



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 341—1994

光栅线位移测量装置

Grating Linear Displacement

Measuring Device

1994—05—06 发布

1994—12—01 实施

国家技术监督局 发布

光栅线位移测量装置

检定规程

Verification Regulation of Grating

Linear Displacement Measuring

Device

JJG 341—1994

本检定规程经国家技术监督局于1994年05月06日批准，并自1994年12月01日起施行。

归口单位：中国测试技术研究院

起草单位：中国测试技术研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

· 本规程主要起草人：

饶家崇 （中国测试技术研究院）

参加起草人：

郭健蓉 （中国测试技术研究院）

张 恒 （中国计量科学研究院）

目 录

一 概述	(1)
二 检定项目和检定条件	(1)
三 技术要求和检定方法	(2)
四 用激光干涉测长仪检定光栅装置的准确度	(4)
五 用长光栅比较仪检定光栅装置的准确度	(8)
六 检定结果处理和检定周期	(8)
附录 各种温度的饱和蒸汽压表	(9)

光栅线位移测量装置检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的光栅线位移测量装置的检定。

一 概 述

- 1 光栅线位移测量装置（以下简称光栅装置）是以光栅作为测量元件，用光栅线位移传感器（以下简称光栅传感器）将线位移量通过光栅数显表，以数字显示的线位移测量装置。
- 2 光栅装置主要由光栅传感器（包括专用电缆）和光栅数显表两部分配对组成。
- 3 光栅传感器按结构分为开启式和封闭式；按型式分为带参考零位和不带参考零位的光栅传感器。
- 4 光栅数显表按功能分为普通型和多功能型光栅数显表。

二 检定项目和检定条件

- 5 光栅装置的检定项目和主要检定工具如表 1 所示。

表 1

序 号	检 定 项 目	主要检定工具	检 定 类 别		
			新制的	修理后	使用中
1	外观	—	+	-	-
2	机械性能	—	+	+	+
3	功能	—	+	+	+
4	细分误差	激光干涉测长仪或长光栅比较仪	+	+	+
5	回程误差		+	+	+
6	重复性		+	+	+
7	稳定度		+	+	+
8	准确度		+	+	+

注：表中“+”表示应检定，“-”表示可不检定。

- 6 光栅装置检定时的温度以 20℃ 为标准。检定温度应满足表 5 的各项要求。
- 7 光栅装置在检定前要放置在检测室内平衡温度，其时间不少于 12 h。
- 8 光栅装置在接通电源 10 min 后方可进行检定。

三 技术要求和检定方法

9 外观

9.1 要求

光栅传感器和光栅数显表外表面不应有明显的缺陷和机械损伤,各表面应色泽均匀。各电源线、信号线接口位置在外壳上应明确标示。各标牌和面板上的数字、文字、标志、符号必须端正清晰。光栅传感器和光栅数显表上必须标有制造厂名称或厂标、型号及出厂编号。

对修理后和使用中的光栅装置允许有不影响计量性能的缺陷。

9.2 检定方法

目测及手感。

10 机械性能

10.1 要求

10.1.1 光栅装置各紧固螺钉应牢固无松动现象。各插头、插座应接触可靠无松动。

10.1.2 各操作键和按钮应灵活,接触良好可靠。

10.1.3 封闭式光栅传感器的光栅读数头在尺体全长上的运动要灵活自如。

10.2 检定方法

目测及手感。

11 功能

11.1 要求

光栅装置的基本功能是在有效长度范围内均能正确显示长度位移量值。光栅数显表上的清零、置数、置“+”或“-”、计数等功能正常。其附加功能按产品技术文件要求。

具有参考零位功能的光栅装置,参考零位功能应正确。

11.2 检定方法

开启光栅装置电源,在有效长度范围内和参考零位附近相对往复移动光栅读数头或光栅尺,观察光栅数显表正确计数的显示;运动方向相反时,累加数值应为负号。在相对静止时,分别按动光栅数显表面板上各功能按钮以检查其清零、置数、置“+”或“-”等功能。

12 细分误差

12.1 要求:见表2。

12.2 检定方法

在光栅传感器的有效长度范围的起始、中间和末尾3处各选择1个测量点,在1个栅距内,以每1个细分当量为1测量点,按准确度检定的方式进行检定。光栅数显表示值的变化量即为细分误差。

