

提高迈克尔逊干涉仪灵敏度及精度的可能性

祝 继 彬

(汉江精密机床研究所)

提 要

本文提出对传统的迈克尔逊干涉仪作改进设计,使干涉仪的灵敏度及测量精度有所提高。这是使迈克尔逊干涉仪在同样条件下提高灵敏度及测量精度的一条途径。

一、引 言

在测量丝杆时,使用传统的迈克尔逊干涉仪需要对测量信号进行倍频处理,以及有着不可避免的阿贝误差,这样就需要对电器线路及机械结构提出非常高的要求,以致增加了工艺的复杂性。

对传统的迈克尔逊干涉仪进行改革,能在测量时将信号倍频及消除阿贝误差或消除部分阿贝误差,这对提高测量精度是有重要意义的。

二、传统的结构原理及其改进设计

迈克尔逊干涉仪由分光镜和两个反射系统组成,如图1所示。其中一个反射系统是固定的,另一个反射系统是活动的。其最根本的原理是利用二路光程之差的变化,即 $\delta_0 = l_1 - l_2$ 之变化,这是 l_1 为从分光面到一个反射系统之光程, l_2 为分光面到另一个反射系统之光程, δ_0 为这二路光程的光程差。当两路光程差值变化时,干涉条纹就随着变化,光电接收器接收了干涉条纹的变化,然后将这种变化的信息进行计数及运算。

在测量精度要求较高的情况下,为了消除闭区误差*,往往把干涉仪的一个固定棱镜安置在与测量起始时的活动棱镜之间保持最小光程差。例如, HJY-012 五米丝杆动态检查仪的激光干涉系统(如图2所示),其中1为激光稳频接收器;2为激光器;3为发射望远镜;4为五角棱镜;5、9为屋脊棱镜;6为测量工作台;7为被测丝杆;8为分度光栅;10为分光

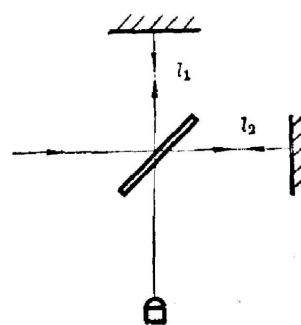


图 1

收稿日期: 1981年10月29日,收到修改稿日期: 1982年1月27日

* 私人通讯

镜 11, 14 为接收器; 12, 13 为偏振片; 15, 16 为直角棱镜。固定棱镜 9 安置在仪器测量的起始位置处, 以保证闭区误差为最小。该干涉系统的活动棱镜是随着丝杆的测量工作台而运动。

