

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1304—2011

量块比较仪校准规范

Calibration Specification for Gauge Block Comparators

www.scr.com.cn

2011-07-28 发布

2011-10-28 实施



国家质量监督检验检疫总局 发布

量块比较仪校准规范

Calibration Specification for
Gauge Block Comparators

JJF 1304—2011

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2011 年 7 月 28 日批准，并自 2011 年 10 月 28 日起施行。

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

山西省计量监督检定测试所

本规范由全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘香斌（中国计量科学研究院）

晏 浩（山西省计量监督检定测试所）

参加起草人：

吴月艳（中国计量科学研究院）

张旭东（中国计量科学研究院）

www.scr.com.cn

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 工作台(适用单测头的量块比较仪)	(1)
4.2 示值范围	(2)
4.3 示值误差	(2)
4.4 测量重复性	(2)
4.5 漂移	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 主要标准器及配套设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 工作台	(3)
6.2 示值范围	(3)
6.3 示值误差	(3)
6.4 测量重复性	(3)
6.5 漂移	(3)
7 校准结果	(3)
8 复校时间间隔	(3)
附录 A 标准量块长度差值的测量方法及不确定度评定	(4)
附录 B 双测头量块比较仪补充校准方法	(6)
附录 C 量块比较仪示值误差不确定度评定(示例)	(7)

量块比较仪校准规范

1 范围

本规范适用于采用垂直方式比较测量量块长度及长度变动量的量块比较仪的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJG 101—2004 接触式干涉仪

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

GB/T 6093—2001 几何量技术规范 (GPS) 长度标准 量块

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

量块比较仪是比较测量量块长度的计量仪器。量块采用垂直安放方式。

量块比较仪一般由机械主体、1只或2只位移传感器、显示器、控制器等组成。通过位移传感器与量块上下测量面接触（或只与上测量面接触，下测量面与固定点接触）时发生的位移变化，可以对标准量块和被测量块的长度差值进行测量。根据位移传感器的不同，分为电感式、光栅式、激光式等多种类型。

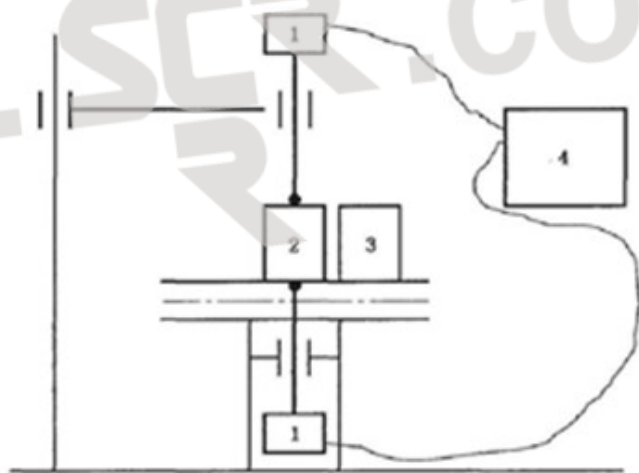


图1 量块比较仪结构示意图

1—位移传感器；2—标准（参考）量块；3—被测量块；4—仪器显示器

4 计量特性

4.1 工作台（适用单测头的量块比较仪）

工作台的计量特性参照 JJG 101—2004《接触式干涉仪》的要求。

4.2 示值范围

4.3 示值误差

4.4 测量重复性

4.5 漂移

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，每小时变化不超过 0.5°C ；

或按照仪器说明书规定。

校准前，被校准的仪器和标准器在上述环境中放置时间分别不少于 12 h 和 2 h。

5.2 主要标准器及配套设备

5.2.1 量块

校准量块比较仪的量块需要材质相同并成对使用，级别为 K 级或 0 级；量块对其长度差值作为长度标准；量块对长度差值的测量不确定度 $U(k=2)$ 应不大于 $0.01 \mu\text{m}$ 或仪器示值误差最大允许值的绝对值的 $1/3$ 。

