



中华人民共和国工业和信息化部  
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

接触（触针）式表面轮廓测量仪校准规范  
（意见稿）

Calibration Specification for  
Contact (Stylus) Surface Contour Tester

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 接触（触针）式表面轮廓 测量仪校准规范

Calibration Specification for  
Contact (Stylus) Surface Contour  
Tester

JJF（有色金属）XXXX  
—20XX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：

参加起草单位：XXXXXX 公司

XXXX

XXXXXX

XXXX

XXXX

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

XXX（A公司）

XXX（XXX公司）

XXX（XXX公司）

XXX（XXXXX公司）

XXX（XXX公司）

XXX（XXX）

X X（XXXXX）

XXX（XXX公司）

XXX（XXX公司）

目录

引 言 .....III

1 范围 ..... 1

2 引用文件 ..... 1

3 概述 ..... 1

4 计量特性 ..... 1

4.1 静态测量力。 .....1

4.2 基准导轨直线度。 .....2

4.3 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差。 .....2

4.4 轮廓水平分量（X 轴）示值误差。 .....2

4.5 半径测量示值误差。 .....2

4.6 半径测量重复性。 .....2

4.7 角度测量示值误差。 .....2

4.8 角度测量重复性。 .....2

5 校准条件 ..... 2

5.1 环境条件 .....2

5.2 测量标准及其他设备 ..... 2

6 校准项目和校准方法 ..... 3

6.1 校准项目 .....3

6.2 校准方法 .....3

6.2.1 校准前准备 .....3

6.2.2 静态测量力 .....3

6.2.3 基准导轨直线度 .....3

6.2.4 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差 .....3

6.2.5 轮廓水平分量（X 轴）示值误差 .....4

6.2.6 半径测量示值误差 .....4

6.2.7 半径测量重复性 .....5

6.2.8 角度测量示值误差 .....5

6.2.9 角度测量重复性 .....6

7 校准结果表达 .....6

8 复校时间间隔 .....7

附录 A ..... 7

|            |    |
|------------|----|
| 附录 B ..... | 10 |
| 附录 C ..... | 11 |

# 引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了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）式仪器的标称特性》和接触（触针）式仪器使用说明书。

本规范为首次发布。

## 接触（触针）式表面轮廓测量仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于以扫描法测量工件表面二维形状、位置参数的接触（触针）式表面轮廓测量仪（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 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

凡是注日期的引用文件，仅注日期对应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 概述

轮廓仪一般由传感器、驱动箱、电子信号处理装置、计算机系统等组成，见图1所示。其工作原理是：仪器的触针在被测轮廓表面滑移，传感器通过锐利触针感受被测表面的几何形状变化，并转换成电信号。该信号经放大和处理，再转换成数字信号贮存在计算机系统的存贮器中。计算机对此原始轮廓的数字信号进行数字滤波，并计算其参数。轮廓仪可用于测量各种机械零件素线形状和截面轮廓形状。如：凸出量、曲面曲率半径、直线度、平行度、倾斜度、角度等。

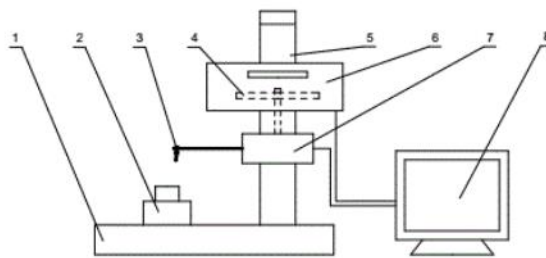


图1 接触（触针）式表面轮廓测量仪

1—底座 2—工作台 3—触针 4—基准导轨

5—立柱 6—驱动箱 7—传感器 8—计算机系统

### 4 计量特性

#### 4.1 静态测量力。

- 4.2 基准导轨直线度。
- 4.3 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差。
- 4.4 轮廓水平分量（X 轴）示值误差。
- 4.5 半径测量示值误差。
- 4.6 半径测量重复性。
- 4.7 角度测量示值误差。
- 4.8 角度测量重复性。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