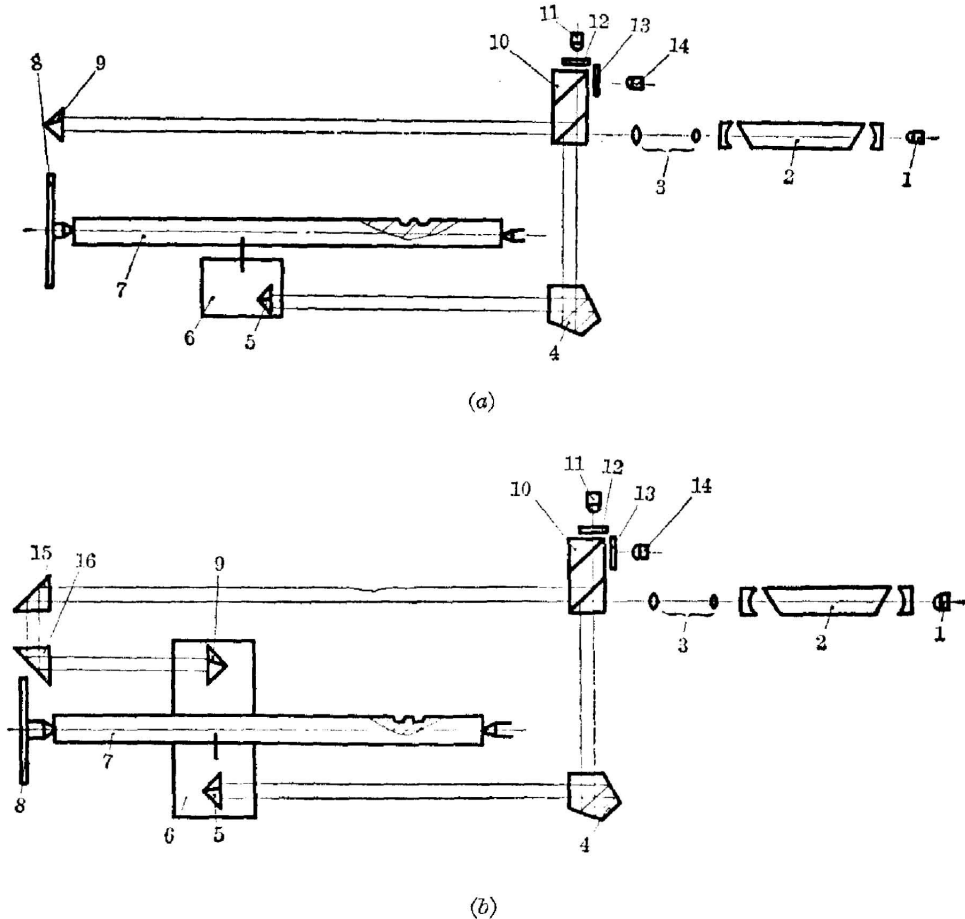


图 2 迈克尔逊干涉仪示意图

(a) 传统的结构; (b) 改进的设计

Fig. 2 Diagram of Michelson interferometer

(a) traditional configuration; (b) improved design

为了提高读数精度, 往往将干涉带的信号经光电转换后, 再进行细分倍频处理, 倍频可用电器及光学的方法。现将原迈克尔逊干涉仪的固定棱镜也改成活动的棱镜, 即成为如图 2(b)所示的情况。

两个屋脊棱镜是反向安装的, 并且使这两路光线在两个屋脊棱镜上的反射点置于垂直丝杆的同一平面中。干涉带的信息处理方法与传统的迈克尔逊干涉仪相同。

当载着屋脊棱镜 5 及 9 的测量工作台 6 朝某一方向移动时, 如果移动了一个 Δ 距离, 那末这一路光线的光程增加了 Δ , 而另一路光线的光程却减少了 Δ , 这时的光程差 δ 变化为:

$$\delta = (l_1 + \Delta) - (l_2 - \Delta) = l_1 - l_2 + 2\Delta, \quad (1)$$

其中 l_1 、 l_2 分别为测量工作台移动前的两路光线的光程。由(1)式可知, 当测量工作台移动

了一个 Δ 时, 可得到 2Δ 的信息反应, 这样干涉仪的灵敏度就提高了一倍, 信号频率也提高了一倍。

这种改进不仅仅使干涉仪的灵敏度有了提高, 而且可消除阿贝误差或部分消除阿贝误差。当测量丝杆时, 两个棱镜置于丝杆的左右侧, 这时由于导轨等原因引起的偏侧, 那末, 二路光程都会增加或减少 Δ' 。如图 3(a) 所示, 这时光程都增加了 Δ' 。这样

$$\delta = (l_1 + \Delta + \Delta') - (l_2 - \Delta + \Delta') = l_1 - l_2 + 2\Delta. \quad (2)$$

如图 3(b) 所示, 这时光程都减少了 Δ' 。这样

$$\delta = (l_1 + \Delta - \Delta') - (l_2 - \Delta - \Delta') = l_1 - l_2 + 2\Delta. \quad (3)$$

