

京津冀地方计量技术规范

JJF(津)3012—2021

触针式电动轮廓仪校准规范

Calibration Specification for Contact (Stylus) Electric

Contour Measuring Instrument

2021—04—16 发布

2021—05—16 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

触针式电动轮廓仪 校准规范

JJF(津)3012-2021

Calibration Specification for Contact

(Stylus) Electric Contour Measuring Instrument

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

参加起草单位：北京市计量检测科学研究院

河北省计量监督检测研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

路瑞军 (天津市计量监督检测科学研究院)

董志佼 (北京市计量检测科学研究院)

谢 平 (河北省计量监督检测研究院)

参加起草人：

刘红光 (天津市计量监督检测科学研究院)

李 青 (天津市计量监督检测科学研究院)

目 录

引言	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和定义.....	(1)
3.1 测针.....	(1)
3.2 轮廓台阶高度.....	(1)
3.3 轮廓台阶高度示值重复性.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 静态测量力.....	(2)
5.2 轮廓水平分量(X轴)示值误差.....	(2)
5.3 轮廓垂直分量(Z轴)示值误差.....	(2)
5.4 轮廓台阶高度示值误差.....	(2)
5.5 轮廓台阶高度示值重复性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 校准用计量器具.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 静态力测量.....	(3)
7.2 轮廓水平分量(X轴)示值误差.....	(3)
7.3 轮廓垂直分量(Z轴)示值误差.....	(3)
7.4 轮廓台阶高度示值误差.....	(4)
7.5 轮廓台阶高度示值重复性.....	(4)
8 校准结果表达.....	(4)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录A 轮廓台阶高度测量结果不确定度评定示例.....	(6)
附录B 校准证书内容.....	(9)

引 言

本规范参照GB/T 19600-2004《产品几何量技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的校准》,GB/T 6062-2009《产品几何技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的标称特性》和接触(触针)式仪器使用说明书,以及结合实际使用制定,并依据国家计量技术规范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》编制。

本规范为首次发布。

触针式电动轮廓仪校准规范

1 范围

本规范适用于以扫描法测量波纹度轮廓的触针式电动轮廓仪（以下简称轮廓仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 3505-2009 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数

GB/T 6062-2009 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的标称特性

GB/T 17163-2008 几何量测量器具术语 基本术语

GB/T 19067.1-2003 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 测量标准第1部分 实物测量标准

GB/T 19600-2004 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的校准

JB/T 11271-2012 接触（触针）式表面轮廓测量仪

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）适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 测针 stylus

测针是轮廓仪在被测工件表面进行接触滑移时的部件。

3.2 轮廓台阶高度 contour step height

量块研合在平面平晶上，或者量块互相研合，研合后构成的轮廓台阶高差。

3.3 轮廓台阶高度示值重复性 repeatability of contour step height indication

多次测量同一量块同一个倾斜位置构成的轮廓台阶高差，测得值间的一致程度。

4 概述

轮廓仪一般由测针、传感器、驱动箱、计算机等组成，示意图如图1所示。

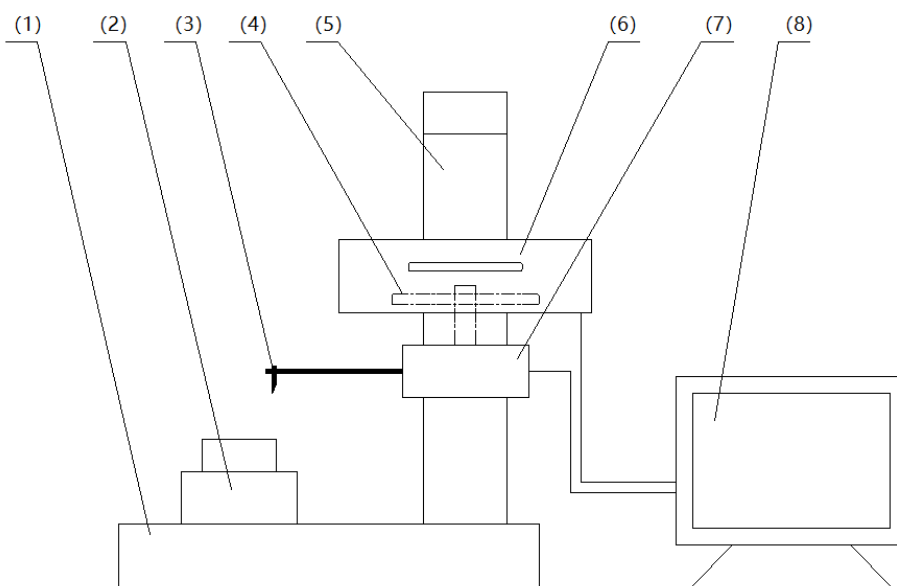


图1 触针式电动轮廓仪结构示意图

(1)底座；(2)工作台；(3)测针；(4)基准导轨；(5)立柱；
(6)驱动箱；(7)传感器；(8)计算机

其工作原理是：通过轮廓仪的测针在被测轮廓表面上滑移，测针随着被测表面起伏变化产生位移，传感器将测针感受到的被测表面几何形状变化转化为电信号，再由软件系统分析处理得到需要测量的几何参数。

