



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1254—2010

数显测高仪校准规范

Calibration Specification for Height Measuring Instrument
with Digital Display

2010—05—11 发布

2010—11—11 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

数显测高仪校准规范

Calibration Specification for
Height Measuring Instrument
with Digital Display

JJF 1254—2010
代替 JJG 929—1998

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 5 月 11 日批准，并自 2010 年 11 月 11 日起施行。

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：中国科学院光电技术研究所

参加起草单位：中国测试技术研究院

本规范由全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

匡 龙（中国科学院光电技术研究所）

耿丽红（中国科学院光电技术研究所）

曹学东（中国科学院光电技术研究所）

参加起草人：

冉 庆（中国测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 测量力	(2)
4.2 垂直度	(2)
4.3 示值变动性	(2)
4.4 示值误差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准器及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 测量力	(3)
6.2 垂直度	(3)
6.3 示值变动性	(4)
6.4 示值误差	(4)
7 校准结果表达	(4)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 数显测高仪示值误差测量结果不确定度评定	(5)
附录 B 校准证书内容	(8)

数显测高仪校准规范

1 范围

本规范适用于分辨力为 $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.5\ \mu\text{m}$ 和 $1\ \mu\text{m}$ ，量程 $0\ \text{mm}$ 至 $1\ 000\ \text{mm}$ 的数显测高仪的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

JJF 1130—2005 几何量测量设备校准中的不确定度评定指南

GB/T 22094—2008 电子数显测高仪

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

数显测高仪是基于精密机械、现代传感技术和电子技术的立式单坐标数字化几何量测量仪器，用来测量平行平面之间距离、孔和轴直径、中心距以及相关形位误差等。其外形结构见图 1。

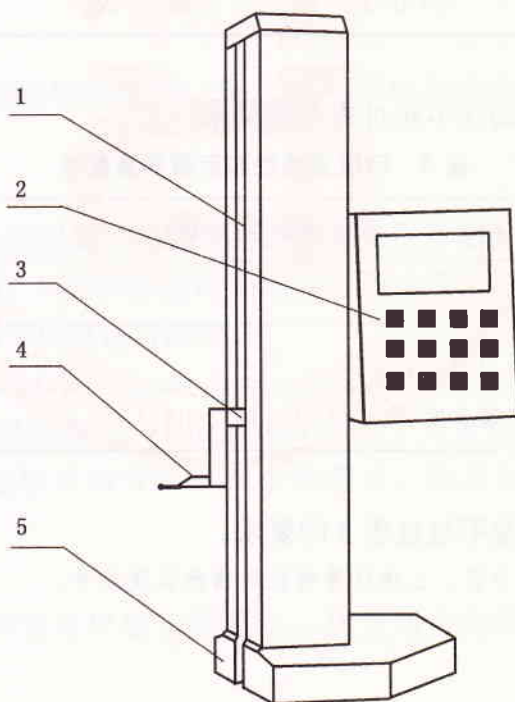


图 1 数显测高仪外形结构示意图

1—立柱；2—控制与显示器；3—测量滑座；4—测头；5—底座

4 计量特性

4.1 测量力

数显测高仪的测量力范围和测量力变化不超过表 1 的要求。

表 1 测量力范围和测量力变化要求

分辨力 (μm)	测量力范围 (N)	测量力变化 (N)
0.1/0.2/0.5	0.5~1.8	0.2
1	0.5~2.1	0.5

4.2 垂直度

数显测高仪的正面垂直度和侧面垂直度不超过表 2 的要求。

表 2 垂直度要求

分辨力 (μm)	量程 (mm)	正面垂直度 (μm)	侧面垂直度 (μm)
0.1/0.2/0.5	≤ 400	6	12
	≤ 600	8	16
	$\leq 1\ 000$	10	20
1	≤ 400	10	20
	≤ 600	15	30
	$\leq 1\ 000$	25	50

4.3 示值变动性

数显测高仪的示值变动性不超过表 3 的要求。

表 3 示值变动性和示值误差要求

分辨力 (μm)	示值变动性 (μm)	示值最大允许误差
0.1/0.2/0.5	1.0	$\pm (2\ \mu\text{m} + 10^{-5}L/3)$
1	2	$\pm (5\ \mu\text{m} + 10^{-5}L/3)$

