

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.04.011

轴承滚道旋转刷洗定位技术研究

廖宇轩, 王连吉, 王续跃

(大连理工大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:轴承零件的表面质量是影响轴承性能的重要因素,而污渍的存在会使轴承使用寿命大大降低。本文提出一种能够让轴承零件在旋转状态下接受内外滚道刷洗的方法,应用该方法清洗轴承需对外径180~420 mm、高度95~180 mm范围内的圆柱滚子轴承、深沟球轴承进行定位,整个清洗过程采用定心机构对轴承进行定位,研究了轴承定位过程中的受力情况,并对其中涉及的轴承定位和辊刷定位精度进行分析,验证了定位机构的有效性。应用该定位机构后清洗机工件定位精度明显提高,轴承清洁度平均每套轴承最大值降低20%,相比同类辊刷清洗机生产效率提高30%以上。

关键词:轴承清洗;轴承滚道;旋转刷洗;定位精度

中图分类号:TH133.3

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)04-0042-05

Rotating Scrub Positioning Technology study of Bearing Raceway

LIAO Yuxuan, WANG Lianji, WANG Xuyue

(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116024, China)

Abstract: The surface quality of bearing parts is an important factor that affects the bearing performance, and the stain would reduce the working duration of bearing greatly. A kind of method which can make inner and outer of bearing raceway scrubbed during rotating was introduced. The mechanism was applied to outer diameter of 180-420 mm, height of 95-180 mm range of cylindrical roller bearings, and deep groove ball bearing. The cleaning process of the bearing was positioned by centering mechanism. The research on stress in the process of bearing positioning, and the bearing of which involves positioning and roller brush positioning accuracy was analyzed. The effectiveness of the positioning mechanism was verified. Cleaning machine after application of the positioning obviously improved the localization accuracy of workpiece, and maximum of each bearing bearing reduced by 20% on average. The cleaner production efficiency improved 30% compared with the similar roller cleaner.

Key words: bearing cleaning; bearing race; rotating scrub; positioning accuracy

清洁度是轴承质量的一项考核指标,必须由生产过程的清洗质量来保证,因此轴承的清洗是确保轴承产品质量的一个重要工序,是十分必要的^[14]。轴承的清洁度对其振动、噪声和使用寿命有很大影响,而内外滚道的清洁度又是其中最重要的影响因素。装配前的零件清洗阶段,其清洗对象物主要还是粘附在套圈密封槽中的磨削和超精后带来的磨屑及磨具微粉,以及超精油、机械油、沟道检查时留下的刮色油膏和库房周转时的防锈液(油)、尘埃等污物^[5]。目前我国轴承清洗行业多使用超声波+喷淋的清洗方式。叶春浓在

《轮毂轴承清洗机的研制》^[6]一文中采用了旋转喷嘴的喷淋方法,能够实现液体射流对轴承表面污渍的均匀去除;李国超在《轴承超声波清洗技术的研究与应用》^[7]一文中研究了影响超声波清洗效果的主要因素,通过调整工艺参数提高了超声波空化作用效率。然而超声波清洗方式也存在一些弊端,其空穴作用很难保证均匀一致,同时存在造成清洗对象损伤的情况。对于精密轴承滚道来说,清洗的均匀性和无损伤正是保证其质量的最重要因素。由于缺少针对轴承内外滚道的刷洗过程,国内外现有的各种轴承清洗机在清洗

收稿日期:2014-03-06;修回日期:2014-05-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51321004)

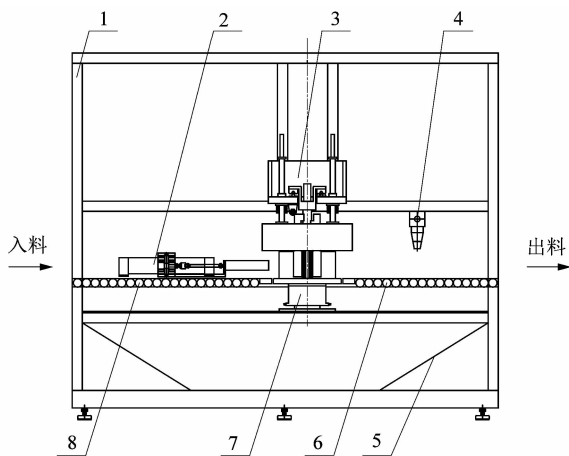
作者简介:廖宇轩(1990),男,甘肃天水人,硕士,主要从事自动化设备的设计、制造。E-mail:546946830@qq.com

