红外移相干涉仪中移相器的非线性校正

罗秋凤 王海涛 崔向群 徐欣圻 (中科院国家天文观测中心天文光学新技术实验室 南京 210042)

摘要 本文介绍了一种应用于红外移相干涉仪的移相器的位移分段非线性校正方法。该装置由压电晶体微位移器 PZT 及其驱动 电源和控制器组成, 位移的非线性从校正前的 9.6% 降低到 0.4%。 关键词 PZT 移相器 分段非线性校正

The Nonlinear Compensation for Phase-shifter In Infrared Interferometer

Luo Qiufeng Wang Haitao Cui Xiangqun Xu Xinqi (A stronom ical Optics and New Technology Laboratory, National A stronom ical Observatories of CAS, Nanjing 210042)

Abstract A new correction method of the non-linearity compensation for the phase-shifter in infrared interferometer is presented The phase-shifter consists of piezoelectric actuator (PZT), its driver and controller. The nonlinear curve of the PZT performance can be divided into several sections and accurately compensated respectively. The experiments have been done with this method, and the non-linearity is corrected to 0.4% from 9.6% before compensation

Key words PZT Phase-shifter Section-nonlinearity-compensation

1 引 言

现代天文望远镜的光学系统主镜多采用大口径、 快焦比的非球面镜。这类镜面加工中, 细磨阶段镜面粗 糙, 不宜用传统的可见光干涉方法检验镜面的面型精 度。根据物体表面对光的散射随光波波长增大而减小 的原理, 以红外光作检测光源, 采用移相干涉法的红外 移相干涉仪, 可以对细磨阶段的镜面精度进行检测。其 中, 移相器 (PZT) 是红外移相干涉仪的关键部件。干涉 仪工作时, 要求移相器随步进数线性位移, 以推动标准 参考镜匀速平移。但由于 PZT 自身随电压伸长的位移 特性曲线总是有一定的非线性。所以必须对其非线性 进行校正, 以达到移相器非线性度在 1% 以内的要求。

2 移相器电压位移特性

2.1 移相器简介

压电晶体微位移器(PZT),与其驱动源和控制器 组成移相器。计算机通过接口卡向控制器输入数字信 号,控制器里的 15 位数模转换器将数字信号转化为 0V —5V 的小电压模拟信号,去控制驱动源输出高稳 定度的 0V —300V 的电压。PZT 在驱动源电压作用 下,表现为一种微米级的机械形变,与它的机械固定装 置和导向装置一起推动标准参考镜平移,改变两路光 臂的光程差,产生干涉条纹。移相器中,驱动源和控制 器的输入输出都是线性对应的,唯有 PZT 的电压位移 特性是非线性对应的。

2.2 PZT 的电压位移特性测试



红外移相干涉仪采
用W TD S—IB 的 PZT,
其电压位移特性在中压
致00
段线性度较好。如图 1,
驱动电压 v 由驱动电源
输出提供,位移 un 是
驱动电压作用下 PZT

的位移,最大非线性误差约为 2.6um,非线性度为 9.6%。

3 位移非线性校正

3.1 几种非线性校正方法介绍

尽管压电晶体 PZT 构成的移相器具有体积小 分

辦率高等优点,但存在非线性的不足之处,因此需要对 它的非线性进行校正。通常有以下四种方法:

1) 闭环控制法^[1]; 2) 电荷控制法^[2]; 3) 设计参考模 型法^[3]; 4) 逐次逼近法^[4]。本文参考 3)、4) 两种方法提 出一种分段非线性校正法。

3.2 分段非线性校正的原理

通常情况下, 当驱动源对微位移器施加一个线性 的电压序列时, 微位移器对应产生一个不呈线性变化 的位移。若驱动电源施加一个合适的非线性电压序列 时, 微位移器输出位移将会线性变化。实验发现, 微位 移器的电压位移特性在低压段位移线性度不如中压段 的位移线性度。因此按最小二乘法寻求整体电压区域 上的电压位移最佳拟合多项式时, 这个最佳拟合多项 式的逼近效果不如电压区域分段上的电压位移最佳拟 合多项式效果。由于电压位移最佳拟合多项式是推导 校正电压模型的基本根据, 所以拟合多项式的逼近程 度与真实情况愈接近愈真实, 分段非线性校正的思想 由此而来。

3.3 位移非线性校正步骤

实测 PZT 特性曲线→→最小二乘法拟合特性曲 线 S(k) = F(V(k))→→确定模型 Fm(V(k))→→令 S (k)线性变化→→反算驱动源输出电压的校正模型 Vm(k)→→按Vm(k)输出电压实测 PZT 位移→→分 析位移非线性校正结果。

3.4 实验结果



图 2 整体非线性校正后一次拟合的误差图

整体非线性校正法: 电压区域不分段, 按最小二乘 法寻求 PZT 电压位移特性的最佳拟合模型 S(k) = Fm (V(k)), 我们分别是用一次, 二次, 三次多项式拟 合后, 分析位移的拟合误差。其中三次多项式的拟合误 差最小, 但由于位移的测量仪器精度为 0.2 微米, 故选 择二次多项式模型为最佳模型。 用整体非线性校正法 得到的位移非线性校正结果如图 2, 用一次多项式衡 量校正后位移的线性度, 其拟合误差基本上在 0.15— 0.35 微米之间, 最大的非线性误差为 0.40 微米, 位移 非线性度为 1.2%。

分段非线性校正法:将电压区域分成两段,用分段

多项式来表示 PZT 电压位移特性的最佳拟合模型 S (k)= Fm (V (k)); 同样电压校正模型 Vm (k)也用分 段多项式来表示。由于微位移器的电压位移特性在低 压段(电压小于 100 伏)的线性度差一些,而中压段 (100 伏——250 伏)的线性度好,高压段一般不用,故我 们采取低压段用二次多项式,中压段和高压段用一次多 项式拟合,分段非线性校正法得到的位移非线性校正,结 果如图 3,用一次多项式衡量校正后位移的线性度,其拟 合误差基本上在 0.02—0.04 微米之间,最大的非线性误 差为 0.086 微米,位移非线性度为 0.4%。



图 3 分段非线性校正后的一次拟合误差

3.5 实验结果比较(见表1)

表 1 两种校正方法比较

项	目	最大非线性误差(um)	非线性度
校正前		2.63	9.6%
整体校正后		0.40	1.2%
分段校正后		0.086	0.4%

可见, 通过分段非线性校正, 移相器的非线性从校 正前的 9.6% 降低到 0.4%, 满足非线度在 1% 以内的 要求。并且它的校正效果优于整体非线性校正法, 从 1.2% 下降到 0.4%, 校正效率提高了约 80%。

4 结束语

分段非线性校正法主要根据我们现有的实验条件,利用软件来实现校正。既达到系统的要求,又不需要复杂的硬件设备,避免了由于硬件引入而引入新误差源。

参考文献

- 傅星, 胡小唐 模糊控制在压电陶瓷控制中的应用 压电与 声光, 1999, 21(3).
- 2 Comb C V New, Flinn I Improving the linearity of PZT. Electronlett, 1982, 18: 442
- 3 黄深旺 红外球面波干涉仪和热释电摄象机应用研究:[博 士论文]南京理工大学,1991.
- 4 朱日宏,等.移相干涉术中移相器的自校正方法 光学学报, 1998,18(7).

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net