

文章编号:1001-5078(2008)03-0249-03

· 光电技术与系统 ·

直升机传动系统同轴度测量设备的设计

刘晓如^{1,2}, 吴国俊^{1,2}, 闵玉瑾³, 陈良益¹

(1. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西 西安 710068; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 河南四建股份有限公司, 河南 开封 475002)

摘要:介绍了使用激光光束作为基准线来测量直升机传动装置同轴度的新型方法, 详细阐述了该系统的工作原理、软硬件实现方案。在系统的硬件设计中, 通过准直透镜和聚焦透镜的引入, 提高了系统的稳定性和测量精确度; 测量采用基于图像处理的软件读数, 极大地降低了维修人员对测量工作经验的依赖, 提高了工作效率。现场试用证明系统可以及时、准确地测量出直升机传动系统的同轴度。

关键词:同轴度测量系统; 激光; 图像处理; 激光准直

中图分类号:O434.19 文献标识码:B

Design of Coaxial Degree Measurement System for Helicopter Transmission

LIU Xiao-ru^{1,2}, WU Guo-jun^{1,2}, MIN Yu-jin³, CHEN Liang-yi¹

(1. Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Science, Xi'an 710068, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China;
3. Fourth Construction Engineering Stock Limited Company of Henan Province, Kaifeng 475002, China)

Abstract: A novel method of measuring the coaxial degree for the helicopter transmission with laser beam is presented. By introducing collimation lens and focusing lens, the stability and accuracy of the measurement system are improved, the software design can greatly decrease reliance to measuring working experience and improve working efficiency for engineers. Using this system, coaxial degree of the helicopter transmission can be measured fast and accurately.

Key words: the coaxial degree measurement; laser; image processing; laser collimation

1 引言

在直升机制造和使用维修过程中, 直升机机尾传动轴轴承支撑座、发动机传动支架同轴度测量工作是一项重要内容。目前, 在直升机的日常修理和维护中, 一般是按照技术手册提供的尾传动轴检测测量工艺完成修理任务。但传统的测量设备操作繁琐、工作效率低、数据准确性不高, 不能完全满足直升机的日常修理和维护需求。本文介绍了一种新型的测量系统, 该系统采用激光光束作基准线, 提高了测量的稳定性和可靠性, 测试系统使用计算机技术、数字图像处理技术, 采用机器加视觉判读, 测试结果客观, 测试精度高。

2 系统组成及工作原理

本系统采用模块化设计, 按功能可分为控制器(笔记本+控制箱)、激光发射器、激光接收器、充气器四部分, 其连接关系如图1所示。

工作原理如下: 笔记本电脑和控制箱构成了整个系统的主控制器。笔记本电脑是整个系统的控制中枢, 测量工作过程的所有控制指令都是通过此设备发出, 同时它也作为测量结果的显示窗口。笔记本上的控制指令发出后, 指令通过USB接口直接传

作者简介: 刘晓如(1982-), 男, 硕士研究生, 主要研究光电检测与图像处理。E-mail: new8219@126.com

收稿日期: 2007-09-12; 修订日期: 2007-12-11

输到主控制器的控制箱:控制箱一方面为其他配套设备提供电源信号;另一方面也在笔记本电脑指令的控制下完成对下一级终端设备的控制,如对激光接收器接收的数据采集。激光发射器安装在主减速器输出轴法兰盘上,安装时以使激光发射器发出激光束的光轴和其上安装的输出轴传动中心保持一致,这样其发射的激光束即可作为一条主减速器输出轴线,并将其看作测量基准线。激光接收器安装在需要检测的中间(尾)减速器或尾传动轴轴承支撑座上,同样也通过自校准平台和工装夹具保证光电接收传感器光轴和测量轴线的同轴度精度,它接收激光发射器上发出的激光束信号,当待检测点相对激光束——测量基准线,不存在同轴度误差时,激光束光斑应正好打在激光接收器光电探测器的坐标中心,如图2所示,当存在误差时,带有误差信息的激光束信号将照射在光电传感器坐标系的某一象限上。

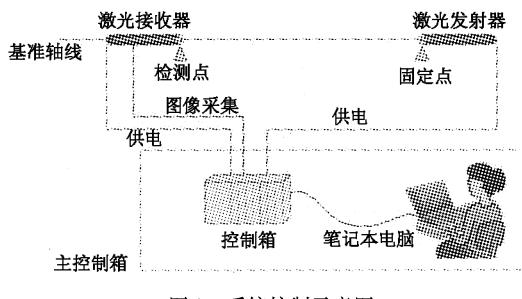


图1 系统控制示意图

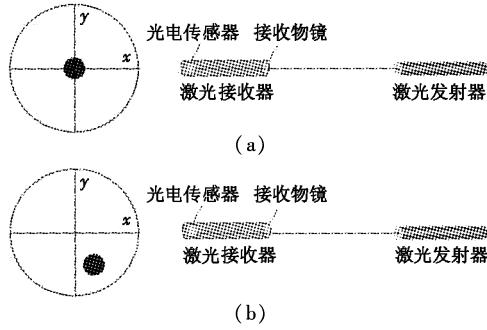


图2 误差测量原理

激光接收器上的误差信号通过光电转换变为电信号,经电路部分处理、图像采集,再传输到笔记本电脑,此数据经过编制的应用软件的处理。最后得到的同轴度偏差量结果为光斑的能量中心距坐标中心的偏差值。

