



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

铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜用
落砂试验机校准规范

（报批稿）

Calibration Specification for Sand Falling Test Apparatuses for Anodizing and
Organic Coatings on Aluminium Alloy

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

铝合金阳极氧化膜及有机聚 合物膜用落砂试验机校准规 范

Calibration Specification for Sand Falling Test

Apparatuses for Anodizing and Organic

Coatings on Aluminium Alloy

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：广东省科学院工业分析检测中心

国合通用（青岛）测试评价有限公司

西南铝业（集团）有限责任公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

国标（北京）检验认证有限公司

广州计量检测技术研究院

西安汉唐分析检测有限公司

天津艾隆科技开发有限公司

广船国际有限公司

东北轻合金有限责任公司

广东坚美铝型材厂（集团）有限公司

广东广铝铝型材有限公司

广东伟业铝厂集团有限公司

广东省科学院新材料研究所

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：

周 鹏（广东省科学院工业分析检测中心）
伍超群（广东省科学院工业分析检测中心）
任高飞（国合通用（青岛）测试评价有限公司）
张国栋（西南铝业（集团）有限责任公司）
闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）
刘巨强（广东省科学院工业分析检测中心）
王甫松（国标（北京）检验认证有限公司）
梁志坚（广州计量检测技术研究院）
黄秋玲（广东省科学院工业分析检测中心）
王晨曦（西安汉唐分析检测有限公司）
史宏伟（天津艾隆科技开发有限公司）
黄佳建（广船国际有限公司）
曹袁明（东北轻合金有限责任公司）
徐世光（广东坚美铝型材厂（集团）有限公司）
刘 畅（广东广铝铝型材有限公司）
梁美婵（广东伟业铝厂集团有限公司）
赵 利（广东省科学院新材料研究所）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 校准项目	(4)
6.2 校准方法	(4)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 校准原始记录参考格式	(7)
附录 B 校准证书内页参考格式	(9)
附录 C 导管长度偏差测量结果不确定度评定示例	(10)

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。

本规范参考了 GB/T 12967.1-2020《铝及铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜检测方法 第1部分：耐磨性的测定》和 YS/T 1186-2017《铝表面阳极氧化膜与有机聚合物膜耐磨性能测试用落砂试验仪》的技术内容。

本规范为首次发布。

铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜用落砂试验机校准规范

1 范围

本规范适用于测试铝合金表面阳极氧化膜、有机聚合物膜耐磨性的落砂试验机（以下简称落砂试验机）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 2480 普通磨料 碳化硅

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 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

落砂试验机的工作原理是通过模拟自然界或工业环境中的磨料冲刷，定量评价铝合金阳极氧化膜、有机聚合物膜等膜层的耐磨性能。其核心是控制磨料以恒定的流量从固定高度自由落下，冲刷倾斜放置的测试膜层表面，根据磨穿膜层（露出规定面积的基体）所消耗的磨料量来评估耐磨性。