推荐量块尺寸按照表 1 选择。

表 1 量块尺寸

mm

序列	A	B
1		1.005
2	1	1.01
3		1.02
4*	0.5	0.5
5*	4	4
6*	100	100

注：位移传感器示值范围超过 $\pm 20 \mu\text{m}$ 时，根据使用量程增加校准点；带“*”号序列的量块对可选。

5.2.2 $\phi 60 \text{ mm}$ 开槽 1 级平晶；开槽量块； $\phi 15 \text{ mm}$ 平行平晶、8 mm 刃形测帽、1 mm 三针；表面粗糙度测量仪；百分表、骑马块。

5.2.3 秒表

最大允许示值误差不超过 $\pm 1 \text{ s}$ 。

6 校准项目和校准方法

在进行仪器校准之前，首先进行外观检查，目测工作台和传感器球面测头等没有影响校准工作的划痕、磨损等缺陷。必要时按照仪器使用说明书规定执行仪器的启动和准备程序。

6.1 工作台

单测头的量块比较仪在仪器校准前应进行工作台的检查，检查方法按照 JJG 101—2004《接触式干涉仪》的相关规定执行。

6.2 示值范围

通过更换量块和调整工作台等方式确定仪器的最大示值。

6.3 示值误差

在仪器上分别对序列 1~3 的量块对的中心长度进行测量，位移传感器示值范围超过 $\pm 20 \mu\text{m}$ 时，根据使用情况增加校准点。

按正常量块检定程序，每组量块对以 A 量块对零，在 B 量块上读取中心长度差值；每组量块对测量 3 次；3 组量块对共取得 9 个量块对中心长度差值。

变换每组量块对中 A、B 量块在仪器工作台上的位置，即以 B 量块对零，在 A 量块上读取中心长度差值，重复以上过程。

经过以上测量得到的量块对中心长度差值与其中心长度差约定真值之差作为仪器示值误差，取得在各校准点（如 $-20 \mu\text{m}$ ， $-10 \mu\text{m}$ ， $-5 \mu\text{m}$ ， $+5 \mu\text{m}$ ， $+10 \mu\text{m}$ ， $+20 \mu\text{m}$ ）的示值误差。

如需要，可以增加对表 1 中序列 4~6 量块对的测量，方法同上。

仪器的示值误差也可以采用其他测量不确定度满足要求的方法校准。

6.4 测量重复性

对序列 1 量块对进行量块中心长度差值的测量，反复 10 次，计算这 10 个差值的实验标准差作为仪器测量重复性。

6.5 漂移

选择标准量块中的一块，保持仪器测头与量块稳定接触，观察和记录仪器示值和时间，每分钟记录一次，记录 3 min 以上，取最大的每分钟变化量作为该仪器的漂移。

7 校准结果

对经校准的仪器应出具校准证书。

校准证书内页至少应包含下列内容：

校准条件；

校准项目和校准结果；

工作台的各项计量特性；

示值范围和示值误差；

测量重复性；

漂移；

示值误差的测量不确定度。

8 复校时间间隔

用户可根据实际使用情况自主决定，通常复校时间间隔为 1 年。

附录 A

标准量块长度差值的测量方法及不确定度评定

A.1 标准量块长度差值的测量方法

使用量块光波干涉仪进行量块长度差的测量。

使用的待测量块的中心区域的条纹应无明显的倾斜或弯曲，或者在量块中心区域的接触测量的示值变化小于 $0.01 \mu\text{m}$ 。

将 2 块待测量块分别研合在 2 块平晶上，放在同一台量块光波干涉仪先后测量其长度。然后将 2 块待测量块交换再研合在同样的 2 块平晶上，再放在同一台量块光波干涉仪先后测量其长度。为了减小测量不确定度的影响，也可以使用 1 块平晶同时研合 2 块待测量块进行测量，然后 2 块量块交换位置重新研合测量。取 2 次量块长度测量结果的差值的平均值作为测量结果。