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

校准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。

被校仪器及校准用测量标准及其他设备在室内连续平衡温度的时间不少于 1h。

### 5.2 测量标准及其他设备

测量标准见表1。

表 1 校准项目和测量标准

| 序号                              | 测量标准         | 技术指标                                                               | 校准项目            |
|---------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1                               | 电子天平         | 分辨力 0.01g                                                          | 静态测量力           |
| 2                               | 平面平晶         | 1 级                                                                | 基准导轨直线度         |
| 3                               | 量块           | 4 等                                                                | 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差 |
|                                 | 平面平晶         | 2 级                                                                |                 |
| 4                               | 激光干涉仪        | MPE：±（0.03+1.5 <i>L</i> ）μm                                        | 轮廓水平分量（X 轴）示值误差 |
| 5                               | 半径和形状经校准的标准球 | （ <i>R</i> 10mm~ <i>R</i> 20mm 和 <i>R</i> 70mm~ <i>R</i> 90mm 各一个） | 半径测量示值误差        |
| 6                               | 或标准半球        |                                                                    | 半径测量重复性         |
| 7                               | 棱体           | 四等                                                                 | 角度测量示值误差        |
| 8                               |              |                                                                    | 角度测量重复性         |
| 注：也可采用满足测量准确度要求的其他测量标准及其他设备进行校准 |              |                                                                    |                 |

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

静态测量力；基准导轨直线度；轮廓垂直分量（Z轴）示值误差；轮廓水平分量（X轴）示值误差；半径测量示值误差；半径测量重复性；角度测量示值误差；角度测量重复性。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前准备

轮廓仪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；可调部分满足测量要求。

校准前，被校仪器连续通电预热时间不少于 30min。

#### 6.2.2 静态测量力

将触针针尖轻轻地压在电子天平上，调整传感器的高低位置，使传感器触针位移显示指向零位。读出电子天平的示值  $m$ ，触针静态测量力  $F$  的计算公式（1），连续测量 3 次取最大值作为测量结果。

$$F = m \cdot g \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

式中：

$F$ —触针静态测量力，N；

$m$ —电子天平的示值，g；

$g$ —重力加速度，取 9.8N/kg。

#### 6.2.3 基准导轨直线度

将工作面长度大于轮廓仪X轴测量范围的1级平晶水平放置在轮廓仪工作台上，调整轮廓仪垂直分辨力为最小值，轮廓仪滤波器选择高斯滤波器，且截止波长不大于 0.5mm。

在X轴测量范围内至少取三段测量平晶表面轮廓，用最小二乘法分别计算各段表面轮廓的直线度，取各段直线度中的最大值作为基准导轨的直线度。

以全行程表面轮廓的曲线图上最大值作为全行程基准导轨的直线度。

#### 6.2.4 轮廓垂直分量（Z轴）示值误差

在传感器触针位移范围内选择5个大致均匀分布的测量点 $L$ ，分别选取对应尺寸的4等量块。先把量块按尺寸由大到小平行并紧密接触地研合在平面平晶工作面上，然后将其置于轮廓仪工作台上。由大到小测量各量块表面轮廓 $D$ 。测量值与量块实际值之差为各点示值误差，取其最大值为轮廓垂直分量（Z轴）示值误差，见公式（2）、（3）。

$$L_{Zi} = D_i - L_i \quad (2)$$

式中：

$L_{Zi}$ —各测量点的示值误差， $i=1,2,3,4,5$ ，mm；

$D_i$ —各测量点轮廓仪示值， $i=1,2,3,4,5$ ，mm；

$L_i$ —量块实际尺寸， $i=1,2,3,4,5$ ，mm。

$$L_Z = \max(L_{Zi}) \quad (3)$$

式中：

$L_Z$ —轮廓垂直分量（Z轴）示值误差，mm。

#### 6.2.5 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 $e$ ，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。取其最大值为轮廓水平分量（X轴）示值误差，见公式（4）、（5）。

