

北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

指示表检定仪影像识别系统 数字化校准规范

Calibration Specification for the Image Recognition System of Tester for Dial
Indicator Gauges Based on Digital Testing Device

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

指示表检定仪影像识别系统

数字化校准规范

JJF(京) xx-xxxx

Calibration Specification for the Image Recognition
System of Tester for Dial Indicator Gauges Based on
Digital Testing Device

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

北京交通大学

本规范委托 XXX 负责解释

目 录

引 言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 影像识别系统数字化 Digitalization of the Image Recognition System	1
3.2 影像识别的准确度 Image Recognition Accuracy	1
3.3 像素尺寸均匀性 Pixel Size Uniformity	1
4 概述	1
5 计量性能	2
5.1 影像识别示值误差	2
5.2 影像识别重复性	2
5.3 装夹角度偏差的影响	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 校准用标准器及相应设备	3
7 校准项目和校准方法	3
7.1 指针式和数字式指示表影像识别示值误差	3
7.2 影像识别重复性	4
7.3 装夹角度偏差的影响	4
7.4 指针式指示表指针宽度及刻线宽度的影响	4
7.5 指针式指示表外观缺陷的影响	4
7.6 表盘中心与指针定位中心重合度的影响	4
8 校准结果表达	5
9 复校时间间隔	5
附录 A	6
附录 B	11
附录 C	15
附录 D	17

引言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、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》和 JJF 1059.2-2012《用蒙特卡洛法评定测量不确定度》的规定而制定，参考了 JJG 201 - 2018《指示类量具检定仪》、JJG 34-2022《指示表》、JB/T11235-2012《指示表检定仪》的相关内容。

本规范为首次发布。

指示表检定仪影像识别系统数字化校准规范

1 范围

本规范适用于全自动指示表检定仪影像识别系统准确度校准。

2 引用文件

JJG 201-2018 《指示类量具检定仪》

JJG 34-2022 《指示表》

JB/T11235-2012 《指示表检定仪》

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

3 术语和定义

3.1 影像识别系统数字化 Digitalization of the Image Recognition System

将通过 CCD 采集的视觉信息转换成精确、定量、可分析的数据

3.2 影像识别的准确度 Image Recognition Accuracy

识别出标准表盘刻线或数字的偏差。

3.3 像素尺寸均匀性 Pixel Size Uniformity

同一显示装置中各像素实际物理尺寸的一致程度。（用像素尺寸相对偏差表示）。

4 概述

本规范是基于显示装置利用数字化图像技术，实现指示表的刻线表盘和数字表盘的复现。通过采样和量化，转换成由像素点阵和数值表示的数字影像。通过程序控制，自动识别并且检测指示表检定仪识别系统的准确度。利用影像识别标准装置可以实现指示表检定仪对标准表盘影像识别能力的自动化检测。

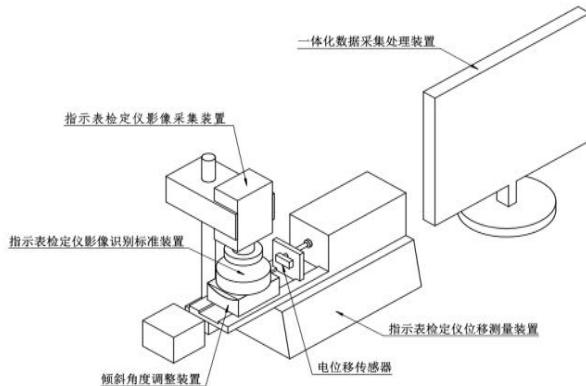


图 1 影像识别系统

5 计量性能

5.1 影像识别示值误差

在工作模式或校准模式下，能使用影像识别标准装置自动完成影像识别的示值误差；

5.2 影像识别重复性

在工作模式或校准模式下，能使用影像识别标准装置自动完成影像识别的重复性，全量程范围内均匀选取大于等于 5 个位置，使用影像识别标准装置自动完成测量；

5.3 装夹角度偏差的影响

在工作模式或校准模式下，装夹角度偏差一般在 $\pm 2^\circ$ 范围内，调整装夹角度，分别自动完成测量。

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(15~25) $^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度：≤85%。

