



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 170—1994

长度至 1 000 mm 1, 2 等标准 金属线纹尺

Metal Line Standard for Measuring

Length up to 1 000 mm (Grade I & II)

1994-07-12 发布

1995-01-01 实施

国家技术监督局 发布

长度至 1 000 mm 1, 2 等标准

金属线纹尺检定规程

Verification Regulation of Metal Line Standard

for Measuring Length up to 1 000 mm (Grade I & II)

JJG 170—1994
代替 JJG 170—1983

本检定规程经国家技术监督局于 1994 年 07 月 12 日批准，并自 1995 年 01 月 01 日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

蒋 坝 （中国计量科学研究院）

王黎菁 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

汪德宝 （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 检定要求和检定方法	(2)
四 检定结果处理和检定周期	(12)
附录 1 各种温度的饱和蒸汽压	(13)
附录 2 测量环境下脉冲当量值 Q_n 的计算实例	(14)
附录 3 光电比较仪主要检定项目的要求	(15)

长度至 1 000 mm 1, 2 等标准金属线纹尺检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的长度至 1 000 mm 1, 2 等标准金属线纹尺, 以及做国内外比对用基准尺的检定。

一 概 述

1, 2 等标准金属线纹尺(以下简称金属尺), 一般是用含 Ni58% 的镍钢制造, 其横截面为 H 型(见图 1)。金属尺的中性面上, 沿尺长方向刻有两条相互平行、彼此相距 0.2 或 0.3 mm 的刻线, 称纵轴线。这两条平行线中间沿尺长所想象的直线称为金属尺的“测量轴线”。同时刻有与纵轴线相垂直的间隔为 1 mm 的一排刻线。任意两条刻线之间沿测量轴线的距离, 定义为两刻线之间的长度。

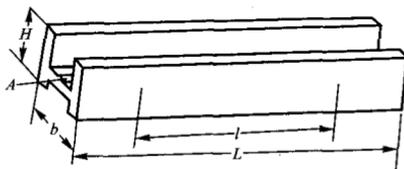


图 1

L —尺坯全长; H —尺高; b —尺宽; A —中性面; l —“白塞尔”支点标记之间距离

根据线纹尺检定系统中的规定:

$$1 \text{ 等金属尺} \quad U = (0.1 + 0.4L) \mu\text{m}$$

$$2 \text{ 等金属尺} \quad U = (0.2 + 0.8L) \mu\text{m}$$

式中: U ——检定结果的总不确定度(置信水平 0.99);

L ——被测长度, 单位 m。

1, 2 等金属尺用激光干涉比长仪检定, 2 等金属尺也可用比较仪检定。

1, 2 等金属尺主要用于检定较低精度的线纹尺或检定精密机床、精密计量仪器等, 其外形如图 1 所示。

二 检定项目和检定条件

1, 2 等金属尺的检定项目和检定条件如表 1 所示。

表 1 检定项目和检定条件

序号	检定项目	主要检定条件	检定类别		
			新制造	修理后	使用中
1	外观	放大镜	+	+	+
2	外形尺寸	游标卡尺、钢卷尺	+	-	-
3	温度线膨胀系数	带水箱的横动或纵动比较仪	+	-	-
4	表面粗糙度	粗糙度比较样板、轮廓仪或干涉显微镜	+	+	-
5	刻度面的平面度	0级平板、千分表	+	+	-
6	刻度面与基面平行度	0级平板、千分表	+	+	-
7	两侧表面与刻度面的垂直度	制造工艺中保证	-	-	-
8	刻线质量	80倍显微镜	+	+	+
9	刻线宽度及长度	读数值小于 $1\mu\text{m}$ 的测微显微镜及万能工具显微镜	+	+	-
10	纵轴线的直线度	激光干涉比较仪或光电比较仪	+	+	+
11	纵轴线与刻线的垂直度	万能工具显微镜	+	+	-
12	全长的年变化量	激光干涉比较仪或光电比较仪	+	+	+
13	长度的检定	激光干涉比较仪或光电比较仪	+	+	+