$$L_{Xi} = e_i - a_i \quad (4)$$

式中：

$L_{Xi}$ —各测量点示值误差， $i=1,2,3,4,5$ ，mm；

$e_i$ —轮廓仪各点示值， $i=1,2,3,4,5$ ，mm；

$a_i$ —激光干涉仪各点示值， $i=1,2,3,4,5$ ，mm。

$$L_X = \max(L_{Xi}) \quad (5)$$

式中：

$L_X$ —轮廓仪水平分量（X轴）示值误差，mm。

#### 6.2.6 半径测量示值误差

将标准球或标准半球放置于轮廓仪工作台上，先调整标准球（标准半球）的位置，使触针滑行轨迹通过标准球（标准半球）的最高点，然后测量标准球表面轮廓半径。重复以上步骤，连续三次测量标准球表面轮廓半径 $R$ ，三次测量平均值与标准球（标准半球）半

径的实际值之差为半径测量示值误差，见公式（6）。

$$\Delta_R = \frac{\sum_{i=1}^3 R_i}{3} - R_{\text{标准}} \quad (6)$$

式中：

$\Delta_R$ —半径测量示值误差，mm；

$R_i$ —三次测量标准球轮廓仪示值， $i=1,2,3$ ，mm；

$R_{\text{标准}}$ —标准球半径，mm。

#### 6.2.7 半径测量重复性

将标准球或标准半球放置于轮廓仪工作台上，调整触针滑行轨迹通过标准球（标准半球）的最高点，重复三次测量表面轮廓半径，按极差法计算实验标准差作为半径测量重复性，见公式（7）。

$$C_R = \frac{\max(R_i) - \min(R_i)}{1.69} \quad (7)$$

式中：

$C_R$ —半径测量重复性，mm；

$\max(R_i)$ —三次测量最大值，mm；

$\min(R_i)$ —三次测量最小值，mm。

#### 6.2.8 角度测量示值误差

将四等棱体放置于轮廓仪工作台上，先调整棱体的侧边平行于触针滑行方向，然后测量棱体各相邻工作面的角值。重复以上步骤，连续三次测量棱体其中各相邻工作面的角值  $\theta_i$ ，三次测量平均角值与棱体工作角标称角值之差为各角度测量示值误差，取其最大值为角度测量示值误差，见公式（8）、（9）。

$$\theta_j = \frac{\sum_{i=1}^3 \theta_{ji}}{3} - \theta_0 \quad (8)$$

式中：

$\theta_j$ —各相邻工作面角度测量示值误差， $j=1,2,3,4, \dots, '$ ；

$\theta_{ji}$ —各相邻工作面角度三次测量值,  $j=1,2,3,4, \dots, i=1,2,3, \dots$  ;

$\theta_0$ —相邻工作面标称值, '。

$$\theta = \max(\theta_j) \quad (9)$$

式中:

$\theta$ —角度测量示值误差, '。

#### 6.2.9 角度测量重复性

将四等棱体放置于轮廓仪工作台上, 调整棱体的侧边平行于触针滑行方向, 对四等棱体任一工作角重复测量三次, 按极差法计算实验标准偏差作为角度测量重复性, 见公式(10)。

$$C_\theta = \frac{\max(\theta_i) - \min(\theta_i)}{1.69} \quad (10)$$

式中:

$C_\theta$ —半径测量重复性, mm;

$\max(\theta_i)$ —三次测量最大值, mm;