6.1.3 其他：实验室内应无影响测量的灰尘、振动、气流和腐蚀性气体。

6.2 校准用标准器及相应设备

表 1 校准项目及校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器及计量特性
1	指针式和数字式指示表影像识别示值误差	指示表检定仪影像识别标准装置 像素尺寸均匀性优于 1% (即最大像素相对尺寸偏差≤1%)
2	影像识别重复性	指示表检定仪影像识别标准装置 指示表检定仪影像识别标准装置 像素尺寸均匀性优于 1% (即最大像素相对尺寸偏差≤1%)
3	装夹角度偏差的影响	角度标准台: MPE:0.1° ; 指示表检定仪影像识别标准装置 指示表检定仪影像识别标准装置 像素尺寸均匀性优于 1% (即最大像素相对尺寸偏差≤1%)
4	指针式指示表指针宽度及刻线宽度的影响	指示表检定仪影像识别标准装置功能模块
5	指针式指示表外观缺陷的影响 (刻线缺失的影像)	指示表检定仪影像识别标准装置功能模块
6	表盘中心与指针定位中心重合度的影响	指示表检定仪影像识别标准装置功能模块

7 校准项目和校准方法

校准前对仪器的外观、各部分相互作用及影像识别系统进行检查，调整工作距离，使其标准表盘处于影像中心充满影像框。其显示屏视场内亮度均匀，无影响观察的阴影、斑点、反射光斑等因素。

7.1 指针式和数字式指示表影像识别示值误差

将指示表识别标准装置装夹平稳，调整焦距和影像成像清晰，在工作模式或校准模式下任意 1mm 范围内每间隔 10 个分度或分辨力识别一次，正反行程自动采样，全量程范围内测量不少于 5 个位置。按照公式（1）计算影像识别每条刻线示值误差。

依据公式（1）计算。

$$\Delta\alpha = a_i - a \quad (1)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——刻线或数字识别示值误差；

a_i ——刻线或数字读数值；

a ——对应测量点的标准刻线值或数字读数值。

7.2 影像识别重复性

在工作模式或校准模式下，不改变任何校准条件，重复测量 5 次，正行程中的示值误差中最大值与最小值之差为校准结果，使用极差法确定重复性。

$$s = (a_{\max} - a_{\min}) / 2.33 \quad (2)$$

式中： s ——重复性

a_{\max} ——最大示值

a_{\min} ——最小示值

7.3 装夹角度偏差的影响

将指示表影像识别检测装置安装在角度平台上，沿着测量轴线偏转 $\pm 2^\circ$ 进行测量，任意 1mm 范围内每间隔 10 个分度或分辨力识别一次，正反行程自动采样，全量程范围内测量不少于 5 次，取其最大值为测量结果。

7.4 指针式指示表指针宽度及刻线宽度的影响

选取影像识别检测装置的异型宽度指针头及变形刻线宽度模块进行测量，被检设备影像识别系统是否能采集，并且正常工作。

7.5 指针式指示表外观缺陷的影响

选取影像识别检测装置的刻线缺失或指针尖头处弯曲模块，被检设备影像识别系统是否能判断，并且正常工作。

7.6 表盘中心与指针定位中心重合度的影响

选取表盘中心与指针定位中心偏离模块，被检设备影像识别系统是否能判断，并且正常工作。

8 校准结果表达

经校准的影像识别系统出具校准证书。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。

9 复校时间间隔

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决定，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时，应重新校准。

附录 A

指示表检定仪影像识别测量示值误差测量结果的不确定度评定(校准模式)