小型轴承的过程中一般不要求对轴承进行精确定位,在清洗大型轴承时,多利用轴承内环进行定位。郭淑芳在《特大型轴承清洗机》^[8]中采用转盘齿轮和挡销来分别定位轴承内外环,以保证轴承在旋转喷淋过程中保持稳定。但这种方法定位精度一般,且清洗不同轴承需要换型操作,清洗效率不高。针对这种情况,本文考虑采用一种滚道区域旋转刷洗的方式进行清洗,其优势在于去污效果均匀,对滚道无损伤,且能够适用于一定尺寸范围内不同型号滚子、球轴承滚道旋转刷洗,提高了轴承零件清洗效果。

1 清洗原理及设备基本结构^[9-14]

待清洗轴承需经过刷洗和吹干两道工序。轴承清洗机工作原理图见图1。

待清洗轴承首先由8入料传送带送入清洗机,然后由2抓放轴承机械手放入轴承定位刷洗机构中,旋转驱动机构工作,清洗开始;清洗过程中,轴承由转盘带动慢速绕中心线旋转,同时马达驱动内外两侧辊刷刷洗轴承零件内外侧表面。若待清洗零件为轴承内环,则内侧辊刷刷洗轴孔,外侧毛刷刷洗轴承内滚道;若待清洗零件为轴承外环,则内侧辊刷刷洗轴承外滚道,外侧毛刷刷洗轴承外表面;清洗后的轴承再由2抓放轴承机械手放置到6出料传送带上,接受吹干;待轴承干燥后,由6出料传送带送出清洗机。



1—机架;2—抓放轴承机械手;3—轴承定位刷洗机构;4—吹干机构;
5—液槽;6—出料传送带;7—旋转驱动机构;8—入料传送带

图1 轴承清洗机工作原理示意图

Figure 1 Working principle diagram of bearing cleaning machine

2 轴承输送受力分析

2.1 受力分析

抓放轴承机械手采用定心机构定位,如图2所示。图中, T 为外力作用在轴承上的扭矩, M 为轴承与定位

块间的圆周方向摩擦因数, F_k 为定位实际所需的最小夹紧力。

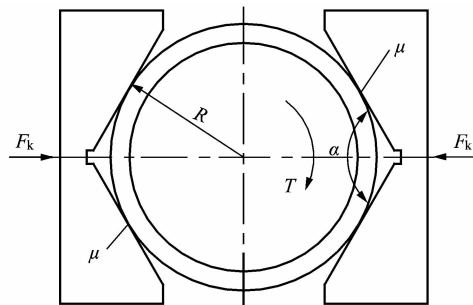


图2 定心机构示意图

Figure 2 Schematic diagram of centering mechanism

考虑到机械手自重尽可能小和清洗机内部空间有限的原因,选择V形块的工作角度为 $\alpha = 120^\circ$,V形块的夹紧力为:

1) 防止工件转动

$$F_k = \frac{KT \sin \frac{\alpha}{2}}{2R\mu}$$

2) 防止工件移动

$$F_k = \frac{KF \sin \frac{\alpha}{2}}{2\mu}$$

式中: K 为安全系数, F 为底板或辊筒对轴承的摩擦力。

抓放轴承机械手安装在2组上下层叠的导轨上,2组导轨方向正交,分别设为 X 向和 Y 向,使机械手可以在水平面内自由移动。采用 X,Y 方向的2组气缸对机械手进行驱动和定位。每组气缸的行程长度允差为 $0 \sim 1.0 \text{ mm}$,则轴承中心定位范围是一个直径为 1 mm 的圆形区域。若以该设备可清洗的最大轴承零件外环计算(外径 420 mm ,内径 333 mm ,高 160 mm),轴承零件质量为

$$m = \rho V = 7.85 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 420^2 \times 160 - \frac{1}{4} \times \pi \times 333^2 \times 160 \right) / 1000 = 64\,624 \text{ g} \approx 65 \text{ kg}$$

其中: ρ 为密度, V 为体积。

当定位中心偏离圆盘中心 1 mm ,转盘转速 $n = 10 \text{ r/min}$ 时,产生最大离心力为

$$F_q = m\omega^2 r = 65 \times (2 \times \pi \times 0.167)^2 \times 0.001 = 0.072 \text{ N}$$

