



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 739—2005

---

## 激光干涉仪

Laser Interferometers

2005 - 10 - 09 发布

2006 - 04 - 09 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 激光干涉仪检定规程

Verification Regulation of  
Laser Interferometers

JJG 739—2005  
代替 JJG 739—1991

---

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 10 月 9 日批准，并自 2006 年 4 月 9 日施行。

归口单位： 全国几何量长度计量技术委员会

起草单位： 中国计量科学研究院

本规程委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规程起草人：

许 婕 （中国计量科学研究院）

邹玲丁 （中国计量科学研究院）

# 目 录

1 范围 .....	(1)
2 引用文献 .....	(1)
3 术语 .....	(1)
4 概述 .....	(1)
5 计量性能要求 .....	(1)
5.1 激光波长不确定度 .....	(1)
5.2 位移测量示值误差 .....	(1)
5.3 环境参数示值误差 .....	(1)
5.4 角度分度误差 .....	(2)
5.5 直线度示值误差 .....	(2)
5.6 非线性 .....	(2)
6 通用技术要求 .....	(2)
6.1 外观 .....	(2)
6.2 仪器各部分相互作用 .....	(2)
6.3 预热时间 .....	(2)
7 计量器具控制 .....	(2)
7.1 检定条件 .....	(2)
7.2 检定项目 .....	(3)
7.3 检定方法 .....	(3)
7.4 检定结果处理 .....	(5)
7.5 检定周期 .....	(6)
附录 检定证书(内页)格式 .....	(7)

# 激光干涉仪检定规程

## 1 范围

本规程适用于激光干涉仪的首次检定和后续检定。

## 2 引用文献

本规程引用下列文献：

- JJF 1001—1998 通用计量术语及定义
- JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示
- JJF 1094—2002 测量仪器特性评定技术规范
- JJG 353—1994 兰姆凹陷稳频 He - Ne 激光器检定规程
- JJG 998—2005 激光小角度测量仪检定规程
- JJG 860—1994 压力传感器（静态）检定规程

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

## 3 术语

激光干涉仪非线性：指激光干涉仪为了获得高分辨力，在一个干涉周期内对干涉条纹进行细分时引起的测长误差。

## 4 概述

激光干涉仪是以激光波长为测量标准，进行位移、直线度、角度等几何量测量的高精度、多功能计量仪器。它是利用两束单频激光束，或两束具有微小固定频差的双频激光束，进行干涉测量的仪器。

激光干涉仪包括激光头、电箱（其中包括数据传输卡）、光学组件、计算机、环境参数传感器、测量软件等。主要用于机床、加工中心、坐标测量机等设备的检测。

## 5 计量性能要求

### 5.1 激光波长不确定度

激光波长的相对扩展不确定度应符合  $1 \times 10^{-7}$  ( $k = 3$ )。

### 5.2 位移测量示值误差

#### 5.2.1 标准条件下的位移测量的最大允许示值误差： $\pm (0.03 + 0.5L)\mu\text{m}$ 。

$L$ ——测量长度，单位 m。

#### 5.2.2 使用空气参数补偿单元的位移测量最大允许示值误差： $\pm (0.03 + 1.5L)\mu\text{m}$ 。

$L$ ——测量长度，单位 m。

### 5.3 环境参数示值误差

#### 5.3.1 空气温度传感器的最大允许示值误差： $\pm 0.55^\circ\text{C}$ 。

5.3.2 空气压力传感器的最大允许示值误差： $\pm 240\text{Pa}$ 。

5.3.3 空气湿度传感器的最大允许示值误差： $\pm 30\% \text{RH}$ 。

5.3.4 材料温度传感器的最大允许示值误差： $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

#### 5.4 角度分度误差

5.4.1 在 $\pm 10^\circ$ 内测量范围小角度的最大允许零起分度示值误差： $\pm (0.2'' + 0.6\% R)$ 。

$R$ 为测量读数，单位(″)。

5.4.2 在 $360^\circ$ 测量范围，回转台系统的最大允许零起分度间隔测量误差： $\pm 1''$ 。

#### 5.5 直线度示值误差

5.5.1 短直线度测量的最大允许示值误差： $\pm (1\% D + 0.5 + 0.15M^2)\mu\text{m}$ 。

5.5.2 长直线度测量的示值误差应优于 $\pm (2.5\% D + 5 + 0.015M^2)\mu\text{m}$ 。


式中： $D$ ——测量读数， $\mu\text{m}$ ； $M$ ——测量时直线度干涉镜与直线度反射镜之间的距离， $\text{m}$ 。

#### 5.6 非线性

分辨率优于 $2\text{nm}$ 的激光干涉仪的非线性应不大于 $0.02\mu\text{m}$ 。

### 6 通用技术要求

#### 6.1 外观

6.1.1 仪器表面应有清晰的制造厂名或商标、型号、出厂编号、标志，并且标志应固定可靠。

6.1.2 激光干涉仪的各工作表面不应有影响使用的碰伤、明显的划痕以及影响测量的其他缺陷。光学部件的表面不应有影响使用的水迹、油迹、灰尘、擦伤、霉点和麻点等，胶合面不应有脱胶现象，镀膜面应无脱膜腐蚀现象。