注：表中“+”表示应检定，“-”表示可不检定。

三 检定要求和检定方法

1 外观

1.1 金属尺的刻度面

1.1.1 要求

新制造的金属尺在其刻线区内不应有麻点、划痕等疵病；使用中的金属尺允许有不影响对线的划痕、锈点等。

1.1.2 检定方法

在白炽灯光照明下，用6倍放大镜观察。

1.2 金属尺的非刻度面

1.2.1 要求

在金属尺一个棱的上端面，应刻有全长的标称尺寸、材料代号、标准温度(20℃)、编号，在另一棱的上端面，应刻有制造厂名，如图1所示。

新制造的金属尺，其刻度面不应有碰伤、锈斑和划痕。

1.2.2 检定方法

目力观察。

1.3 金属尺的一个侧面应刻有“白塞尔”支点标记，其距离 l （见图 1）按公式（1）计算：

$$l = 0.559\ 38L \quad (1)$$

式中： L ——尺坯的长度。

1.4 金属尺零刻线和末端刻线分别距尺端为 15 mm，在零刻线前及末端刻线后 2 mm 处，分别刻有 11 条辅助刻线，它们之间的间隔为 0.1 mm。

2 外形尺寸

2.1 要求（见图 1）

L —— $(1\ 030 \pm 2)$ mm；

b —— (25 ± 0.5) mm；

H —— (25 ± 0.5) mm。

2.2 检定方法

用游标卡尺测量金属尺的宽度 b 与高度 H ；用钢卷尺测量尺坯的长度 L 。

3 金属尺的温度线膨胀系数

3.1 要求

新制造的 1、2 等金属尺应在 $(15 \sim 30)$ °C 的温度区间测量其温度线膨胀系数 α 与 β ，测量不确定度应符合下列要求：

1 等 $U_\alpha \leq 0.03 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ；

2 等 $U_\alpha \leq 0.05 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

3.2 检定方法

温度线膨胀系数是指金属尺，在不同温度下的长度差值与温度差值之比：

$$\alpha_{t_1, t_2} = \frac{l_{t_2} - l_{t_1}}{(t_2 - t_1)l} \quad (2)$$

式中： l ——金属尺长度的标称值。

用具有两个水箱 A 与 B 的横动比较仪，将被检尺放入箱内，A 水箱内放置一支已知其温度线膨胀系数的金属尺，其箱内温度一直保持 20 °C 左右。B 水箱内的水温可在 $(15 \sim 30)$ °C 范围内变化。然后在不同的温度下，测量被检尺与 A 水箱中金属尺的长度差（该尺的实际长度可按温度修正进行计算）。

为了获得准确的 α 、 β 值，用最小二乘法进行数据处理，得到 α 、 β 值及其测量的不确定度（ α 与 β 分别为一次和二次温度线膨胀系数）。

也可用同等不确定度的其他方法测量。

3.3 金属尺温度线膨胀系数的偏差值应在 $(11.5 \pm 0.3) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 内。

4 表面粗糙度

4.1 要求

刻度面的表面粗糙度不大于 $R_z 0.05 \mu\text{m}$ ；非刻度面应不大于 $R_z 1.6 \mu\text{m}$ 。

4.2 检定方法

非刻度面可用粗糙度样板以目测比较。刻度面用预制的样块在干涉显微镜或轮廓仪上测量。

5 刻度面的平面度、刻度面与基面的平行度、两侧表面对刻度面的垂直度

5.1 要求：见表 2。

表 2

等别 \ 项目	1	2	3
	刻度面的平面度 (μm)	刻度面与基面的 平行度 (μm)	两侧表面与刻度面 的垂直度 (μm)
1 等	≤ 10	≤ 20	≤ 25
2 等	≤ 16	≤ 25	≤ 25