13 回程误差

13.1 要求：见表 2。

表 2

分辨率/ μm	细分误差	回程误差	重复性	稳定度
	脉 冲 当 量 数 / 个			
≤ 0.2	3	4	3	2
> 0.2	2	2	2	2

13.2 检定方法

在光栅传感器的有效长度范围的起始、中间和末尾 3 处各选择 1 个测量点，使光栅读数头从此点移动最少 50 mm 后正、返程移动经过此点，重复 6 次测量，光栅数显表显示值的变化量即为回程误差。

14 重复性

14.1 光栅装置重复性

14.1.1 要求：见表 2。

14.1.2 检定方法

在光栅传感器有效长度范围内选择 1 个测量点，使光栅读数头同向移动经过此点，重复 6 次测量，光栅数显表显示值的变化量即为重复性。

14.2 对带参考零位的光栅装置，还应检定参考零位处的重复性。

14.2.1 要求

不大于 1 个最小分辨率。

14.2.2 检定方法

在光栅传感器的参考零位处对光栅数显表置零或置一任意数，使光栅读数头正、返程移动经过此点，重复 6 次测量，读取参考零位的值，其变化量即为参考零位的重复性。

15 稳定度

15.1 要求：见表 2。

15.2 检定方法

在检定条件下，将安装调整好的光栅装置开机 10 min 后，读取 4 h 内每隔 0.5 h 光栅数显表的示值，其变化量即为稳定度。

16 准确度

16.1 要求

在有效长度范围内，光栅装置的准确度分为 6 个级（见表 3）。每个级的准确度以误差峰-峰值 A （即最大间距误差）表示，按表 3 的公式计算，或以实际误差曲线表示；也可用数值 A 的 $1/2$ 冠以“ \pm ”号表示。

光栅尺的线膨胀系数应在仪器出厂证书上注明。

16.2 检定方法

用激光干涉测长仪或长光栅比较仪检定。

表 3

级 别	1	2	3	4	5	6
准确度 $A/\mu\text{m}$	$0.2 + L/1\ 000$	$0.5 + 2L/1\ 000$	$1 + 4L/1\ 000$	$3 + 7L/1\ 000$	$5 + 15L/1\ 000$	$10 + 30L/1\ 000$
注：表中 L 为光栅装置的有效长度，单位为 mm。						

四 用激光干涉测长仪检定光栅装置的准确度

17 激光干涉测长仪应检定合格，其总不确定度应为被检定的光栅装置总不确定度的 1/3 或高一个数量级。

18 光栅传感器的安装

18.1 要求

应符合产品安装技术要求。

18.2 检定方法

将光栅传感器安装在仪器的工作台上，使其符合阿贝原则。用电感测微仪、千分表或百分表测量光栅尺刻线面或光栅传感器安装调整面和侧面，移动工作台，调整光栅尺，使其符合产品安装的技术要求。

19 光栅信号质量的检查

19.1 要求

对光栅传感器输出的两路正交的电信号的质量要求见表 4，并符合细分误差的要求。

表 4

信 号 参 数	全行程中的变化	
	1~2 级	3~6 级
信号失真度	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$
正交性	$90^\circ \pm 10'$	$90^\circ \pm 30'$
幅值变化率	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$
直流电平变化率	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$
注：幅值 (I) 变化率 = $\frac{I_{\max} - I_{\min}}{(I_{\max} + I_{\min})/2}$ ，为光栅信号交流幅值的变化率。		

19.2 检定方法

光栅传感器调整后，用双踪示波器观察光栅传感器输出或光栅数显表输入的两路

信号, 在有效长度行程中, 信号的质量应符合表 4 的要求。

对 1~2 级光栅装置用失真度测量仪、相位计或其它符合检定要求的仪器和方法 (如谐波分析法) 检查, 信号的质量应符合表 4 的要求。

20 温度测量

20.1 要求: 见表 5。

表 5

℃

级 别	光栅尺对 20 ℃ 允许偏差	一次测量中 尺温波动	一次测量中 气温波动
1	±0.5	≤0.05	≤0.06
2	±0.5	≤0.08	≤0.1
3~4	±1	≤0.1	≤0.2
5~6	±3	≤0.5	≤0.8

