

# 贵州省地方计量技术规范

JJF ( 黔 ) XX-XXXX

## 电子厚度仪校准规范

Calibration Specification for Electronic Thickness Gauge

( 报批稿 )

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX

实施

贵州省市场监督管理局 发布



# 电子厚度仪校准规范

Calibration Specification for

Electronic Thickness Gauge

JJF(黔) XX—XXXX

归口单位：遵义市市场监督管理局

主要起草单位：遵义市产品质量检验检测院

参加起草单位：贵州省产品质量检验检测院

中烟工业有限责任公司遵义卷烟厂

本规范委托遵义市产品质量检验检测院负责解释

**本规范主要起草人：**

程 宏（遵义市产品质量检验检测院）

李 朴（遵义市产品质量检验检测院）

王 霏（遵义市产品质量检验检测院）

郭庆华（贵州省产品质量检验检测院）

**参加起草人：**

谢 松（贵州中烟工业有限责任公司遵义卷烟厂）

龚文龙（遵义市产品质量检验检测院）

朱 丽（遵义市产品质量检验检测院）



# 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 测量面的几何尺寸 .....                | ( 1 )   |
| 4.2 测量面的粗糙度 .....                 | ( 2 )   |
| 4.3 测量力 .....                     | ( 2 )   |
| 4.4 示值误差和示值重复性 .....              | ( 2 )   |
| 5 校准条件 .....                      | ( 3 )   |
| 5.1 环境条件 .....                    | ( 3 )   |
| 5.2 校准用计量器具 .....                 | ( 3 )   |
| 6 校准项目和校准方法 .....                 | ( 4 )   |
| 6.1 校准项目 .....                    | ( 3 )   |
| 6.2 校准方法 .....                    | ( 5 )   |
| 7 校准结果表达与处理 .....                 | ( 7 )   |
| 8 复校时间间隔 .....                    | ( 8 )   |
| 附录 A 电子厚度仪示值误差校准结果的不确定度评定示例 ..... | ( 9 )   |

|      |                  |        |
|------|------------------|--------|
| 附录 B | 校准原始记录参考格式 ..... | ( 12 ) |
| 附录 C | 校准证书内页参考格式 ..... | ( 13 ) |

## 引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，并参考了 GB/T 6672-2001《塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法》、GB/T 451.3-2002《纸和纸板厚度的测定》进行编制。



## 电子厚度仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于用电驱动测头运动以接触式测量物体厚度的电子厚度仪的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 451.3-2002 纸和纸板厚度的测定

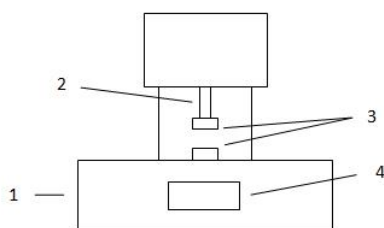
GB/T 6672-2001 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法

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 概述

电子厚度仪是用于接触式测量物体厚度的计量器具，具有测量精度高、自动测量等特点，广泛应用于纸张、纸板、塑料薄膜、无纺布、纺织品等厚度测量领域。

电子厚度仪主要是通过测杆位移，接触被测物表面，根据测量被测物时测杆位移量转换成电信号，通过显示装置将被测厚度显示出来，主要组成部分包括基座、光栅尺（或电感传感器）、测杆、测头、电机、显示和控制装置等。其典型结构如图 1 所示。



1、基座；2、测杆；3、测头；4、显示和控制装置。

图 1 电子厚度仪典型结构

## 4 计量特性

### 4.1 测量面的几何尺寸

4.1.1 用于塑料薄膜和薄片厚度测定的，测量面的几何尺寸应不超过表 1 的规定。

表 1 用于塑料薄膜和薄片厚度测定的测量面几何尺寸

| 测头形式  | 测量面直径               | 测量面曲率半径       | 两测量面的平行度             |
|-------|---------------------|---------------|----------------------|
| 平面/平面 | 2.5 mm ~ 10 mm      | /             | $\leq 5 \mu\text{m}$ |
| 凸面/平面 | $\geq 5 \text{ mm}$ | 15 mm ~ 50 mm | /                    |