A.1 测量方法

指示表检定仪影像识别测量示值误差使用指示表检定仪影像识别标准装置进行校准。校准时, 将指示表检定仪影像识别标准装置安置于工作台上, 测量指示表检定仪的测量值与指示表检定仪影像识别标准装置给出的实际值的差值作为测量结果。下面以校准指示表检定仪(千分表盘) 0 mm 处测量示值误差为例, 进行测量不确定度的评定。不确定度影响因素 1, 重复性、2, 像素均匀性、3, 温度、4, 光照度、5, 角度影响

A.2 测量模型

$$e = L - L_b \quad (A.1)$$

式中: e ——指示表检定仪影像识别测量示值误差, μm

L ——指示表检定仪的测量值, μm ;

L_b ——指示表检定仪影像识别标准装置的真实值, μm ;

A.3 方差和灵敏系数

因为各输入量彼此独立。依不确定度传播率, 由式 (A.1) 得方差:

$$u^2(e) = u_1^2(e) + u_2^2(e) = c_1^2 u^2(L) + c_2^2 u^2(L_e) \quad (A.2)$$

式中灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial e}{\partial L} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial e}{\partial L_a} = -1$$

故: $u^2(e) = u^2(L) + u^2(L_e)$

A.4 标准不确定度计算

A.4.1.1 指示表检定仪影像识别标准装置像素均匀性引入的不确定度 $u_1(L_b)$

指示表检定仪影像标砖装置显示模块的像素均匀性影像指针位置的一个因素。理想状态下像素完全一致, 测指针位置将按程序设计的位置进行显示。因此其均匀性的不确定度

是指针位置不确定性的一个来源。由液晶面板的制造工艺可知，横向与纵向均匀性是一致的主要来自光刻工艺得精度。因此对纵向像素尺寸均匀性不确定度进行评价。纵向像素尺寸a的测量结果为：0.1096mm, 0.1093mm, 0.1092mm, 0.1091mm, 0.1094mm, 0.1096mm, 0.1093mm, 0.1099mm, 0.1097mm, 0.1095mm。

像素素纵向尺寸为

$$\bar{a} = \frac{\sum a_i}{n} = 0.1095mm$$

像素纵向尺寸偏差 Δa 计算公式如下所示：

$$\Delta a = a_i - \bar{a}$$

0.0001mm, -0.0002mm, -0.0003mm, -0.0004mm, -0.0001mm, 0.0001mm, -0.0002mm, 0.0004mm, 0.0002mm, 0.0000mm。

由于 a_i 与 \bar{a} 是正相关两个测量量，因此 a_i 与 $-\bar{a}$ 是负相关的两个测量量。像素尺寸偏差引入不确定度由下式表示。

$$u(\Delta a) = |u(a_i) - u(\bar{a})|$$

a_i 的不确定度分量包括1，仪器重复性引入的不确定度；2，测量设备引入的不确定度。由贝塞尔公式可知 a 重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(a_i) = s(a_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (a_k - \bar{a})^2}{n-1}} = 0.246 \mu m$$

像素尺寸采用影像测量仪由证书可知其尺寸测量误差的不确定度为 $U=(0.4+L/500) \mu m$ 。本次测量的尺寸为0.1095mm因此可知测量仪器引入的不确定度分量为 $u_2(a_i) = 0.2 \mu m$ 。

a_i 引入的不确定分量为

$$u(a_i) = \sqrt{u_1^2(a_i) + u_2^2(a_i)} = \sqrt{0.246^2 + 0.2^2} = 0.317 \mu m$$

同理， \bar{a} 的不确定度分量包括1，仪器重复性引入的不确定度；2，测量设备引入的不确定度。

10次测量均值 \bar{a} 的不确定度分量为

$$u_1(\bar{a}) = \frac{s(a_i)}{\sqrt{10}} = 0.0775 \mu m$$

仪器引入的不确定度分量为 $u_2(\bar{a}) = 0.2 \mu m$

a_i 引入的不确定分量为

$$u(\bar{a}) = \sqrt{u_1^2(\bar{a}) + u_2^2(\bar{a})} = \sqrt{0.0775^2 + 0.2^2} = 0.241 \mu m$$