#### 6.2 仪器各部分相互作用

6.2.1 各紧固部分应牢固可靠，各调整部分应灵活平稳，无卡滞和松动现象。

6.2.2 激光头、分光镜组以及反射镜组之间的相互位置应调整方便，安置后应保持稳定。

6.2.3 激光干涉仪各部件之间以及激光干涉仪与计算机的电缆应连接可靠，线路通畅。

#### 6.3 预热时间

激光干涉仪开启后 $20\text{min}$ 内应进入稳定状态。

### 7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定和后续检定。

#### 7.1 检定条件

##### 7.1.1 检定环境要求

位移测量：温度 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，测量时温度波动 $< 0.2^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

直线度测量：温度 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。

非线性测量：温度 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。

气压传感器测量：温度 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 。

湿度传感器测量：温度  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

7.1.2 检定前仪器应放置在规定的条件下，温度平衡时间不得少于 4h。

7.1.3 检定用设备见表 1。

## 7.2 检定项目

激光干涉仪的检定项目见表 1。

表 1 检定项目和检定设备一览表

序号	检定项目		主要检定工具	检定类别	
				首次 检定	后续 检定
1	外观及相互作用		目视检查	+	
2	仪器预热时间		计时器	+	
3	激光波长不确定度		碘稳频激光系统，频率计，频谱仪等	+	
4	线性位移示值误差		激光干涉比长仪或其他激光测长装置 ( $0.14\mu\text{m}/\text{m}$ , $k=2$ )	+	
5	环境 参数 传感器 示值 误差	5.1 空气温度传感器	二等铂电阻温度计，恒温槽（温度均匀性 $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ），数字电压表（电阻测量最大 示值误差优于 $\pm 0.001\Omega$ ）等	+	
		5.2 气压传感器	气压密封罐（气压稳定性优于 $10\text{Pa}/$ $2\text{min}$ ），气压调节器，数字气压计（示值 误差优于 $\pm 0.02\%$ ）	+	
		5.3 湿度传感器	湿度计（示值误差优于 $\pm 3\% \text{RH}$ ）	+	
		5.4 材料温度传感器	同 5.1	+	
6	回转台最大零起分度间隔误差 小角度最大零起分度间隔误差		0 级多齿分度台	+	
7	直线度示值误差		微位移工作台，激光干涉仪（ $1.0\mu\text{m}/\text{m}$ ， $k=2$ ）	+	
8	非线性		拍频激光干涉仪系统（ $2\text{nm}$ ， $k=2$ ）	+	
注：1. 激光干涉仪的分辨力优于 $2\text{nm}$ 时需检非线性。 2. 表中“+”表示必须检定。 3. 验收按出厂指标进行。					

## 7.3 检定方法

### 7.3.1 外观和相互作用

目力观察和手动试验。

### 7.3.2 仪器预热时间

激光干涉仪电源开启到激光头进入稳定工作状态的时间间隔为仪器预热时间。使用计时器记录仪器的预热时间。

### 7.3.3 激光波长测量不确定度

激光波长检定根据 JJG 353—1994 兰姆凹陷稳频 He-Ne 激光器检定规程进行。

### 7.3.4 线性位移示值误差

使用测长不确定度不大于  $0.14\mu\text{m}/\text{m}$  ( $k=2$ ) 的激光比长仪或其他的激光测长装置 (以下简称标准激光干涉仪) 作为标准器对被测激光干涉仪进行检测。

a) 调整测量光路, 使被测激光干涉仪与标准激光干涉仪的光轴重合, 并且与测量轴平行。

b) 使用气压  $p = 101.324 \text{ kPa}$ , 温度  $t = 20^\circ\text{C}$ , 湿度  $f = 50\%$  的标准空气参数, 分别置入标准激光干涉仪和被测激光干涉仪中进行位移测量。测量至少进行二次。测量的最大示值误差应符合 5.2.1 的规定。

c) 使用两至三组非标准空气参数, 分别置入标准激光干涉仪和被测激光干涉仪中进行位移测量。测量结果的最大示值误差应符合 5.2.2 的规定。

d) 标准激光干涉仪和被测激光干涉仪在使用各自配套的空气参数传感器进行激光空气波长修正的条件下进行位移测量。测量至少进行二次。测量结果的最大示值误差应符合 5.2.2 的规定。

e) 测量范围应大于等于  $1\text{m}$ 。

### 7.3.5 环境参数传感器示值误差

#### 7.3.5.1 空气、材料温度传感器示值误差

将被测激光干涉仪的空气、材料温度传感器与二等标准铂电阻温度计一同放入均匀性  $0.01^\circ\text{C}$  的控温装置。使控温装置的温度从  $5^\circ\text{C}$  变化到  $40^\circ\text{C}$ , 每  $5^\circ\text{C}$  一个点进行测量。测量时应在温度波动小于  $0.01^\circ\text{C}/2 \text{ min}$  的条件下进行, 记录被测传感器和标准温度计的示值。被测传感器的最大示值误差应符合 5.3.1 和 5.3.4 的规定。