4.1.2 用于纸和纸板厚度测定，其中一个测量面的直径应为  $16.0 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ，另一个测量面的直径应大于  $16.0 \text{ mm}$ ，两测量面的平行度应不超过表 2 的规定。

表 2 用于纸和纸板厚度测定的测量面平行度

| 测量范围                    | 两测量面的平行度             |
|-------------------------|----------------------|
| $L \leq 0.5 \text{ mm}$ | $\leq 5 \mu\text{m}$ |
| $L > 0.5 \text{ mm}$    | $\leq 1\%$           |

### 4.2 测量面的表面粗糙度

电子厚度仪测量面的表面粗糙度应不超过表 3 的规定。

表 3 测量面的表面粗糙度

| 分辨力                       | 测量面的表面粗糙度 $R_a$   |
|---------------------------|-------------------|
| 0.1 mm                    | $0.4 \mu\text{m}$ |
| 0.01 mm、0.002 mm、0.001 mm | $0.2 \mu\text{m}$ |

### 4.3 测量力

用于塑料薄膜和薄片厚度测定的测量力应不超过表 4 的规定，用于纸和纸板厚度测定

的测量力应不超过  $20\text{ N} \pm 2\text{ N}$ 。

表 4 用于塑料薄膜和薄片厚度测定的测量力

| 测头形式  | 测量力                              |
|-------|----------------------------------|
| 平面/平面 | $0.5\text{ N} \sim 1.0\text{ N}$ |
| 凸面/平面 | $0.1\text{ N} \sim 0.5\text{ N}$ |

#### 4.4 示值误差和示值重复性

用于塑料薄膜和薄片厚度测定的示值误差和示值重复性应不超过表 4 的规定；用于纸和纸板厚度测定的示值误差和示值重复性应不超过表 5 的规定。

表 5 用于塑料薄膜和薄片厚度测定的示值误差和示值重复性

| 测量范围 $L$                                                 | 示值误差                       | 示值重复性                  |
|----------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| $L \leq 100\text{ }\mu\text{m}$                          | $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ | $1\text{ }\mu\text{m}$ |
| $100\text{ }\mu\text{m} < L \leq 250\text{ }\mu\text{m}$ | $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$ | $2\text{ }\mu\text{m}$ |
| $L > 250\text{ }\mu\text{m}$                             | $\pm 3\text{ }\mu\text{m}$ | $3\text{ }\mu\text{m}$ |

表 6 用于纸和纸板厚度测定的示值误差和示值重复性

| 测量范围 $L$               | 两测量面的平行度                    | 示值误差                         | 示值重复性                        |
|------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $L \leq 0.5\text{ mm}$ | $\leq 5\text{ }\mu\text{m}$ | $\pm 2.5\text{ }\mu\text{m}$ | $\pm 2.5\text{ }\mu\text{m}$ |
| $L > 0.5\text{ mm}$    | $\leq 1\%$                  | $\pm 0.5\%$                  | $\pm 0.5\%$                  |

注：以上技术指标要求不用于合格性判定，仅供参考。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

校准环境温度  $(20 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $\leq 80\%$ 。

### 5.2 校准用计量器具

校准用计量器具见表 7，也可以采用满足测量不确定要求的其他测量标准及设备。

表 7 校准用计量器具

| 序号 | 计量器具名称   | 计量性能                                                |
|----|----------|-----------------------------------------------------|
| 1  | 卡尺       | MPE: $\pm 0.03 \text{ mm}$                          |
| 2  | 半径样板     | MPE: $\pm 0.020 \text{ mm} \sim \pm 0.1 \text{ mm}$ |
| 3  | 表面粗糙度样块  | MPE: $+12\% \sim -17\%$                             |
| 4  | 测力仪      | MPE: 不低于 $\pm 1\%$                                  |
| 5  | 标准厚度片、量块 | 不确定度不大于被校电子厚度仪最大允许误差的 $1/3$                         |

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

校准项目见表 8。

表 8 校准项目

| 序号                                   | 校准项目        |
|--------------------------------------|-------------|
| 1                                    | 平面测头测量面的直径  |
| 2                                    | 凸面测量面的曲率半径  |
| 3                                    | 测头测量面的表面粗糙度 |
| 4                                    | 测量力         |
| 5                                    | 上、下测头测量面平行度 |
| 6                                    | 示值误差        |
| 7                                    | 示值重复性       |
| 注：测量面为凸面的电子厚度仪，不进行测量面的直径和两测量面平行度的校准。 |             |