由此可知像素尺寸变动量引入的不确定分量为

$$u(\Delta a) = |u(a_i) - u(\bar{a})| = |0.317 - 0.214| = 0.103 \mu m$$

变动量取10测量的平均则由像素均匀性引入的不确定度分量为

$$u_1(L_b) = u_1(\bar{\Delta a}) = \frac{u(\Delta a)}{\sqrt{10}} = 0.0103 \mu m$$

A.4.1.2 温度偏差引入的不确定度分量 $u_2(L_b)$

指示表检定仪环境工作温度在 $20^{\circ}C \pm 0.5^{\circ}C$ 的范围内, 温度满足矩形分布, k 取开 $\sqrt{3}$ 。液晶显示单元被封装在硼硅酸盐玻璃其线膨胀系数为 $\alpha = 3.25 \times 10^{-6}/^{\circ}C$, 显示屏尺寸b为90mm。

$$u(\Delta T) = \frac{0.5^{\circ}C}{\sqrt{3}} = 0.289^{\circ}C$$

温度偏差标准不确定度为

温度偏差导致液晶面板的标准不确定度为：
 $u_2(L_a) = \alpha B u(\Delta T) = 3.25 \times 10^{-6} \times 90mm \times 0.289^{\circ}C = 8.45 \times 10^{-5} mm = 0.0845 \mu m$

A.4.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(L)$

对指示表影像识别标准装置百分表0mm处进行10次重复测量, 测得结果为: $0.1 \mu m$, $0.2 \mu m$, $0.0 \mu m$, $0.1 \mu m$, $-0.1 \mu m$, $0.1 \mu m$ 。采用贝塞尔公式计算标准偏差:

$$s(L) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0748 \mu m$$

测量结果以10次平均值给出, 则重复性测量引入的不确定度分量为:

$$u_1(L) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.0748}{\sqrt{10}} = 0.0237 \mu m$$

A.4.2.2 光照度引入的不确定度分量 $u_2(L)$

根据光照的与误差关系为:

$$e_{illum}(x) = -1.72 \times 10^{-6} x^2 + 3.29 \times 10^{-3} x + 1.76 \quad (A.3)$$

根据 JJF1989-2022《光谱照度计校准规范》中照度示值误差相对不确定度为 1.3% (k=2) , 测试所用光照度为 1000lx 因此光照度的不确定度分量 x 为 13 lx, k=2 则光照度标准不确定度分量为

$$u(x) = \frac{13}{2} = 6.5 \text{ lx}$$

依不确定度传播率, 由式 (A.3) 得方差:

$$u_2^2(L) = u_1^2(x) = c_1^2 u^2(x) \quad (\text{A.4})$$

式中灵敏系数:

$$c_1 = \frac{de_{illum}(x)}{dx} = -1.72 \times 10^{-6} x_{(x=1000)} + 3.29 \times 10^{-3} = 1.57 \times 10^{-3} \mu \text{ m/lx}$$

则:

$$\begin{aligned} u_2^2(L) &= u_1^2(x) = c_1^2 u^2(x) = (1.57 \times 10^{-3})^2 \times 6.5^2 = 1.0414 \times 10^{-4} \mu \text{ m}^2 \\ u_2(L) &= 0.0102 \mu \text{ m} \end{aligned}$$

A.4.2.3 指示表标准装置安装角度引入的不确定度分量 $u_3(L)$

根据指示表标准装置安装角度的与误差关系(工作角度为 $\pm 2^\circ$)为:

$$e_{angle}(x) = -0.0081x^4 - 2 \times 10^{-13}x^3 + 0.1823x^2 - 2 \times 10^{-11}x + 1.8 \quad (\text{A.5})$$

