

钢直尺全自动检定仪校准规范

1 范围

本规范适用于分辨力为 $1\ \mu\text{m}$ ，量程不大于 1000mm 的钢直尺全自动检定仪的校准。

2 引用文件

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF1097-2003 平尺

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用本规范。

3 概述

钢直尺全自动检定仪（以下简称检定仪）是用计算机进行控制，采用机器视觉技术，以计量光栅为标准元件，检测钢直尺的全自动测量仪器。检定仪结构型式见图1。

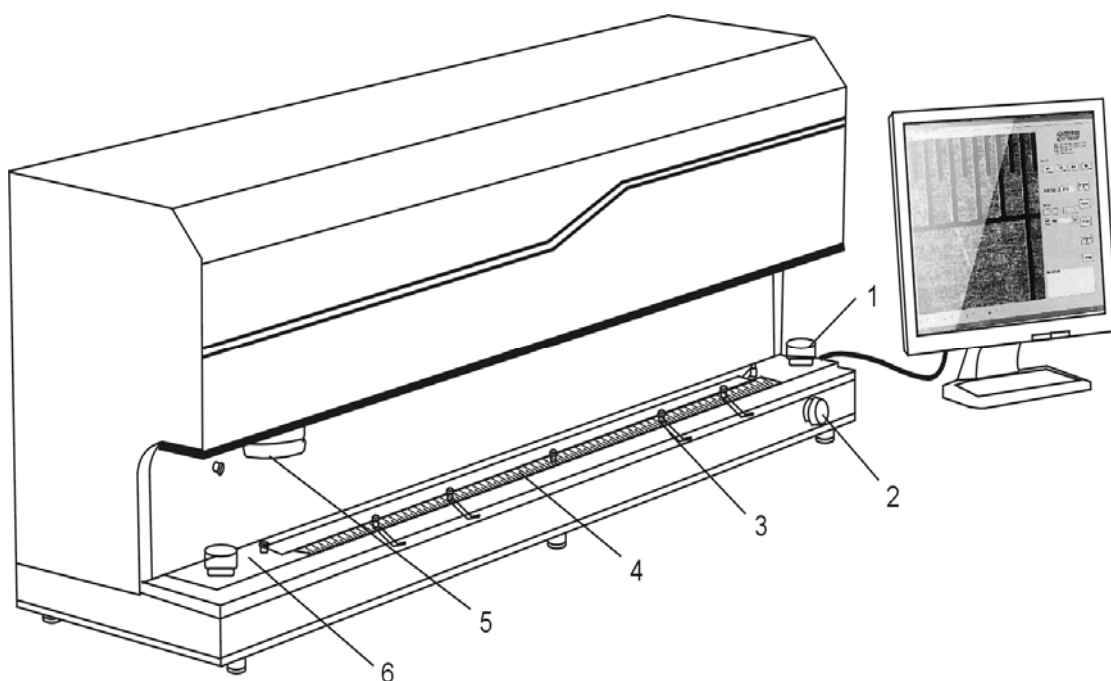


图1 钢直尺全自动检定仪示意图

1-平台锁紧螺母；2-可调螺杆；3-压紧弹片；4-被测钢直尺；5-摄像瞄准装置；6-平台

4 计量特性

4.1 检定仪平台的表面粗糙度

平台的表面粗糙度不大于 $Ra0.40 \mu m$ 。

4.2 检定仪平台直线度

检定仪平台的直线度不大于 $14.0 \mu m$ 。

4.3 重复性

检定仪重复性不大于 $0.01mm$ 。

4.4 示值误差

检定仪示值误差要求见表 1。

表 1 示值误差

测量范围/mm	最大允许误差/mm
≤ 600	± 0.03
$> 600 \sim 1000$	± 0.05

注：以上指标不用于合格性判断，仅供参考

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准检定仪时，实验室的温度为 $(20 \pm 3) ^\circ C$ ，温度变化不大于 $1^\circ C/h$ 。

5.1.2 实验室内的相对湿度不大于 70%RH。

5.1.3 校准前，将被校准的检定仪及标准玻璃尺等校准设备置于实验室检验台上，其平衡温度时间不小于 8h。

5.2 校准项目和校准设备

检定仪的校准项目和校准设备见表 2。

表2 校准项目和校准设备

序号	校准项目	主要校准设备
1	检定仪平台表面粗糙度	表面粗糙度比较样块 MPE: $(+12 \sim -17) \%$
2	检定仪平台直线度	分辨力 $0.01mm/m$ 的电子水平仪或 分度值 $2''$ 的自准直仪
3	重复性	标准玻璃尺 $U_{95}=(1.4+1.4L) \mu m$
4	示值误差	标准玻璃尺 $U_{95}=(1.4+1.4L) \mu m$