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前准备

6.2.1.1 校准前应先检查电子厚度仪，确定无影响计量特性因素后再进行校准。



6.2.1.2 校准前应将标准厚度片或量块与电子厚度仪在室内平衡温度，平衡温度时间不低于 3 h。

6.2.1.3 校准前根据说明书规定的时间对电子厚度仪开机预热。没有规定的，预热时间不低于 1 h。

## 6.2.2 平面测头测量面的直径

用卡尺直接测量电子厚度仪平面测头的测量面直径，测量时应在如图 2 所示的相互垂直的两个方向上进行，取两个方向直径测量结果的平均值作为该测量面的直径校准结果。

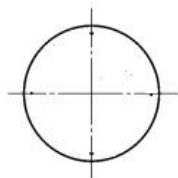


图 2 测量面直径测量位置示意图

## 6.2.3 凸面测量面的曲率半径

用半径样板以光隙法测量凸面测头测量面的曲率半径。

## 6.2.4 上、下测头测量面的平行度

选择电子厚度仪测量范围内任意尺寸单个的标准厚度片或量块，以其同一部位放入图 3 所示测量面间的 4 个位置上，启动电子厚度仪进行测量，每次测量前均应对电子厚度仪置零。

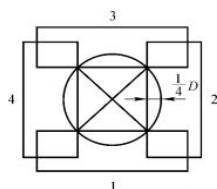


图 3 两测量面的平行度测量位置示意图

按公式 1 计算两测量面的平行度。

$$A = 0.5\sqrt{|d_1 - d_3|^2 + |d_2 - d_4|^2} \quad (1)$$

式中：

$A$  ——电子厚度两测量面的平行度，mm；

$d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$  ——分别为量块在图 3 所示 1、2、3、4 位置处的厚度示值，mm。

#### 6.2.5 测量面的表面粗糙度

将电子厚度仪测头的测量面与表面粗糙度比较样块进行比较测量。

#### 6.2.6 测量力

将测力仪传感器置于电子厚度仪量上、下测头之间，启动电子厚度仪进行测量，以测力仪示值作为电子厚度仪测量力校准结果。

#### 6.2.7 示值误差和示值重复性

启动电子厚度仪使两测量面接触并使示值置零，在随后的测量中不应重调零点。在电子厚度仪测量范围内选择大致均匀分布的五个校准点，在两测量面间放入相应厚度的单个标准厚度片或量块，启动电子厚度仪分别进行测量，每个校准点重复测量 5 次，按公式(2)和公式(3)计算电子厚度仪的示值误差和示值重复性。

$$e_i = \bar{L}_i - L_{si} \quad (2)$$

式中：

$e_i$  ——各校准点电子厚度仪示值误差，mm；

$\bar{L}_i$  ——各校准点 5 次测量结果平均值，mm；

$L_{si}$  ——各校准点厚度标准片或量块尺寸，mm。

$$\delta_i = \frac{L_{i\max} - L_{i\min}}{C} \quad (3)$$

式中：

$\delta_i$ ——各校准点电子厚度仪示值重复性，mm；

$L_{i\max}$ ——各校准点 5 次测量结果中最大值，mm；

$L_{i\min}$ ——各校准点 5 次测量结果中最小值，mm。

$C$ ——极差系数，取 2.33。

## 7 校准结果表达与处理

### 7.1 校准记录

校准原始记录参考格式见附录 B。

### 7.2 校准结果的处理

校准证书内页参考格式见附录 C，校准证书应至少包括以下内容：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如证书编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；

- k) 校准结果及测量不确定度的说明;
- l) 校准员及核验员的签名;
- m) 校准证书批准人的签名;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

