



中华人民共和国国家军用标准

FL 0113

GJB/J 6221—2008

数字式激光平面干涉仪校准规范

Calibration specification for digital laser plane interferometer

2008—03—17 发布

2008—10—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本校准规范由中国兵器工业集团公司提出。

本校准规范由中国兵器工业标准化研究所归口。

本校准规范起草单位：中国兵器工业第二〇五研究所。

本校准规范主要起草人：王生云、杨 红、张 玫、姜昌录、孙宇楠。

数字式激光平面干涉仪校准规范

1 范围

本校准规范规定了数字式激光平面干涉仪的计量特性、校准条件、校准项目、校准方法、校准结果的处理和复校时间间隔。

本校准规范适用于新制造(或新购置)、使用中、修理后的数字式激光平面干涉仪的校准。其他数字式激光干涉仪的校准也可参照执行。

2 缩略语

下列缩略语适用于本校准规范。

PV ——Peak to Valley, 峰谷值之差;

rms——root mean square, 均方根偏差。

3 概述

3.1 用途

数字式激光平面干涉仪主要用于光学元件平面度和无焦光学系统波像差的测量。

3.2 原理

数字式激光平面干涉仪根据等厚干涉原理,采用移相技术,产生多幅移相干涉图,用计算机控制 CCD 摄像机对干涉条纹进行采样,对数据进行分析处理后得到光学元件的平面度 PV 值和 rms 值。数字式激光平面干涉仪工作原理框图如图 1 所示。

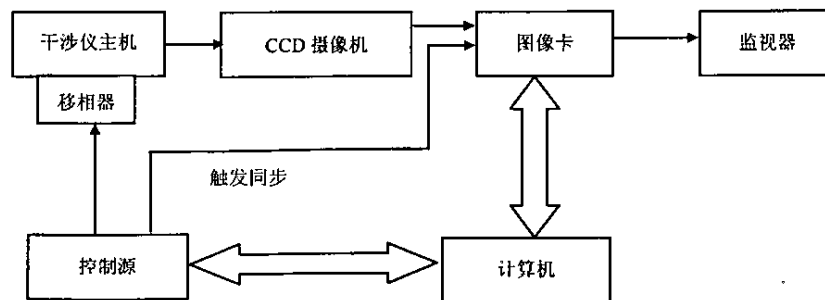


图 1 数字式激光平面干涉仪原理图

3.3 结构

数字式激光平面干涉仪由干涉仪主机、移相器、控制源、CCD 摄像机、图像卡、监视器及计算机等组成。

4 计量特性

4.1 外观

4.1.1 数字式激光平面干涉仪应标注型号、制造厂名、制造日期和编号。

4.1.2 成像光路中的光学零件表面不应有目视可见的霉斑、脱膜和划痕等。

4.2 工作正常性

4.2.1 各调整机构工作时应平稳、灵活、无卡滞和松动现象。

4.2.2 数字式激光平面干涉仪各部件以及干涉仪主机与计算机的电缆连接可靠,接通电源后,各电器

GJB/J 6221-2008

部分应工作正常。

4.2.3 监视器工作时，屏幕上的干涉图应清晰。

4.3 最大允许误差

数字式激光平面干涉仪最大允许误差用 PV 值和 rms 值表示，应符合表 1 的要求。

表 1 数字式激光平面干涉仪最大允许误差

| 通光口径 mm | 一级数字式激光平面干涉仪最大允许误差 | | 二级数字式激光平面干涉仪最大允许误差 | |
|------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | PV 值 μm | rms 值 μm | PV 值 μm | rms 值 μm |
| 100 | ≤ 0.032 | ≤ 0.008 | ≤ 0.062 | ≤ 0.020 |
| 150 | ≤ 0.032 | ≤ 0.010 | ≤ 0.062 | ≤ 0.020 |
| 200 | ≤ 0.042 | ≤ 0.015 | ≤ 0.080 | ≤ 0.025 |
| 450 | ≤ 0.062 | ≤ 0.020 | ≤ 0.080 | ≤ 0.025 |

4.4 测量重复性

4.4.1 一级数字式激光平面干涉仪的测量重复性不大于 $0.006\mu\text{m}$ 。

4.4.2 二级数字式激光平面干涉仪的测量重复性不大于 $0.012\mu\text{m}$ 。

5 校准条件

5.1 环境条件

校准环境条件如下：

- 环境温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化量不大于 0.5°C/h ；
- 相对湿度：不大于 75%；
- 校准时，室内不应有影响测量的振动和气流扰动。