6 校准方法

先检查外观，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

6.1 检定仪平台的表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块以比较法进行测量。

6.2 检定仪平台的直线度

按 JJF1097-2003 平尺校准规范中相应方法进行校准。

6.3 重复性

首先将标准玻璃尺安装在检定仪平台上，然后将钢直尺全自动检定仪的摄像瞄准装置通过计算机控制移动检定仪始点与标准玻璃尺对零，并清零。在电脑软件中设定操作要求，计算机在校准人员点击“开始校准”后，拖动电机和摄像头运动从始点开始到终点检定仪 10 次，观察电脑显示器上显示误差值，记录检定仪 10 次显示误差值，以贝塞尔公式计算校准结果，然后反方向按以上方法校准。二次校准结果均符合 4.3 规定的要求。

6.4 示值误差

6.4.1 检定仪用标准玻璃尺进行校准。

检定仪的测量范围和校准点见表 3。

表 3 检定仪的测量范围和校准点

测量范围 / mm	校准点 / mm
0~1000	10
	100
	300
	500
	750
	1000

6.4.2 检定仪示值误差校准方法

校准前，首先将标准玻璃尺安装在检定仪上的平台上，在正方向校准示值误差时，将钢直尺全自动检定仪的摄像瞄准装置通过计算机控制移到检定仪始点与标准玻璃尺对零，并清零。在电脑软件中设定校准位置，然后计算机在校准人员点击“开始校准”后，会根据计量校准规范要求的校准位置，拖动电机和摄像瞄准装置运动到相应位置。然后反方向校准示值误差时，将钢直尺全自动检定仪

的摄像瞄准装置通过计算机控制移到检定仪末点与标准玻璃尺对零，并清零。计算机在校准人员点击“开始校准”后，会根据计量校准规范要求的校准位置，拖动电机和摄像瞄准装置运动到相应位置。正行程按测量段由小至大的顺序进行校准，反行程按测量段由大至小的顺序进行校准，给出各个校准点的示值误差。

也可用不确定度不大于检定仪示值最大允许误差 1/3 的其他方法校准。

7 校准结果表达

经校准的检定仪发给校准证书，内容见附录 B。

8 复校时间间隔

检定仪校准时间间隔，由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定的，可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

钢直尺全自动检定仪示值误差测量结果的不确定度评定

A.1 概述

A.1.1 测量依据：依据 JJF (浙) 1129-2016 《钢直尺全自动检定仪校准规范》。

A.1.2 环境条件：温度 $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 。

A.1.3 测量对象：钢直尺全自动检定仪，测量范围为 $(0 \sim 1000) \text{mm}$ 。

A.1.4 测量标准：标准玻璃尺

A.1.5 测量方法：在规定的环境条件下，用标准玻璃尺对钢直尺全自动检定仪的示值误差进行校准，得到各校准点的示值误差，取校准点中最大值为该点的示值误差。

A.2 测量模型

$$e = L_c - L_b + L_c \cdot \alpha_c \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \quad (\text{A.1})$$

式中： e ——钢直尺全自动检定仪的示值误差，mm；

L_c ——钢直尺全自动检定仪的示值 (20°C 条件下)，mm；

L_b ——标准玻璃尺的刻线间间隔检定值 (20°C 条件下)，mm；

α_c, α_b ——钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的线胀系数， $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

$\Delta t_c, \Delta t_b$ ——钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的偏离参考温度 20°C 的值， $^\circ\text{C}$ 。

A.3 方差和灵敏度系

由于 Δt_c 和 Δt_b 基本是采用同一只温度计测量而具有相关性，其数学处理过程比较复杂，为了简化数学处理过程，需要通过如下方法将相关转化为不相关。

$$\text{令 } \delta\alpha = \alpha_c - \alpha_b, \quad \delta t = \Delta t_c - \Delta t_b$$

由公式 (1) 就得到如下示值误差的计算公式：

$$\begin{aligned} e &= L_c - L_b + L_c \cdot \alpha_c \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b & (\text{A.2}) \\ &= L_c - L_b + L_c \cdot (\delta\alpha + \alpha_b) \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \\ &= L_c - L_b + L_c \cdot \delta\alpha \cdot \Delta t_c + L_c \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \end{aligned}$$

$$\text{取 } L \approx L_c \approx L_b, \quad \alpha \approx \alpha_c \approx \alpha_b, \quad \Delta t \approx \Delta t_c \approx \Delta t_b$$

$$\text{得 } e = L_c - L_b + L \cdot \delta\alpha \cdot \Delta t + L \cdot \alpha \cdot \delta t \quad (\text{A.3})$$

