

一种旋转轴系径向跳动精度的检测装置

于萍, 赵志巍

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要: 为了检测旋转轴系径向跳动的精度, 研制了一种旋转轴系径向跳动精度的检测装置。该装置以与主轴同轴安装的主光栅为基准, 通过指示光栅与主光栅同轴安装, 对径放置两接收系统接收到两光电信号, 利用相位计测出两信号的相位差, 把旋转轴系的径向跳动量转换为两光电信号的相位差, 经过换算, 给出旋转轴系的径向跳动精度。分析了影响检测结果的因素, 该装置已成功应用在旋转轴系的精度检测中, 装置的测量误差不大于 $0.2\ \mu\text{m}$ 。检测结果表明该装置具有结构简单, 装调方便, 测量精度高等特点。

关键词: 旋转轴系; 径向跳动精度; 主光栅; 指示光栅; 相位差

中图分类号: TH744; TN16

文献标识码: A

文章编号: 1672-9870 (2011) 04-0027-03

Rotating Shaft of a Radial Accuracy of Detection Devices

YU Ping, ZHAO Zhiwei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)

Abstract: To test the accuracy of radial rotating shaft, rotating shaft developed a radial accuracy of the detection devices. Coaxial with the axis of the device to install the main grating as the base, through the instructions grating direction coaxial with the main grating installation, place the two on the path to two optical receiving system receives the signal, the phase measurement using the phase difference between the two signals, the rotation axis Radial runout of the Department of converting the phase difference between the two optical signals, after conversion, given the precision rotating shaft runout. Analysis of the factors that affect the test results, the device has been successfully applied in the precision of detection of tating shaft, the device's measurement error is less than $0.2\ \mu\text{m}$. Test results show that the device has a simple structure, expedient alignment, and high precision measurement.

Key words: rotating shaft; radial accuracy; main grating; instructions grating; phase difference

旋转轴系在角度测量系统中广泛应用^[1-2], 旋转轴系的精度用晃动量来表示。轴系晃动量多数采用平面反射镜与平行光管组合检测或者用水平仪检测, 这种检测方法检测出的是角度值, 对于某些需要测量轴系特定位置处的跳动量不能直接测量。旋转轴系径向跳动量代表主轴相对轴套转动时轴中心沿半径方向的变化量, 代表了该轴系的旋转精度, 所以它的检测准确性是非常重要的^[3-5], 通常的检测方法是在主轴上加工出检测面, 通过电感测微仪检测轴系的径向跳动量。该种测试是接触式测试, 检测面的加工误差直接影响检测结果, 这种检测方法对主轴上的检测面加工精度要求很高,

增加加工难度及加工成本, 同时由于这种检测是接触检测, 电感测微仪的探头在被检测面上留下划痕, 损伤检测面。为了克服这种接触式检测存在的缺陷, 本文提出了一种不接触轴系表面的方法检测旋转轴系的径向跳动量, 减去了被检测面的加工难度和成本, 同时采用非接触方法检测, 不伤害被检测的表面, 去除了检测面的加工误差带来的测量误差, 提高了检测的准确性。

1 检测原理及装置结构

旋转轴系径向跳动非接触检测系统由被测轴系、主光栅盘、指示光栅盘、两个读数系统组成。系

收稿日期: 2011-05-19

作者简介: 于萍 (1963—), 女, 研究员, 主要从事光电测量设备的设计与研究, E-mail: yuping-gddk@163.com。

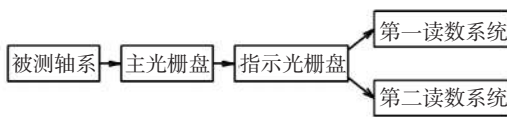


图1 检测原理

Fig.1 Inspecting theory

统的测量原理见图1,被测轴系的轴套固定不动,主光栅盘同轴安装在被测轴系的主轴上,使主光栅盘随主轴同轴转动;第一读数系统和第二读数系统中分别安装指示光栅,使指示光栅与主光栅半径对齐,第一读数系统和第二读数系统相对被测轴系的轴套固定,设置在主光栅盘的对径位置,旋转被测轴系的主轴,在第一读数系统和第二读数系统中分别用相位计测出两接收系统接收到的光电信号的相位值,这两个信号在某点的相位的差值由主轴晃动量在对径放置的两个读数系统中产生的,所以是两倍轴系径向跳动量带来的。其结构示意图如图2所示。它由第一读数系统、第一指示光栅、主光栅盘、被测轴系、第二指示光栅、第二读数系统、支座、平台组成。