## 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

## 附录 A

### 电子厚度仪示值误差校准结果的不确定度评定示例

#### A.1 概述

A.1.1 测量依据：JJF（黔）XX-202X《电子厚度仪校准规范》。

A.1.2 环境条件：温度（ $20 \pm 5$ ）℃，相对湿度不大于 80%。

A.1.3 测量对象：电子厚度仪。

A.1.4 测量标准：4 等量块。

A.1.5 测量方法：将量块放入电子厚度仪下测头上，启动电子厚度仪对量块进行测量，以电子厚度仪示值与量块尺寸之差为电子厚度仪示值误差。

#### A.2 测量模型

测量模型按公式（A.1）建立。

$$e = L_d - L_s + L_d \alpha_d t_d - L_s \alpha_s t_s + \delta_F \quad (\text{A.1})$$

式中：

$e$ ——电子厚度仪示值误差；

$L_d$ ——电子厚度仪示值（20℃）；

$L_s$ ——量块长度（20℃）；

$\alpha_d$ 、 $\alpha_s$ ——分别为电子厚度仪和量块线膨胀系数；

$t_d$ 、 $t_s$ ——分别为电子厚度仪和量块温度偏离 20℃的数值；

$\delta_F$ ——测量力引起的变形量。

#### A.3 方差和灵敏系数

令  $\Delta\alpha = \alpha_d - \alpha_s$ ;  $\Delta t = t_d - t_s$ ;  $L \cup L_d \cup L_s$ ;  $\alpha \cup \alpha_d \cup \alpha_s$ ;  $t \cup t_d \cup t_s$

则式 (A.1) 可变换为:

$$e = L_d - L_s + L_{\alpha} \Delta t + L_{\Delta\alpha} t$$

方差:  $u^2 = c_1^2 u^2(L_d) + c_2^2 u^2(L_s) + c_3^2 u^2(\Delta t) + c_4^2 u^2(\Delta\alpha)$

灵敏系数:  $c_1 = \frac{fe}{fL_d} = 1$ ;  $c_2 = \frac{fe}{fL_s} = -1$ ;  $c_3 = \frac{fe}{f\Delta t} = L_{\alpha}$ ;  $c_4 = \frac{fe}{f\Delta\alpha} = L_{\Delta\alpha}$ ;  $c_5 = \frac{fe}{f\delta_f} = 1$ 。

#### A.4 各输入量的标准不确定度评定

##### A.4.1 电子厚度仪示值 $L_d$ 的标准不确定度 $u(L_d)$ 的评定

###### A.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L_d)$

1 mm 校准点在相同条件下, 对量块厚度重复测量 10 次, 测得结果见表 A.1。

表 A.1 电子厚度仪示值测量结果

| 测量次数        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 测量结果<br>/mm | 1.001 | 1.001 | 1.001 | 1.002 | 1.003 | 1.002 | 1.001 | 1.001 | 1.002 | 1.002 |

按贝塞尔公式法, 则:

$$s = 0.7 \mu\text{m}$$

因校准结果取 5 次测量结果平均值, 故:

$$u_1(L_d) = s/\sqrt{5} = 0.32 \mu\text{m}$$

###### A.4.1.2 电子厚度仪示值分辨力引入的标准不确定度 $u_2(L_d)$

电子厚度仪示值分辨力为 0.001 mm, 按均匀分布, 则:

$$u_2(L_d) = 0.29 \times 0.001 \text{ mm} = 0.29 \mu\text{m}$$

测量重复性引入的标准不确定度  $u_1(L_d)$  和分辨力引入的标准不确定度  $u_2(L_d)$  两

者取大，则：

$$u(L_d) = 0.4 \mu\text{m}$$

#### A.4.2 量块长度的标准不确定度 $u(L_s)$ 的评定

根据 JJG146-2011《量块》检定规程，1 mm 4 等量块的不确定度为  $U_{99}=0.22 \mu\text{m}$ ，包含因子按  $k=2.62$  计算，则：

$$u(L_s) = 0.22 \mu\text{m} / 2.62 = 0.08 \mu\text{m}$$

#### A.4.3 电子厚度仪与量块温度差引入的标准不确定度 $u(\Delta t)$ 的评定

电子厚度仪与量块之间存在温度差，估计以等概率落于  $\pm 1^\circ\text{C}$  区间内，按均匀分布，则：

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

#### A.4.4 电子厚度仪与量块线膨胀系数差引入的标准不确定度 $u(\Delta \alpha)$ 的评定

电子厚度仪与量块的材料线膨胀系数界限均为  $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1}$ ，两者间线膨胀系数差极限为  $2 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1}$ ，服从三角分布，则：

$$u(\Delta \alpha) = 2 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1} / \sqrt{6} = 0.82 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1}$$