5.2 检定方法

在制造工艺中保证。

6 刻线质量

6.1 要求

刻线边缘应清晰笔直，不得有毛刺，刻线不能有断线，并应相互平行。

6.2 检定方法

在不低于 80 倍的显微镜下观察。

7 刻线宽度及长度

7.1 要求

刻线宽度为 $(8 \pm 2) \mu\text{m}$ ，每条线宽的均匀性及各条刻线宽度的一致性不超过 $1 \mu\text{m}$ ，线长不小于 1mm 。

7.2 检定方法

7.2.1 线宽用分度值不大于 $1 \mu\text{m}$ 的测量显微镜，在尺体的首、中、尾 3 处抽检。

7.2.2 线长用万能工具显微镜测量。

8 纵轴线的直线度

8.1 要求

在全长范围内小于 $15 \mu\text{m}$ 。

8.2 检定方法

在激光干涉比长仪或光电比较仪上，将金属尺支承在“白塞尔”支点上，调整金属尺纵轴线的首、尾部分，使其与显微镜视场中的标记重合。移动工作台，并在显微镜中观察，从零端移至末端的过程中，其纵轴线相对于视场中的标记上下波动之和不得超过刻线自身宽度的2倍。

9 纵轴线与刻线的垂直度

9.1 要求：小于3'。

9.2 检定方法

用万能工具显微镜在金属尺的首、中、尾3处抽检。

10 全长的年变化量

10.1 要求

1等金属尺每1 m长度： $\leq 0.5 \mu\text{m}$ ；2等金属尺每1 m长度： $\leq 1 \mu\text{m}$ 。

10.2 检定方法

在激光干涉比长仪上或在光电比较仪上检定。

11 在激光干涉比长仪上检定1, 2等金属尺的长度

11.1 要求

激光干涉比长仪要经检定，并能满足检定1, 2等金属尺总不确定度的要求。金属尺必须在恒温室内放置24 h以上。

11.2 检定方法

11.2.1 将1, 2等金属尺按“白塞尔”支点支承在工作台支架上，使之与可动立体棱镜的棱尖等高。

11.2.2 在金属尺“白塞尔”支点附近分别装上测温传感器。

11.2.3 调整金属尺的支承架，并配合显微镜的升降，使金属尺两端刻线在显微镜视场内清晰可见。同时，调整金属尺的纵轴线，使之与工作台的运动方向平行。调好后尚需有另一检定员复查。

11.2.4 调整光电显微镜的两个狭缝，使之与金属尺刻线像的宽度相适应。

11.2.5 对双狭缝的光电显微镜需调整两狭缝的相对位置，使刻线产生的两个相等钟形脉冲信号的交点在幅值的7/10处。

11.2.6 用示波器检查刻线的输出信号，然后观察光电显微镜接收的每条刻线信号，要求在金属尺的全长范围内其信号幅度均应相等。

11.2.7 金属尺调整后，温度稳定至少要2h以上，直至符合表3中的有关要求后方可开始测量。

11.3 激光干涉信号应符合激光干涉比长仪检定规程的要求。

11.4 用二踪示波器检查激光干涉条纹的李沙育图形。其正、余弦信号相位差应为90°。

11.5 调整激光稳频器，将激光频率稳定在规定的频率上。

12 金属尺的温度测量

12.1 要求

温度测量的总不确定度应 $\leq 0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；其他要求见表3。

表 3

要求 等级	金属尺对 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的允许偏差 ($^{\circ}\text{C}$)	金属尺上二热电偶 的温度差 ($^{\circ}\text{C}$)	一次测量中金属尺 的温度波动 ($^{\circ}\text{C}$)	一次测量中保温罩 内空气温度波动 ($^{\circ}\text{C}$)
1等	± 0.5	≤ 0.04	≤ 0.02	≤ 0.03
2等	± 0.8	≤ 0.08	≤ 0.04	≤ 0.06