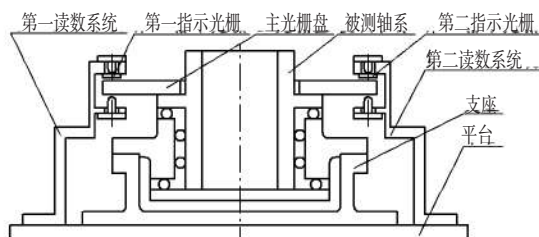


图2 装置结构示意图

Fig.2 Sketch map of equipment configuration

2 检测方法

2.1 原有的检测方法

将被测轴系的轴套固定在支座上,在被测轴系的主轴伸出段加工检测面,使检测面与被测轴系有

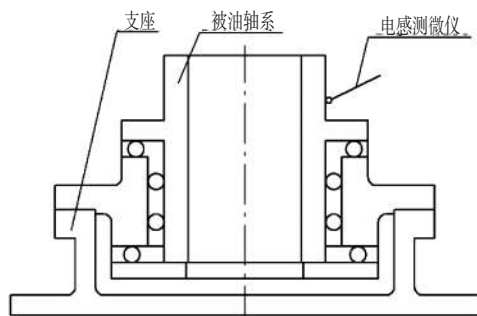


图3 原有检测结构示意图

Fig.3 Sketch map of check and measure equipment configuration of inhere

高的同轴关系,同时检测面的圆度、表面光洁度较高,将电感测微仪的探头放置在检测面上,如图3所示。旋转主轴一周,每隔30°在电感测微仪中读数一次,全周测量12点,重复2~3次,在电感测微仪上可以读出旋转轴系径向跳动的数值,取各测点处的平均值X,全周各测点处的最大X值与最小X值的差值为被测轴系的径向跳动量。这种方法中被测轴系检测面加工误差直接影响检测结果,同时电感测微仪的探头直接接触检测面,对检测面造成损伤。

2.2 新的检测方法

为了克服上述缺点,使被测轴系的径向跳动的检测不受检测面精度的影响,设计了一套旋转轴系径向跳动量的非接触检测装置。如图2所示,主光栅盘与主轴同轴固定联接,两个指示光栅分别固定在两个读数系统上,第一接收系统和第二接收系统设置在主光栅盘的直径两端,与主光栅盘同轴安装,如图4所示。设主轴的径向跳动量为e,则主光栅的中心晃动量也为e,在第一接收系统和第二接收系统处接收到的信号变化最大量均为e,用相位计测出第一接收系统和第二接收系统接收到的光电信号的相位差最大值a,设主光栅盘的光栅刻划半径为R,一周刻划光栅线对数为m,则线周期为 $2\pi R/m$,一个线周期相位差为 360° ,则

$$2e = \frac{2\pi R \cdot a}{m \cdot 360}$$

$$e = \frac{\pi R \cdot a}{m \cdot 360} \tag{1}$$

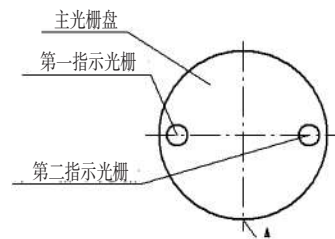


图4 主光栅与指示光栅位置关系示意图

Fig.4 Sketch map of ubiety of grating of main and pertain

3 检测结果及误差分析

3.1 检测方法及其检测结果

按图2所示结构将主光栅盘固定在主轴上,主光栅半径 $R=45\text{mm}$ 、 $m=3240$ 对线,被测轴系固联在支座上,支座固定在平台上;安装有指示光栅的第一读数系统和第二读数系统分别对径放置在主光

