著名的轴承制造厂家,如美国的TIMKEN和瑞典的SKF公司进行多次的技术交流和沟通,以及翻阅相关技术资料,解决了这一问题。

滚动轴承的游隙和预紧

滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架组成。轴承的游隙是指在无载荷时,其中一个套圈固定不动,另一个套圈相对固定套圈由一个极端位置到另一个极端位置的移动量。游隙分为径向和轴向两种。滚动轴承游隙保证滚动体正常

运转、润滑以及作为热膨胀的补偿量,直接影响轴承的正常工作与使用寿命,从而影响到设备的正常运转,因此对游隙的调整是滚动轴承装配中一个十分重要的课题。

滚动轴承在工作状态下都具有一定的游隙,但为达到特定的目的,在装配轴承时通过方法调整,使轴承获得一定的内部载荷,以负游隙状态使用,这种使用方法称为预紧。滚动轴承的预紧方式可分为轴向预紧和径向预紧两类。其中,轴向预紧又分为定位预紧和定压预紧。

轴承预紧的作用包括以下几个方面:

(1) 预紧消除了内部游隙,每个滚动体都承受着一定的预载荷,从各个方向支撑着套圈,可以提高旋转精度,使轴在轴向和径向能正确定位,提高轴的旋转精度。

(2) 滚动体与滚道接触处都是弹性接触,可以把滚动体看做弹簧。有游隙的轴承,只有受力方向的几个弹簧支撑。预紧后的轴承,各个方向都有弹簧支撑,而且有一定的预压力,承受载荷的滚动体数

目比有游隙时多,因此可以提高接触刚度。

(3) 预紧后,受载滚动体数增加,每个滚动体受的载荷减小,同时可以把载荷比较均匀地分布在每个滚动体上,因此可以提高轴承的使用寿命。

(4) 预紧使滚动体与滚道间建立起稳定的油膜,提高了滚动体与滚道间的阻尼,因此可以提高支撑结构的动态特性和降低噪声。

配对单列圆锥滚子轴承装配

在轴承配置中,单个圆锥滚子轴承的负载能力不足,行星轮轴需要作两个方向的轴向定位,并且需要达到给定的预紧或游隙工况,可以采用配对轴承来满足需求。因此美国TR60(TEREX原图)、SRT55C矿用汽车轮边减速器均采用美国TIMKEN轴承,按背对背方式采用配对单列圆锥滚子轴承进行装配。轴承外圈型号为JH211710,轴承内圈型号为JH211749。在背对背配置的配对轴承中,两个轴承的外圈和内圈之间各有一个外隔圈和

内隔圈，通过对内、外隔圈不同厚度尺寸的调整，确保轴承达到给定的预紧和正确的轴向游隙。两个轴承的负荷线朝轴承轴线分开，图1所示是刚性相对较高的轴承配置，并可承受倾覆力矩。轴承组可以承受作用在两个方向的轴向负荷，但每个轴承仅能承受一个方向的轴向负荷。

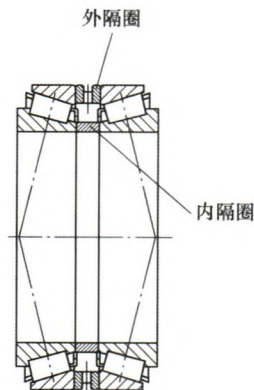


图1 配对单列圆锥滚子轴承背对背装配示意图
TIMKEN公司已开发了配对轴承自动的游隙设置技术，这一技术的优点为：

- (1) 可提供无需调整的隔圈，可以简化安装程序和避免安装错误，降低装配成本，从而缩短装配时间。
- (2) 出厂时已经确定了轴向游隙，可以将轴准确地轴向定位。
- (3) 高径向和轴向承载能力。
- (4) 易于维护，可通过隔圈的润滑槽和润滑孔加入润滑剂。

轴向游隙的调整

轴向游隙的调整可以通过调整内、外隔圈的厚度尺寸来实现。这种调整是在轴承尚未装到行星轮轴上时进行的，配对单列圆锥滚子轴承装配时，其轴向游隙常用不同厚度的内、外隔圈进行调整（见图2）。