#### 7.3.5.2 气压传感器示值误差

空气压力传感器检测参照 JJG 860—1994 压力传感器 (静态) 检定规程, 测量的最大示值误差应符合 5.3.2 的规定。

#### 7.3.5.3 湿度传感器示值误差

使用标准湿度计和激光干涉仪的湿度传感器同时测量空气湿度, 两者的差值误差应符合 5.3.3 的规定。

### 7.3.6 角度分度误差

#### 7.3.6.1 小角度附件的零起分度误差

小角度附件的零起分度误差的检定参照 JJG 998—2005 激光小角度测量仪检定规程执行。

#### 7.3.6.2 回转台分度误差

将转台安置在多齿分度台面上, 调至偏心量不大于  $10\mu\text{m}$ ; 将反射镜组安置在转台上, 调整分光镜组与激光头至正常工作状态。测量间隔约为  $10^\circ$ 。按照激光干涉仪转台的测量程序进行测量, 数据处理由其测量程序完成。测量结果应符合 5.4 的规定。



### 7.3.7 直线度示值误差

使用测量不确定度不大于  $1.0\mu\text{m}/\text{m}$  ( $k=2$ ) 的激光干涉仪作为标准, 检测被测激光干涉仪的直线度示值误差。

a) 将被测激光干涉仪的直线度干涉镜固定在被测激光干涉仪测量光路上的一个微动工作台上, 工作台的微动方向垂直于被测激光干涉仪光轴。见图 1。

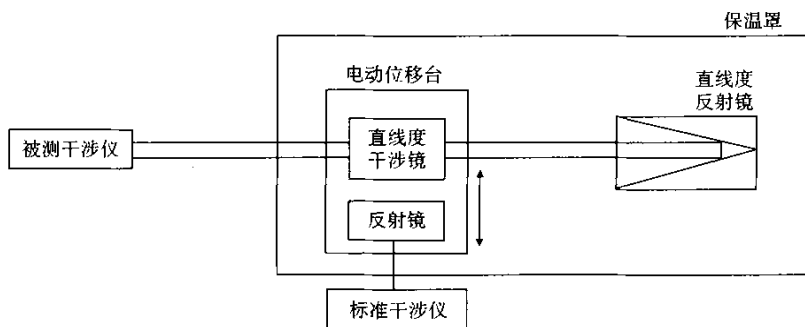


图 1 直线度测量装置示意图

b) 标准激光干涉仪的光路位于被测激光干涉仪光路的平面内并垂直于被测激光干涉仪光轴。

c) 标准激光干涉仪的线性位移测量镜固定在被测激光干涉仪直线度干涉镜所固定的同一微动工作台上。

d) 微调微动工作台的位置, 记录标准激光干涉仪测量的位移值和被测激光干涉仪的直线度测量值。

e) 测量结果应符合 5.5 规定的要求。

### 7.3.8 激光干涉仪非线性

用测量不确定度不大于  $2\text{nm}$  ( $k=2$ ) 拍频激光干涉仪测量被测激光干涉仪的非线性。

a) 将被测激光干涉仪放在拍频激光干涉仪测量光路的延长线上。

b) 将被测激光干涉仪的线性位移测量反射镜放置在驱动拍频激光干涉仪角反射镜移动的同时微动工作台上。

c) 驱动微动工作台移动, 同时记录拍频激光干涉仪和被测激光干涉仪所测量的位移值  $d_f$  和  $d_i$ 。

d) 测量范围应大于  $0.633\mu\text{m}$ 。

e) 非线性的计算

根据测量数据, 利用最小二乘法将数组  $d_f$  和  $d_i$  分别拟合以  $d_f$  为横坐标、以  $d_i$  为纵坐标的一个多项式曲线和一条直线, 将该曲线和直线旋转相同的角度, 使直线与  $x$  轴平行。将曲线极大点和极小点与直线的距离相加, 得到被测激光干涉仪的非线性。

### 7.4 检定结果处理

经检定符合本规程要求的发给检定证书, 并给出检定条件、检定结论及所测量项目

的具体结果和有效期。检定证书内页格式见附录。

检定结果不符合本规程要求的发给检定结果通知书，并给出检定条件，所测量项目的具体结果。检定结果通知书内页格式同附录中的要求，并指出不合格项目。

#### 7.5 检定周期

检定周期一般不超过 2 年。

附录

检定证书（内页）格式

检定结果

1. 位移测量

- 检测时光路温度
- 检测使用附件系列号
- 最大示值误差

2. 温度传感器测量

标准器温度									
被测 传感 器 温度	No.1								
	No.2								
	No.3								

3. 气压传感器测量

被测传感器系列号

标准器压力									
被测仪器差值									

4. 小角度测量

- 使用附件系列号
- 测量范围
- 测量误差

5. 回转轴系统

- 使用附件系列号
- 测盘范围
- 测量误差

6. 直线度测量

- 短直线度附件系列号
- 示值误差
- 长直线度附件系列号
- 示值误差

注：在使用过程中还应考虑材料湿度修正带来的测量误差。