轮廓仪主要用于测量各种机械零件的轮廓形状，数据处理得到几何参数。

5 计量特性

- 5.1 静态测量力
- 5.2 轮廓水平分量（X轴）示值误差
- 5.3 轮廓垂直分量（Z轴）示值误差
- 5.4 轮廓台阶高度示值误差
- 5.5 轮廓台阶高度示值重复性

由于不同轮廓仪出厂技术指标不同，以及用户需求的被测工件技术指标也有所不同，因而以上的轮廓仪计量特性的最大允许误差：

校准时，由用户规定；

验收检验时，按照合同规定。

6 校准条件

6.1 环境条件

实验室内温度应在 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 范围内，相对湿度不超过65%。

实验室内应无影响测量的灰尘、振动、气流、腐蚀性气体和较强磁场。

轮廓仪及校准用计量标准及其他设备在室内连续平衡温度的时间不少于1h。

6.2 校准用计量器具

校准项目和校准用计量器具见表1，并允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及设备进行校准。

表1 校准项目和校准用计量器具

序号	校准项目	校准用主要计量器具	参考技术指标
1	静态测量力	电子天平	中准确度等级电子天平，其分辨力为0.01g
2	轮廓水平分量(X轴)示值误差	激光干涉仪	激光干涉仪，MPE:±(0.03 μm+1.5×10 ⁻⁶ L)，L为测量长度
3	轮廓垂直分量(Z轴)示值误差	量块，平面平晶	3等量块，2级平面平晶
4	轮廓台阶高度示值误差	量块，平面平晶	3等量块，2级平面平晶
5	轮廓台阶高度示值重复性	量块，平面平晶	3等量块，2级平面平晶

7 校准方法

检查轮廓仪各部分相互作用，各活动部件运动应平稳、灵活，无卡滞、跳动和爬行等现象；紧固部件作用有效、可靠；可调部分应满足测量要求。确定仪器正常开启，预热时间根据使用说明书的要求。根据不同厂家的轮廓仪说明书进行校针。确定没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。

7.1 静态力测量

将测针针尖轻轻地压在电子天平上，调整传感器的高低位置，使传感器测针位移显示指向零位。读出电子天平的示值，再乘以重力加速度 g ($g=9.8\text{m/s}^2$)，即为测针静态测量力。也可以选用其他满足测量精度要求的设备，进行直接读数。

7.2 轮廓水平分量(X轴)示值误差

把激光干涉仪的靶镜固定在轮廓仪驱动箱与传感器连接件上，调整激光干涉仪的激光光束与轮廓仪基准导轨平行。在轮廓仪X轴测量范围内选取大致均匀分布的5个测量点，读取各点轮廓仪示值与激光干涉仪示值，轮廓仪示值与激光干涉仪示值之差为各点轮廓水平分量(X轴)示值误差。取各测量点示值误差绝对值的最大值为轮廓水平分量(X轴)示值误差。

7.3 轮廓垂直分量(Z轴)示值误差

在传感器测针移动范围内选择5个大致均匀分布的测量点，分别选取对应尺寸的量块。调整工作台台面与驱动箱运动方向平行后，平面平晶放在在台面上，调整驱动箱高度，使测针接触平面平晶且轮廓仪Z轴示值为零。抬起测针，按住平晶，轻推量块放在刚才测针所在位置，轻轻放下测针接触量块，读取轮廓仪Z轴示值，重复抬针放针三次，取其平均值与量块实际值之差作为该点示值误差。依次在轮廓仪正值测量范围内测量其他量块，得到各点示值误差。再调整驱动箱高度，将尺寸最大的量块调整为

零，用同样方法依次在轮廓仪负值测量范围内测量其他量块，得到各点示值误差。取各测量点示值误差绝对值的最大值为轮廓仪垂直分量（Z轴）示值误差。

7.4 轮廓台阶高度示值误差

在传感器测针移动范围内选择5个大致均匀分布的测量点，分别选取对应尺寸的量块。根据研合得容易程度，小于10mm的量块可以选择研合在平晶上，大于10mm的量块选择量块与量块相互研合，或者大尺寸量块选择与小尺寸量块直接研合。

