

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0290-03

双频激光干涉式大尺寸轴径测量仪的研究

孟宗, 赵新秋

(燕山大学电气工程学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要 采用激光准直仪出射的高稳定光线瞄准和定位吸附在被测工件直径两 endpoints 上的两个磁性定位块上的光电接收器, 同时使用双频激光干涉仪直接测量出这两个光电接收器中心间的距离, 通过几何计算得到被测直径大小。试验表明, 该方法测量精度较高, 测量系统的相对误差小于 5×10^{-6} 。

关键词 光学技术与仪器; 激光准直仪; 双频激光干涉仪; 大直径测量; 瞄准定位

中图分类号 TB921.4; O436.1

文献标识码 A

Research of Measurement Instrument for Large-Scale Workpiece Diameter by Dual Frequency Laser Interferometer

MENG Zong, ZHAO Xin-qiu

(Institute of Electrical Engineering Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract A new method of aiming and positioning the measured points of a large workpiece by a laser beam and measuring the large distance accurately by a dual frequency laser interferometer are presented in this paper. In this way, the distance between centers of two quadrant silicon photodiodes on the chucks can be measured by a dual frequency laser interferometer. The dimension of the measured diameter can be calculated by a simple equation. The experiment results show that the relative measurement error is less than 5×10^{-6} .

Key words technology and apparatus of optics; laser collimator; dual frequency laser interferometer; large diameter measurement; aiming and positioning

1 引言

目前国内外对中小尺寸的测量技术日趋完善, 已基本能满足现代化生产的要求, 但是对大尺寸(500 mm 以上)的测量, 特别是大型工件内外径的测量发展却十分缓慢。在大型机器制造中, 大型轴孔类零件直径的高精度测量是一个亟需解决的问题^[1]。大尺寸轴径和孔径的测量方法是十分重要的研究课题。

光学测量方法为非接触式测量, 测量时没有接触力影响, 无磨损, 无变形, 在保证较高测量精度的同时具有高的测量速度, 因而它越来越广泛应用于机械加工中的在线测量与控制。

2 激光干涉测量原理

目前, 常用的双频激光器有 $0.6328 \mu\text{m}$ 双纵模 He-Ne 激光器以及 $0.6328 \mu\text{m}$ 声光效应 He-Ne 激光器, 这些器件在光干涉计量和光谱学等许多研究领域获得了重要应用。不同的激光器输出激光的

特性不同, 根据激光测径的需要, 本文选用气体激光器中的单横模 He-Ne 激光器作为光源。

激光干涉仪是一种光电仪器, 它由干涉仪光学系统, 干涉条纹计数和用于数据处理的电子系统以及机械系统等几部分组成。在采用激光作为光源, 比原有干涉仪有许多重大的改进和发展^[2]。

图 1 为双频激光干涉仪的光学系统原理图。将氦氖激光器置于一轴向磁场中, 由于塞曼效应的作用, 使激光谱线分为两个幅位相同、方向相反的左、右旋圆偏振光。又由于频率牵引的作用, 使这两支光的频率相差不大, 一般为 1.5 MHz 左右。处在激光的可拍频差之内。这两支频率分别为 f_1 和 f_2 的圆偏振光, 通过 $\lambda/4$ 波片之后, 形成两个振动方向互相垂直的线偏振光(设 f_1 平行于纸面, f_2 垂直于纸面)。它们经准直系统扩束后, 在分光镜上被分为两部分: 一小部分作为参考光束被反射, 经 45° 放置的检偏器产生拍频为 $(f_1 - f_2)$ 的“拍”。该信号由光电管接收并转换为电信号, 进入前置放大器后送计算机处理;

作者简介: 孟宗(1977-), 男, 燕山大学教师, 博士研究生, 主要从事光学传感技术和精密测量技术方面的研究。

E-mail: mz_ysu@sina.com

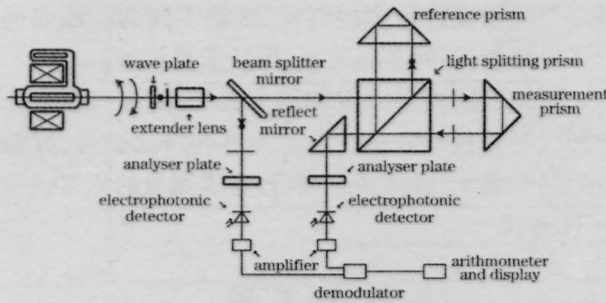


图1 双频激光干涉仪光学原理图

Fig.1 Optical schematic diagram of double-frequency laser interferometer

另一大部分光透过分光镜,沿原方向射向偏振分光镜。互相垂直的频率为 f_1 和 f_2 的偏振光,在分光面上分别被反射和透射至参考镜和测量镜,然后再反射回分光面处汇合。其中,由测量镜返回的偏振光由于多普勒效应,频率变为 $f=f_1+\Delta f$,其中 $\Delta f=2vf/c$, v 为测量镜移动的速度,这两支光汇合后,经棱镜反射到 45° 放置的检偏器产生“拍”,信号由光电管接收,经前置放大器后,送计算机处理。