注：L 为数显测高仪的测量长度。

4.4 示值误差

数显测高仪的示值误差不超过表 3 的要求。

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性的指标仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

校准室的温度、温度变化及被校数显测高仪和测量标准器在校准室内的等温时间见表 4。测量时不应有影响校准结果的振动。

表4 校准条件

量程 (mm)	温度 (°C)	温度变化 (°C/h)	被校数显测高仪与测量标准器在校准室内的等温时间 (h)
≤500	20±1	≤0.5	≥24
>500	20±0.5	≤0.3	≥24

在校准之前,应对被校数显测高仪开机预热,预热时间不少于15 min。

5.2 测量标准器及其他设备

测量标准器及其他设备见表5。

表5 测量标准器及其他设备

序号	校准项目	主要校准设备
1	测量力	电子测力计,分辨力0.01 N
2	垂直度	岩石平板,平面度≤5 μm 三角形直角尺,00级 测微表,示值误差≤1 μm
3	示值变动性	岩石平板,平面度≤5 μm 量块
4	示值误差	岩石平板,平面度≤5 μm 3等、4等量块

6 校准项目和校准方法

首先检查外观和各部分相互作用,确定没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。

6.1 测量力

用电子测力计测量数显测高仪的测量力,每个位置重复测量5次,取5次测得值的平均值为该位置的测量力,5次测得值的最大值与最小值之差为该位置的测量力变化。应在量程范围内上、下两个位置进行测量。

6.2 垂直度

量程≥500 mm的数显测高仪,每100 mm取一个测量点;量程<500 mm的数显测高仪,在整个量程内选取平均分布的5个测量点。测量时应将测头锁紧在测量滑座上。

6.2.1 正面垂直度

将被校数显测高仪和直角尺置于平板上,使直角尺的测量面正对数显测高仪的正面。

对不带专用垂直度测头的数显测高仪,将测微表装在测量滑座上,使其测头与直角尺测量面接触,移动测量滑座,每个测量点读取一次测微表的示值,根据直角尺相应点的垂直度误差数据对示值进行修正后,取最大值与最小值之差为正面垂直度。

对带有专用垂直度测头的数显测高仪，按其使用说明直接测量直角尺的测量面，每个测量点记录一次垂直度测头的示值，根据直角尺相应点的垂直度误差数据对示值进行修正后，取最大值与最小值之差为正面垂直度。

6.2.2 侧面垂直度

将被校数显测高仪和直角尺置于平板上，使直角尺的测量面正对数显测高仪的侧面。

对不带专用垂直度测头的数显测高仪，将测微表装在测量滑座上，使其测头与直角尺测量面接触，移动测量滑座，每个测量点读取一次测微表的示值，取最大值与最小值之差为侧面垂直度。

对带有专用垂直度测头的数显测高仪，按其使用说明，直接测量直角尺的测量面，每个测量点记录一次垂直度测头的示值，取最大值与最小值之差为侧面垂直度。

也可采用满足测量不确定度要求的其他方法对数显测高仪的垂直度进行校准。

6.3 示值变动性

在测量状态下（数显测高仪底座和量块都不移动），用数显测高仪对量块重复测量10次，取最大值与最小值之差为该点的测得值；应在仪器测量范围的上、中、下位置分别进行测量，取3个位置测得值的最大值作为示值变动性。

6.4 示值误差

将被校数显测高仪和量块置于平板上，并使用出厂附带的标准测头。

用数显测高仪测头接触平板并清零，再依次放入0.992，0.996，1，1.004，1.008，50，100， $100 \times N$ （ $N=2, 3, \dots$ ）等量块，测量量块上表面中心点高度，每个量块测量3次，取平均值为测得值，测得值减去量块的实际尺寸为该点的示值误差。测量过程中，数显测高仪底座不得移动。