由公式 (3) 可以看出，各变量之间彼此不相关

$$\begin{aligned} \text{灵敏系数: } c_1 &= \frac{\partial e}{\partial L_c} = 1, & c_2 &= \frac{\partial e}{\partial L_b} = -1 \\ c_3 &= \frac{\partial e}{\partial \delta\alpha} = L \cdot \Delta t, & c_4 &= \frac{\partial e}{\partial \delta t} = L \cdot \alpha \end{aligned}$$

由于各分量彼此独立，按不确定度传播律公式，其输出量估计值 e 的方差为

$$\begin{aligned} u_c^2 = u^2(e) &= c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot u_2^2 + c_3^2 \cdot u_3^2 + c_4^2 \cdot u_4^2 & (\text{A.4}) \\ &= u_1^2 + (-u_2)^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^2 \end{aligned}$$

A.4 不确定度来源分析

- 1 测量重复性引入的不确定度 u_1 ;
- 2 标准玻璃尺刻线间间隔检定值引入的不确定度 u_2 ;
- 3 钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺的线胀系数差引入的不确定度 u_3 ;
- 4 钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的温度差引入不确定度 u_4 。

A.5 标准不确定度一览表

表 A.1 不确定度概算汇总表

L=150mm

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (μm)	c_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	测量重复性	4.0	1	4.0
u_2	标准玻璃尺引入的不确定度	0.17	-1	0.93
u_3	钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺的线膨胀系数差引入的不确定度	$0.2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t = 0.45 \times 10^6 \text{C} \cdot \mu\text{m}$	0.09
u_4	钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的温度差引入不确定度	0.173C	$L \cdot \alpha = 1.726 \mu\text{m}/\text{C}$	0.30
$u_c = 4.1 \mu\text{m}$				

表 A.2 不确定度概算汇总表

L=500mm

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (μm)	c_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	测量重复性	4.0	1	4.0
u_2	标准玻璃尺引入的不确定度	0.37	-1	1.21
u_3	钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺的线膨胀系数差引入的不确定度	$0.2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t = 1.5 \times 10^6 \text{C} \cdot \mu\text{m}$	0.3
u_4	钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的温度差引入不确定度	0.173C	$L \cdot \alpha = 5.75 \mu\text{m}/\text{C}$	1.0
$u_c = 4.5 \mu\text{m}$				

表 A.3 不确定度概算汇总表

L=1000mm

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (μm)	c_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	测量重复性	4.0	1	4.0
u_2	标准玻璃尺引入的不确定度	0.66	-1	1.62
u_3	钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺的线膨胀系数差引入的不确定度	$0.2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t = 3 \times 10^6 \text{C} \cdot \mu\text{m}$	0.6
u_4	钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺的温度差引入不确定度	0.173C	$L \cdot \alpha = 11.5 \mu\text{m}/\text{C}$	2.0
$u_c = 5.3 \mu\text{m}$				

A.6 标准不确定度计算

A.6.1 钢直尺全自动检定仪测量重复性引入的不确定度分量 u_1

以 500mm 示值为例, 钢直尺全自动检定仪用标准玻璃尺进行测量, 重复测量 10 次, 由贝塞尔公式得实验标准差

$$u_1 = s = 4.0 \mu\text{m}$$

钢直尺全自动检定仪分辨力为 $1 \mu\text{m}$, 等概率分布在区间半宽 $0.5 \mu\text{m}$ 内, 则由数显分辨力引入的不确定度为: $\frac{0.5}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.29 \mu\text{m}$

由此可见, 钢直尺全自动检定仪分辨力引入的不确定度分量小于钢直尺全自动检定仪测量重复性引入的不确定度分量, 因此钢直尺全自动检定仪测量重复性引入的不确定度分量作为 u_1 。

A.6.2 标准玻璃尺刻线间间隔检定值引入的不确定度分量 u_2

标准玻璃尺刻线间间隔检定值的不确定度: $U_{95} = (1.4 + 1.4L) \mu\text{m}$
(L —测量长度, 单位 m)

