



论交叉滚子轴承的返修

杨卫东 樊虎 王进俭

(安阳钢铁股份有限公司焦化厂)

摘要 介绍斗轮堆取料机回转机构上所使用的单排交叉滚子轴承的结构和损坏情况,分析进行返修的可行性,总结对其进行修复并确保修复质量的具体方法,达到降低生产成本的目的。

关键词 交叉滚子轴承 外齿圈 上内圈 下内圈 滚道 滚子 返修

交叉滚子轴承具有承载能力大、防倾覆能力强的特点,被广泛地使用于起重工程机械和军工产品上。该轴承结构紧凑,装配间隙小,制造精度和安装精度要求高,能同时承受轴向力、倾翻力矩和较大的径向力。安钢焦化厂2#斗轮堆取料机的回转机构上使用了单排交叉滚子轴承。该轴承回转直径为3222mm,重5.395吨,价值40余万元,为斗轮堆取料机卸煤、取煤时回转机构正常工作的重要部件。该轴承自1997年投用,2002年主机大修时因外齿圈轮齿磨损损坏、滚子和滚道面磨损和锈蚀而更换下线。为节约生产成本,我们经过对此轴承进行仔细的检查、分析,制订修理方案,对其进行了返修,使其重新恢复了使用功能。

1. 单排交叉滚子轴承的结构特点。

单排交叉滚子轴承的结构由外齿圈、滚子、上内圈、下内圈等组成,滚子为圆柱型,平行交叉排列在外齿圈、上内圈和下内圈的滚道面所形成的空间内,通过直径的截面为正方形(见图一)。单排交叉滚子轴承外形尺寸大,更换困难,价格昂贵,在使用过程中,要求在线维护保养及时,使其有良好的润滑环境,并调整好轴承外齿

圈与传动齿轮的啮合间隙等,以延长它的使用寿命,保证正常生产。

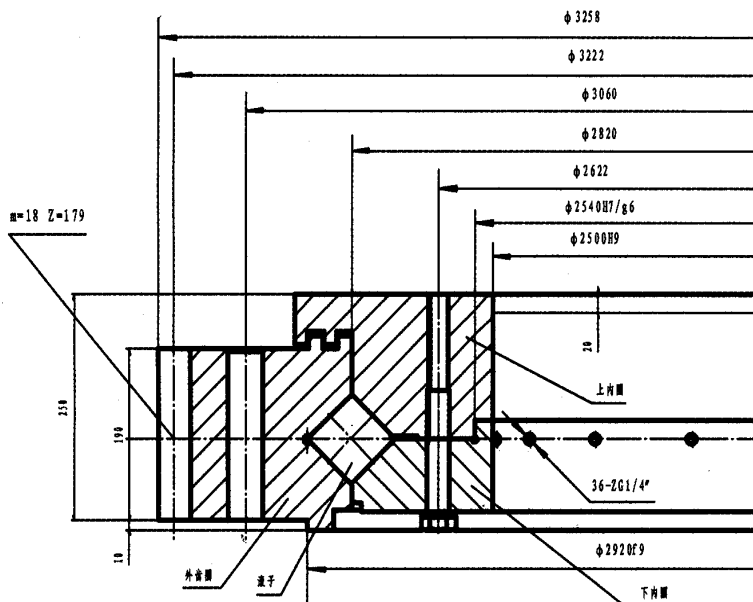
2. 轴承损坏情况及原因分析。

我们对更换下线的轴承进行了仔细的检查,发现其运行时的润滑效果非常差,初始安装时没有清除充满其内腔的防锈油,而轴承正常运行要求的是稀油润滑环境,由于防锈油堵塞所有润滑孔,稀油无法进入内腔,造成长期干磨。另外由于整机平衡性能不好,头部接地压力达6吨,使交叉滚子轴承受力不均匀,滚子和滚道面已磨损和锈蚀,受力大的一边较为严重,检查还发现外齿圈与回转驱动的小齿轮间隙上小下大,回转驱动的小齿轮定位不牢,有跳动现象,齿轮啮合间隙时大时小,出现局部断齿、卡死和回转角度达不到设计要求的现象。

3. 轴承进行返修的可行性分析

通过对轴承的损坏情况和原因进行分析,我们认为对其进行修理,恢复其使用功能具有可行性和必要性:

首先,单排交叉滚子轴承在斗轮机这种特定的设备上使用,外齿圈的工作角度一般在180°左



图一

右,也就是说整圈外齿有一半尚未使用,再次使用时,可用另一半齿作为工作齿。即使整圈外齿都已使用,还可以作齿面修复。

其次,四个滚道面虽已损坏,而且面积大,但只是表面层损坏,滚道和上下内圈通过调整还有加工余量可以进行加工,然后可以根据加工后的四个滚道面所形成的净空尺寸最后确定滚子直径。

第三,有显著的经济效益。据初步估算,整个交叉滚子轴承返修的成本只有原生产成本的 1/3 左右,可节约新轴承的采购资金达 30 余万元。

4.交叉滚子轴承的修理过程和采取的具体措施

1) 清洗各个组件,修复所有组件外形上的缺陷

修复齿轮前,先化验上下内圈及外齿圈的材质,检验报告表明:其均为 40Cr,采用 J606 焊条堆焊,然后,热处理调质:HB=240-270。经现场查看证实,上内圈上 8 个 M24 螺丝孔已经有 7 个损坏,重新攻丝成 8-M27 螺丝孔,同样,下内圈上 8 个 Φ25 通孔相应扩钻成 Φ28 通孔,同时更换相应连接用螺栓即可。

2) 交叉滚子轴承主体上、下内圈、外齿圈之间重新找正复位

由于交叉滚子轴承长时间使用后,止口、防尘迷宫等变形严重,先找正后分别少量加工即可,先加工外齿圈齿顶圆,以此作为基准再加工其它配合面,上下内圈以原止口为基准加工其它配合面(除滚道外)。

3) 齿轮的修复

经分析认为,齿轮齿面的修方法有以下两种:一是测量出外齿圈上损坏磨损最严重的齿,在保证齿轮模数不变的情况下,通过计算,重新滚齿,使齿轮负变位,同样,与之相配合的减速机上的输出小齿轮正变位,为了保证两齿轮啮合时中心距不变,成对的齿轮为高变位。这种方法的优点是可对齿轮直接进行二次加工,对齿轮本身无损伤。缺点是齿形变位后的外齿圈再次使用时必须配套相应的小齿轮,整体互换性较差。二是将磨损损坏的齿进行堆焊并留足够加工余量,然后滚齿加工至原尺寸。为保证原传动部位的零部件及备件(如输出小齿轮等)能再次使用,需要保证齿轮啮合的中心距不变,所以对齿形的修复,我



们采用堆焊再加工的方法。该方法虽然会产生齿表面的材质微变和表面变形，但可以通过热处理和机械加工等措施加以弥补，其优点是保证以后使用备件的互换性。

4) 修复滚道面

四个滚道面所形成的通过直径的截面为正方形，对角线垂直于地面，即每个滚道面通过直径的截面均与整体中心线成 45° 角，由于滚道表面损坏较严重，呈椭圆状、表面有凸缘环和环状凹痕，以前面指明的基准磨削加工滚道表面（因表面硬度高），经测量椭圆度偏差约为 3mm ，磨削加工完后，测硬度，均在 $\text{HRC}30-40$ ，为保证 45° 角，我们制作了样板（见图二）用于测量角度。加工和复测合格后，对滚道进行表面淬火处理，淬火后硬度为 $\text{HRC}55-60$ 。然后再次进行磨削加工以消除局部变形并进一步提高滚道表面光洁度。二次磨削加工时，用角度样板进行检查，以确保 45° 角的准确性。