指示表检定仪影像识别标准装置安装在光学倾角仪 (分辨率 1°) 指示表水平安装引入的不确定度分量 x 为 1° 满足均匀分布, k 取 $\sqrt{3}$ 则光照度标准不确定度分量为

$$u(x) = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.577^\circ$$

依不确定度传播率, 由式 (A.4) 得方差:

$$u_3^2(L) = u_1^2(x) = c_1^2 u^2(x) \quad (\text{A.3})$$

式中灵敏系数:

$$c_1 = \frac{de_{angle}(x)}{dx} = -0.0324 \times 10^{-3} x_{x=0} - 6 \times 10^{-13} x_{x=0} + 0.3646 x_{x=0} - 2 \times 10^{-11} = -2 \times 10^{-11} \mu m/^\circ$$

则：

$$u_3^2(L) = u_1^2(x) = c_1^2 u^2(x) = (2 \times 10^{-11})^2 \times 0.115^2 = 1.33 \times 10^{-22} \mu m^2$$

$$u_3(L) = 1.15 \times 10^{-11} \mu m$$

易知角度引入的不确定度分量远小于测量分辨力，因此可忽略其影响，故其引入的不确定度分量 $u_3(L) \approx 0$ 。

A.5 标准不确定度分量

标准不确定度一览表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度一览表

不确定度分量	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
$u(L_b)$	$u_1(L_b)$	指标表检定仪影像识别标准装置像素均匀性引入的不确定度	0.0103	-1
	$u_2(L_b)$	温度偏差引入的不确定度分量	0.0845	
$u(L)$	$u_1(L)$	测量重复性引入的不确定度分量	0.0237	1
	$u_2(L)$	光照度引入的不确定度分量	0.0102	
	$u_3(L)$	指示表标准装置安装角度引入的不确定度分量	1.15×10^{-11}	

A.6 合成标准不确定度

$$u(L_a) = \sqrt{u_1^2(L_a) + u_2^2(L_a)} = \sqrt{0.0103^2 + 0.0845^2} = 0.085 \mu m$$

$$u(L) = \sqrt{u_1(L) + u_2(L) + u_3(L)} = \sqrt{0.0208^2 + 0.0454^2 + (1.15 \times 10^{-11})^2} = 0.026 \mu m$$

$$u_c(e) = \sqrt{c_1 u^2(L) + c_2 u^2(L_a)} = \sqrt{u^2(L) + u^2(L_a)} = \sqrt{0.115^2 + 0.050^2} = 0.089 \mu m$$

A.7 扩展不确定度

取 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = k u_c(e) = 2 \times 0.089 = 0.178 \mu m$$

