

轴承加工工艺改进

李难氏

上海人本集团轴承技术研发有限公司 上海 201411

摘要: 在轴承加工过程中,套圈的磨削以及沟道的加工一直是整个轴承加工过程中的难点,也是整个轴承加工过程中影响产品质量的最重要一步。如何改进磨削工艺,一直是轴承生产过程中的关键问题。本文对针对深沟球轴承磨削过程中易出现的几种情况,现提出以下几种解决办法。

关键词: 深沟球轴承;质量工程;轴承

引言:深沟球轴承因其结构简单,使用方便,可适用于多种工况,是最常用的轴承;并且因为其结构简单,与其他轴承相比易于达到较高的制造精度,便于成系列的大批量生产;套圈以及滚道的磨削对轴承精度影响因素较大,现针对深沟球轴承磨削过程中易出现的几种情况,提出以下几种解决办法。

1 轴承套圈的加工

1.1 轴承与轴承座

外圆是轴承与轴承座配合安装的定位面,也是下道工序加工的定位基准。外圆的精度直接影响下道工序(磨沟、内圆等。)加工质量。与其他磨削工艺相比,外圆磨削更容易产生废物。

圆度偏差是指旋转体在同一正截面上实测轮廓与其理想圆形之间的偏差变化。机械零件旋转表面的正截面轮廓圆度偏差,直接关系到设备效能的发挥。因此,圆度偏差是衡量外圆磨削品质的重要标尺。

在磨削后的产品中,随机抽取15个样本来测量其圆度误差,其中每个样本都被测量4次。运用 Minitab 如图 1-1所示,软件绘制圆度误差的控制图和直方图。Minitab 将样品的圆度误差分为多个范围,纵坐标代表确定到每个范围的样品数量占样品总量的百分比

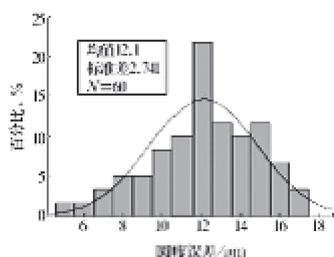


图 1-1

1.2 根据控制图的判断标准:

所有数据都在控制范围内,表明过程稳定,无异常现象。直方图显示,圆度误差近似正态分布,即轴承圆

度误差正常分布。根据过程能力指数评价表,可得出结论: $Cpk = 0.88 < 1.00$ 、粗磨外圆工艺能力不足,需要提高质量。^[1]

分析确定粗磨外圆可能影响圆度误差的因素为:

- (1) 工件中心高度不合适;
- (2) 导轮倾斜角过大;
- (3) 磨削砂轮不平衡。

1.3 工件中心高对圆度误差的影响

在无意中磨削时,如果布局不当,往往会产生严重的表面误差-圆度误差。根据以往的经验,尺寸大于 80 mm 工件中心在粗磨时很高 25 ~ 30 mm。试验轴承的外径为 280 mm,中心高合适与不合适 2 在这种情况下,分别提取 10 测量其圆度误差,使用组样本 Excel 单因素方差分析。取 SS 离差平方和,df 为自由度,MS 为均方,F 和 P 均为衡量因素是否显著的统计量,当 F 大于临界值 F_{crit} 或者 P 值小于 0.05 说明检验因素对观察值有显著影响。由表 2 可知,P 值为 $0.03 < 0.05$,即在 95% 其影响在信心范围内是显著的,因此工件中心是一个重要因素。

1.4 导轮倾斜角对圆度误差的影响

导轮的倾斜角决定了一次穿过磨削时间和磨削的圆数,与圆度密切相关。一般粗磨外圆时,导轮的倾斜角不宜过大 2° 为分界点。分别调整倾斜角 $2^\circ 30'$ 和 $1^\circ 30'$,各抽取 10 用单因素方差分析法测量组轴承样本的圆度误差,对数据进行处理。试验结果显示,P 值为 $0.045 < 0.05$ 。导轮倾斜角对圆度误差有显著影响,因此导轮倾斜角是一个重要因素。

1.5 磨削砂轮平衡对圆度误差的影响

磨砂轮在其磨削历程中会依次经历启动磨合期(初始阶段)、稳定磨损期(中期阶段)以及严重损耗期(最终阶段)。当磨砂轮步入稳定磨损与高效磨削阶段之际,为了评估其对圆度误差的具体影响,我们在砂轮