研合量块时应将测量环境的相对湿度控制在 40% 以上，且全部研合期间湿度变化小于 5%。整个研合工作由同一名检定员进行，该检定员研合量块的研合层厚度重复性需验证，实验标准差 $s \leq 3 \text{ nm}$ 。

A.2 标准量块长度差值的测量不确定度评定

使用量块光波干涉仪测量一对量块的长度差方法如 A.1 所述。

使用量块光波干涉仪直接测量量块长度时的测量不确定度各个影响量及各个标准不确定度分量情况见表 A.1。表 A.1 中是测量 2 等量块绝对长度时的测量不确定度的典型情况。

表 A.1 量块长度标准不确定度分量一览表

序号	影响量 x_i	灵敏系数 c_i	影响量的标准不确定度 $u(x_i)$	分量 u_i	自由度 ν
1	条纹小数 F	$\lambda/2$	0.5×10^{-8}	1.6 nm	10
2	真空波长 λ	L/λ	$1.7 \times 10^{-8} \lambda$	$1.7 \times 10^{-8} L$	50
3	空气折射率 n	L	4.8×10^{-8}	$4.8 \times 10^{-8} L$	20
4	线膨胀系数 α	$L(t_g - 20)$	$0.1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (0.2 $^\circ\text{C}$)	$2.0 \times 10^{-8} L$	12
5	量块温度 t_g	$L\alpha$	$5.8 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$	$6.7 \times 10^{-8} L$	16
6	狭缝宽度 s	$sL/(12f^2)$	11.6 μm	$0.5 \times 10^{-8} L$	12
7	光线倾斜 δl_a	1	$0.1 \times 10^{-8} L$	$0.1 \times 10^{-8} L$	12
8	波前畸变 δl_λ	1	3.0 nm	3.0 nm	2
9	测点位置、长度变动量 $\Delta p, \delta L$	1/7.4	0.29 mm, 58 nm	2.3 nm	12
10	研合层 δl_w	1	4.3 nm	4.3 nm	12
11	位相修正 Δl_e	1	4.5 nm	4.5 nm	12

在测量一对量块的长度差时，可以将其中相关的不确定度影响量减掉，从而减小测量不确定度。首先我们来分析一下表 A.1 中各个不确定度分量的相关情况。

第 1 项条纹小数的测量不确定度根据测量方法不同，会有不同结果，通常含有系统成分和随机成分，当控制系统成分不变时就只有随机成分起作用，采用实验方法可以得到随机成分的大小。

第 2 到第 7 项都是与长度有关量，有些是正相关的可以减掉，而且对于小于 2 mm 的量块，其分量都在 0.2 nm 以内，因此都可以忽略不计。

第 8 项波前畸变的影响是使干涉条纹失真，从而使测量的条纹小数产生系统误差，由于设定研合时 2 块量块互换位置各测量一遍，因此是可以减掉的。

第 9 项由于长度变动量的存在，当测点位置偏离时会产生测量误差，表中所列是 2 等量块允许的最大长度变动量的情况，通过控制中心区域的长度变动量可以使该分量减小到 1 nm。

第 10 项研合层的影响是由于每一次研合对应的研合层厚度都会有变化。其厚度变化大小与量块和产品的材料、表面质量有关；与研合时的环境条件（主要是空气湿度）有关；与研合方法如是否加油膜、油膜厚度大小有关；与研合人员的研合技术也有关。这项可通过选择量块、控制环境、固定方法和研合人员来减小其影响。

第 11 项位相修正，目前干涉法直接测量所采用的位相修正通常都是采用一套量块或一种材料量块一个修正值，由于一套量块中每块量块的表面质量不同引起的位相差一般在 0.5 nm 以内，因此可以认为该影响是完全正相关，可以减掉。

