



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—2020

---

铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜  
喷磨试验仪校准规范

（预审稿）

Calibration Specification for

abrasive jet test apparatus for Anodic Oxidation and Organic Polymer Coatings  
of Aluminum Alloy

2020-xx-xx 发布

2020-xx-xx 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜  
喷磨试验仪校准规范

**Calibration Specification for**

**abrasive jet test apparatus for Anodic  
Oxidation and Organic Polymer Coatings**

---

JJF（有色金属）xxx—2020

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：国标（北京）检验认证有限公司

参加起草单位：

本规范条文由中国有色金属工业协会负责解释

本规范主要起草人：

xxx（xxx）

参加起草人：

xxx（xxx）

# 目录

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1 范围.....                  | 1 |
| 2 引用文件.....                | 1 |
| 3 术语和计量单位.....             | 1 |
| 3.1 供料漏斗 .....             | 1 |
| 3.2 流量计 .....              | 1 |
| 3.3 压力表 .....              | 1 |
| 3.4 计量单位 .....             | 1 |
| 4 概述.....                  | 2 |
| 5 计量特性.....                | 2 |
| 5.1 试验仪管路结构.....           | 3 |
| 5.2 性能等级 .....             | 3 |
| 6 通用技术要求.....              | 3 |
| 6.1 外观.....                | 3 |
| 6.2 喷磨系统 .....             | 3 |
| 6.3 控制系统 .....             | 3 |
| 7 计量器具控制.....              | 3 |
| 7.1 校准环境条件 .....           | 3 |
| 7.2 校准用标准器.....            | 4 |
| 8 校准项目和校准方法.....           | 4 |
| 8.1 试验仪管路结构 .....          | 4 |
| 8.2 试验仪用传感器、仪器和仪表的校准 ..... | 4 |
| 8.3 试验仪相对偏差 .....          | 4 |
| 8.4 校准参数 .....             | 5 |

---

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 9 校准结果表达.....                 | 6  |
| 10 复校周期.....                  | 6  |
| 附录 A 校准原始记录格式.....            | 7  |
| 附录 B 校准证书.....                | 8  |
| 附录 C 喷磨试验仪压力测量结果不确定度评定 .....  | 11 |
| C.1 概述.....                   | 11 |
| C.2 测量模型及不确定度的来源分析.....       | 11 |
| C.3 测量不确定度评定.....             | 11 |
| C.4 合成标准不确定度评定.....           | 13 |
| C.5 扩展不确定度 <sup>U</sup> ..... | 16 |

# 引 言

本规范按 JJF 1071—2010 的要求编写。

本规范是首次制定。

# 铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜喷磨试验仪校准规范

## 1 范围

本校准规范适用于铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜喷磨试验仪（以下简称试验仪）的校准，用于规范校准方法、提升专业计量测试水平、提高铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜性能检测数据的准确性和可靠性。