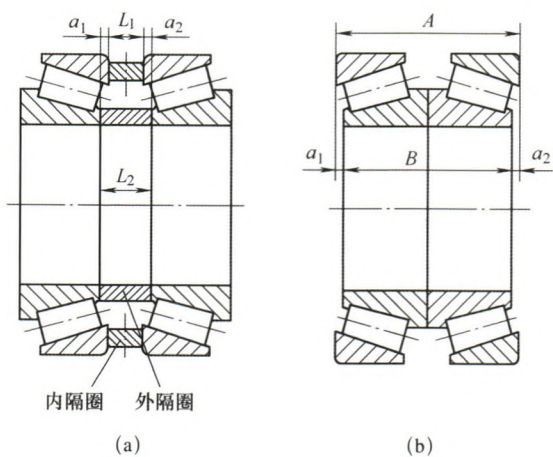


图2 用内外隔圈调整轴向游隙

根据轴承的轴向游隙确定内、外隔圈的厚度尺寸。当两个轴承的轴向游隙为零时，内、外隔圈的厚度尺寸关系（图见2a）：

$$L_1=L_2-(a_1+a_2)$$

式中 L_1 ——外隔圈的厚度；

L_2 ——内隔圈的厚度；

a_1 和 a_2 ——当轴承轴向游隙为零时轴承内、外隔圈的轴向位移值。

当两个轴承调换位置互相靠紧后，测量尺寸A、B（见图2b），则 $A-B=a_1+a_2$ 。所以， $L_1=L_2-(A-B)$ 。

为了使两个轴承各有轴向游隙c，则 $L_1=L_2-(A-B)-2c$ 。

调整游隙用的内、外隔圈应精加工，其厚度上偏差为0mm，下偏差为-0.01mm或-0.02mm，两端面的平行度不超过0.01mm。值得

注意的是，为了外、内隔圈厚度尺寸准确无误，计算公式可以附加上公差，结果用尺寸链的计算方式得出。

相关件的尺寸及公差见表1。

SRT55C轮边减速器行星轮内孔轴承装配工艺及原理，如图3和表2所示。具体如下：

- (1) 对所有的总成装配件必须严格认真清洗，高的清洁度是总成分长寿命质量的保证。
- (2) 将弹性挡圈9装入行星轮7内孔的卡簧槽内→将行星轮7均匀加热至125℃，并保温2.5h→将一个轴承外圈10按背靠背的方式装入行星轮7右侧的孔内然后装入外隔圈3→在行星轮7孔的左侧装入另一个轴承外圈10。
- (3) 行星轮孔内轴承的总装。将配对的单列圆锥滚子轴承按

表 1 (单位：mm)

名称	孔径/mm	厚度尺寸及公差/mm	标准号
孔用弹性挡圈	φ 120	3 ^{+0.07} _{-0.22}	GB/T893.1
外隔圈	φ 119.5 ^{0.5} ₀ × φ 102	厚度尺寸 ⁰ _{-0.015}	
内隔圈	φ 74 × φ 65.5 ^{0.5} ₀	厚度尺寸 ⁰ _{-0.015}	
轴承轴向游隙c		由美国TIMKEN公司提供	