通过以上分析，可以得到这种方法测量 2 等钢量块长度差的测量不确定度：

条纹小数的测量不确定度采用 A 类方法得到结果是 $u'_1 \leq 1.5 \mu\text{m}$ 。

测点位置偏离时长度变动量的影响分量为 $u'_9 \leq 1.6 \mu\text{m}$ 。

研合层厚度变化的影响分量为 $u'_{10} \leq 3 \mu\text{m}$ 。

$$u_c = \sqrt{u'^2_1 + u'^2_9 + u'^2_{10}} = \sqrt{1.5^2 + 1.6^2 + 3^2} \text{ nm} = 3.72 \text{ nm}$$

$$U = 2 \times u_c = 7.44 \text{ nm} \approx 8 \text{ nm}, k=2$$

当使用陶瓷（或硬质合金）量块，采用测量 1 等量块的光波干涉仪时可以得到

$$U = 5 \text{ nm}, k=2$$

附录 B

双测头量块比较仪补充校准方法

在表 1 所述量块对基础上增加第 7 序列量块：6 mm，6 mm（桥形）。6 mm 桥形量块一个测量面为平面，另一面大致均分为 3 部分，具体形状示意如图 B.1，该量块对不需校准。

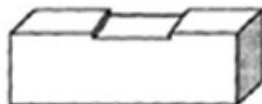


图 B.1 桥式量块形状示意图

凹槽高度为 (0.013 ± 0.003) mm；中心长度偏差不得超过 $0.05 \mu\text{m}$ ($\phi 7$ mm 范围内)；两端平台处长度偏差不得超过 $0.2 \mu\text{m}$ 。

校准方法：

在量块比较仪上进行两组该序列量块对测量。

1) 桥形量块凹槽向上，分别测量 6 mm 和 6 mm 桥形量块的中心长度，取得 10 组该量块对中心长度差值，计算平均值和实验标准差。

2) 桥形量块凹槽向下，分别测量 6 mm 和 6 mm 桥形量块的中心长度，取得 10 组该量块对中心长度差值，计算平均值和实验标准差。

以上 1)、2) 步骤所得平均值之差作为该仪器的示值误差。

以上 1)、2) 步骤所得各实验标准差中最大者作为该仪器的测量重复性。

该测量过程产生的示值误差和测量重复性结合正文中同类量，取其中最大者作为该仪器的相关计量特性。

附录 C

量块比较仪示值误差不确定度评定 (示例)

C.1 概述

用钢质量块对测量量块比较仪的示值误差, 环境条件: $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

量块比较仪的示值误差范围是 $\pm (0.03 \mu\text{m} + 0.003\Delta l)$ 。

C.2 数学模型

$$e = \Delta l - \Delta l_{AB} - l_n \cdot \alpha \cdot \Delta t - l_n \Delta \alpha (t - 20) \quad (\text{C.1})$$

式中: e ——被较量块比较仪的示值误差;

Δl ——在比较仪上以量块对中 A 量块为参考, 测得 B 量块与 A 量块中心长度的差值;

Δl_{AB} ——该量块对的中心长度差的参考值, 该参考值采用光波干涉法成对测量;

l_n ——A 量块的标称长度;

α ——A 量块的热膨胀系数;

Δt ——量块对的温度差;

$\Delta \alpha$ ——量块对的线膨胀系数差;

t ——量块的温度。

C.3 输入量的不确定度评定

C.3.1 输入量 Δl 的标准不确定度

输入量 Δl 的标准不确定度来源主要有仪器的测量重复性、人员误差、测量点位置误差等, 通过重复测量实验, 用 A 类评定方法得到。本例测量得到 10 个量块对中心长度差值, 单次测量的标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\Delta l_i - \Delta l)^2}{n-1}} = 0.007 \mu\text{m} = 7 \text{ nm}$$

C.3.2 量块对的中心长度差的参考值 Δl_{AB} 的标准不确定度

量块对以光波干涉法成对测量, 其中心长度差的不确定度为 $U=10 \text{ nm}$, $k=2$ 。则

$$u(\Delta l_{AB}) = \frac{10 \text{ nm}}{2} = 5 \text{ nm}$$

C.3.3 量块对的线膨胀系数 α 的标准不确定度

以钢质量块为例, 线膨胀系数在 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内, 假定其在该范围内均匀分布, 其标准不确定度为

$$u(\alpha) = \frac{1 \text{ }^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.58 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