计算机将两路信号进行同步相减,得出多普勒频差 Δf 。

在时间 t 内与被测长度对应的多普勒频差为计数器计得的脉冲数 k

$$k = \int_0^t \Delta f dt = \int_0^t \frac{2v}{c} f_1 dt = \int_0^t \frac{2v}{c f_1} dt = \int_0^t \frac{2v}{\lambda} dt = \int_0^t \frac{2}{\lambda} dv = \frac{2D}{\lambda}$$

所以被测轴径 D 为

$$D = k \frac{\lambda}{2}$$

上式表明,只要测得计数器的脉冲数 k ,就可以测得被测的轴径 D 。

3 激光准直技术

计数器计脉冲数时,需要有信号控制计数器开始计数和停止计数,此信号由准直系统提供,当准直系统对准被测轴径的测量起点时,准直系统发出一个开始计数信号,计数器开始计数。当准直系统对准被测轴径的测量终点时,准直系统发出一个停止计数信号,计数器停止计数。所以准直系统对准的精度直接影响测量的精度。

激光准直的工作原理为由氦氖激光器发射出激光,经过前端望远系统后,发射出一束激光束作为系

统准直的基准,光电目标靶为准直系统的接收装置,常用的是硅光电池,原理图如图2所示。

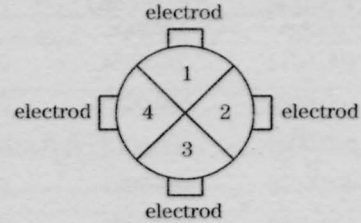


图2 硅光电池

Fig.2 Silicon photo cell

目标靶的中心为四象限的硅光电池,是成对的光电池分别接入差动放大器,上下的一对(1和3)作为测量目标靶垂直方向的偏差,左右的一对(2和4)作为测量水平方向的偏差。将目标靶对准激光光束,如果目标中心与激光光束中心重合,则成对的两个光电池接收到的激光能量相等,两者输出的电压相等,相互抵消则放大器没有输出信号。如果目标靶相对于光束中心有偏离,当光束偏上时 $u_1 > u_3$,当光束向下偏时 $u_3 > u_1$,把 u_1, u_3 输入运算电路,经差分放大后,由指示电表就可指示出光束上下的偏移量,同理将 u_2, u_4 输入到另一个运算电路经差分放大后由另一组指示电表指示出光束的左右偏移量。运算电路根据上下或左右偏移量的大小输出一定的电信号,此信号再驱动一个机械传动装置使光电接收靶回到光准直方向,从而可实现自动准直方向和自动导向的控制,完成自动对准。

4 测量方案及试验

把被测工件轴径按照图3所示的方式用定位块固定在测量工作台上,每个定位块上都固定有一个光电目标靶,测量时,首先用准直系统对定位块1上的光电目标靶1进行瞄准,当瞄准系统瞄准后,输出一个控制信号,使工作台开始运动,双频激光干涉测量系统的计数器开始计数,当瞄准系统瞄准定位块2上的光电目标靶2时,计数器停止计数,由计数器的读数得到的测量值是两定位块上的两个光电目标靶之间的距离,经过几何计算即可得到被测轴径值。

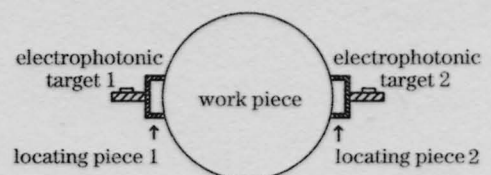


图3 固定被测工件方式

Fig.3 Way of fixed the workpiece

表 1 直径 600 mm 工件对比试验结果

Table 1 Examination result of dia 600 mm workpiece

Serial number	The first group	The second group	The third group
1	600.0012	600.0024	600.0026
2	600.0025	600.0033	600.0029
3	600.0028	600.0012	600.0026
4	600.0019	600.0025	600.0036
5	600.0032	600.0032	600.0008
6	600.0017	600.0005	600.0012
7	600.0012	600.0014	600.0022
8	600.0031	600.0013	600.0015
9	600.0008	600.0009	600.0025
10	600.0015	600.0013	600.0028
Average number	600.0020	600.0018	600.0023
3σ	1.8 μm	2.9 μm	2.2 μm
σ_s	0.18 μm	0.30 μm	0.23 μm

对一个横截面进行多次测量,调整不同的横截面进行多组测量,得到多组数据,最后求平均值。

根据上述测量方案利用 HP5526A 型双频激光干涉仪对直径 600 mm 的工件进行对比试验,试验结果列于表 1。试验结果表明,系统测量的相对误差小于 5×10^{-6} 。

参 考 文 献

- 1 Feng Qibo, Liang Jinwen, Tian Qian. Development of a high precision measurement system for a large scale workpiece diameter by using a dual frequency laser interferometer [J]. *Chin. J. Scientific Instrument*, 1995, (2): 145~150
冯其波,梁晋文,田 芊.双频激光干涉仪高精度测量大型工件内外径系统的研制[J]. *仪器仪表学报*, 1995, (2):145~150
- 2 Feng Qibo, Liang Jingwen. Study of measuring large diameters by laser[J]. *Space Navigation Measurement Technology*, 1995, (2):8~14
冯其波,梁晋文.激光测量大直径方法的研究[J]. *宇航计测技术*, 1995,(2):8~14