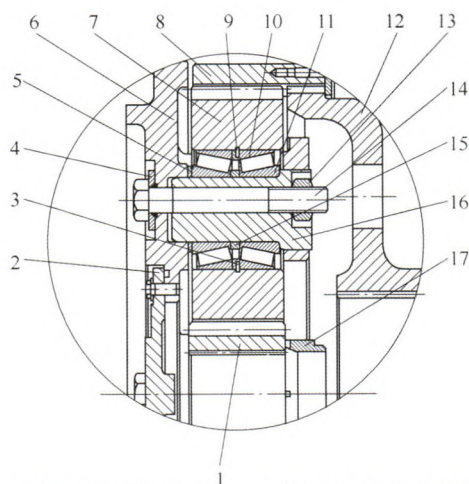


图3 SRT55C轮边减速器行星轮内孔轴承装配示意（序号对应名称见表2）

表 2

序号	名称	型号	数量	材料	备注	序号	名称	型号	数量	材料	备注
1	太阳轮		1	20Cr2Ni4A		10	轴承外圈	JH211749	8		美国TIMKEN
2	止推盖		1	ZG40Cr		11	轴承内圈		8		美国TIMKEN
3	外隔圈		4	GCr15		12	轮架		1	ZG40Cr	
4	垫片		1	Q345		13	螺母		4		
5	止推垫		4	40Cr		14	螺栓M24		4	40Cr	
6	行星轮架		1	QT600-3		15	内隔圈		4	GCr15	
7	行星轮		4	20CrNiMoA		16	行星轮轴		4	20CrMnTiH5	
8	内齿轮		1	40CrNiMoA		17	铜环		1	QSn7-0.2	
9	弹性挡圈	JH211710	4	65Mn							

16的右侧端面紧压在右端轴承内圈11、内隔圈10和左端轴承内圈11上以及止推垫5、和行星轮架6上，通过内、外隔圈实现轴承给定的预紧和轴向游隙。内隔圈厚度增加，游隙加大；内隔圈厚度减小，游隙减小。

(5) 对于自制内、外隔圈的厂家来说，通过拆卸取出内隔圈，更换合适厚度的内隔圈或在平面磨床上修磨内隔圈厚度至尺寸要求。这一过程往往要通过数次拆装才可实现。SRT55C要求行星轮轴和轴承内孔的配合为过盈配合，对轴采用冷冻进行装配。因此，要取出

内隔圈十分困难，但TEREX TR60（美国矿用汽车型号）由于采用的是松配合，拆卸时就非常方便。

配合参数的比较

我单位向某主机厂按TEREX的原图供TR60的零部件，TR60和SRT55C的图样几乎完全相同。提供的产品中包括TR60轮边减速器行星轮和行星轮轴等零件。通过和SRT55C的图样进行比对，发现部分关键尺寸的公差配合有较大的出入，详见表3~表5。

1.SRT55C的不足之处

(1) 轴承的内圈安装在行星

轮轴上，外圈安装在行星轮的内孔中，轴承的装配全部采用过盈配合，轴承的内、外圈装配之后径向尺寸均发生弹性变形，一般轴承内圈因过盈配合而膨胀，外圈则收缩，配合的游隙小于原始游隙，配合游隙发生了较大的变化。在这方面，SRT55C和TEREX TR60有大的出入。

(4) 将螺栓14和行星轮架6及行星轮轴16进行组装，用拧紧力矩为470N·m的扳手拧紧螺母13。在螺纹轴向紧固力的作用下，行星轮轴

背对背的方式在行星轮7内孔进行组装。装配完毕将其平放在行星架小孔的凸台上→将行星轮轴16小头穿过行星轮架6的大孔，对准轴承内圈11的内孔进行装配。由于其配合为松配合，严禁装配时用力敲打，以防轴承受到伤害，直至装配到位。

行星轮轴的外径公差配合不应采用过盈配合，应为松配合(g6)。采用过盈配合对于操作者来说，拆卸内隔圈时相当困难（通过修磨内隔圈的厚度以确保轴承的轴向游隙），可以说轴承不是使用

表3 行星轮内孔与轴承内圈相配孔径尺寸 (单位: mm)

项目 厂家	SRT55C 原图	SRT55C 河北汇工	TEREX (TR60) 原图
轴径尺寸及公差	$\phi 65^{+0.020}_{+0.005}$	$\phi 65^{+0.015}_{-0.035}$	$\phi 65^{+0.027}_{-0.052}$

表4 行星轮内孔与轴承外圈相配孔径尺寸 (单位: mm)

项目 厂家	SRT55C 原图	SRT55C 河北汇工	TEREX (TR60) 原图
孔径尺寸及公差	$\phi 120^{+0.056}_{-0.076}$	$\phi 120^{+0.024}_{-0.059}$	$\phi 120^{+0.044}_{-0.066}$

