

Knowledge Lectures

# 长度计量基础知识讲座(三十四)

顾耀宗/上海市计量测试技术研究院

## 第三十四讲 干涉显微镜

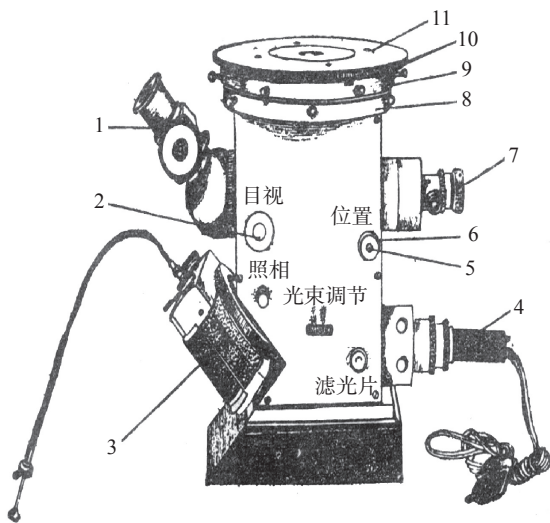
### 1 结构和工作原理

干涉显微镜(以下简称仪器)主要由主体、工作台、干涉头、测微目镜、照明系统和摄影系统等部分组成。图1为常用的双光束干涉显微镜的结构形式。

仪器基于等厚干涉测量平面度的原理,将同一光源发出的光线分为两束或多束,使其产生干涉。显微镜系统将干涉条纹放大,根据干涉条纹的间距和弯曲量计算微观平面度数值 $\delta$ :

$$\delta = \frac{a}{b} \times \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

式中: $\lambda$ ——所用光波的波长。



1-测微目镜; 2-目视、照相转换钮; 3-照相机; 4-光源; 5-干涉带宽度调整钮; 6-干涉带方向调整钮; 7-参考镜微调螺丝; 8-工作台高低移动(调焦)盘; 9-工作台转动盘; 10-工作台平移盘; 11-工作台

图1 干涉显微镜外形图

当被测表面为理想平面时,产生平直的干涉条纹。当被测表面有缺陷时,如图2所示的两个划痕,则在仪器视场中可观察到干涉条纹的形状真实地反映了被测表面的形状。



图2 划痕的干涉条纹图像

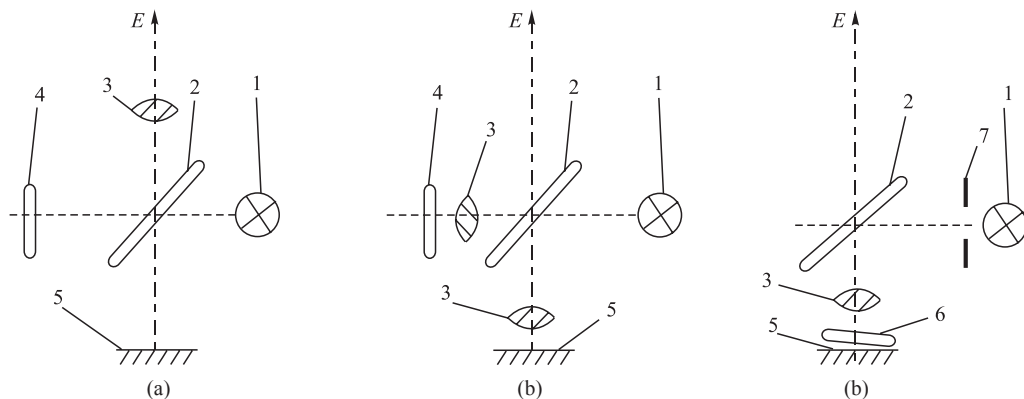
仪器通常可测出或目视估计出1/10个干涉条纹间距的弯曲量,即相当于微观平面度 $0.03 \mu\text{m}$ ,若小于此值,则难于准确测量。当干涉条纹的弯曲度大于3个干涉条纹的宽度时,干涉条纹相互重叠,已不可能进行测量。这就决定了干涉显微镜的测量范围为 $0.03\sim 0.8 \mu\text{m}$ 。

### 2 仪器的种类

仪器可分为双光束干涉显微镜和多光束干涉显微镜。图3a)为单物镜系统的双光束干涉显微镜光路。分光镜2将光源1发出的光线分为两束,一束射向参考镜4,另一束射向被测表面5,两束相干光经反射后,汇合产生干涉,经物镜3在E处可见干涉图形。由于该系统的分光镜在物镜和被测表面之间,只能使用工作距离大的物镜,不能采用高倍率物镜,但结构简单。