以1mm、3mm、5mm、10mm和20mm量块作为5个测量点为例阐明测量方法。将1mm、3mm和5mm量块按尺寸由小到大研合在平面平晶上，并使三块量块平行紧密接触，然后将平面平晶倾斜一定角度固定在工作台上，由大到小依次测量量块形成的台阶高度，测量三次，取各点平均值与相应量块实际值之差为相应各点的示值误差。10mm和20mm量块相互研合，形成10mm和20mm的台阶，将研合好的量块倾斜一定角度固定在轮廓仪工作台上，分别测量10mm量块和20mm量块形成的台阶高度，各自测量三次，平均值与相应量块实际值之差为各点示值误差。取各点示值误差绝对值的最大值作为测量结果。标准器摆放如图2所示。

量块倾斜角度对测量结果有影响，需选取一块不小于10mm的量块在 $45^\circ \pm 15^\circ$ 范围内至少两个倾斜位置进行测量验证，量块倾斜角度通过轮廓仪软件计算得出。取绝对值最大值作为测量结果。

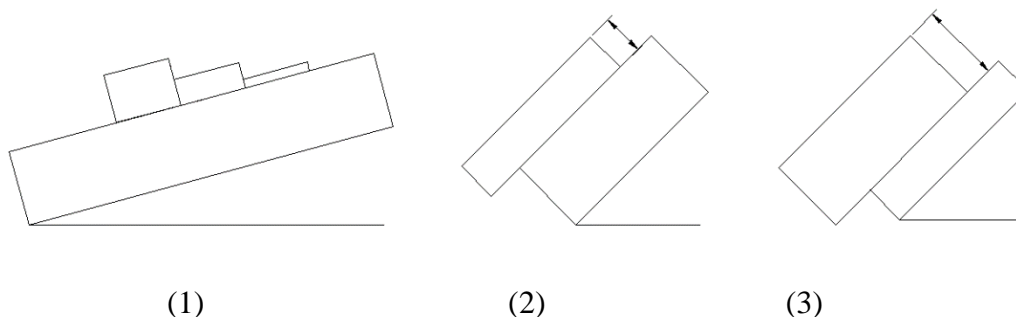


图2 标准器摆放示意图

- (1)测量 1mm、3mm 和 5mm 量块研合在平面平晶上的倾斜放置；
- (2)测量 10mm 量块台阶高度的量块与量块研合的倾斜放置；
- (3)测量 20mm 量块台阶高度的量块与量块研合的倾斜放置。

7.5 轮廓台阶高度示值重复性

采用研合在平面平晶上的一块小尺寸量块，用轮廓仪测量其轮廓台阶高度，在同一倾斜位置下重复7.4中的方法测量4次，取最大值与最小值之差除以2，按极差法计算实验标准偏差作为轮廓仪测量台阶高度示值重复性。

8 校准结果表达

经校准的轮廓仪出具校准证书，测量结果不确定度评定示例见附录A，校准证书校

准内容见附录B。

9 复校时间间隔

轮廓仪复校时间间隔可根据实际使用情况由使用用户确定，建议复校时间间隔最长一般不超过1年。



附录 A

轮廓台阶高度测量结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

在环境温度 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，采用3等量块 ($U=0.10 \mu\text{m}+1 \times 10^{-6}I_n$) 相互研合形成台阶高度，用轮廓仪测量20mm量块的台阶高度，测得值与量块实际值之差作为测量结果。在轮廓仪测量中，一般情况下测量结果对量块倾斜角度有依赖性，但量块确定倾斜角度后，轮廓仪测量重复性又很好，为了扩大复现测量结果范围，进行多个量块倾斜角度下的测量，进而进行不确定度评定。这里采用10mm和20mm 量块研合：用某台轮廓仪对20mm量块在一个固定角度下进行多次重复测量考察轮廓仪示值重复性；在多个倾斜角度下进行测量，获得通常在 $45 \pm 15^\circ$ 范围内因量块倾斜角度影响的测量结果最大值和最小值。

A.2 测量模型

$$\Delta = L_i - L_s \quad (\text{A1})$$

式中：

Δ ——轮廓台阶高度示值误差，mm

L_i ——轮廓台阶高度示值，mm

L_s ——量块实际值，mm

式中 (A1) 中， L_i 、 L_s 之间互为独立，其灵敏系数与方差分别为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial L_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial L_s} = -1 \quad (\text{A2})$$

$$u^2(\Delta) = c_1^2 \cdot u^2(L_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_s) \quad (\text{A3})$$

A.3 标准不确定度分量的来源与评定

A.3.1 轮廓仪引入的标准不确定度 $u(L_i)$

(1) 轮廓仪在量块固定倾斜角度下测量重复性引起的标准不确定度分量 $u_1(L_i)$

台阶高度20mm，用倾斜 41° 的20mm量块重复测量10次，测量结果为：20.0037mm，20.0038mm，20.0045mm，20.0035mm，20.0029mm，20.0033mm，20.0040mm，20.0041mm，20.0044mm，20.0043mm。