$L=150\text{mm}$ 时, 标准玻璃尺刻线间间隔检定值的不确定度:

$$U_{95} = (1.4 + 1.4L) \mu\text{m} = 1.61 \mu\text{m} \quad k=2, \text{ 则}$$

$$u_2 = 1.61 \mu\text{m} / 2 = 0.81 \mu\text{m}$$

$L=500\text{mm}$ 时, 标准玻璃尺刻线间间隔检定值的不确定度:

$$U_{95} = (1.4 + 1.4L) \mu\text{m} = 2.1 \mu\text{m} \quad k=2, \text{ 则}$$

$$u_2 = 2.1 \mu\text{m} / 2 = 1.1 \mu\text{m}$$

$L=1000\text{mm}$ 时, 标准玻璃尺刻线间间隔检定值的不确定度:

$$U_{95} = (1.4 + 1.4L) \mu\text{m} = 2.8 \mu\text{m} \quad k=2, \text{ 则}$$

$$u_2 = 2.8 \mu\text{m} / 2 = 1.4 \mu\text{m}$$

A.6.3 钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺间线胀系数差引入的不确定度 u_3

钢直尺全自动检定仪与标准玻璃尺间线胀系数差均为: $\alpha = (10 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; 线胀系数差 $\delta \alpha$ 的界限为 $2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 服从三角分布, $k = \sqrt{6}$, 则:

$$u_3 = 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} / \sqrt{6} = 0.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

A.6.4 钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺间的温度差引入的不确定度 u_4

钢直尺全自动检定仪和标准玻璃尺间的温度差存在, 并以等概率落于估计区间为 $(-0.3 \sim +0.3) \text{ } ^\circ\text{C}$ 范围内, $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = 0.3 \text{ } ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.173 \text{ } ^\circ\text{C}$$

所以钢直尺全自动检定仪不同尺寸的不确定度分量见 (表 A.1~表 A.3)。

A.7 合成标准不确定度 u_c

校准钢直尺全自动检定仪时, 规范要求温度允许偏差 $\Delta t = \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$, 线胀系数 $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

$L=150\text{mm} = 0.15 \times 10^6 \mu\text{m}$ 时:

$$\begin{aligned}
u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\
&= (4.0)^2 + (0.81)^2 + (0.15 \times 10^6 \mu\text{m} \times 3^\circ\text{C} \\
&\quad \times 0.8 \times 10^{-6} \text{C}^{-1})^2 + (0.15 \times 10^6 \mu\text{m} \\
&\quad \times 11.5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1} \times 0.173^\circ\text{C})^2 \\
&= 17.08 \mu\text{m} \\
u_c &= 4.1 \mu\text{m}
\end{aligned}$$

$L=500\text{mm}=0.5 \times 10^6 \mu\text{m}$ 时:

$$\begin{aligned}
u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\
&= (4.0)^2 + (1.1)^2 + (0.5 \times 10^6 \mu\text{m} \times 3^\circ\text{C} \\
&\quad \times 0.8 \times 10^{-6} \text{C}^{-1})^2 + (0.5 \times 10^6 \mu\text{m} \\
&\quad \times 11.5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1} \times 0.173^\circ\text{C})^2 \\
&= 19.89 \mu\text{m} \\
u_c &= 4.5 \mu\text{m}
\end{aligned}$$

$L=1000\text{mm}=1.0 \times 10^6 \mu\text{m}$ 时:

$$\begin{aligned}
u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\
&= (4.0)^2 + (1.4)^2 + (1.0 \times 10^6 \mu\text{m} \times 3^\circ\text{C} \\
&\quad \times 0.8 \times 10^{-6} \text{C}^{-1})^2 + (1.0 \times 10^6 \mu\text{m} \\
&\quad \times 11.5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1} \times 0.173^\circ\text{C})^2 \\
&= 28.34 \mu\text{m} \\
u_c &= 5.3 \mu\text{m}
\end{aligned}$$

A.8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$

钢直尺全自动检定仪:

$$L=150\text{mm} \text{ 时: } U=k \times u_c = 2 \times 4.1 \mu\text{m} = 8.2 \mu\text{m} \approx 8 \mu\text{m}$$

$$L=500\text{mm} \text{ 时: } U=k \times u_c = 2 \times 4.5 \mu\text{m} = 9 \mu\text{m}$$

$$L=1000\text{mm} \text{ 时: } U=k \times u_c = 2 \times 5.3 \mu\text{m} = 10.6 \mu\text{m} \approx 11 \mu\text{m}$$

附录 B

校准证书或校准报告内容

- a) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果不在实验室内进行校准);
- d) 证书或报告的唯一性标识 (如编号), 每页及总页的标识;
- e) 送校单位的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性的应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对抽样程序进行说明;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。