## 2 引用文件

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

JJG 52-2013 弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表

JJG 633-2005 气体容积式流量计

凡注日期的引用文件，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 术语和计量单位

### 3.1 供料漏斗

供料漏斗是用于储存磨料，并能以（20g/min~30g/min） $\pm 1$ g/min的速度供料。

### 3.2 流量计

流量计用于测量压缩空气或惰性气体的流速，常用流速为40L/min~70L/min。

### 3.3 压力表

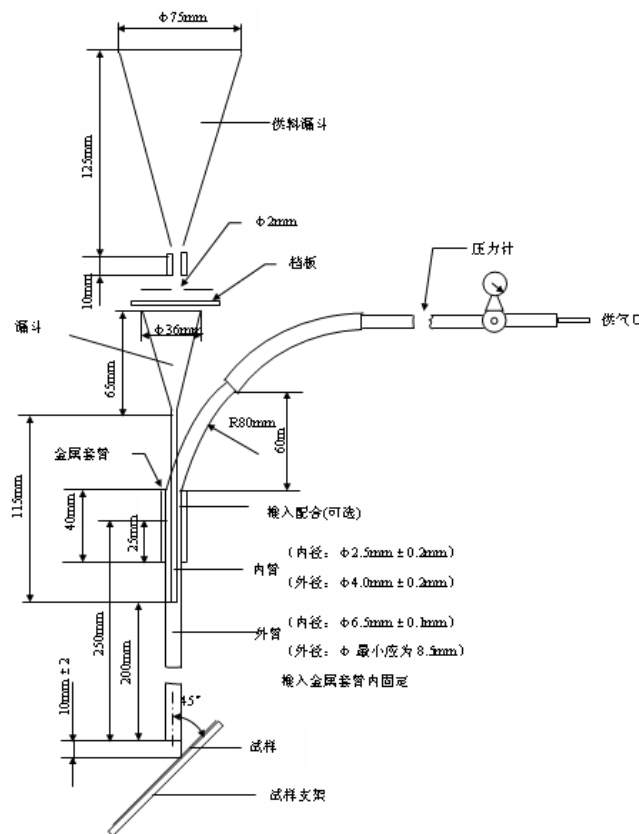
用于测量压缩空气的压强，常用压强为15kPa。

### 3.4 计量单位

克（g），秒（s），毫米（mm），千帕（kPa）

4 概述

试验仪包括管路系统、控制系统和图像采集与测量系统，用于铝合金阳极氧化膜和有机聚合物膜的耐磨性能试验。试验项目涉及耐磨性和相对耐磨性试验等。图 1 给出了喷磨



试验仪构造示意图，图 2 给出了喷嘴构造示意图。

图 1 喷磨试验仪构造示意图

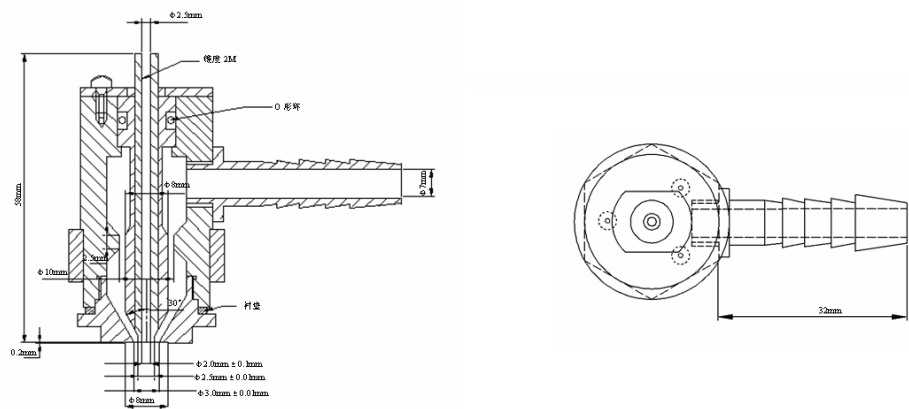


图 2 喷嘴构造示意图（左：正视图；右：仰视图）

5 计量特性

## 5.1 试验仪管路结构

供料漏斗直径 75mm、高度 125mm、出口内径 2mm，漏斗直径 36mm、高度 65mm、出口内径 2.5mm，内管长度 115mm、内径 2.5mm、外径 4.0mm，外管长度 250mm、内径 6.5mm、外径不小于 8.5mm。供料漏斗落砂速度（20g/min ~ 30g/min） $\pm 1$ g/min。

## 5.2 性能等级

试验仪校准精度分为2个等级，1级具有较高的精度，2级具有较低的精度。不同等级试验仪参数测量允差值（见表1）。

表 1 测量参数测量允差值

| 测量参数    | 1 级<br>%  | 2 级<br>%  |
|---------|-----------|-----------|
| 试验仪相对偏差 | $\pm 3.0$ | $\pm 5.0$ |