20.2 检定方法

光栅传感器调整后, 在工作台上至少等温 1 h, 待达到表 5 要求后方能检定。

光栅尺及保温罩内空气的温度可采用铜-康铜温差热电偶测量。测量时, 将热电偶工作端贴附在光栅尺上和置于光路附近, 热电偶标准端置于保温瓶内, 标准端处温度由不确定度为 0.01 ℃ 的水银温度计进行测量。测量热电偶电动势的检流计的灵敏度应不低于 10^{-9} A。

按公式 (1) 计算光栅尺的温度:

$$t_G = t_m + \Delta t_m \quad (1)$$

式中: t_G ——光栅尺的温度测得值;

t_m ——热电偶标准端处水银温度计读数;

Δt_m ——热电偶标准端处水银温度计在 t_m 值时检定证书给出的修正值。

按公式 (2) 对长度进行修正:

$$\Delta L_t = \alpha(20 - t_G)L \quad (2)$$

式中: α ——光栅尺的线膨胀系数;

t_G ——光栅尺的温度;

L ——被测长度。

三级以下光栅尺也可用分辨率不低于 0.1 ℃ 的水银温度计测量。水银温度计应经过检定并给出修正值, 其检定不确定度应小于 0.1 ℃。

21 空气折射率测量

21.1 用埃德伦 (Edlen) 公式方法间接测量空气折射率

用气压计、湿度计和温度测量装置测量出检定环境的气压 p 、绝对湿度 f 、空气温度 t ，代入埃德伦公式，求出与正常状态 ($p = 101.325 \text{ kPa}$, $f = 1.333 \text{ kPa}$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) 时折射率的差值对测量长度的影响量 Δl_n 。

$$\Delta l_n = [0.929 \times (t - 20) - 2.685 \times (p - 101.325) + 0.42 \times (f - 1.333)]L \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中： L ——被测长度；

t ——空气温度， $^\circ\text{C}$ ；

p ——气压， kPa ；

f ——湿度， kPa 。

如果某地区的气压与正常状态相差很大时，应按埃德伦微分公式换算相应于式 (3) 的各项常数值。

21.1.1 空气温度测量

空气温度测量见第 20 条。激光干涉仪保温罩内的空气温度在一次测量过程中的波动应符合表 5 的要求。

21.1.2 气压测量

从气压计上读出示值，按检定证书上给出的修正值及使用说明书上给出的各项修正公式修正到正常状态 (温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，纬度为 45° 的海平面) 的气压值。