12.2 测量方法

12.2.1 记录金属尺上二个测温传感器的温度值，并算出其平均值 t_s 。

12.2.2 计算温度对长度的修正值：

$$\Delta l_t = \alpha(20 - t_s)L \quad (3)$$

式中： α ——金属尺的温度线膨胀系数；

L ——被测长度。

13 空气折射率的测量

13.1 要求

不确定度 $U_n \leq 1 \times 10^{-7}$ 。

13.2 测量方法

13.2.1 应用爱特伦 (Edlen) 经验公式

借助于测温装置、气压计及湿度计分别测量检定环境下的空气温度 t ，气压 p 与湿度 f ，求出与正常状态 ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $p = 101\ 325\ \text{Pa}$ ， $f = 1\ 333\ \text{Pa}$) 时折射率的差值及对测量长度的修正量：

$$\Delta L_n = [92.9(t - 20) - 0.268(p - 101\ 325) + 0.042(f - 1\ 333)] \times 10^{-8}L \quad (4)$$

式中： L ——被测长度。

上述公式 (4) 是根据爱特伦 (Edlen) 原始公式微分所得，若某地区的全年平均气压与上述正常状态下的气压相距甚远，则应重新计算其各项的常数值。

注：公式 (4) 中使用的是法定计量单位，其与非法定计量单位的转换关系为： $1\ \text{mmHg} = 133.3\ \text{Pa}$ 。

(1) 空气温度的测量

在工作台移动范围的二端分别各安置一个测温传感器，并算出其平均值 t 。

(2) 气压的测量

根据不同类型的气压计，按其说明书读出气压值，对水银气压计尚需修正到规定状态 (温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，纬度为 45° 的海平面) 的气压值。

在一次测量过程中, 气压的波动要求为

1 等金属尺: $\leq 26.66 \text{ Pa}$;

2 等金属尺: $\leq 53.32 \text{ Pa}$ 。

注: 气压计需经有关部门检定, 其不确定度 $U \leq 26.66 \text{ Pa}$ 。

(3) 湿度的测量

一般采用通风式湿度计。使用时, 在湿度计上加湿, 通风 3 min 左右后, 读出湿湿度计值 t' , 同时读出干温度计值 t_1 。按下式计算绝对湿度:

$$f = e' - \frac{133.3}{2}(t_1 - t') \quad (5)$$

式中: e' ——在湿湿度计读数值为 t' 时, 从附录 1 中查得的饱和蒸汽压。

注: 湿度计需经有关部门检定, 其不确定度 $U \leq 133.3 \text{ Pa}$ 。

13.2.2 用各种折射率干涉仪直接测量

依照各种折射率干涉仪操作规程进行测量。

14 一次测量过程中折射率的允许变化

14.1 要求

1 等金属尺: $\leq 9 \times 10^{-8}$;

2 等金属尺: $\leq 17 \times 10^{-8}$ 。

14.2 测量方法

一次测量完毕后, 重新复核折射率。

15 检定环境下脉冲当量值 Q_n 的计算

15.1 按公式 (3) 与 (4) 算出脉冲当量的改变量 ΔQ

$$\Delta Q = \frac{(\Delta l_t + \Delta l_n)}{L} Q_0 \quad (6)$$

式中: Q_0 ——正常状态下的脉冲当量, 其值按下式计算:

$$Q_0 = \frac{\lambda_v}{2Nn}$$

式中: N ——电子细分数;

n ——正常状态下的空气折射率;

λ_v ——激光的真空波长。

15.2 计算 Q_n

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_0 + \Delta Q \\ &= Q_0 + \frac{\Delta l_t + \Delta l_n}{L} Q_0 \end{aligned} \quad (7)$$

15.3 Q_n 的计算实例见附录 2。

16 数据处理装置要有校验功能, 检定前应做校核, 无误后方可开始检定。

17 检定方式

1, 2 等金属尺均采用两种检定方式, 即零刻线在左端为一种方式, 零刻线在另一端为另一种方式。每一种方式各检两次, 每一次检定均需分别测出金属尺的温度与空气折射率后, 方可再次检定。最后取两种方式的 4 次测得值的平均值作为检定结果。

18 一种方式的两次测得值的允许差值 (1 m 全长)