#### A.4.5 测量力引起的变形量引入的标准不确定度 $u(\delta_F)$ 的评定

测量时，可能因为测量力产生压陷而产生厚度测量的误差，量块的弹性模量  $E=206\text{GPa}$ ，泊松比  $\mu=0.25$ ，使用测头直径  $d$  为 8.00 mm，测量力  $N$  为 0.6 N，则由测力引起的变形量为：

$$\delta_F = \sqrt[3]{\frac{9\pi^2 K^2}{8} \leftrightarrow \frac{N^2}{d}} = 0.099 \mu\text{m}, \text{ 其中 } K = \frac{1-\mu^2}{\pi E}$$

假定符合均匀分布，则：

$$u(\delta_F) = \frac{0.099}{\sqrt{3}} = 0.057 \text{ (}\mu\text{m)}$$

#### A.4.3 不确定度分量汇总表

不确定度分量汇总表见表 A.2。

表 A.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度来源         | 标准不确定度值 $u$<br>( $x$ )                              | 灵敏系数 $c_i$                                                       | $ c_i  \times u$<br>( $x$ ) |
|----------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 电子厚度仪示值        | 0.32 $\mu\text{m}$                                  | 1                                                                | 0.32 $\mu\text{m}$          |
| 量块长度           | 0.08 $\mu\text{m}$                                  | -1                                                               | 0.08 $\mu\text{m}$          |
| 电子厚度仪与量块温度差    | 0.58 $^{\circ}\text{C}$                             | $11.5 \times 10^{-6}$<br>$\text{mm} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ | 0.007 $\mu\text{m}$         |
| 电子厚度仪与量块线膨胀系数差 | $0.82 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ | $5 \text{ mm} \cdot ^{\circ}\text{C}$                            | 0.004 $\mu\text{m}$         |
| 测量力引起的变形量      | 0.057 $\mu\text{m}$                                 | 1                                                                | 0.057 $\mu\text{m}$         |

#### A.5 合成标准不确定度

表 A.2 中各量互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_d) + c_2^2 u^2(L_s) + c_3^2 u^2(\Delta t) + c_4^2 u^2(\Delta \alpha) + c_5^2 u^2(\delta_F)} = 0.4 \mu\text{m}$$

#### A.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则：

$$\text{扩展不确定度：} U = k \times u_c = 2 \times 0.5 \mu\text{m} = 0.8 \mu\text{m}$$



## 附录 B

## 校准原始记录参考格式

## B.1 测量面的直径

上：            mm；下：            mm。

## B.2 凸面测头测量面的曲率半径：            mm。

## B.3 上、下测头测量面的平行度

位置 1：        mm，位置 2：        mm，位置 3：        mm，位置 4：        mm，  
平行度：        mm。

## B.4 测头测量面的粗糙度

上：             $\mu\text{m}$ ；下：             $\mu\text{m}$ 。

## B.5 测量力：        N。

## B.6 示值误差和重复性

| 校准点 | 量块<br>长度 | 电子厚度仪示值 |   |   |   |   |    | 示值误<br>差 | 重复性 |
|-----|----------|---------|---|---|---|---|----|----------|-----|
|     |          | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 |          |     |
|     |          |         |   |   |   |   |    |          |     |
|     |          |         |   |   |   |   |    |          |     |
|     |          |         |   |   |   |   |    |          |     |
|     |          |         |   |   |   |   |    |          |     |
|     |          |         |   |   |   |   |    |          |     |

## B.6 测量结果不确定度：

## 附录 C

## 校准证书内页参考格式

## C.1 测量面的直径

上：            mm；下：            mm。

## C.2 凸面测头测量面的曲率半径：            mm。

## C.3 上、下测头测量面的平行度：            mm。

## C.4 测头测量面的粗糙度

上：             $\mu\text{m}$ ；下：             $\mu\text{m}$ 。

## C.5 测量力：            N。

## C.6 示值误差和重复性

| 校准点 | 示值误差 | 重复性 |
|-----|------|-----|
|     |      |     |
|     |      |     |
|     |      |     |
|     |      |     |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

C.7 测量结果不确定度：

---