$\min(\theta_i)$ —三次测量最小值, mm。

### 7 校准结果表达

经校准的试验机出具校准证书, 校准证书至少应包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室的名称和地址;
- c) 实施校准活动的地点, 包括客户设施、实验室固定设施以外的地点;
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和联络信息;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准活动的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期和证书发布日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明;

j) 校准环境的描述;

k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）;

l) 对校准规范偏离的说明;

m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期;

n) 校准人和核验人签名;

o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;

p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书内页参考格式见附录B。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况,使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间,建议复校时间间隔为1年。

## 附录 A

## 校准原始记录参考格式

| 被校设备信息               |    |      |         |                           |     |  |
|----------------------|----|------|---------|---------------------------|-----|--|
| 器具名称                 |    | 出厂编号 |         |                           |     |  |
| 型号/规格                |    | 设备编号 |         |                           |     |  |
| 制造厂                  |    | 环境条件 |         | °C                        | %RH |  |
| 校准地点                 |    |      |         |                           |     |  |
| 测量标准信息               |    |      |         |                           |     |  |
| 名称                   | 型号 | 设备编号 | 证书编号    | 准确度等级/<br>最大允许误差<br>/不确定度 | 有效期 |  |
|                      |    |      |         |                           |     |  |
| 校准结果                 |    |      |         |                           |     |  |
| 1.静态测量力              |    |      |         |                           |     |  |
| 天平示值 (g)             |    |      | 测量力 (N) |                           |     |  |
|                      |    |      |         |                           |     |  |
| 2.基准导轨直线度 (μm)       |    |      |         |                           |     |  |
| 规定长度_____mm 内        |    |      |         |                           |     |  |
| 全行程                  |    |      |         |                           |     |  |
| 3.轮廓垂直分量 (Z 轴) 示值误差  |    |      |         |                           |     |  |
| 量块尺寸                 | mm |      |         |                           |     |  |
|                      | μm |      |         |                           |     |  |
| 轮廓仪示值                | mm |      |         |                           |     |  |
| 示值误差                 | μm |      |         |                           |     |  |
| 测量不确定度: $U=$ , $k=2$ |    |      |         |                           |     |  |
| 4.轮廓仪水平分量 (X 轴) 示值误差 |    |      |         |                           |     |  |
| 测量点/mm               |    |      |         |                           |     |  |
| 示值/mm                |    |      |         |                           |     |  |

|                            |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 示 值 误 差<br>/ $\mu\text{m}$ |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 测量不确定度: $U=$ , $k=2$       |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 5.半径测量示值误差                 |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 标准球半径实际值/mm                |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 轮廓仪示值/mm                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 平均值/ $\mu\text{m}$         |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 示值误差/ $\mu\text{m}$        |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 测量不确定度: $U=$ , $k=2$       |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 6.半径测量重复性                  |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 标准球半径实际值/mm                |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 轮廓仪示值/mm                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 重复性/ $\mu\text{m}$         |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 7.角度测量示值误差                 |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 测量点                        | 1-2 工作面<br>( $^{\circ}$ , ' , " ) | 2-3 工作面<br>( $^{\circ}$ , ' , " ) | 3-4 工作面<br>( $^{\circ}$ , ' , " ) | 4-5 工作面<br>( $^{\circ}$ , ' , " ) | 5-6 工作面<br>( $^{\circ}$ , ' , " ) |  |
| 棱体工作角角<br>值                |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 轮廓<br>仪示<br>值              | 1                                 |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
|                            | 2                                 |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
|                            | 3                                 |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 平均值                        |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 示值误差/"                     |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 测量不确定度: $U=$ , $k=2$       |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 8.角度测量重复性                  |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 棱体工作角角值                    |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 轮廓仪示值                      |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
| 重复性/"                      |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |  |