达到严重损耗阶段时，精心挑选了10组圆度误差样本进行测定，并运用单因素方差分析对这些数据进行了细致处理。试验结果清晰地揭示了一个重要事实：P值0.012小于预设显著性水平，这意味着研磨砂轮的平衡状态对圆度误差产生了显著影响，进而证明了砂轮平衡是一个不可忽视的关键因素。在明确了影响圆度误差的三大核心要素后，我们针对每个因素设定了三个不同的水平，并借助Minitab软件，运用田口正交试验设计法，制定了详尽的测试方案，同时对圆度误差进行了精确测量。随后，我们利用Minitab对试验结果进行了深入分析，得出了平均响应表和平均主效应图，为进一步优化提供了有力依据。^[2]

| 工件中心高/mm | 导轮倾斜角 | 磨削砂轮平衡 | 圆度误差/ μm | 水平 | 工件中心高 | 导轮倾斜角 | 磨削砂轮平衡 |
|----------|-------|--------|---------------------|----------|-------|-------|--------|
| 25 | 1°30' | 初期 | 14 | 1 | 14.33 | 14.67 | 12.33 |
| 25 | 1°45' | 中期 | 12 | 2 | 11.67 | 13.33 | 11.33 |
| 25 | 2°00' | 末期 | 17 | 3 | 14.00 | 12.00 | 16.33 |
| 28 | 1°30' | 中期 | 12 | δ | 2.66 | 2.67 | 5.00 |
| 28 | 1°45' | 末期 | 14 | 排秩 | 3 | 2 | 1 |
| 28 | 2°00' | 初期 | 9 | | | | |
| 31 | 1°30' | 末期 | 18 | | | | |
| 31 | 1°45' | 初期 | 14 | | | | |
| 31 | 2°00' | 中期 | 10 | | | | |

图1-2

如图1-2表中第2代表工件中心高水平1(25 mm) 2(28 mm) 3(31 mm) 样本圆度误差的平均值；第3代表水平1的导轮倾斜角(1°30') 2(1°45') 3(2°00') 情况下，样本圆度误差的平均值；第4研磨砂轮的平衡代表水平1(初期)、2(中期)、3(末期) 情况下，样本圆度误差的平均值； δ 最大和最小平均值之间的差异是每个因素。

以上内容可知：

(1) 研磨砂轮平衡是影响圆度误差的最大因素，其次是导轮的倾斜角，最后是工件中心的高度。事实上，工件中心的高度和导轮的倾斜角 δ 值均为 2 23，它是相等的。在表中，由于有效值取值位数的关系，两者都出现了 δ 值不同的情况。因此，工件中心高度对导轮倾斜角的圆度误差有相当大的影响。

(2) 使指标达到最佳条件是工件中心的高取 28 mm，取导轮倾斜角 2°，磨砂轮平衡取中期，使粗磨外圆时的圆度误差达到设定的目标 11 μm 。

为确认改进的有效性，以确认改进的有效性 15 测量每个轴承样本和每个样本之间的圆度误差 4 次，共得到 60 个圆度误差值。绘制圆度误差的直方图和控制图，检查是否改进有效性和可行性。如图1-3所示，改进后的圆度误差几乎呈正态分布，即圆度误差处于正常状态。从控制图1-3可以看出，没有点处于异常状态，即过程已统计程控制状态。月经 Minitab 计算，改进后的过程能力指数 $Cpk = 1.43 > 1.33$ 实现改进目标。

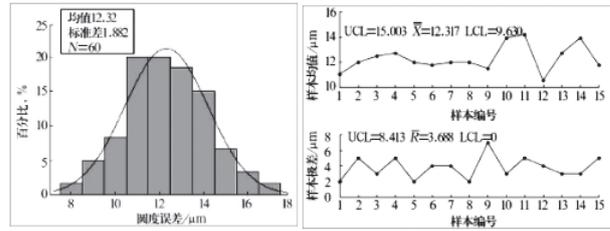


图1-3

图1-3所展示的轴承中，圆度误差是衡量其品质的核心指标之一。通过运用6 σ 管理和正交实验设计策略，我们精准识别了影响轴承套圈圆度精度的核心要素，并据此实施了一系列高效的优化手段。这些改进措施显著增强了轴承套圈外圆磨削工艺的稳定性，使得圆度误差严格符合设计标准。尤为值得一提的是，磨削过程能力指数实现了从初始的0.88至1.43的大幅跃升，这一进步不仅极大提升了套圈尺寸的均一性，还有效削减了检验成本，为确保后续生产流程的稳定运行奠定了坚实基础，圆满达成了预期的改进目标。