也可采用满足测量不确定度要求的其他方法对数显测高仪的示值误差进行校准。

7 校准结果表达

校准后的数显测高仪，应填发校准证书。校准证书的内容见附录B。

8 复校时间间隔

数显测高仪的复校时间间隔，根据实际使用情况由送校单位自主决定，建议为1年。

附录 A

数显测高仪示值误差测量结果不确定度评定

A.1 任务和目标不确定度

A.1.1 测量任务

测量任务是对分辨力为 $0.1 \mu\text{m}$ 、量程为 $1\,000 \text{ mm}$ 的数显测高仪的示值误差进行校准。

A.1.2 目标不确定度

被校数显测高仪的示值最大允许误差为 $\pm(2 \mu\text{m} + 10^{-5}L/3) = \pm 5.3 \mu\text{m}$ ，则目标不确定度为：

$$U_T = \frac{1}{3} \times 5.3 \mu\text{m} = 1.77 \mu\text{m} \approx 1.8 \mu\text{m}$$

A.2 测量原理和方法

A.2.1 测量原理

机械接触方式，与 3 等量块实际尺寸进行比较。

A.2.2 测量方法

直接测量，数显测高仪的测得值减去 3 等量块实际尺寸为该点的示值误差。

A.3 不确定度来源列表和讨论

测量不确定度分量概述和评注见表 A.1。

表 A.1 测量不确定度分量概述和评注

符号 低分辨力	符号 高分辨力	不确定度分量名称	评 注
u_{S1}		量块中心长度测量不确定度	由量块检定证书可得量块中心长度的测量不确定度和 $p=0.99$ 时的包含因子 k_{99}
u_{S2}		触点位置偏离量块中心	由于量块的长度变动量，当测量位置不在量块中心时引入的分量服从矩形分布
u_{S3}		量块竖立放置的变形	因自重而使量块中心长度变短，U 形分布
u_R	u_{R1}	数显测高仪的重复性	取两者中较大的为 u_R
	u_{R2}	数显测高仪的数字分辨力	
u_{T1}		量块与数显测高仪温度差	量块与数显测高仪温度差服从矩形分布，在同一检定点测量 3 次的过程中时间很短，假定温度没有发生变化
u_{T2}		量块与数显测高仪线膨胀系数差	服从 U 形分布

A.4 测量不确定度分量的说明及计算评定

以 1 000 mm 量块测量数显测高仪的示值误差为例进行评定。

A.4.1 量块中心长度测量不确定度引入的不确定度分量 u_{S1}

由量块检定证书得到, 3 等量块的测量不确定度为:

$$U_{S1} = 1.10 \mu\text{m}$$

包含因子为 $k_{99}=2.8$, 则引入的不确定度分量为:

$$u_{S1} = \frac{U_{S1}}{k_{99}} = \frac{1.10 \mu\text{m}}{2.8} = 0.39 \mu\text{m}$$

A.4.2 触点位置偏离量块中心引入的不确定度分量 u_{S2}

量块工作面有效宽度为 7.4 mm, 3 等 1 000 mm 量块的长度变动量最大为 0.60 μm , 测量时, 有经验的操作人员可使触点落在距量块中心点为 1 mm 的圆内, 服从矩形分布, 故:

$$u_{S2} = \frac{0.60 \mu\text{m} \times 1 \text{ mm}}{7.4 \text{ mm}/2} \times 0.6 = 0.10 \mu\text{m}$$

A.4.3 量块竖立放置的变形引入的不确定度分量 u_{S3}

大尺寸量块应水平放置使用, 当竖立放置使用时, 由于自重, 中心长度会变短, 假定服从 U 形分布。经有限元分析软件计算, 对 1 000 mm 量块尺寸变化量为 0.19 μm , 故:

$$u_{S3} = 0.19 \mu\text{m} \times 0.7 = 0.13 \mu\text{m}$$

A.4.4 由被校数显测高仪重复性/数字分辨力引入的不确定度分量 u_R a) 数显测高仪的重复性引入的不确定度分量 u_{R1}

在进行重复性实验时, 10 次测量值见表 A.2, 可由贝塞尔公式算得标准偏差为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10 - 1}} = 0.16 \mu\text{m}$$

表 A.2 重复性实验数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	0.000 0	0.000 3	0.000 1	-0.000 2	0.000 0	-0.000 1	-0.000 2	0.000 1	0.000 2	0.000 1