C.3.4 量块对的温度差 Δt 的标准不确定度

考虑到量块对在使用前经过一段时间的恒温过程, 温度差最大不超过 $\pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ 。假定其在 $\pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内均匀分布, 其标准不确定度为

$$u(\Delta t) = \frac{0.02 \text{ }^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ }^\circ\text{C}$$

C.3.5 量块对的线膨胀系数差 $\Delta\alpha$ 的标准不确定度

考虑到每对量块都采用同一批次材料制成,其线膨胀系数差可以在 $(0.1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内,假定其在该范围内均匀分布,其标准不确定度为

$$u(\Delta\alpha) = \frac{0.1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{3}} = 0.06 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

C.3.6 量块温度 t 的标准不确定度

校准测量时一般不测量量块的温度,即认为温度 t 等于 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。因此 t 与 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的差就是 t 的不确定度范围。假定 t 在 $(20 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$ 范围内等概率分布,则得其标准不确定度为

$$u(t) = \frac{1 \text{ } ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4 合成标准不确定度

C.4.1 灵敏系数

$$\Delta l \text{ 的灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial e}{\partial \Delta l} = 1$$

$$\Delta l_{AB} \text{ 的灵敏系数: } c_2 = \frac{\partial e}{\partial \Delta l_{AB}} = -1$$

$$\alpha \text{ 的灵敏系数: } c_3 = \frac{\partial e}{\partial \alpha} = -l_n \Delta t$$

$$\Delta t \text{ 的灵敏系数: } c_4 = \frac{\partial e}{\partial \Delta t} = -l_n \alpha$$

$$\Delta \alpha \text{ 的灵敏系数: } c_5 = \frac{\partial e}{\partial \Delta \alpha} = -l_n (t - 20)$$

$$t \text{ 的灵敏系数: } c_6 = \frac{\partial e}{\partial t} = -l_n \Delta \alpha$$

C.4.2 合成标准不确定度计算

以上各量互不相关,故合成标准不确定度为

$$\begin{aligned} u_c &= [c_1^2 u^2(\Delta l) + c_2^2 u^2(\Delta l_{AB}) + c_3^2 u^2(\alpha) + c_4^2 u^2(\Delta t) + c_5^2 u^2(\Delta \alpha) + c_6^2 u^2(t)]^{\frac{1}{2}} \\ &= [7^2 + 5^2 + l_n^2 \times 0.02^2 \times (0.58 \times 10^{-6})^2 + l_n^2 \times (11.5 \times 10^{-6})^2 \times (0.012)^2 + \\ &\quad l_n^2 \times 0.5^2 \times (0.06 \times 10^{-6})^2 + l_n^2 \times (0.1 \times 10^{-6})^2 \times 0.58^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= [(8.6 \text{ nm})^2 + (0.16 \times 10^{-6} l_n)^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

C.5 测量结果的扩展不确定度

取 $k=2$, 则

$$U = k u_c = 2 \times \sqrt{(8.6 \text{ nm})^2 + (0.16 \times 10^{-6} l_n)^2} \approx 17.2 \text{ nm} + 0.2 \times 10^{-6} l_n$$

当量块长度为 1 mm 时:

$$U = 17.4 \text{ nm}, \quad k=2$$

当量块长度为 2 mm 时:

$$U = 17.6 \text{ nm}, \quad k=2$$

中华人民共和国
国家计量技术规范
量块比较仪校准规范

JJF 1304—2011

国家质量监督检验检疫总局发布

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区复外三里河北街16号(100045)
电话:(010)64275360 68523946

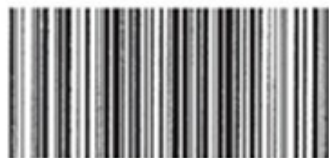
网址 www.spc.net.cn

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字
2011年10月第一版 2011年10月第一次印刷

书号: 155026·J-2629 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JJF 1304-2011