5.2 校准用设备

校准用设备应经过计量技术机构检定(校准)合格，满足标准使用要求，并在有效期内。

校准用主要设备为标准平晶，标准平晶平面度应符合表 2 的要求。

表 2 标准平晶平面度

| 通光口径 mm | 标准平晶平面度 | | |
|------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| | PV 值 μm | 扩展不确定度 μm | rms 值 μm |
| 100 | ≤ 0.020 | ≤ 0.010 | ≤ 0.008 |
| 150 | ≤ 0.020 | ≤ 0.010 | ≤ 0.010 |
| 200 | ≤ 0.032 | ≤ 0.020 | ≤ 0.010 |
| 450 | ≤ 0.062 | ≤ 0.040 | ≤ 0.015 |

6 校准项目

数字式激光平面干涉仪校准项目为：

- 外观；
- 工作正常性；
- 最大允许误差；
- 测量重复性。

7 校准方法

7.1 外观

目视观察。

7.2 工作正常性

7.2.1 手动检查。

7.2.2 通电检查各项功能。

7.3 最大允许误差

7.3.1 测量准备

根据数字式激光平面干涉仪的通光口径选取表 2 中标准平晶,标准平晶通光口径应能覆盖数字式激光平面干涉仪的测量范围。数字式激光平面干涉仪及所用标准平晶在校准室内恒温时间不少于 4h。

7.3.2 比较法

7.3.2.1 比较法的原理是将数字式激光平面干涉仪参考平晶与标准平晶的反射波面相干,产生干涉图形,对其采集、分析和处理,获取 PV 值和 rms 值。比较法测量示意图见图 2。

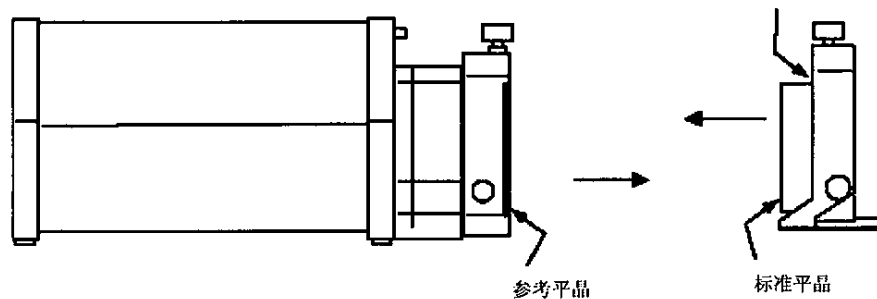


图 2 比较法测量示意图

7.3.2.2 测量步骤如下:

- 调整参考平晶反射的光点与分划中心重合;
- 将标准平晶安装在调整架上,调整标准平晶反射的光点与分划中心重合;
- 调整参考波面与标准平晶的反射波面相干,产生干涉图形;
- 调整标准平晶,使干涉条纹为零条纹;
- 软件设置:采样点数应满足测量要求,常数项、倾斜,自动口径设置为关闭,去边设置为 5;
- 测量次数不少于六次,计算 PV 值和 rms 值的算术平均值。

7.3.3 三平面互检法

7.3.3.1 三平面互检法测量示意图见图 3。

7.3.3.2 三平面互检法采用三块标准平晶 A、B 和 C 进行四次分离测量,测量步骤如下:

- 将标准平晶 A 安装在干涉仪主机上,标准平晶 B 安装在被测位置,调出干涉条纹为零条纹,进行测量;
- 将标准平晶 B 取下,换上标准平晶 C,调出干涉条纹为零条纹,进行测量;
- 将标准平晶 A 取下,换上标准平晶 B,标准平晶 C 不变,调出干涉条纹为零条纹,进行测量;
- 将标准平晶 B 旋转 180°,调整标准平晶 B 和 C,调出干涉条纹为零条纹,进行测量;
- 四次测量完成后,计算三块标准平晶的 PV 值和 rms 值。