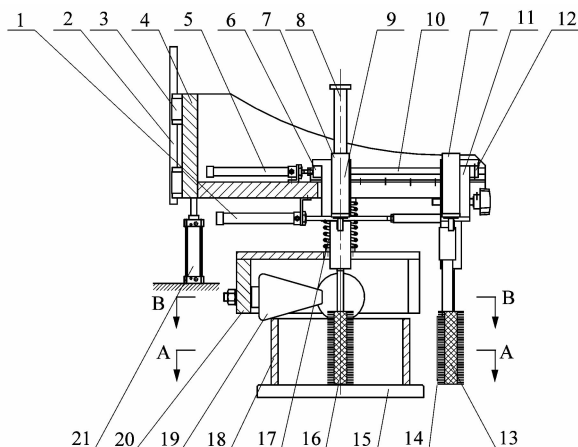
取轴承与转盘间的静摩擦因数为 $\mu_1 = 0.3$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$,设轴承压紧力为零,得无压紧情况下最大静摩擦力为

$$F_f = \mu_1 mg = 0.3 \times 65 \times 9.8 = 191.1 \text{ N}$$

F_q 远小于轴承的最大摩擦力 F_f , 因此不影响轴承在清洗过程中的正常转动。

3 轴承清洗过程定位精度分析

轴承刷洗机定位原理示意图见图 3。



1—拉回气缸;2—竖向导轨;3—竖向滑块;4—机架;5—推出气缸;6—推出滑块;7—推出架体;8—竖向导杆;9—内侧马达;10—横向导轨;11—拉回架体;12—拉回滑块;13—外侧辊刷;14—定位轮;15—转盘;16—内侧辊刷;17—弹簧;18—待清洗轴承零件;19—定位锥轮;20—锥轮架;21—下压气缸

图 3 轴承刷洗机构定位原理示意图

Figure 3 Positioning principle diagram of bearing scrub

3.1 轴承和辊轮定位过程

压缩空气→下压气缸 21→带动机架 4 及其附属机构下压→定位锥轮 19 接触轴承→弹簧 17 压缩, 轴承定心且轴向压紧→压缩空气→拉回气缸 1→零件 9, 11, 12, 13, 14 沿横向导轨 10 向内侧运动→定位轮 14 接触轴承外表面, 同时外侧毛刷 13 接触轴承且有一定吃深→压缩空气→推出气缸 5→零件 6, 7, 9, 16 沿横向导轨 10 向外侧运动→内侧毛刷 16 接触轴承且有一定吃深→定位完成。

3.2 轴承定位

在本设备中, 工件在定位时产生定位误差的原因有 2 个:

- 1) 定位基准与工序基准不重合, 必然产生基准不重合引起的定位误差, 即基准不重合误差 Δ_B 。
- 2) 定位副制造不准确引起工序基准自身在位置上发生偏转或位移引起的误差, 即基准位移误差 Δ_W 。

3.2.1 径向定位

一批轴承零件在定心机构中定位时, 各个零件所占据的位置不完全一致, 这种只与工件定位有关的误差称为定位误差, 用 $\Delta_{D \cdot W}$ 表示。定心机构定位误差示意图见图 4。