附录 B

专用指示表检定仪影像标准装置

B. 1 专用指示表检定仪影像标准装置示意图及技术要求

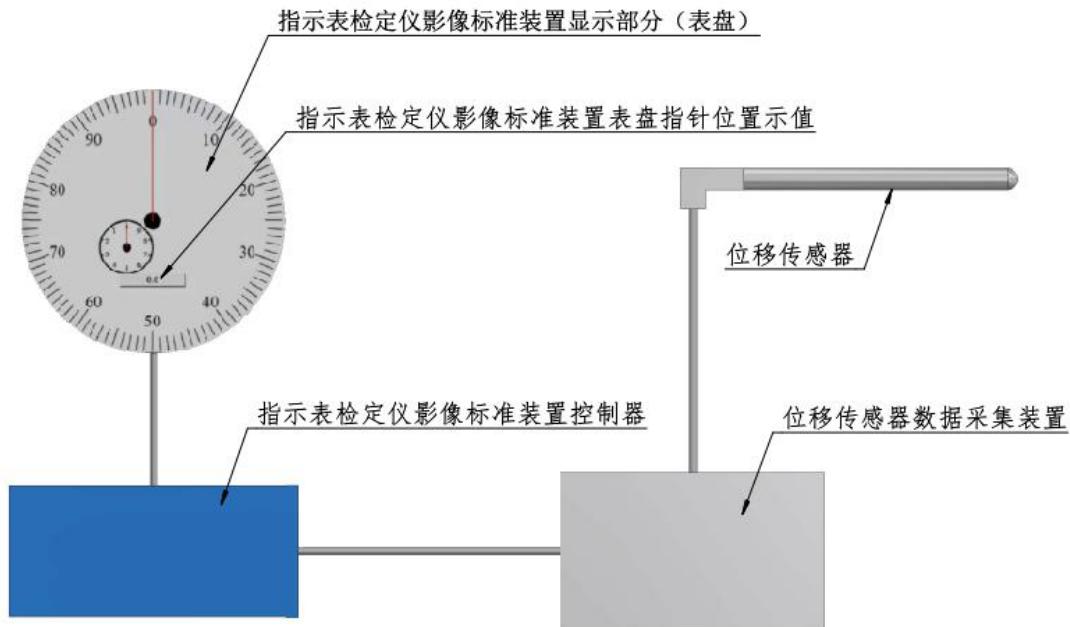


图 B. 1 指示表检定仪影像标准装置图

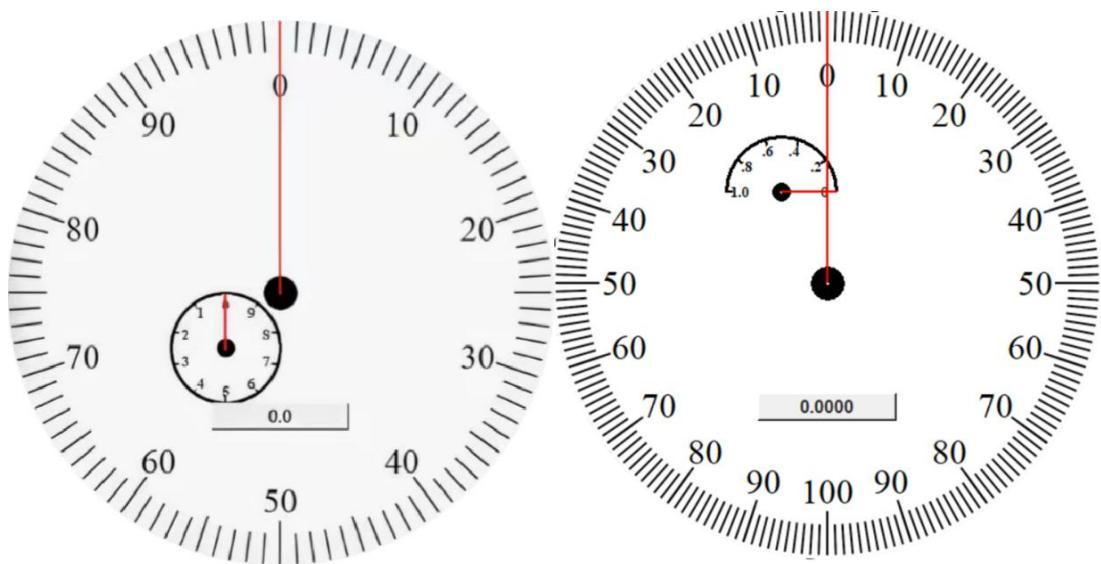
专用指示表检定仪影像标准装置技术要求见表 B. 1

表 B. 1 专用指示表检定仪影像标准装置技术要求

名称	要求

指示表检定仪影像标准装置显示部分	像素尺寸均匀性优于 1% (即最大像素相对尺寸偏差≤1%)
指示表检定仪影像标准装置控制器	处理器工作频率: 不低于 1.5GHz
位移传感器数据采集装置	数据输出率: 不低于 9600bps
位移传感器	测量范围: 符合 JJG34-2022 的相关规定