图3b)为双物镜系统的双光束干涉显微镜光路。其特点是将分光镜置于物镜和目镜之间。分光镜2将光源1发出的光线分为两束,一束经物镜3射向参考镜4,另一束经另一物镜3射向被测表面5。两束相干光经反射后,汇合产生干涉,在E处可见干涉图形。这种系统可以采用工作距离短、数值孔径大的高倍率物镜,因而能够测量精细的加工表面,应用广泛。但对两个物镜的一致性要求较高,结构较复杂。

图3c)为多光束干涉显微镜光路。它与双光束



1-光源; 2-分光镜; 3-物镜; 4-参考镜; 5-工件表面; 6-平面镜; 7-光阑

图3 a) 双光束干涉(单物镜), b) 双光束干涉(双物镜), c) 多光束干涉

干涉系统的不同在于在干涉系统中采用了一个与被测表面成  $1' \sim 3'$  的空气楔角。光源 1 经光阑 7 发射出平行光, 通过具有高反射率又有一定透射系数的平面镜 6 (参考镜面) 射到被测表面 5 上。由于光线在平面镜和被测表面之间多次反射, 形成多光束干涉条纹。在 E 处可看见按多光束干涉条纹光强度分布的干涉图形。多光束干涉显微系统的干涉条纹细而清晰, 对线精度高, 但操作时仪器调整不当容易擦伤平面镜。由于光学系统的限制, 不能采用数值孔径大的高倍率物镜。

### 3 仪器示值误差的检定或校准

仪器的示值误差采用单分度线标准样板 (以下简称样板) 为标准进行检定或校准 (以下统称校准)。校准时, 在分度线深度  $H$  标称值为  $0.4 \mu\text{m}$  或  $0.8 \mu\text{m}$ 、标称值为  $0.1 \mu\text{m}$  或  $0.2 \mu\text{m}$  中各选取一块作为标准器。仪器示值误差的要求见表 1。

表 1 干涉显微镜示值误差要求

单分度线标准样板标称值 / $\mu\text{m}$	最大允许示值误差
0.8	$\pm 5\%$
0.4	$\pm 10\%$
0.2	$\pm 16\%$
0.1	$\pm 22\%$

校准时, 将样板置于仪器工作台上, 调整仪器焦距, 使视场中得到清晰的样板分度线像。移动工作台, 使样板的主分度线两侧标有压痕标记的部位处于视场中央 (如图 4 所示)。打开干涉光路, 选用白光, 调整焦距和干涉条纹的方向、宽度, 使黑色干涉条纹垂直于主分度线并通过两压痕。两相邻干涉条纹的目视宽度约  $5 \sim 10 \text{mm}$ , 然后改用单色光。图 5 为采用单色光时目镜视场示意图。利用目镜测微器依次测得  $N_1'$ 、 $N_2'$ 、 $N_3'$ ;  $N_3''$ 、 $N_2''$ 、 $N_1''$ , 分别取平均值。

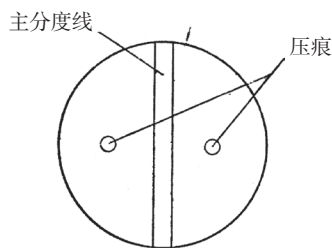


图 4 样板调整时的目镜视场示意图

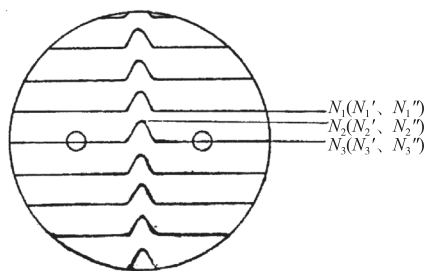


图 5 单色光时目镜视场示意图

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{N_1' + N_1''}{2} \\ N_2 &= \frac{N_2' + N_2''}{2} \\ N_3 &= \frac{N_3' + N_3''}{2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

按式 (3) 计算分度线深度  $H$ :

$$H = \frac{N_3 - N_2}{N_3 - N_1} \cdot \frac{\lambda}{2} (\mu\text{m}) \quad (3)$$

式中:  $\lambda$  —— 单色光的光波波长。

按上述方法对样板进行 5 次测量, 每次重新调整仪器, 测得  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$ 、 $H_5$ , 取其平均值:

$$H = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{5} \quad (4)$$

仪器示值误差按式 (5) 计算:

$$\Delta(\%) = \frac{H - H_0}{H_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中:  $H_0$  —— 单分度线样板检定证书上给出的压痕处主分度线深度。

## 长度计量基础知识讲座(三十四)

作者: [顾耀宗](#)  
作者单位: [上海市计量测试技术研究院](#)  
刊名: [上海计量测试](#)  
英文刊名: [Shanghai Measurement and Testing](#)  
年, 卷(期): 2012(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_shjlcs201203020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_shjlcs201203020.aspx)