5) 滚子的配制

a. 先制作八个实验用调整滚子，尺寸与原产

品一致 ($\Phi 70$)。

b. 上述已制作的八个滚子在圆环腔内均匀四点交叉按实际位置放置，每个位置上交叉放置两个，将交叉滚子主要组件合成一体，拧紧螺栓使上下内圈贴合。

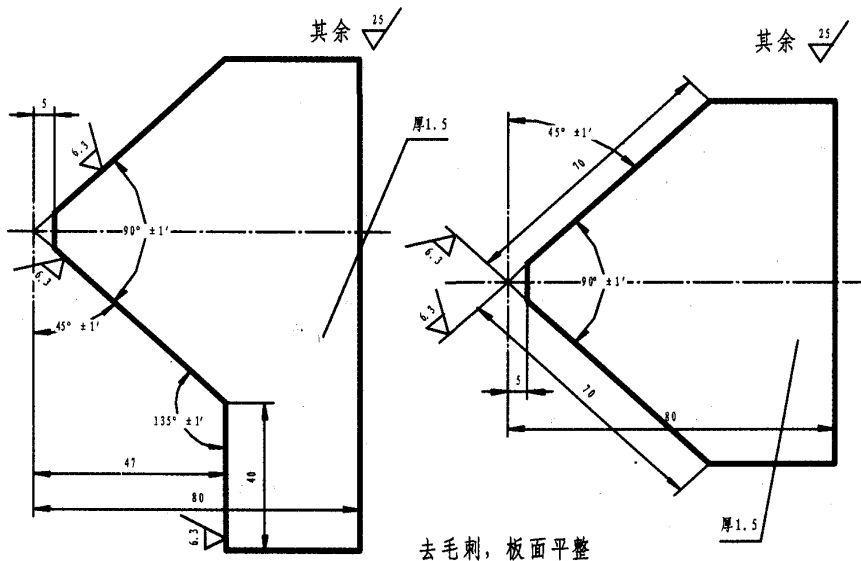
c. 水平支承起外齿圈至一定高度 (250mm 以上)，让上下内圈（一体）下沉到最低位置测量出其上平面与外齿圈上平面的相对位置即高度差 $H3$ ，作好记录。

d. 同样，水平支承起上下内圈（一体）至一定高度 (250mm 以上)，让外齿圈下沉到最低位置测量出其上平面与上下内圈（一体）上平面的相对位置即高度差 $H4$ ，作好记录。

e. 算出上述两次测量值的差值 $H=H4-H3$ ，换算成直径的增补量 $X=(H-\delta)/(2*2^{1/2})\text{mm}=(H/(2*2^{1/2})-0.106)\text{mm}$ 。（ δ 为交叉滚子轴承上下游动间隙，约 $0.30-0.80\text{mm}$ ，取 $\delta=0.3\text{mm}$ ）

f. 滚子直径为 $\varphi(70+x)\text{mm}$ ，具体推算如下：

f.1 由于滚道面是成对加工的，外齿圈上一对，上下内圈为一对，配对的滚道面每一个通过整体圆心的截面的两母线成 90° 的角，且每根母线与中心线的夹角均为 45° ，假设同一截面内的成



图二 样板图



对加工的母线的两交点在同一水平面内，加工后的滚道内腔的截面图可能出现如图三，图四，图五所示的三种情况。

f.2 延长图三中右边的两根母线与另两根母线相交，再作出四根母线的两根中心线和通过中心线交点的垂直、水平线，连接分形面（ $\phi 2820$ 的圆柱面）与母线的交点后可知，四根母线所形成的图形总为对角线为垂直和水平线的正方形，垂直对角线所形成的圆柱面直径 D 为 $\phi (2820 + 2P)$ ，见图六。（同样，图四中的 D 为 $\phi (2820 - 2P)$ ，图略）

f.3 支撑并固定起上下内圈（250mm 以上），让外齿圈自然下垂，（见图八），使中心线与水平线成 45° 角的滚子与滚道母线接触，这时外齿圈的上平面与上下内圈的上平面的相对位移与初始

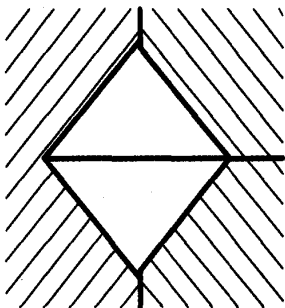
位置变化了 H_1 ；支撑并固定起外齿圈（250mm 以上），让上下内圈自然下垂，（见图九），使中心线与水平线成 135° 角的滚子与滚道母线接触，这时外齿圈的上平面与上下内圈的上平面的相对位移与初始位置变化了 H_2 。图八与图九所示的两个极限总的高度为 $H = H_1 + H_2$ 。

由图八知 $H_1 = X_1 / \cos 45^\circ = (X+d) * 2 / 2^{1/2}$ ，
由图九知 $H_2 = X_1 / \cos 45^\circ = (X+d) * 2 / 2^{1/2}$ ，
所以 $H = H_1 + H_2 = 2 (X+d) * 2 / 2^{1/2} = 2 * (X+d) * 2^{1/2}$ 。（式中 X 为直径增补量， d 为轴承游动间隙 δ （垂直方向）换算到直径方向的值。 $d = \delta / (2 * 2^{1/2})$ ）。