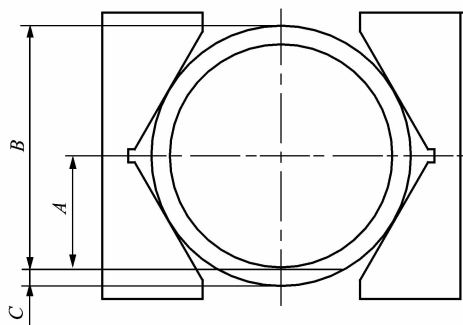


图 4 定心机构定位误差示意图

Figure 4 Positioning error diagram of centering mechanism

以外圆柱面作为定位基准, 得辊刷进给方向上 3 个尺寸的定位误差为

$$\Delta_{D \cdot W(A)} = 0$$

$$\Delta_{D \cdot W(B)} = \frac{1}{2} \delta_D$$

$$\Delta_{D \cdot W(C)} = \frac{1}{2} \delta_D$$

式中, δ_D 为轴承零件直径的尺寸误差。

则轴承输送过程中不存在基准不重合误差, 提高轴承和定位副制造精度可以提高轴承定位精度。

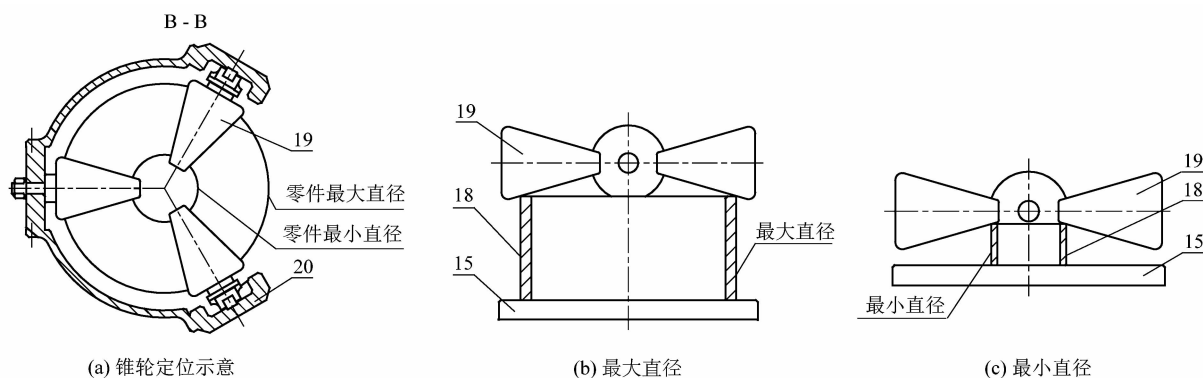
3.2.2 轴向定位

该机构的特点在于使用锥轮进行定位, 可以适用于不同直径和高度的轴承零件。

轴承应被定位在转盘中心, 若存在偏心则在刷洗过程中辊刷相对轴承表面的距离不稳定, 影响刷洗效果。本设备采用弹性定位方式, 依靠弹簧力的作用将待清洗轴承压紧在转盘上, 同时由于定位锥轮锥度的存在, 轴承零件将被挤压至 3 个锥轮的中心位置。旋转清洗开始后, 待清洗轴承零件由转盘带动绕中心轴线旋转, 上方的 3 个定位锥轮跟随被动转动, 理想情况下, 3 个定位锥轮的中心、待清洗轴承的中心和转盘的中心始终在一条直线上。

由于抓放轴承机械手将待清洗轴承零件放入定位刷洗机构中时, 定位基准为转盘中心, 即设计目标为轴承零件与转盘同轴; 而定位锥轮在对轴承零件进行定位时工序基准为待清洗零件中心, 这就产生了基准不重合误差 Δ_B , 如图 6(a) 所示, 图中 O_1 为定位锥轮中心, O_2 为待清洗轴承零件中心。通过调整抓放轴承机械手的放置位置和放置精度可以减小 Δ_B 的影响。

由于定位副本身制造不准确产生的误差为基准位移误差 Δ_W 。如图 6(b) 所示, 图中 O_3 和 O_4 分别为 3 个定位锥轮中心线在水平面的交点。3 个定位锥轮在制