栅盘两侧, 分别固定在平台上。主光栅与指示光栅位置关系如图4所示, 旋转主轴, 每隔 30°记录两读数系统接收到的两光电信号相位差值, 在相位差最大时调整图4中主光栅盘的A位置, 调整量为两相位差的一半。旋转主轴一周, 测量12点, 重复测量三遍, 测量数据如表1所示。

表1 两信号相位差(°)

Tab.1 Phasic difference of two signal

主轴转角	a_1	a_2	a_3	Δ
30	-15	-18	-15	-16
60	-24	-27	-27	-26
90	-36	-39	-36	-37
120	-45	-48	-45	-46
150	-51	-54	-51	-52
180	-63	-66	-63	-64
210	-54	-57	-54	-55
240	-48	-45	-48	-47
270	-39	-36	-36	-37
300	-27	-24	-24	-25
300	-18	-15	-15	-16

表(1)中 a_1 、 a_2 、 a_3 分别为被测主轴旋转三周时, 第一接收系统和第二接收系统接收到的光电信号的相位差值, Δ 为各点测量值的平均值。

$a = 64^\circ$, 由(1)式计算得

$$e = 7.76 \mu\text{m}$$

3.2 误差分析

上述检测方法中影响检测结果的因素有: 相位计的测量误差, 主光栅盘与被测主轴的同轴误差, 主光栅与指示光栅的同轴误差, 光栅盘的刻划误差。

3.2.1 相位计的测量误差

相位计的显示精度为 1° , 由(1)式得出, $a = 1^\circ$ 时, $e_1 = 0.12 \mu\text{m}$ 。

3.2.2 主光栅盘与被测主轴的同轴误差

主光栅盘与被测主轴的同轴精度由相位计监测调整图4中A点实现, 可以调整到相位计的显示精度, $e_2 = 0.12 \mu\text{m}$ 。

3.2.3 主光栅与指示光栅的同轴误差

主光栅与指示光栅的同轴是通过信号质量控制的, 这个误差很小, 取 $e_3 = 0.1 \mu\text{m}$ 。

3.2.4 光栅盘的刻划误差

光栅盘的刻划精度不大于 $1''$, 取 $a_4 = 1''$, 由(1)式得 $e_4 = 3.37 \times 10^{-5} \mu\text{m}$ 。

检测系统总误差:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + e_4^2} = 0.197 \mu\text{m}$$

4 结论

旋转轴系径向跳动量的非接触检测装置以与主轴同轴安装的主光栅为基准, 通过指示光栅与主光栅相匹配安装, 对径放置两接收系统接收到两光电信号, 利用相位计测出两光电信号的相位差, 最后经过换算, 给出旋转轴系的径向跳动量。通过对某仪器上的旋转轴系实地测量, 检测结果证明该检测装置具有检测精度不受检测面加工误差的影响、检测精度高等优点, 提高了旋转轴系径向跳动的检测数据与实际相符的程度, 为研制更高精度的旋转轴系提供了依据。

参考文献

- [1] 赵勇志, 张景旭, 吴小霞, 等. 1m望远镜俯仰轴系精度检测误差的修正[J]. 光学精密工程, 2009, 17(10): 2401-2405.
- [2] 李松, 张立平. 空间相机偏流调整旋转轴系的设计与精度分析[J]. 光学精密工程, 2004, 12(2): 141-145.
- [3] 简松. X-Y天线座轴系的设计分析[J]. 电子机械工程, 2006, 22(4): 25-26.
- [4] 孙宁, 夏秀梅, 乔彦峰. 光学动态靶标动态精度检测实验研究[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2007, 30(4): 37-39.
- [5] 韩雪冰, 张景旭, 王志, 等. 水平式光电望远镜照准差检测方法[J]. 光电工程, 2009, 36(6): 63-67.
- [6] 苏东内, 续志军, 刘波. 提高光栅盘测角系统细分精度的方法研究[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2011, 34(3): 33-35.