表5 行星轮内孔与轴承配套的内、外隔圈原始尺寸 (单位: mm)

名称	SRT55C 原图	SRT55C 河北汇工	SRT55C TIMKEN提供
外隔圈	$8^{+0.015}_{-0.015}$	—	$7.415^{+0}_{-0.015}$
内隔圈	$9.478^{+0.015}_{-0.015}$	—	$8.98^{+0}_{-0.015}$

坏的,而是拆卸困难拆坏的,对轴承应有的使用寿命带来严重威胁。由于是过盈配合, SRT55C行星轮轴装配时必须做冷冻处理, 装配工艺繁杂, 增加了装配中的工作量。

(2) 每一配对的单列圆锥滚子轴承的轴向游隙互不相同, 因此配对所用的内、外隔圈的厚度差尺寸也不应相同, 而是随着轴承游隙的变化而变化。SRT55C配对单列圆锥滚子轴承所用的内、外隔圈不论是多少对其厚薄差是同一数值 (内隔圈: $9.478 \pm 0.015\text{mm}$; 外隔圈: $8 \pm 0.015\text{mm}$)。我单位购买的一套由美国TIMKEN提供的配对单列圆锥滚子轴承, 供货时带有不需调整的内、外隔圈各一个, 直接安装就可以准确轴向定位。经检测其厚度尺寸为: 外隔圈 $7.415^{+0}_{-0.015}\text{mm}$, 内隔圈 $8.98^{+0}_{-0.015}\text{mm}$ 。

(3) SRT55C内、外隔圈的厚度公差为 $\pm 0.015\text{mm}$, 而调整游隙用的内、外隔圈应精加工, 其厚

度上偏差为0, 下偏差为 -0.01 或 -0.02mm , 两端面的平行度不超过 0.01mm 。

(4) SRT55C轴承外圈与行星轮内孔的过盈配合过紧, 其配合性质为P7。

2.TEREX TR60的不足之处

TEREX TR60轴承的装配中, 行星轮轴上与轴承内圈相配的轴径公差配合过松, 轴径要求的尺寸为 $\phi 65^{+0.027}_{-0.052}\text{mm}$, 河北汇工的要求尺寸为 $\phi 65^{+0.015}_{-0.035}\text{mm}$ 。过松的间隙配合会引起内圈对轴和挡肩的爬行和磨损, 从而使轴承过于松动而可能引起轴承和轴的损伤。



杨钟胜
高级工程师, 河北汇工机械设备有限公司首席专家顾问。长期从事硬齿面重载齿轮的研究与制造, 在国内、外发表技术论文180多篇, 在国内齿轮行业及矿用汽车行业享有较高的知名度。
《中国齿轮专业协会》特聘专家、专家委员会委员以及其他多个协会专家委员会委员。

单列圆锥滚子轴承安装注意事项

(1) 轴承在安装中的清洁度对于滚动轴承的使用寿命影响很大, 因此对于确保作业场地及所用的设备工具、擦拭和润滑材料、轴承本身和相配零件的清洁度至关重要, 应特别加以注意和引起足够的重视。

(2) 轴承出厂前涂有防护油脂, 安装前不要清洗轴承, 防护油脂在投入运行后, 能充分和润滑油融为一体, 并参与正常的润滑, 对使用没有任何负面影响。同时在没有投入运行前, 在库房存放期间, 由于防护油脂的作用, 仍有可靠的防护作用。因此, 对用户的使用非常方便。

(3) 应提供合适的工具将内外滚道装配在轴上或轴承座孔内, 并避免将轴承损坏。

(4) 对轴承装配中应当避免在滚道上直接敲击, 避免轴承损伤。保持架最容易变形, 安装时注意尽量不让保持架受力。

(5) 为了安装的方便, 需要对轴承内、外圈进行加热或者冷冻, 但标准的轴承加热温度不得高于 120°C 或外滚道的冷冻温度不得低于 -55°C 。对于精密轴承, 其加热温度最高不能超过 65°C , 冷冻温度不得低于 -30°C 。AME