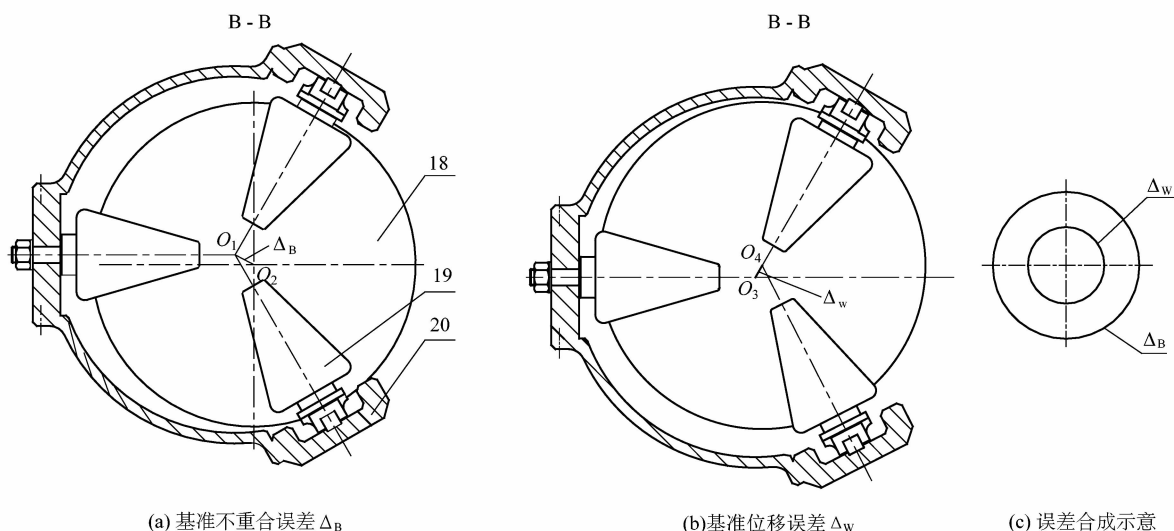
15—转盘;18—待清洗轴承零件;19—定位锥轮;20—锥轮架

图5 轴承定位原理示意图

Figure 5 Positioning principle diagram of bearing

造和装配过程中总存在偏差,使得其轴线中心偏移,实际中心与基准中心在俯视投影方向的距离即为 Δ_w 。通过提高定位副的制造精度可减小 Δ_w 的影响。

将基准不重合误差 Δ_B 和基准位移误差 Δ_w 的区域进行合成,如图6(c)所示。则总定位误差 δ 的最大值为: $\delta_{\max} = \Delta_B + \Delta_w$ 。



18—待清洗轴承零件;19—锥轮架;20—定位锥轮

图6 轴承定位误差示意图

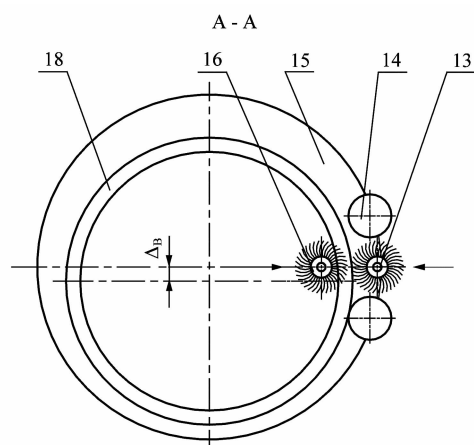
Figure 6 Positioning error diagram of bearing

3.3 辊刷定位形式及精度分析

辊刷的定位是通过辊刷两侧的定位轮来完成的,待清洗轴承零件被放置在转盘上之后,外侧辊刷及其两侧的定位轮沿箭头方向接近待清洗轴承零件;定位轮接触轴承零件外缘后,外侧辊刷定位完成;内侧辊刷沿箭头方向接近待清洗轴承零件,直至与顶杆相碰(顶杆用于调节内、外辊刷之间距离),内侧辊刷定位完成。刷洗过程中,待清洗零件由转盘带动绕中心轴线旋转,2个定位轮跟随其被动转动,同时内、外辊刷由马达带动旋转完成刷洗工作。理想情况下,待清洗轴承零件与转盘同心,工作过程中两侧定位轮始终接

触其外表面。

辊刷作为整个清洗过程的核心,完成主要的去污工作,若辊刷定位不准确,则清洗效果将大打折扣。定位完成后的辊刷应当与待清洗轴承零件的表面保持合适的距离,太远起不到刷洗作用,太近则会加速磨损毛刷,甚至使刷毛变形。对于不同材质的刷毛,最佳距离也不一样,可以通过调整定位锥轮相对辊刷的前后位置来调节这个距离。待清洗零件中心与辊刷定位中心有偏差,产生了影响辊刷定位精度的基准不重合误差 Δ_B ,见图7。通过调整抓放轴承机械手的放置位置和放置精度可以减小 Δ_B 的影响。



13—外侧辊刷;14—定位轮;15—转盘;16—内侧辊刷;
18—待清洗轴承零件

图7 辊刷定位示意图

Figure 7 Positioning diagram of brush roller

4 结论

轴承零件的清洗是确保轴承产品质量的一个重要工序,是十分必要的。该清洗设备采用辊刷清洗方式,针对轴承零件内外滚道和内外环的清洗效果达到国标要求,并提出一种可以适用于不同直径和高度的轴承零件的轴承定位装置。本文分析了轴承在输送过程和清洗过程中的精度问题,验证了定位机构的有效性,提出了改进措施。实验表明,应用该定位机构后清洗机工件定位速度明显提高,轴承清洁度平均每套轴承最大值降低20%,整个清洗过程可自动完成,减轻了工人的劳动强度,节省能源和成本,缩短了换型时间,相