B. 2 专用指示表检定仪影像标准装置标准表盘示意图及技术要求

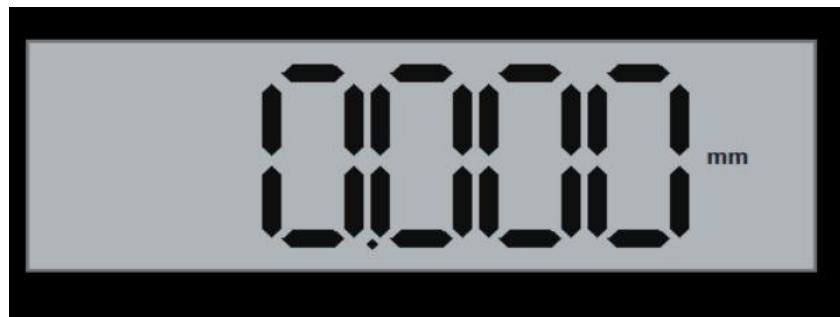


a, 指针百分表

b, 指针千分表



c, 数字百分表



d, 数字千分表

图 B. 2 专用指示表检定仪影像标准装置标准表盘示意图 (a, 指针式百分表;
b, 指针式千分表; c, 数字百分表; d, 数字千分表)

专用指示表检定仪影像标准装置标准表盘技术要求见表 B. 2

表 B. 2 专用指示表检定仪影像标准装置标准表盘技术要求

名称	要求	
	刻线宽度 mm	
指针式指示表盘	分度值	要求
	0.01、0.1	0.15-0.25
	0.001	0.10-0.20
	0.002	
数字式指示表盘	符合 JJG34-2022 的相关规定	

B. 3 指示表检定仪影像识别标准装置像素尺寸均匀性校准方法

B. 3. 1 像素尺寸偏差

选用合适的影像测量系统（如影像测量仪或工具显微镜），将指示表检定仪影像识别标准装置的实现模块放置于该测量系统上。任意选择样本点若干，对其像素尺寸进行测量（其尺寸测量可根据像素点形状进行选择如横向或纵向尺寸）。对样本点进行尺寸测量时务必保证测量方式和测量过程的不变。对样本点取平均值作为像素点的名义值。被测像素点尺寸偏差为被测像素点与像素点名义值的差值。其计算公式如式（B-1）所示。

$$\Delta a = a_i - \bar{a} \quad (B-1)$$

式中

Δa 被测像素点的尺寸偏差

a_i 被测像素点尺寸

\bar{a} 取样像素的平均值即像素点名义值

B. 3. 2 像素尺寸相对偏差

像素尺寸相对偏差为像素尺寸偏差绝对值与像素名义值之比。其计算公式如式（B-2）所示。

$$\epsilon = \frac{\Delta a}{\bar{a}} (\%) \quad (B-2)$$

式中

Δa 被测像素点的尺寸偏差

\bar{a} 取样像素的平均值即像素点名义值

附录 C

校准记录格式（推荐）

记录编号:	委托单位:		
仪器名称:	型号:		
制造厂:	出厂编号:		
环境温度:	相对湿度:	校准日期:	
校准依据:			
校准使用的标准器:			
名称	测量 范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	设备编号 检定/校准 证书编号

1、指针式影像识别示值误差

	正行程 (μm)	反行程 (μm)	U, k
1			
2			
3			
...			

2、数字式影像识别示值误差

	正行程 (μm)	反行程 (μm)	U, k
1			
2			
3			
...			

3、影像识别重复性

	正行程(μm)	反行程(μm)				
1						
2						
3						
4						
5						

4、装夹角度偏差的影响

	正行程	反行程				
0°						
2°						

5、指针宽度及刻线宽度的影响

6、指针式指示表外观缺陷的影响（刻线缺失的影像）

7、表盘中心与指针定位中心重合度的影响

8、校准结果可给出校准曲线或校准因子

附录 D

校准证书内页格式（推荐）

校准项目	校准结果		
测量值 (×)			
指针宽度及刻线宽度的影响			
指针式指示表外观缺陷的影响（刻线缺失的影像）			
表盘中心与指针定位中心重合度的影响			
指针式影像识别准确性			
数字式影像识别准确性			
影像识别重复性			

最终结果可给出校准结果或校准因子