气压计应经过检定并给出修正值，其检定不确定度应小于 26.6 Pa 。

在一次测量过程中气压的波动应符合表 6 的要求。

表 6

Pa

级 别	一次测量过程中气压的波动
1~2	≤ 26.6
3~6	≤ 106.4

21.1.3 湿度测量

本公式中的湿度为绝对湿度，可采用通风式湿度计测量，按公式计算：

$$f = [e' - 0.1333 c (t - t')] \quad (4)$$

式中： f ——绝对湿度， kPa ；

e' ——当空气温度为 t' 时的饱和蒸气压， kPa ，查附录的表；

c ——系数，标准状态下为 0.5 。

也可用毛发湿度计测量相对湿度，再将相对湿度换算成绝对湿度；或将公式 (3) 中的绝对湿度换算成相对湿度进行计算。

21.2 用折射率干涉仪测量空气折射率

21.2.1 折射率干涉仪的不确定度应小于 2×10^{-7} 。

21.2.2 每一次测量过程中折射率的变化应符合表 7 的要求。

表 7

级 别	一次测量过程中折射率的变化
1~2	小于 1×10^{-7}
3~6	小于 2×10^{-7}

22 计算测量状态下的脉冲当量 Q

将测得的 Δl_n 与 Δl_i 的代数和值换算到对每一个脉冲当量的修正值 ΔQ 。

$$\Delta Q = (\Delta l_n + \Delta l_i) Q_n / L \quad (5)$$

式中： L ——被测长度；

Q_n ——标准状态下的脉冲当量。

计算脉冲当量：

$$Q = \lambda_n / N \quad (6)$$

式中： λ_n ——标准状态下的激光波长值；

N ——对计数干涉条纹的倍频数。

23 将 Q 值输入计算机或将测得的气压、湿度、尺温和空气温度输入计算机，由计算机计算 Q 值，然后开始测量。

计算机要有自校功能。检定前应进行自校，确保无误后方能进行检定。

24 测量方式

光栅装置安装调整后，用光栅数显表的细分脉冲采样，测量两次，每次测量分别测量空气折射率，取两次有效测量值的平均值为测量结果。

25 测量间隔

可采用整毫米间隔或非整毫米间隔。

25.1 整毫米间隔按光栅系统的准确度级别选取，见表 8。

表 8

mm

级 别	测 量 间 隔
1~2	≤ 5
3~6	≤ 50

将整毫米间隔测量结果与细分误差合成即为光栅装置的准确度。

25.2 非整毫米间隔按包含最小分辨力的质数选取测量间隔（例如：分辨力为 0.01 mm

取 5.23 mm), 测量点数应不小于 20, 其测量结果即为光栅装置的准确度。

26 数据结果按 GB 8170—1987 数据修约规则进行处理。

五 用长光栅比较仪检定光栅装置的准确度

27 标准光栅装置与被检光栅装置可在长光栅比较仪上, 采用并联纵动或串联纵动的方式进行比较测量。作为标准器的光栅装置必须检定合格。标准光栅装置总不确定度应为被检光栅装置总不确定度的 $1/3$ 或高一个数量级。

28 在长光栅比较仪上用串联纵动法检定光栅装置

28.1 光栅传感器安装与 18 条相同。

28.2 光栅信号质量的检查与 19 条相同。

28.3 温度测量与 20 条相同。

光栅装置安装调整好后, 至少平衡温度 2 h, 待温度各项指标符合表 5 要求, 而且标准光栅尺和被检光栅尺的温差必须小于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 才能进行测量。若两者线膨胀系数之差大于 1×10^{-6} 时, 需分别用被测出的温度按公式 (2) 对测量值进行修正, 修正到正常状态 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度状态下。

28.4 测量方式: 测量两次。在各测量点上分别读取标准光栅装置和被检光栅装置的显示值, 被检光栅装置的值与标准光栅装置的值之差为偏差值。取两次测量结果的平均值作为检定结果。

28.5 测量间隔与 25 条相同。

29 在长光栅比较仪上用并联纵动法检定光栅装置的准确度, 要求两光栅传感器尽量靠近并平行于导轨, 以减少阿贝误差的影响, 或对其阿贝误差进行修正, 应达到要求的检定总不确定度。

这种检定方法的测量步骤及数据处理方法均与用串联纵动法检定一样。

六 检定结果处理和检定周期

30 光栅装置按本检定规程检定合格的, 出具检定证书; 不符合本规程要求的发给检定结果通知书, 并指出不合格项目。

31 光栅装置的检定周期为 2 年。

附录

各种温度的饱和蒸气压表

℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
8	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	8.3	8.4	8.4	8.5	8.6
9	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.9	9.0	9.0	9.1	9.1
10	9.2	9.3	9.3	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.7	9.8
11	9.8	9.9	10.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4
12	10.5	10.6	10.7	10.7	10.8	10.9	10.9	11.0	11.1	11.2
13	11.2	11.3	11.4	11.5	11.5	11.6	11.7	11.8	11.8	11.9
14	12.0	12.1	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7
15	12.8	12.9	13.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.5
16	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.4
17	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4
18	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4
19	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4
20	17.5	17.6	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5
21	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7
22	19.8	19.9	20.1	20.2	20.3	20.4	20.6	20.7	20.8	20.9
23	21.1	21.2	21.3	21.5	21.6	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2
24	22.4	22.5	22.6	22.8	22.9	23.1	23.2	23.3	23.5	23.6
25	23.8	23.9	24.0	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8	24.9	25.1
26	25.2	25.4	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1	26.3	26.4	26.6
27	26.7	26.9	27.1	27.2	27.4	27.5	27.7	27.9	28.0	28.2
28	28.3	28.5	28.7	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7	29.9
29	30.1	30.2	30.4	30.6	30.7	30.9	31.1	31.3	31.5	31.6
30	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5
注：使用时，用 133.3 Pa 乘以表中所查得数值。										