(上接第41页)

另外,对于预紧力相同而钢球公差尺寸不同的轮毂轴承,其各阶固有频率均相同。也就是说,只要轮毂轴承的预紧力相同,钢球公差尺寸不足以影响其各阶固有频率。

3 结论

具有不同预紧力的某型号第三代轿车轮毂轴承的正弦扫频激振试验,是研究轮毂轴承预紧力对其固有频率影响的有效方法。轮毂轴承的预紧力只对某阶固有频率产生影响,该阶固有频率随着预紧力增大逐渐增大,但增大趋势随着预紧力增大逐渐变缓。

参考文献:

- [1] 张召明,王秋成,庞启兴. 汽车轮毂轴承寿命的影响因素及其改进途径[C]//中国汽车工程学会年会论文集. 天津:机械工业出版社,2007:783-787.
- [2] 肖晖. 国外汽车轮毂轴承的发展[J]. 现代零部件,2003(1):67-68.

比同类辊刷清洗机生产效率提高30%以上。

参考文献:

- [1] HLAVACS H, HUMMEL K A. Cooperative positioning when using local position information: theoretical framework and error analysis [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013, 12(10): 2091-2104.
- [2] CHEN Hui, LI Yuan, ZHANG Kaifu, et al. Efficient method of positioning error analysis for aeronautical thin-walled structures multi-state riveting [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 55(1/4): 217-233.
- [3] 李兴林. JB/T7050—2005《滚动轴承清洁度评定方法》介绍[J]. 机械工业标准化与质量, 2006(2): 10-14.
- [4] 汪燮民. 深沟球轴承成品清洗研讨[J]. 清洗世界, 2013, 29(2): 1-6.
- [5] 王莉. 淹没水射流清洗机清洗蔬菜的作用原理与运动分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 130-135.
- [6] 叶春浓. 轮毂轴承清洗机的研制[D]. 大连:大连理工大学, 2009.
- [7] 李国超. 轴承超声波清洗技术的研究与应用[D]. 大连:大连理工大学, 2006.
- [8] 郭淑芳, 张俊江. 特大型轴承清洗机[J]. 轴承, 1994(10): 20-21.
- [9] QI Lizhe, CHEN Lei, WANG Wei, et al. Sensitivity analysis of the factors affecting robot closed-chain positioning error [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2013, 39(3): 406-410.
- [10] 王细洋. 定位夹紧方案的自动设计[J]. 航空工艺技术, 1998(5): 35-36.
- [11] 陈恒高, 张百臣, 金中波, 等. 定位误差分析与计算的探讨[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2009(1): 33-36.
- [12] 高英武, 刘毅君, 任述光, 等. 振动喷淋式蔬菜清洗机的研究[J]. 农业工程学报, 2000(6): 92-95.
- [13] 孙明伟, 宋杰. 轴承超声波自动清洗机喷淋系统改进[J]. 哈尔滨轴承, 2012(2): 39-40.
- [14] 王秀琴. 轴承成品清洗工艺及清洗装置研究[D]. 大连:大连理工大学, 2006.
- [3] 汪浔. 基于CAE的轿车轮毂轴承单元刚性分析及试验研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- [4] 黄德杰. 轿车轮毂轴承耐久性计算与试验系统开发[D]. 杭州:浙江工业大学, 2010.
- [5] 徐海峰. 基于模糊逻辑的高频疲劳试验机频率跟踪方法[J]. 轻工机械, 2011, 29(5): 61-63.
- [6] 黄德杰, 陈松海, 靳阳, 等. 第三代轮毂轴承游隙的分析与检测[J]. 机电工程, 2012, 29(10): 1167-1170.
- [7] 山田仁, 上光一郎. 轴承装置的刚度估算设备和力一法、制造轴承装置的设备和方法以及轴承装置: 中国, CN 1589397A [P]. 2005-03-02.
- [8] HISAKAZU T, KANAGAWA. Bearing rigidity evaluation apparatus: US, 6234022 B1 [P]. 2001-05-22.
- [9] GUNDUZ A, TDREYER J, SINGH R. Effect of bearing preloads on the modal characteristic of a shaft-bearing assembly: experiments on double row angular contact ball bearings [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2012(31): 176-195.
- [10] 方利卡. GQ1070龙门加工中心结构动态特性分析[D]. 杭州:浙江工业大学, 2012.