校准示值误差时, 要进行 3 次测量取平均值作为测量结果, 故:

$$u_{R1} = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.16 \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.09 \mu\text{m}$$

b) 数显测高仪的数字分辨力引入的不确定度分量 u_{R2}

被检数显测高仪的数字分辨力为 0.1 μm , 故:

$$u_{R2} = \frac{0.1 \mu\text{m}}{2 \times \sqrt{3}} = 0.03 \mu\text{m}$$

因此, 取 $u_R = u_{R1} = 0.09 \mu\text{m}$ 。

A.4.5 量块与数显测高仪温度差引入的不确定度分量 u_{T1}

在 24 h 等温后, 量块与数显测高仪温度差不超过 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 服从矩形分布, 线膨胀系数为 $11.5 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 对于 $1\ 000\text{ mm}$ 的量块, 故

$$u_{T1} = 11.5 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \times 1\ 000\text{ mm} \times 0.1\text{ }^{\circ}\text{C} \times 0.6 = 0.000\ 69\text{ mm} = 0.69\ \mu\text{m}$$

A.4.6 量块与数显测高仪线膨胀系数差引入的不确定度分量 u_{T2}

量块与数显测高仪的线膨胀系数标称值相同, 假定实际相差 $1 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 服从 U 形分布, 当在规范规定的极限条件 $(20 \pm 0.5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 对 $1\ 000\text{ mm}$ 的量块有:

$$u_{T2} = 1 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \times 1\ 000\text{ mm} \times 0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \times 0.7 = 0.000\ 35\text{ mm} = 0.35\ \mu\text{m}$$

A.5 合成标准不确定度 u_c 和扩展不确定度 U

当各不确定度分量之间不存在相关性时, 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_{S1}^2 + u_{S2}^2 + u_{S3}^2 + u_R^2 + u_{T1}^2 + u_{T2}^2}$$

代入 A.4 中的数值后, 可得:

$$u_c = \sqrt{0.39^2 + 0.10^2 + 0.13^2 + 0.09^2 + 0.69^2 + 0.35^2}\ \mu\text{m} = 0.89\ \mu\text{m}$$

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U = u_c \times k = 0.89\ \mu\text{m} \times 2 \approx 1.8\ \mu\text{m}$$

A.6 测量不确定度分量汇总表

测量不确定度汇总表见表 A.3。

表 A.3 测量不确定度分量汇总表

分量名称	评定类型	分布类型	影响量 (μm)	相关系数	分布因子	不确定度分量 (μm)
u_{S1} ——量块中心长度测量不确定度	B类	—	1.10	0	$\frac{1}{2.8}$	0.39
u_{S2} ——触点位置偏离量块中心	B类	矩形	0.16	0	0.6	0.10
u_{S3} ——量块竖立放置的变形	B类	U形	0.19	0	0.7	0.13
u_R ——数显测高仪的重复性/分辨力	A类	—		0	—	0.09
u_{T1} ——量块与数显测高仪温度差	B类	矩形	1.15	0	0.6	0.69
u_{T2} ——量块与数显测高仪线膨胀系数差	B类	U形	0.50	0	0.7	0.35
合成标准不确定度 u_c						0.89
扩展不确定度 U ($k=2$)						1.8

附录 B

校准证书内容

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称及地址；
3. 证书编号，页码及总页数；
4. 送校单位的名称及地址；
5. 被校准设备的名称：数显测高仪；
6. 被校准设备的生产厂、型号规格及编号；
7. 进行校准的日期；
8. 采用本校准规范的说明及对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
9. 校准所用标准器名称、编号及有效期；
10. 校准时环境温度情况；
11. 测量力和测量力变化（两个位置）、正面垂直度、侧面垂直度、示值变动性、各测量点示值误差的校准结果及示值误差校准结果的测量不确定度；
12. 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
13. 校准证书签发日期；
14. 复校时间间隔的建议；
15. 未经实验室书面许可，不得部分复制校准证书的声明。

序号	测量点	测量力	测量力变化	正面垂直度	侧面垂直度	示值变动性	示值误差	示值误差校准结果的测量不确定度
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								