得到的误差量结果为距离误差和角度误差,以图像和数字两种形式在计算机屏幕上显示出来,供检测人员使用。

3 准直系统硬件设计

3.1 激光发射器

系统采用的激光器参数:

中心波长:(670 ± 10) nm; 功率:250mW; 工作电

压:2.5V; 工作电流:30mA。

由于半导体激光器出射的高斯光束具有一定的光束发散角,而对测量结果来说,光束的发散角越小越好,因此其准直系统采用二次透镜变换形式,第一次透镜变换用来压缩高斯光束的束腰半径,故常用短焦距的聚焦透镜,第二次使用较大焦距的变换透镜,用来减少高斯光束的发散角。

3.2 激光接收器

系统采用的CCD参数:

分辨率: $752(H) \times 582(V)$; 帧频:50,125f/s; 像元尺寸: $8.6\mu m(H) \times 8.3\mu m(V)$; 灵敏度:0.1lx; 快门速度: $1/50 \sim 1/10000$ s。

由于在判读测量中激光束聚焦光点大小直接影响着测量的精度,因此设计了聚焦透镜,同时根据测量需要,做成机械滑动透镜系统,实现CCD面阵相对于可移动透镜组焦点的位置变化。

由于激光光束有很强的能量,采用在镜头前叠加衰减片来防止CCD饱和甚至烧毁,同时也抑制了背景光进入CCD,使图像易于处理。

4 计算机软件设计

4.1 测量的光学原理

1) 坐标中心点的标定,选取激光光束过接收物镜主光轴在CCD面阵上的像点为坐标中心点。

2) 同轴度误差 Δy 计算公式(如图3(a)所示):

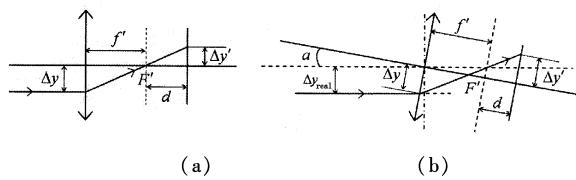


图3 光路示意图

$$\Delta y = \Delta y' \cdot \frac{f'}{d}$$

其中, d 为CCD面阵距接收物镜焦点的距离; f' 为接收物镜焦距; $\Delta y'$ 为像方误差。

3) 在计算同轴度误差时,必需要引进角度误差修正,这是因为CCD的镜头面与激光光束不一定正交造成的(如图3(b)所示),因此要使测量结果精确,需要进行修正,修正公式为:

$$\Delta y_{\text{real}} = \cos\alpha \cdot \Delta y$$

其中, α 为接收物镜主光轴与水平线的夹角; Δy 为计算出的同轴度误差。

4) 接收物镜主光轴与水平线的夹角的测量方法,使CCD面阵位于接收物镜焦距上(如图4所示),测出像距坐标中心点的距离 $\Delta y'$,从而计算出夹角 α ,角度的计算公式为:

$$\alpha = \arctan \frac{\Delta y'}{f'}$$

式中, f' 为镜头组焦距。

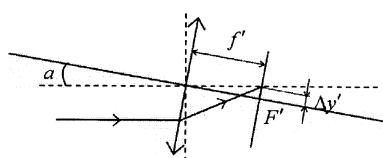


图 4 光路示意图

4.2 图像处理软件的设计

编程基本思路:

- 1) 启动视频,接收 CCD 传回来的图像,并将它显示在计算机屏幕上。
- 2) 发出测量角度命令,软件采集视频图像并处理,将接收物镜主光轴与水平线的夹角计算出来并存入数据库。
- 3) 发出测量偏移距离命令,软件采集视频图像并处理,计算出物体在图像上的位置,与标定的坐标中心点进行比较,将图像位置移动转化为实际偏移,显示在软件窗口中并后台存入数据库。