# 6 通用技术要求

## 6.1 外观

6.1.1 试验仪应有铭牌，铭牌上应有：名称、型号、规格、准确度等级、制造厂名、出厂编号及日期。

6.1.2 试验仪各种开关、按钮应操作灵活可靠，各部分的连接应牢固、可靠、无松动，显示部分应显示清晰、无误。

## 6.2 喷磨系统

磨料的流动和计时应同时进行，在整个校准周期内，应保证磨料喷射自如。

## 6.3 控制系统

试验仪的流量计和压力表应能正常显示。

# 7 计量器具控制

## 7.1 校准环境条件

试验仪应在温度 20℃~26℃，相对湿度 30%~80%的条件下进行校准。校准过程中温度

波动不大于 3℃。

## 7.2 校准用标准器

7.2.1 校准用钢直尺应不低于 0.2 级。

7.2.2 卡尺的分度值应不低于 0.02mm，建议使用数显卡尺。

7.2.3 电子秒表。

7.2.4 数字压力表，应优于被校压力表精度等级的 1/3。

7.2.5 流量计，校准用的流量计的流量范围应与被校流量计范围相适应，其扩展不确定度 ( $k=2$ ) 应小于或等于被检流量计最大允许误差绝对值的二分之一。

## 8 校准项目和校准方法

### 8.1 试验仪管路结构

供料漏斗直径、高度，漏斗直径、高度，内管长度，外管长度使用钢卷尺直接校准。供料漏斗出口内径，漏斗出口内径，内管内径、内管外径，外管内径、外径采用数显卡尺校准。

### 8.2 试验仪用传感器、仪器和仪表的校准

试验仪校准时，其上所有传感器、仪器和仪表均应在其检定或校准有效期内。压力表的校准应符合 JJG 52 的规定，气体流量计的校准应符合 JJG 633 的规定。

### 8.3 试验仪相对偏差

8.3.1 确定标准试样的磨损面。按 GB/T 4957 规定的方法，用涡流测厚仪精确地测量磨损面的膜层厚度。将标准试样固定在试样支架上，其磨损面与喷嘴相对，试样支架为一个倾斜式平台，试样面通常与喷嘴的轴线成  $45^\circ \sim 55^\circ$  角，角度越大，其椭圆形的检验区越小，磨损越快，最终的检验点越明显。

8.3.2 试验时在供料漏斗中加入磨料。如果耐磨性能是按磨料用量来测量，则应称量供料漏斗中的磨料质量，精确到 1g。

8.3.3 将试验气体的流速或压调整至选定值，一般情况下，普通阳极氧化膜试验气体压强为 7.5kPa，硬质阳极氧化膜及有机聚合物膜试验气体压强为 15kPa，厚度大于 30μm 的膜层也可选用试验气体压强为 15kPa。磨料的流动和计时应同时进行，在整个校准周期内，应保证磨料喷射自如。

8.3.4 在目测条件下检验时应密切注意标准试样，当磨损面中心出现一个小黑点，并且黑点的直径扩大至 2mm 时，应立即停止磨料喷射和计时器，结束试验。记录试验时间，用秒表示。

8.3.5 仪器的校正应使用同一标准试样至少测量五个位置，按照公式 (1) 计算喷磨系数  $K$ 。

$$K = \frac{d_s}{S_s} \times 10 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$K$ ——喷磨系数，单位为微米每秒 (μm/s)；

$d_s$ ——标准试样上的检验面原始膜厚，单位为微米 (μm)；

$S_s$ ——标准试样的耐磨性参数，单位为秒 (s)。

8.3.6 按照公式 (2) 计算试验仪相对偏差  $\Delta K$ 。

$$\Delta K = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{\bar{K}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta K$ ——喷磨系数，单位为微米每秒 (μm/s)；

$K_{\max}$ ——标准试样上的检验面原始膜厚，单位为微米每秒 (μm/s)；

$K_{\min}$ ——标准试样的耐磨性参数，单位为微米每秒 (μm/s)。

$\bar{K}$ ——标准试样的耐磨性参数，单位为微米每秒 (μm/s)。

#### 8.4 校准参数

可根据试验台类型或用户要求确定选择表 2 中的部分或全部。

表 2 测量参数校准项目

| 测量参数 | 校准内容 |
|------|------|
|------|------|

|         |       |
|---------|-------|
| 试验仪管路结构 | 几何量测量 |
| 试验仪精度等级 | 相对偏差  |

## 9 校准结果表达

校准原始记录记录应包含的内容见附录A。校准结果应记录在校准证书和校准报告上，校准证书的格式见附录B。

## 10 复校周期

建议复校周期为2年。

## 附录 A 校准原始记录格式

校准原始记录

中心编号/证书编号:

校准日期:

送检单位:

校准依据:

| 被校设备信息 |  |        |       |
|--------|--|--------|-------|
| 器具名称   |  | 出厂编号   |       |
| 型号/规格  |  | 设备编号   |       |
| 精度等级   |  | 制造厂    |       |
| 校准地点   |  | 环境条件   | ℃ %RH |
| 标准器信息  |  |        |       |
| 标准器名称  |  | 标准器型号  |       |
| 标准器编号  |  | 准确度等级  |       |
| 证书编号   |  | 标准器有效期 |       |