1 等金属尺: $\leq 0.4 \mu\text{m}$;

2 等金属尺: $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

19 检定结果的总不确定度小于 1 等的金属尺, 除严格控制温度外, 根据要求应增加测量次数。

20 金属尺的测量重复性

20.1 要求

单次测量的总不确定度 (置信水平为 0.99) 为

1 等金属尺 $U \leq 0.18 \mu\text{m} (k=3)$;

2 等金属尺 $U \leq 0.40 \mu\text{m} (k=3)$ 。

20.2 测量方法

取任意一端的 10 个间隔, 重复测量 14 次, 记录格式如表 4 所示。

表 4

测得值 间隔	次 数										L_p	[vv]
	1	2	3	·	·	·	13	14				
0—1	$L_{1.1}$	$L_{1.2}$	·	·	·		$L_{1.13}$	$L_{1.14}$			L_{p_1}	[vv] ₁
2—3	$L_{2.1}$	$L_{2.2}$	·	·	·		$L_{2.13}$	$L_{2.14}$			L_{p_2}	[vv] ₂
·	·	·					·	·			·	·
·	·	·					·	·			·	·
·	·	·					·	·			·	·
16—17	$L_{9.1}$	$L_{9.2}$	·	·	·		$L_{9.13}$	$L_{9.14}$			L_{p_9}	[vv] ₉
18—19	$L_{10.1}$	$L_{10.2}$	·	·	·		$L_{10.13}$	$L_{10.14}$			$L_{p_{10}}$	[vv] ₁₀

注: $L_{p_1}, L_{p_2}, \dots, L_{p_{10}}$ ——第 1 间隔至第 10 间隔各自测量 14 次的平均值;
 [vv]₁, [vv]₂, ..., [vv]₁₀——第 1 间隔至第 10 间隔各自残差的平方和。

按下列公式计算其结果的总不确定度 (置信水平为 0.99):

$$U = 3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \{vv\}_i}{k(n-1)}} \quad (8)$$

式中： k ——测量间隔数，取 10 个间隔；

n ——每间隔测量次数，取 14 次。

21 在光电比较仪上检定 2 等金属尺

21.1 要求

光电比较仪经检定（以 1 等金属尺作为标准）能满足检定 2 等金属尺总不确定度的要求。

光电比较仪主要项目的检定要求见附录 3。

21.2 检定方法

标准尺与被检尺用串联比较的方法进行检定。其检定方式如图 2 所示。采用几个检定方式按表 5 中的规定选用。

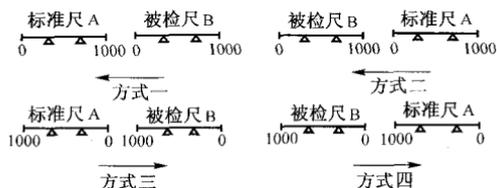


图 2

表 5

比较仪存在的系统误差 Δ (μm)	$\Delta \leq 0.2 \mu\text{m}$	$0.2 \mu\text{m} \leq \Delta \leq 0.4 \mu\text{m}$
应采用的检定方式（见图 2）	方式一和方式三或 方式二和方式四	方式一、二、三、四

21.2.1 检定条件：按表 6 所示。

21.2.2 安装与调整

(1) 标准尺与被检尺按选定的方式，分别支承在“白塞尔”支点上。安装应符合阿贝原则。

(2) 在两金属尺的“白塞尔”支点附近各自贴附一个测温传感器。

(3) 分别调整两金属尺的方位与焦距，使零刻线位于显微镜视场中央。

21.3 安装调整后，温度平衡至少 2 h 以上，待温度的各项指标符合表 6 中的要求后，方可开始测量。

21.4 光电显微镜等所用的电器需预热 0.5 h 以上。

表 6

序号	检 定 条 件	要 求
1	金属尺上两热电偶的允许温差	$\leq 0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$
2	两支金属尺温度允许差值	$\leq 0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$
3	一次测回中两尺的温差变化	$\leq 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$
4	尺温对 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 允许偏差	$\pm 0.6 \text{ } ^\circ\text{C}$
5	标准尺的等别	1 等
6	检定人员数	2 名
7	同一检定员一遍测量的回零差	$\leq (0.24 + 0.19 L_k)$
8	不同检定员测得值的允许差	$\leq (0.35 + 0.26 L_k)$