2 沟道的加工工艺

2.1 磨加工沟曲率半径的确定

当车加工沟曲率半径小于磨加工后成品的曲率半径，在切入法磨削沟道时，砂轮圆周上各点承担的切削量 δ 也就不同。 δ 随着 β 角度的变化而变化。

$$\delta = \sqrt{R^2 - (r \sin \beta)^2} - r \cos \beta$$

其中：

δ —— 某加工点的切削量

r —— 磨加工之前沟曲率半径

R —— 磨加工后曲率半径

β —— 某加工点圆心角

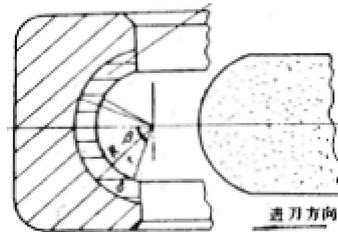


图2-1

由上式子如图2-1可以看出，当 $\beta = 0$ 时， δ 值最小，而靠近轴承向端面 δ 为最大，因此，砂轮廓形上每点消程量也就不同，容易引起砂轮廓形失真，影响了沟道精度，降低了砂轮耐用度、实际上制定工艺时，只要使车加工沟曲率和磨加工后沟曲率相等。两个圆心间距离为 δ 时。则分布于两圆弧之间余量便符合砂轮上各切削点加工量相等的原则，当车工沟位置偏差时，无论那种方法，余量都会受其影响，但是“等圆弧”沟道余量变化依然

会比“小圆弧”沟道变化余量平缓,显示出这种方式加工的优越性。

通过这一措施既提高了加工精度,又统一了车削、磨加工沟道刮色球,为生产提供了方便。^[1]

2.2 砂轮宽度的选择

切入法磨削所选用砂轮宽度是一种重要的参数,砂轮过宽,不易修整,也造成了浪费,经济性原则不合算;如果砂轮过窄,也很难磨出符合要求的沟道,实际应用中,砂轮宽度应略大于沟道的理论宽度L较好,取砂轮宽度为:

$$B = L * (0.2 \sim 0.5)$$

其中

B = 砂轮宽度, mm

L = 理论计算的沟宽度, mm

这是因为轴承套圈中车削加工中存在着一定的加工误差。例如:外圈由于外圈和内圈的不同轴度,内侧的圆形偏差及内侧车刀刀纹和沟道交切等原因,使得圆周上各处的沟道款不相同,以及沟道位置偏差等。如果用理论值宽度的砂轮磨削套圈时,会有两种情况出现:

其一,来料中车加工沟道宽度小于或等于理论计算值,则磨加工后沟道两边容易留下锐角和毛刺。当检查拘曲率时,刮色球被多余的锐角和毛刺挡住,难以刮到沟底,造成沟窄的假象。

其二,来料中车加工沟道宽度大于理论值,则沟道磨削后将会存在沟道圆弧两边车刀痕未能磨掉的现象,工作表面存在这些缺陷是不允许的。

2.3 修整工具的工艺要求以及措施

切入式磨削中,其主要特点是工件被加工表面形状由砂轮的工作表面决定。因此砂轮修整的作用不仅要保持砂轮的切削性能,而且还要保持理想廓形,故金刚石的工作点必须保持锋利。为此,除合理选择金刚石颗粒的大小和正确焊接外,还可以采用金刚石笔相互对研的办法,提高真锋利性能。

2.4 浮动支撑的选用

在生产低噪声轴承时,磨加工内、外圈沟道我们都选用了圆弧式浮动支撑,并采用支外径磨沟方式。圆弧式浮动支撑特点是工件与支承之间吻合性好,接触弧度长,具有“滤波”作用。因此,制造浮动支承时,支持块的尺寸按工件定位直径上差研磨而成,在磨内圈沟道时,采用经无心磨削尺寸稳定性好、精度高的外径作定位基准。如用支沟磨削方式,沟位误差与沟侧摆部影响圆弧式浮动支撑与工件吻合,不能充分发挥其“滤波”功能。

结论

综上所述,通过对轴承磨加工过程中的套圈以及沟道加工进行改进,即可以对深沟球轴承加工过程中精度成本等进行优化。

参考文献

- [1] 郭明月,楼洪梁,李兴林,等. 6σ在轴承套圈磨削工艺改进中的应用[J]. 轴承,2014(6):14-17.
- [2] 王会良,杨晓英,韩建海,等. 质量工程实验的规划与研究[J]. 中国现代教育装备,2009(14):76-77.
- [3] 牟冬芳. 深沟球轴承套圈车加工工艺改进[J]. 轴承,2009(5):14-16.