表 A1 试验台结构

| 序号 | 校准项目   | 实测值 |  |  | 平均值 |
|----|--------|-----|--|--|-----|
| 1  | 供料漏斗尺寸 |     |  |  |     |
| 2  | 漏斗尺寸   |     |  |  |     |
| 3  | 内管尺寸   |     |  |  |     |
| 4  | 外管尺寸   |     |  |  |     |
| 5  | -----  |     |  |  |     |

扩展不确定度:

表 A2 测量用传感器、仪器和仪表

| 序号 | 校准项目  | 实测值 |  |  | 平均值 | 扩展不确定度<br>$U/ (k=2)$ |
|----|-------|-----|--|--|-----|----------------------|
| 1  | 流量计   |     |  |  |     |                      |
| 2  | 压力表   |     |  |  |     |                      |
| 3  | ----- |     |  |  |     |                      |

校准人:

核验人:

附录B 校准证书

XXXX

XXXX

校准证书

Calibration Certificate

证书编号: GBJZ201910002  
Certificate No.

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 委托单位                  | /                |
| Client                |                  |
| 单位地址                  | /                |
| Address of the Client |                  |
| 器具名称                  | /                |
| Description           |                  |
| 型号/规格                 | /                |
| Model/SPEC            |                  |
| 制造单位                  | /                |
| Manufacturer          |                  |
| 出厂编号                  | /                |
| Seial No.             |                  |
| 设备编号                  | /                |
| Device No.            |                  |
| 批准人                   | 批准人              |
| Approved              | Approved _____   |
| 核验员                   | 核验员              |
| Checked               | Checked _____    |
| 校准人                   | 校准人              |
| Calibrated            | Calibrated _____ |
| 校准日期                  | 2019 年 10 月 14 日 |



| 校准结果   |      |        |
|--------|------|--------|
| 校准项目   | 校准结果 | 扩展不确定度 |
| 供料漏斗尺寸 |      |        |
| 漏斗尺寸   |      |        |
| 内管尺寸   |      |        |
| 外管尺寸   |      |        |
| 流量计    |      |        |
| 压力表    |      |        |
| 以下空白   |      |        |

## 附录 C 喷磨试验仪压力测量结果不确定度评定

### C.1 概述

不确定度评定依据 JJF 1059.1—2012，在符合本校准规范的测量条件下，可以直接使用本不确定度的评定结果。

#### C.1.1 测量依据

依据《JJG 52-2013 弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表检定规程》对压力表进行校准。

#### C.1.2 测量对象

压力表      准确度等级：2.5 级

#### C.1.3 测量方法及主要设备

采用直接比较法对压力表进行校准。

所用标准器为现场全自动压力校验仪（模块），其测量范围为（0~100）kPa，准确度等级为 0.02 级。

### C.2 测量模型及不确定度的来源分析

#### C.2.1 测量模型

$$\delta = P_1 - P_0 \quad (1)$$

式中  $\delta$  —— 被检压力表的示值误差（kPa）

$P_1$  —— 被检压力表的示值（kPa）

$P_0$  —— 标准数字压力计的示值（kPa）

#### C.2.2 测量不确定度来源分析

- a) 测量重复性引入的不确定度分量  $u(P_1)_1$
- b) 压力表分辨力引入的不确定度分量  $u(P_1)_2$
- c) 标准器受环境温度影响引入的不确定度分量  $u(P_2)_1$
- d) 气（液）柱差修正不完善引入的不确定度分量  $u(P_2)_2$
- e) 标准器准确度引入的不确定度分量  $u(P_2)_3$
- f) 工作介质高度差引入的标准不确定度分量  $u(P_2)_4$

### C.3 测量不确定度评定

**C.3.1 被检表测量重复性引入的不确定度分量 $u(P_1)_1$** 

为计算本项计量标准的测量重复性带来的不确定度，以一块准确度等级为 2.5 级，测量范围为（0~40）kPa 压力表为例，对其全程进行检定后，发现在 40kPa 点上变化较大，估算其不确定度：