7.3.4 测量结果的不确定度评定

7.3.4.1 比较法测量不确定度评定

7.3.4.1.1 不确定度分量

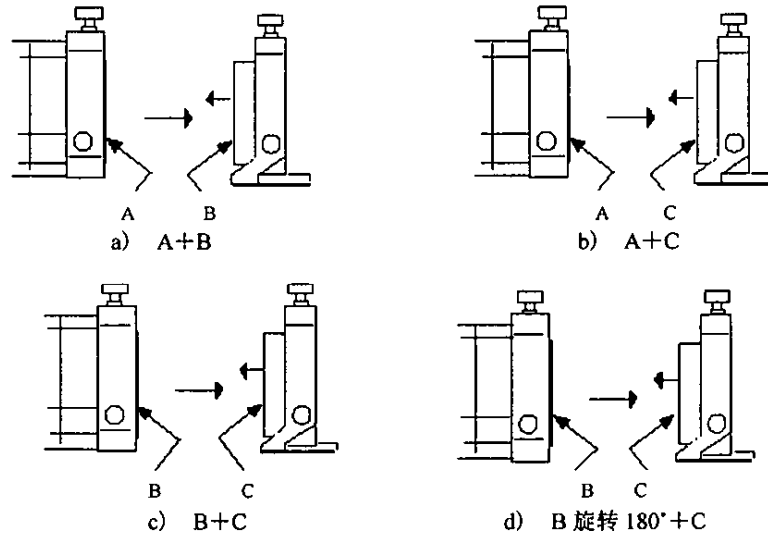


图3 三平面互检法测量示意图

7.3.4.1.1.1 标准平晶引入的不确定度分量 u_1 按公式(1)计算:

$$u_1 = \frac{U_{PV}}{k} \dots \dots \dots (1)$$

式中:

- u_1 ——标准平晶引入的不确定度分量, 单位为微米(μm);
- U_{PV} ——标准平晶的扩展不确定度, 单位为微米(μm);
- k ——包含因子, 取 $k=2$ 。

7.3.4.1.1.2 测量重复性引入的不确定度分量 u_2 按公式(2)计算:

$$u_2 = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \dots \dots (2)$$

式中:

- u_2 ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm);
- x_i ——第 i 次测量的 PV 值, $i=1, 2, 3, \dots, n$, 单位为微米(μm);
- \bar{x} —— n 次测量的 PV 值的算术平均值, 单位为微米(μm);
- n ——测量次数。

7.3.4.1.2 合成标准不确定度

比较法测量结果合成标准不确定度 u_c 按公式(3)计算:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \dots \dots \dots (3)$$

式中:

- u_c ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm);
- u_1 ——标准平晶引入的不确定度分量, 单位为微米(μm);
- u_2 ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm)。

7.3.4.1.3 扩展不确定度

比较法扩展不确定度 U 按公式(4)计算:

$$U = k u_c \dots \dots \dots (4)$$

式中:

- U ——比较法测量结果的扩展不确定度, 单位为微米(μm);

k ——包含因子, 取 $k=2$;

u_c ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm)。

7.3.4.2 三平面互检法测量不确定度评定

7.3.4.2.1 数学模型

三块标准平晶每两块互检, 每块标准平晶的平面度偏差按公式(5)计算:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{y_1 + y_2 - y_3}{2} \\ x_2 &= \frac{y_1 + y_3 - y_2}{2} \\ x_3 &= \frac{y_2 + y_3 - y_1}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

x_1 ——标准平晶 A 的平面度偏差, 单位为微米(μm);

x_2 ——标准平晶 B 的平面度偏差, 单位为微米(μm);

x_3 ——标准平晶 C 的平面度偏差, 单位为微米(μm);

y_1 ——标准平晶 A 与 B 组合的平面度偏差, 单位为微米(μm);

y_2 ——标准平晶 A 与 C 组合的平面度偏差, 单位为微米(μm);

y_3 ——标准平晶 B 与 C 组合的平面度偏差, 单位为微米(μm)。

7.3.4.2.2 合成标准不确定度

三平面互检法测量结果合成标准不确定度 u_{c1} 按公式(6)计算:

$$u_{c1} = \frac{\sqrt{3}}{2} u_c \dots\dots\dots (6)$$

式中:

u_{c1} ——三平面互检法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm);

u_c ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm)。

7.3.4.2.3 扩展不确定度

三平面互检法扩展不确定度 U_1 按公式(7)计算:

$$U_1 = k u_{c1} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

U_1 ——三平面互检法测量结果的扩展不确定度, 单位为微米(μm);

k ——包含因子, 取 $k=2$;

u_{c1} ——比较法测量结果合成标准不确定度, 单位为微米(μm)。

7.4 测量重复性

按 7.3.2 的要求进行测量, 重复测量六次, 按公式(8)计算标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

s ——标准偏差, 单位为微米(μm);

x_i ——第 i 次测量的 PV 值, $i=1, 2, 3, \dots, n$, 单位为微米(μm);

\bar{x} —— n 次测量的 PV 值的算术平均值, 单位为微米(μm);

n ——测量次数。

8 校准结果的处理和校准周期

8.1 校准结果的处理

GJB/J 6221—2008

经校准的数字式激光平面干涉仪应给出校准证书，校准结果给出测量结果和测量结果的不确定度。

8.2 复校时间间隔

数字式激光平面干涉仪复校时间间隔一般为一年。也可根据其使用环境条件、使用频率，由用户方和校准单位商定复校时间间隔。