注： L_k —第 k 个间隔的长度，单位 m。

21.5 温度测量与第 12 条相同。

22 一个测回的间隔数

22.1 一个测回的间隔数，依检定人员的熟练程度及温度的稳定情况而定。

22.2 检定时，标准尺与被检尺均由零刻线开始，按递增顺序检定。例如 1 支 1 000 mm 金属尺，要求每 10 mm 间隔检定。每个测回检 10 个间隔，其测量程序如下：

由 $0 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow \dots \rightarrow 90 \rightarrow 100 \text{ mm}$ } 第 1 测回
 $0 \leftarrow \text{-----} \leftarrow 100 \text{ mm}$

$0 \rightarrow 110 \rightarrow 120 \rightarrow \dots \rightarrow 190 \rightarrow 200 \text{ mm}$ } 第 2 测回
 $0 \leftarrow \text{-----} \leftarrow 200 \text{ mm}$

...

依此类推至

由 $0 \rightarrow 910 \rightarrow 920 \rightarrow \dots \rightarrow 990 \rightarrow 1\ 000 \text{ mm}$ } 第 10 测回
 $0 \leftarrow \text{-----} \leftarrow 1\ 000 \text{ mm}$

23 每种方式均应由两名检定员分别检定一遍。

24 同一检定员在一个测回的回零差，以及不同检定员对一个测回的测得值的允许差值

应符合表 6 要求，超过者需复测。

25 检定程序

25.1 测量标准尺的温度 t_m 及被检尺的温度 t_r 。

25.2 算出不同被测长度的修正量

$$\Delta l_k = [\alpha_m(t_m - 20) - \alpha_r(t_r - 20)] \cdot L_k \quad (9)$$

式中： α_m 、 α_r ——标准尺与被检尺的温度线膨胀系数；

L_k ——第 k 间隔的标称长度。

25.3 瞄准标准尺的零刻线，然后在被检尺的零刻线位置上读得数值为 R_0 。

25.4 移动工作台至下一个被测间隔，按 22.2 款中的顺序，依次读得 R_k (k 为 1, 2, 3, … 至该测回的最后间隔)，然后移动工作台返回到零刻线，并读得数为 R'_0 、 R_0 与 R'_0 之差为零差。

