

迈克尔逊激光干涉仪微位移和倾角测量中的真空度精密控制技术

Precision Control Technology of Vacuum in Micro-Displacement and Inclination Measurement of Michelson Laser Interferometer

摘要：在迈克尔逊激光干涉仪微位移和倾角的精密测量中，需要对真空度进行准确控制，否则会因变形、折射率和温度等因素的影响带来巨大波动，甚至会造成测量无法进行。本文介绍了真空度的自动化控制技术，详细介绍了具体实施方案。

一、问题的提示

作为一种高精密光学仪器，迈克尔逊激光干涉仪得到了非常广泛应用，它可用于测量波长、气体或液体折射率、厚度、位移和倾角，具备对长度、速度、角度、平面度、直线度和垂直度等的高精密测量。但在高精密测量中，迈克尔逊干涉仪会受到气氛环境的严重影响，为此一般将被测物放置在低压真空环境中，如图1所示，并对真空度进行精密控制，否则会带来以下问题：

(1) 测试环境的气体折射率波动，会对高精密测量带来严重影响。如果采用专门的气体折射率修正装置，测量精度也只能达到微米或亚微米量级，而无法实现更高精度的测量。

(2) 如果真空腔室内有温度变化，腔室内的气压也会剧烈变化，相应折射率也会发生剧烈波动而严重影响干涉仪测量。

(3) 在抽真空过程中，内外压差会造成真空腔室的微小变形，同时也会造成光学窗口产生位移和倾斜，从而改变测量光路的光程。

(4) 在有些变温要求的测试领域，要求被测物能尽快的被加热和温度均匀，这就要求将真空度控制在一定水平，如100Pa左右，由此来保留对流和热导热传递能力。

总之，在迈克尔逊激光干涉仪微位移和倾角的精密测量中，需要对真空度进行准确控制。本文将介绍真空度的自动化控制技术以及具体实施方案。

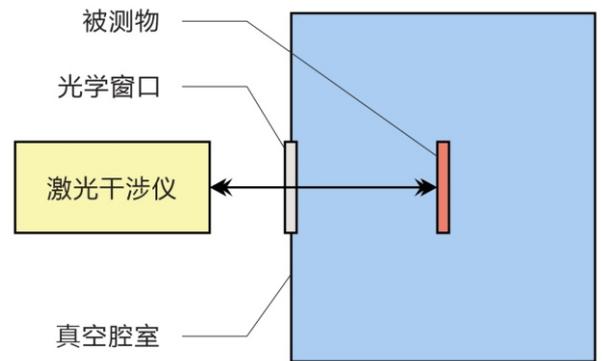


图1 迈克尔逊激光干涉仪典型测试系统结构

二、实施方案

迈克尔逊激光干涉仪测试过程中，真空度一般恒定控制在100kPa左右，并不随温度发生改变。为此，拟采用如图2所示的真空度控制系统进行实施，具体内容如下：

(1) 采用1torr量程的电容真空计进行真空度测量，其精度可达±0.2%。

(2) 采用24位A/D采集的高精度PID真空压力控制器，以匹配高精度真空压力传感器的测量精度，并保证控制精度。

(3) 在真空腔室的进气口安装步进电机比例阀以精密调节进气流量。

(4) 控制过程中，真空泵开启后全速抽取并保持抽速不变。然后对控制器进行PID参数自整定，使控制器自动调节比例阀的微小开度变化实现腔室真空度的精确控制。

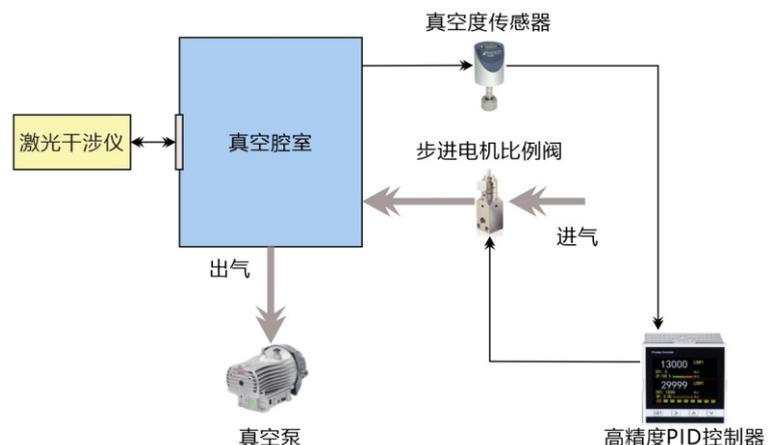


图2 迈克尔逊激光干涉仪测试真空度控制系统结构