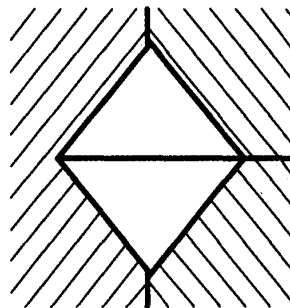
因此，可以得出 $X = H / (2 * 2^{1/2}) - \delta / (2 * 2^{1/2})$

上式 $\delta = 0.3 \sim 0.8 \text{mm}$ ，取 0.3mm 。

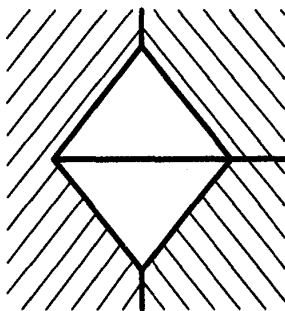
故 $X = H / (2 * 2^{1/2}) - \delta / (2 * 2^{1/2}) = H / (2 * 2^{1/2}) -$



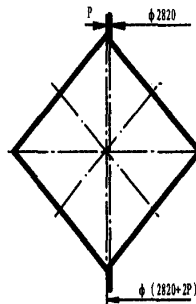
图三（上下内圈的滚道加工量比外齿圈的小）



图四（外齿圈的滚道加工量比上下内圈的小）



图五（外齿圈的滚道加工量和上下内圈的相等，理想状态 D 为 $\phi 2820$ ）



图六



0.106 (与前面推导的一致)。

说明: 上述的 $H=H4-H3$ 与本节中的 $H=H1+H2$ 所述的 H 相同, 即 $H=H4-H3=H1+H2$ 。

g. 成批制作标准滚子, 滚子数量为 (交叉滚子轴承直径 $\times \pi$) / (70+x), 取整 Y , 余数小于一个直径 ϕ (70+x) 的正数值。若 Y 为偶数时, Y 即为最终值; 若 Y 为奇数时, 最终值为 $Y-1$, 为了保证余数小于一个直径的正数值, 要求重新确定滚子的直径 (增大), 用在止口垫薄铜板增加滚道净空, 重新调整, 直到交叉滚子轴承上下游动间隙正确为止。

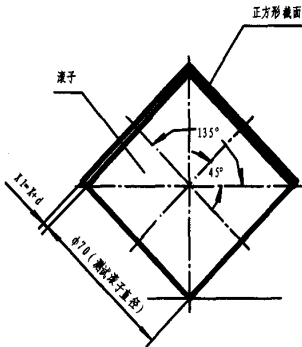
6) 安装

认真清洗, 滚子严格交叉相隔摆放, 按图纸要求, 正确地定位三主体件的回火带的相对位置, 拧紧紧固件, 试运行, 在无任何故障的情况下, 在内腔的装滚子部位塞满黄油, 完全组装成一体,

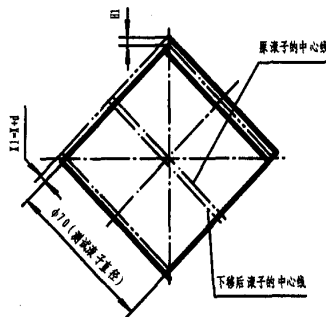
在主体外表面涂上机油并包扎。

5. 达到的效果

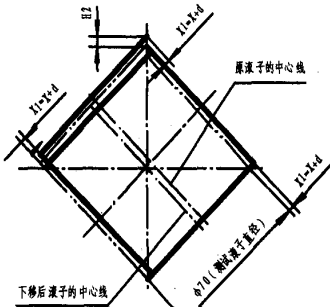
返修的交叉滚子轴承投入使用时, 我们针对稀油润滑效果不好的缺点, 通过采取增设干油泵等措施, 把交叉滚子轴承的稀油润滑方式改为干油润滑, 确保了润滑良好; 重新调整了整机平衡, 保证齿轮的正常啮合, 现在回转机构运转情况良好, 交叉滚子轴承无任何异常现象出现。该交叉滚子轴承返修约需检修费用 12.5 万元, 而采购一套新交叉滚子轴承需要 45 万元的资金。因此返修该交叉滚子轴承不仅可以减少 30 余万元的资金投入, 节约生产成本, 而且在检修该交叉滚子轴承的同时能够深入地了解其结构性能, 为检修同类产品积累经验。



图七: 初始位置



图八



图九