## 附录 B

## 校准证书内页参考格式

证书编号:

| 校准结果  |                 |      |      |                         |
|-------|-----------------|------|------|-------------------------|
| 序号    | 校准项目            | 技术要求 | 校准数据 | 测量不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
| 1     | 静态测量力           |      |      |                         |
| 2     | 基准导轨直线度         |      |      |                         |
| 3     | 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差 |      |      |                         |
| 4     | 轮廓水平分量（X 轴）示值误差 |      |      |                         |
| 5     | 半径测量示值误差        |      |      |                         |
| 6     | 半径测量重复性         |      |      |                         |
| 7     | 角度测量示值误差        |      |      |                         |
| 8     | 角度测量重复性         |      |      |                         |
| 附加说明: |                 |      |      |                         |

## 附录 C

## 轮廓仪示值误差测量结果的不确定度评定

## C1 轮廓垂直分量（Z 轴）示值误差校准结果的不确定度评定

## C1.1 概述

在环境温度  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，采用 4 等量块  $(U = 0.20\mu\text{m} + 2 \times 10^{-6} L_n)$  测量轮廓垂直分量（Z 轴）10mm 处示值，测得值与量块实际值之差为测量结果。

## C1.2 测量模型

$$L_{Zi} = D_i - L_i$$

为方便标注和计算，公式化为 C1.1

$$\Delta = L_i - L_s \quad (\text{C1.1})$$

式中：

$\Delta$ —轮廓垂直分量各校准点示值误差，mm；

$L_i$ —轮廓仪垂直分量示值，mm；

$L_s$ —量块实际值，mm；

式（C1.1）中， $L_i$ 、 $L_s$  之间互为独立，其灵敏系数与方差分别为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial L_i} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial L_s} = -1 \quad (\text{C1.2})$$

$$u^2(\Delta) = c_1^2 \cdot u^2(L_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_s) \quad (\text{C1.3})$$

## C1.3 标准不确定度分量的来源于评定

C1.3.1 轮廓垂直分量（Z 轴）示值（ $L_i$ ）引入的标准不确定度  $u(L_i)$ 

轮廓垂直分量示值产生的不确定度主要是测量重复性引起的标准不确定度分量。对轮廓仪垂直分量 10mm 示值点，用 10mm 量块重复测量 10 次，测量结果为：9.9972mm、9.9968mm、9.9974mm、9.9967mm、9.9972mm、9.9980mm、9.9972mm、9.9973mm、9.9966mm、9.9975mm。

计算可得单次测量实验标准差：

$$u(L_i) = 0.41\mu\text{m}$$

C1.3.2 标准器引入的标准不确定度  $u(L_s)$ 

4 等标准量块中心长度扩展不确定度为  $(0.20+2L_s) \mu\text{m}$ （式中  $L_s$  以 m 为单位）。置信概率  $P=0.99$ ，覆盖因子  $k=2.63$ 。当  $L_s = 10\text{mm}$  时，

$$u_1(L_s) = (0.20 + 2L_s) / 2.63 = 0.08\mu\text{m}$$

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

$$u_2(L_s) = L_s(t - 20) \cdot \alpha / \sqrt{3} = 0.20\mu\text{m}$$

2 级平面平晶的平面度为  $0.1\mu\text{m}$ ，假定其等概率分布。

$$u_3(L_s) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.058\mu\text{m}$$

综合（1）、（2）、（3），则标准器引入的标准不确定度为：

$$u(L_s) = 0.22\mu\text{m}$$

## C1.4 合成标准不确定度的计算

## C1.4.1 合成标准不确定度计算

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：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_s)} \quad (\text{C1.4})$$

按式（C1.4）计算合成标准不确定度为：

$$u_c = 0.47\mu\text{m}$$

## C1.5 扩展不确定度的确定

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{C1.5})$$

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度按式（C1.5）计算为：

$$U = 2 \times 0.47 = 0.94\mu\text{m} \approx 1.0\mu\text{m}$$

## C1.6 轮廓垂直分量（Z 轴）示值校准结果及不确定度报告

轮廓仪垂直分量  $10\text{mm}$  时， $U=1.0\mu\text{m}$ ， $k=2$