(2)、(3) 式都是一种理想的状态, 测量工作台的偏转中心在丝杆的中心线上, 在这种情况下, 就能消除阿贝误差。

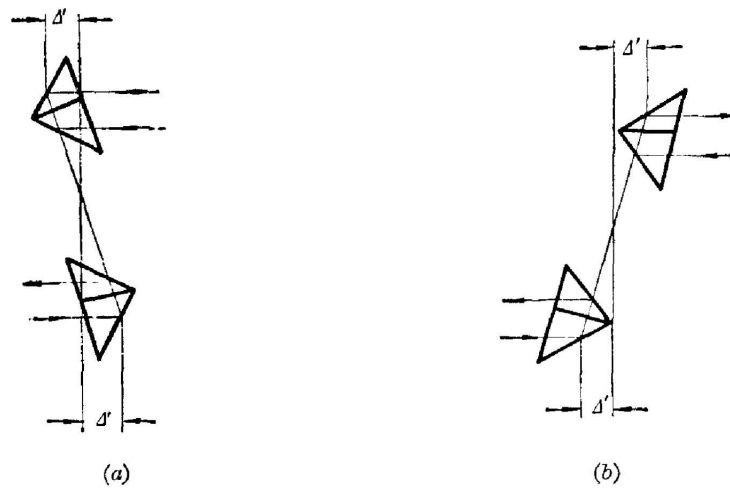


图 3

当测量工作台的偏转中心离开丝杆的中心线时, 两个屋脊棱镜的偏侧就分别为 Δ_1 和 Δ_2 。这样, (2) 式就成为

$$\delta = (l_1 + \Delta + \Delta_1) - (l_2 - \Delta + \Delta_2) = l_1 - l_2 + 2\Delta + (\Delta_1 - \Delta_2). \quad (4)$$

(3) 式就成为

$$\delta = (l_1 + \Delta - \Delta_1) - (l_2 - \Delta - \Delta_2) = l_1 - l_2 + 2\Delta + (\Delta_2 - \Delta_1). \quad (5)$$

由此可见, 除了 Δ_1 或 Δ_2 的值为零, 对于由导轨等原因引起的偏侧而带来的阿贝误差, 经过改进的干涉仪比传统的迈克尔逊干涉仪的误差小。经过改进的干涉仪能消除阿贝误差或部分消除阿贝误差。

三、结 论

这种经过改进的迈克尔逊干涉仪与传统的迈克尔逊干涉仪相比较, 在结构上相差不大, 但在灵敏度及精度上是可以有所提高的。这对于提高干涉仪灵敏度及精度具有实用意义。

Possibilities of improving the sensitivity and measuring accuracy for the Michelson interferometer

ZHU JIBIN

(*Hanzhong Institute of Precision Machine Tool, Hanzhong*)

(Received 29 October 1981, revised 27 January 1982)

Abstract

An improved design relevant to the traditional Michelson interferometer is proposed in this paper with a purpose of obtaining better sensitivity and measuring accuracy. This is an effective approach to improving the sensitivity and measuring accuracy under the same condition for the Michelson interferometer.

《光学系统的研究与检验》

Г. В. Креопалова, Л. Т. Пуряев «Исследование и контроль оптических систем»,
М. Машиностроение, 1978, 224 стр.

随着现代工业技术的迅速发展,光学系统应用的范围也日益扩大,光学仪器和电子学的结合,要求对光学系统现有的象质概念和检测方法赋予更确切的含义和有效的方法。评价象质的更臻完善的判据理论(例如光学传递函数和刃边曲线等测试法)业已提出而且得到很快的发展。目前光学系统在光电仪器中的传递性能,对整个仪器的性能具有决定性的影响。代替过去物镜—感光层、物镜—目镜—眼睛系统而出现物镜—电视显象管、光电倍增管、光电变换器以及其它各类接收器。因此用目视测量或照相检验物镜象质,显然已不能适应现代要求,引用光电测试法势在必行。尤其是对评价物镜的传递性能来说,光学仪器质量最通用的判据—仅仅测量分辨率—已经显得不足,需要能全面反映图象质量的更为充分的信息。

随着电子计算机技术的发展和运用,光学设计已能编制成一系列程序,可以快速计算任何被移动的定位平面上点的衍射象中照度的分布,确定点象中心斑点直径,并找出与对比度有关的最佳定位平面,从而计算实际物镜的光学传递函数。对于象质的研究和检验者来说,把电子计算技术引入到研究和检验象质上来,是重要的任务之一。

本书的作者试图系统地阐明光学系统象质的研究与检验,侧重于照相物镜的检测。全书共分五章,第一章着重介绍评价物镜成象质量的判据:扩散函数、刃边曲线和光学传递函数。第二章描述了物镜质量特性的几种测量方法:扩散函数评价法、光电测量法、刃边曲线的测量和光学传递函数的测量等。第三章探讨了用调制传递函数评价照相物镜的质量。第四章对各种检验光学系统成象质量的干涉仪作了系统的介绍。最后一章对平面、球面和非球面镜的质量检验,分别以实例作了示范和探讨。

本书对从事光学系统与光学仪器设计、测试、检验的科技人员和高等院校有关专业的师生、照相、电影、电视行业的工程技术人员以及光学工艺工作者都是一本良好的参考书。

本书已由中国科学院上海光学精密机械研究所的徐德衍和路敦武两位同志译成中文,沃新能同志校阅。在近期内将由机械工业出版社出版。

(沃新能)