程序流程图如图 5 所示。

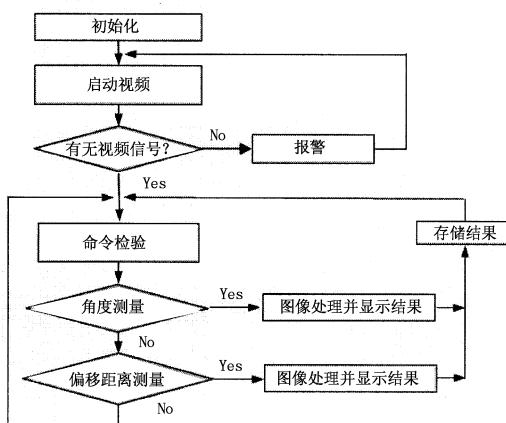


图 5 程序流程图

具体的程序窗口如图 6 所示。

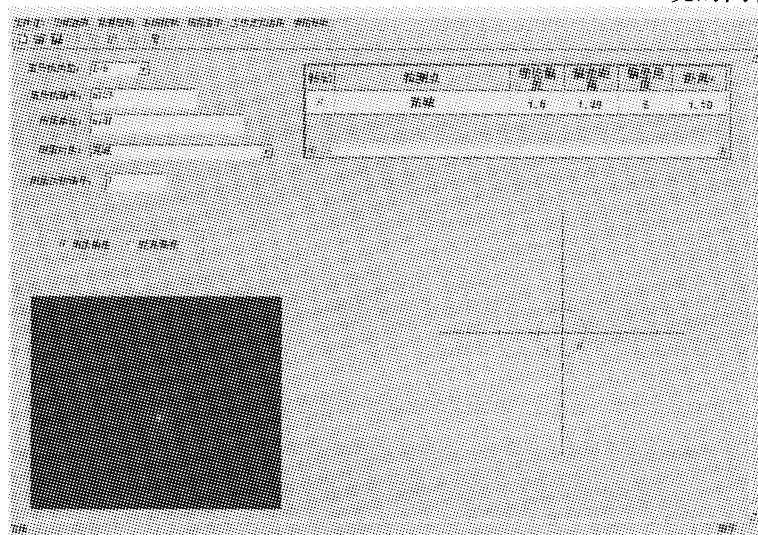


图 6 程序窗口

4.3 图像光斑能量中心位置的检测算法

图像光斑能量中心位置的检测是实现系统测量结果的关键,实现基本的思路是先进行图像分割然

后进行能量中心位置检测。其中图像分割采用阈值法,它用一个阈值将图像的灰度级分为两个部分,即光斑和背景。阈值的合理选取决定着测量的精度,由于激光的光斑能量会发生变化,本系统采用迭代式阈值选择算法,它先根据图像的直方图选择一个近似阈值 T ,将图像分割成两部分 R_1 和 R_2 ,计算区域 R_1 和 R_2 的均值 u_1 和 u_2 ,选择新的分割阈值 $T = (u_1 + u_2)/2$,重复上述步骤直到 u_1 和 u_2 的值不再变化为止。由于分割后的图像边界很不平滑而且物体区域具有一些噪声孔,所以先用形态学开运算和闭运算对图像进行处理,然后检测记录下光斑的大致范围。能量中心位置检测采用加权平均(重心)测心法,利用前一步记录下的大概光斑位置在原图上进行按像素灰度值为权数的加权平均,用如下公式计算光斑能量中心坐标:

$$X = \left\{ \frac{\sum I_{ij} \cdot i}{\sum I_{ij}} \right\} \cdot e_x$$

$$Y = \left\{ \frac{\sum I_{ij} \cdot j}{\sum I_{ij}} \right\} \cdot e_y$$

式中, I_{ij} 是像素 (i,j) 的灰度值; i 和 j 分别是在前一次记录下的光斑像素所在行和列; e_x 和 e_y 分别是单位像素在 x 方向和 y 方向上的长度当量,具体数值可定标测出。

4 结论

根据激光准直的原理,应用 CCD 器件和图像处理技术,实现了直升机传动系统同轴度测量的量化,提高了直升机的维修效率和精度。经过现场试用,证明了激光准直系统可以很好地测量直升机传动系统的同轴度,根据测量结果可以精确、快速地进行调整,解决了直升机检修中的技术问题。其数据库可以方便的记录历次测量数据,操作简单、方便。

参考文献:

- [1] 张海,周志兵. 直升机装备的维修保障机
动化建设研究[J]. 航天制造技术,2005,
10(5):36~38.
- [2] 匡萃方,冯其波,陈士谦,等. 基于激光准
直直线度测量方法的研究[J]. 光学技
术,2003,29(6):699~701.
- [3] 梁武根. 直升机工装数字化测量技术应
用与研究[J]. 昌河科技,2004,1:
16~21.
- [4] 吕乃光,燕必希,张志凤. 激光准直高斯
光斑中心位置计算方法分析[J]. 计算机
测量与控制,2004,12(2):486~488.
- [5] 陈元培,李展,陈旭南. 超细激光束准直器的原理与设
计[J]. 激光杂志,2003,24(2):19~20.