根据适用的测试膜层种类和磨料类型，落砂试验机可分为 A 型和 B 型，如表 1 所示。

表 1 落砂试验机类型及其适用的测试膜层种类

落砂试验机类型	适用的测试膜层种类	适用的磨料类型
A 型	阳极氧化膜、有机聚合物膜	碳化硅
B 型	有机聚合物膜	标准砂

落砂试验机的结构示意图如图 1、图 2 所示。

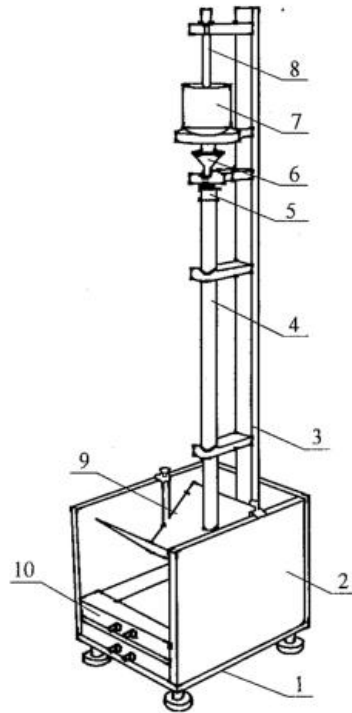


图 1 A 型落砂试验机结构示意图

1—基准面；2—支架底座；3—支架支撑杆；4—导管；5—开关；6—二级漏斗；
7—一级漏斗；8—磨料流速调节器；9—试样固定架；10—收料箱

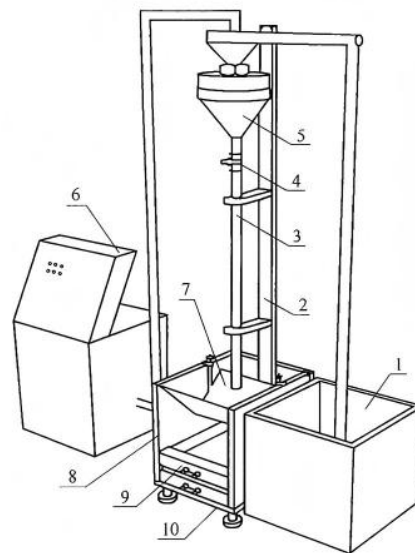


图 2 B 型落砂试验机结构示意图

1—进料箱；2—支架支撑杆；3—导管；4—开关；5—漏斗；6—真空系统；
7—试样固定架；8—支架底座；9—收料箱；10—基准面

4 计量特性

计量特性见表 2。

表 2 落砂试验机计量特性

校准项目		标称值	计量特性
导管内径偏差	A 型	20.0 mm	允许偏差：±0.5 mm
	B 型	19.0 mm	
导管长度偏差	A 型	970 mm	允许偏差：±1 mm
	B 型	914 mm	
试样固定架倾角偏差	A 型	45°	允许偏差：±1°
	B 型		
导管垂直度偏差	A 型	/	允许偏差：≤0.1 mm/m
	B 型		
磨料流量误差	A 型	320.00 g/min	最大允许误差：±10.00 g/min
	B 型	0.118 L/s	最大允许误差：±0.007 L/s

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（10～35）℃；

相对湿度：≤80 %；

避风环境且周围无振动介质；

地基水平度：≤0.2/1000。

5.2 测量标准

测量标准及技术要求见表 3。

表 3 测量标准及技术要求

测量标准	技术要求	备注
内径千分尺	最大允许误差：±0.010 mm	校准导管内径偏差
钢直尺	最大允许误差：±0.20 mm	校准导管长度偏差
数显倾角仪	最大允许误差：±0.2°	校准试样固定架倾角偏差
框式水平仪	分度值：0.02 mm/m	校准导管垂直度偏差
电子天平	Ⅲ级，量程 5000g，实际分度值 0.1g	校准磨料流量误差

表 3 测量标准及技术要求（续）

测量标准	技术要求	备注
秒表	最大允许误差：±0.10s/h	校准磨料流量误差
量筒	标称容量 2000mL，分度值 20mL，最大允许误差：±10mL	校准磨料流量误差
注：校准时可选用以上测量标准，也可以选用符合技术要求的其他测量装置。		

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包括导管内径偏差、导管长度偏差、试样固定架倾角偏差、导管垂直度偏差和磨料流量误差。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

落砂试验机外观应无破损、锈蚀，标识清晰，各部件安装稳固，无松动。

6.2.2 导管内径偏差

清洁导管内壁，确保无残留磨料。使用内径千分尺在导管下端出料口位置测量导管内径，重复测量 3 次，测量位置沿导管圆周均匀分布，按公式（1）计算导管内径偏差。

$$\Delta\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} - \phi_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta\phi$ ——导管内径偏差，mm；

ϕ_i ——导管内径第*i*次测量结果，mm；

ϕ_s ——导管内径标称值，mm；

n——测量次数，*n* = 3。

6.2.3 导管长度偏差

将钢直尺零刻度线与导管下端对齐，测量导管总长度，重复测量 3 次，按公式（2）计算导管长度偏差。

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} - L_s \quad (2)$$

式中：

ΔL ——导管长度偏差，mm；

L_i ——导管长度第 i 次测量结果, mm;

L_s ——导管长度标称值, mm;

n ——测量次数, $n = 3$ 。

6.2.4 试样固定架倾角偏差

将数显倾角仪与试样固定架表面贴合, 测量试样固定架与基准面的实际夹角。重复测量 3 次, 按公式 (3) 计算试样固定架倾角偏差。

$$\Delta\theta = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_i}{n} - \theta_s \quad (3)$$

式中:

$\Delta\theta$ ——试样固定架倾角偏差, °;

θ_i ——试样固定架倾角第 i 次测量结果, °;