25.5 如温度稳定可再测 2 支金属尺的温度，并进行下一个测回的检定，直至该金属尺的最后一个测回。

25.6 按被检尺的读数值计算出各间隔对应于标准同名间隔的长度差： ΔL_1 , ΔL_2 , …, ΔL_k 。

若将工作台向金属尺末端方向微移时，被检尺刻线在显微镜中的读数增大者，则按公式 (10) 计算，反之则按公式 (11) 计算：

$$\Delta L_k = (R_k - R_0) \quad (10)$$

$$\Delta L_k = (R_0 - R_k) \quad (11)$$

25.7 计算 20℃ 时被测尺各间隔对标准尺同名间隔的差值。

$$\Delta L'_k = \Delta L_k + \Delta L_k \quad (12)$$

25.8 上述程序需另一名检定员复测，并取两人检定结果的平均值。

25.9 按选定的方式重新安装，调整标准尺与被检尺。再按上述第 22.2 款的顺序，同样分别由两名检定员检定。并取两名检定员测得结果的平均值。

26 计算最后结果

26.1 取选定方式 (2 种或 4 种方式) 的平均值。

26.2 在标准尺的检定证书上查得各相应间隔的偏差值。

26.3 将标准尺各间隔的偏差值逐个与被测尺对应间隔的平均值，以代数和相加即为最后结果。

27 全部测量记录由一名检定员计算后，应由另一名检定员校核，并在记录上签名。

28 填写检定证书后应由另一检定员进行校核，然后各自在检定证书上签名。

29 对各省、市、自治区计量机构的 1, 2 等金属尺，每次检定后，在全长内取 10 个间隔记入历史记录卡，以观察该金属尺的年变化量。

其他单位送检的金属尺，应由送检单位自做历史记录卡。

四 检定结果处理和检定周期

30 符合本规程要求的发给相应等级的检定证书。

31 用激光干涉比长仪按 1 等要求检定新制的金属尺，暂定为 2 等。待周期检定时，其长度的年变化量如符合第 10 条要求时，方可定为 1 等。

32 检定周期一般定为 1 年，也可根据该金属尺的长度稳定情况而定。如连续 2 年全长的年变化量小于第 10 条要求者，可将检定周期延长至 2 年。

附录 1

各种温度的饱和蒸汽压

℃	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	23.0	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：表中各种温度的饱和蒸汽压值单位为 mmHg，使用时应乘以 133.3 Pa。

附录 2

测量环境下脉冲当量值 Q_n 的计算实例

设：正常状态下的脉冲当量：

$$Q_0 = 0.079\ 102\ 472\ 5\ \mu\text{m}$$

(1) 测出金属尺的温度 $t_s = 20.145\ ^\circ\text{C}$

$$\Delta l_t = 11.5 \times 10^{-6} (20 - 20.145) \times 10^6 = -1.67\ \mu\text{m}$$

(2) 空气温度 $t = 20.085\ ^\circ\text{C}$

(3) 气压值 $p = 99\ 858.7\ \text{Pa}$

(4) 干温度值 $t_1 = 19.9\ ^\circ\text{C}$ ；湿温度值 $t' = 13.4\ ^\circ\text{C}$

(5) 从附录 1 中，根据 t' 查得 $e' = 11.5 \times 133.3\ \text{Pa}$

(6) 湿度

$$\begin{aligned} f &= e' - \frac{133.3}{2}(t_1 - t') \\ &= 133.3 \times 11.5 - 66.6(19.9 - 13.4) \\ &= 1\ 100.05\ \text{Pa} \end{aligned}$$

(7) 按正文中公式 (4) 计算得：

$$\begin{aligned} \Delta l_n &= [92.9(20.085 - 20) - 0.268(99\ 858.7 - 101\ 325) \\ &\quad + 0.042(1\ 100.05 - 1\ 333) \times 10^{-8} \times 10^6] \\ &= 3.91\ \mu\text{m} \end{aligned}$$

(8) 按正文中公式 (6) 算得：

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{\Delta l_t + \Delta l_n}{L} \cdot Q_0 \\ &= (-1.67 + 3.91) \times 0.079\ 102\ 472\ 5 \times 10^{-6} \\ &= 0.177\ 2 \times 10^{-6}\ \mu\text{m} \end{aligned}$$

(9) 按正文中公式 (7) 算得测量环境下的脉冲当量：

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_0 + \Delta Q \\ &= 0.079\ 102\ 472\ 5\ \mu\text{m} + 0.000\ 000\ 177\ 2\ \mu\text{m} \\ &= 0.079\ 102\ 649\ 7\ \mu\text{m} \end{aligned}$$

附录 3

光电比较仪主要检定项目的要求

序号	主要 检 定 项 目	要 求
1	工作台运动的直线度	垂直、水平方向在 1 m 行程内小于 5", 扭曲小于 3"
2	光电显微镜光轴与工作台运动方向垂直度	小于 10'
3	光电显微镜读数范围	大于 $\pm 5 \mu\text{m}$
4	光电显微镜分度值	小于 $0.1 \mu\text{m}$
5	光电显微镜分度准确度	优于 $\pm 0.1 \mu\text{m}$
6	光电显微镜稳定度	在一个测回时间内小于 $0.05 \mu\text{m}$
7	两台光电显微镜读数、对线重复性之和	优于 $\pm 0.2 \mu\text{m}$