表 1 本次试验重复性测量第 1-5 次

| 序号      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|---------|------|------|------|------|------|
| 示值（kPa） | 40.8 | 40.8 | 40.6 | 40.8 | 40.8 |
| 误差（kPa） | 0.8  | 0.8  | 0.6  | 0.8  | 0.8  |

表 2 本次试验重复性测量第 6-10 次

| 序号      | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---------|------|------|------|------|------|
| 示值（kPa） | 40.8 | 40.8 | 40.6 | 40.8 | 40.8 |
| 误差（kPa） | 0.8  | 0.8  | 0.6  | 0.8  | 0.8  |

因为  $n=10$ ，求得： $\bar{P}=40.76\text{kPa}$

$$\text{则标准偏差：} u(P_1)_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (P_i - \bar{P})^2}{n-1}} = 0.08\text{kPa}$$

**C.3.2 压力表分辨力引入的不确定度分量 $u(P_1)_2$** 

压力表的显示分辨力直接影响到检定结果。该台压力表的最小分辨力为 1kPa,且服从均匀分布，此输入量为 B 类不确定度。则有压力表分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(P_1)_2 = 0.29 \times 1 = 0.29\text{kPa}$$

由于  $u(P_1)_2 > u(P_1)_1$ ，所以取  $u(P_1) = u(P_1)_2 = 0.29\text{kPa}$

**C.3.3 标准器受环境温度影响引入的不确定度分量 $u(P_2)_1$** 

由于检定时严格按照检定规程要求控制检定温度为 21℃，所以标准器受检定环境温度影响引入的不确定度分量忽略不计， $u(P_2)_1 = 0$

**C.3.4 气（液）柱差修正不完善引入的不确定度分量 $u(P_2)_2$** 

检定中当标准器与被检压力表的取压口不在同一水平面时，形成的气（液）柱差将造

成测量误差。该项测量误差可以通过人工干预得到消除。而本次由于 0.02 级数字压力计标准装置所使用的标准器工作台，被检表与标准压力模块在同一水平面，估由工作介质高度差引入的不确定度不做考虑。 $u(P_2)_2 = 0$

### C.3.5 标准器准确度引入的不确定度分量 $u(P_2)_3$

本次检定的标准器是一台测量范围为(0~100)kPa 的数字压力计其检定证书给出的准确度等级为 0.02 级。准确度等级引入的最大误差为 $\pm 0.02\text{kPa}$ ，且服从正态分布不确定度， $k=2$ ，按不确定度的 B 类评定方法评定。则标准器引入的不确定度为：

$$u(P_2)_3 = \frac{0.02\% \times 100\text{kPa}}{\sqrt{3}} = 0.01\text{kPa}$$

### C.3.6 工作介质高度差引入的标准不确定度分量 $u(P_2)_4$

由于 0.02 级数字压力计标准装置所使用的标准器工作台，被检表与标准压力模块在同一水平面，故由工作介质高度差引入的不确定度不做考虑。 $u(P_2)_4 \approx 0$

由以上计算可得 $u(P_2) = 0.01\text{kPa}$

## C.4 合成标准不确定度评定

### C.4.1 不确定度各分量汇总

表 3 标准不确定度各分量汇总表

| 不确定度来源    | 标准不确定度分量   | 量 值/kPa |
|-----------|------------|---------|
| 测量重复性     | $u(P_1)_1$ | 0.08    |
| 测量分辨力     | $u(P_1)_2$ | 0.29    |
| 环境温度影响    | $u(P_2)_1$ | 0       |
| 气（液）柱差    | $u(P_2)_2$ | 0       |
| 标准装置（标准器） | $u(P_2)_3$ | 0.01    |
| 工作介质高度差   | $u(P_2)_4$ | 0       |

### C.4.2 合成标准不确定度 $u_c$

$$\begin{aligned}
 u_c &= \sqrt{u(P_1)^2 + u(P_2)^2} \\
 &= \sqrt{0.29^2 + 0.01^2}
 \end{aligned}$$

$$= 0.29\text{kPa}$$

### C.5 扩展不确定度 $U$

取置信概率为  $p=0.95$ ，则计算扩展不确定度取扩展因子  $k=2$

$$U = u_c \times k = 0.29 \times 2 = 0.6\text{kPa}$$

$$U_{rel} = \frac{0.6\text{kPa}}{40\text{kPa}} \times 100\% = 0.15\%$$