采用贝塞尔公式计算标准差： $s=0.513 \mu\text{m}$

由于采用3次测量平均值作为测量结果，则：

$$u(L_i) = 0.513 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0.296 \mu\text{m}$$

(2) 轮廓仪在量块倾斜位置不同而造成测量结果不同引入的位置标准不确定度分量 $u_2(L_i)$

将量块倾斜放置多个倾斜角度进行测量，测量结果和量块相应倾斜角度如表A1所示。

表 A1 量块不同倾斜角度下的轮廓仪测得的台阶高度测量结果

量块倾斜角度		18.5°	26.3°	42.1°	57.9°	70.9°
测得台阶高度	1	20.0137mm	20.0030mm	19.9968mm	19.9961mm	19.9952mm
	2	20.0136mm	20.0036mm	19.9970mm	19.9958mm	19.9954mm
	3	20.0140mm	20.0035mm	19.9981mm	19.9961mm	19.9953mm
平均值		20.0138	20.0034	19.9973	19.9960	19.9953

将量块倾斜5个不同的角度，各自测量三次，在18.5°角度误差值很大，但在校准方法里注明尽量在 $45 \pm 15^\circ$ 范围内进行测量，所以在位置标准不确定度计算中舍去18.5°的20.0138mm和70.9°的19.9953mm。则最大可能值为20.0034mm，最小可能值为19.9960mm，则区间半宽为：

$$a = \frac{1}{2} (20.0034 - 19.9960) \text{mm} = 3.7 \mu\text{m}$$

假定在区间内为均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则量块倾斜位置引入的标准不确定度为：

$$u_2(L_i) = 3.7 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 2.136 \mu\text{m}$$

综合(1)、(2)，则轮廓仪仪器引入的标准不确定度为：

$$u(L_i) = \sqrt{0.296^2 + 2.136^2} = 2.156 \mu\text{m}$$

A.3.2 标准器引入的标准不确定度 $u(L_s)$

(1) 3等标准量块中心长度扩展不确定度为 $(0.10 \mu\text{m} + 1 \times 10^{-6} L_s)$ 。置信概率 $P=0.99$ ，覆盖因子 $k=2.63$ 。当 $L_s=20\text{mm}$ 时， $u_1(L_s) = (0.10 + 1 \times 0.02) \mu\text{m} / 2.63 = 0.045 \mu\text{m}$ 。

(2) 量块线膨胀系数 $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$ 。假定其在 $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$ 范围内均匀分布。若被测量块温度 t_x 与标准温度 20°C 的偏差不超过 3°C ，则对于10mm量块：

$$u_2(L_s) = L_s (t - 20) \times \alpha / \sqrt{3} = 0.398 \mu\text{m}$$

(3) 按照量块研合后降等，平面度按照 $0.2 \mu\text{m}$ 计算，假定其均匀分布。

$$u_3(L_s) = 0.2 / \sqrt{3} = 0.115 \mu\text{m}$$

综合(1)、(2)、(3)，则标准器引入的标准不确定度为：

$$u(L_s) = \sqrt{0.045^2 + 0.398^2 + 0.115^2} = 0.417 \mu\text{m}$$

A.4 合成标准不确定度的计算

标准不确定度分量一览表如表A2

表 A2 考虑量块不同倾斜角度下的轮廓仪测量台阶高度的测量结果不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
----------	--------	--------

		(μm)
$u(L_i)$	轮廓仪分量	2.156
$u_1(L_i)$	量块固定角度下测量重复性	0.296
$u_2(L_i)$	量块不同倾斜角度下测量位置	2.136
$u(L_s)$	标准器分量	0.417
$u_1(L_s)$	3等量块中心长度	0.045
$u_2(L_s)$	量块线膨胀系数	0.398
$u_3(L_s)$	3等量块研合后的平面度	0.115

由于 L_i 、 L_s 之间彼此独立不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(L_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_s)} \quad (\text{A4})$$

按式(A4)计算合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{2.156^2 + 0.417^2} = 2.195\mu\text{m}$$

A.5 扩展不确定度的确定

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{A5})$$

按式(A5)计算合成标准不确定度：

$$U = 2 \times 2.195 = 4.392 \mu\text{m} \approx 4.4 \mu\text{m}$$

A.6 在量块倾斜 $45^\circ \pm 15^\circ$ 范围内测量，该轮廓仪台阶高度测量结果不确定度报告 测量20mm时， $U=4.4 \mu\text{m}$ ， $k=2$



附录 B

校准证书内容

校准证书至少包括以下信息:

- a)标题“校准证书”;
- 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)客户的名称和地址;
- 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) 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)对校准规范的偏离的说明;
- n)校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o)校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p)未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