θ_s ——试样固定架倾角标称值, °;

n ——测量次数, $n = 3$ 。

6.2.5 导管垂直度偏差

用框式水平仪贴合导管外圆, 在上下两端各测 3 次垂直度, 每端的 3 个测量位置沿圆周均匀分布, 以全部测量值中的最大值作为导管垂直度偏差校准结果。

6.2.6 磨料流量误差

对于 A 型落砂试验机, 在一级漏斗中装入至少 2kg 符合 GB/T 2480 规定的碳化硅, 打开开关的同时启动秒表计时, 待磨料流出 5 min~10 min 后, 关闭开关, 记录磨料流出的时间 t , 称量流出的磨料质量 m , 按公式 (4) 计算磨料流量误差, 小数点后保留两位数字。

$$\Delta f_m = m/t - f_s \quad (4)$$

式中:

Δf_m ——磨料流量误差, g/min;

m ——流出的磨料质量, g;

t ——磨料流出的时间, min;

f_s ——磨料流量标称值, g/min。

对于 B 型落砂试验机, 在漏斗中装入 2L 符合 GB/T 17671 规定的标准砂, 打开开关的同时启动秒表计时, 待 2L 磨料流出后, 记录磨料流出的时间 t , 按公式 (5) 计算磨料流

量误差，小数点后保留三位数字。

$$\Delta f_v = 2/t - f_s \quad . \quad (5)$$

式中：

Δf_v ——磨料流量误差，L/s；

t ——磨料流出的时间，s；

f_s ——磨料流量标称值，L/s。

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) 客户的名称和地址；
- 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；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用的测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境条件的描述；
- 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。

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

证书编号:

校准日期:

委托单位:

校准依据:

被校设备信息								
设备名称				设备编号				
型号/规格				制造厂				
校准地点								
环境条件	°C	%RH	地基水平度					
测量标准信息								
名称	型号	编号	证书编号	技术要求	有效期			
校准结果								
1.导管内径偏差 (mm)								
技术要求		测量值			平均值	偏差	扩展不确定度 ($k=2$)	
标称值	允许偏差	1	2	3				
2.导管长度偏差 (mm)								
技术要求		测量值			平均值	偏差	扩展不确定度 ($k=2$)	
标称值	允许偏差	1	2	3				
3.试样固定架倾角偏差 (°)								
技术要求		测量值			平均值	偏差	扩展不确定度 ($k=2$)	
标称值	允许偏差	1	2	3				
4.导管垂直度偏差 (mm/m)								
允许偏差	测量值						最大值	扩展不确定度 ($k=2$)
	上-1	上-2	上-3	下-1	下-2	下-3		

5.磨料流量误差							
落砂试验机类型	技术要求		流出的磨料质量 g	磨料流出的时间 ☐ min ☐ s	磨料流量 ☐ g/min ☐ L/s	误差 ☐ g/min ☐ L/s	扩展不确定度 ($k=2$)
	标称值	最大允许误差					
☐ A 型							
☐ B 型							

附录 B

校准证书内页参考格式

校准结果

校准项目	标称值	技术要求	校准结果	扩展不确定度 ($k=2$)
导管内径偏差 mm				
导管长度偏差 mm				
试样固定架倾角偏差 °				
导管垂直度偏差 mm/m				
磨料流量误差 (A 型) g/min				
磨料流量误差 (B 型) L/s				

附录 C

导管长度偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准依据

本规范。

C.1.2 被校设备

铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜用落砂试验机，型号为 A 型。

C.1.3 测量标准

钢直尺，量程为 1000 mm，分辨力为 0.1 mm，最大允许误差为 ± 0.20 mm。

C.1.4 校准方法

本规范 6.2.3。

C.2 测量模型

测量模型见公式 (C.1)。

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} - L_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔL ——导管长度偏差，mm；

L_i ——导管长度第 i 次测量结果，mm；

L_s ——导管长度标称值，mm；

n ——测量次数， $n=3$ 。

C.3 测量不确定度来源分析

导管长度偏差测量结果不确定度来源有：

- (1) 导管长度测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ；
- (2) 钢直尺分辨力引入的标准不确定度 u_2 ；
- (3) 钢直尺测量误差引入的标准不确定度 u_3 。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 导管长度测量重复性引入的标准不确定度 u_1

在相同条件下，用同一钢直尺对导管长度重复测量 10 次，测量结果见表 C.1。

表 C.1 导管长度重复测量数据

测量序号 i	测量值 L_i mm	平均值 $\bar{L}$ mm	标准偏差 s mm
1	970.1	970.3	0.12
2	970.3		
3	970.2		
4	970.4		
5	970.4		
6	970.4		
7	970.1		
8	970.3		
9	970.3		
10	970.2		

根据表 C.1 的数据，得到导管长度测量重复性标准偏差为 0.12 mm。每次校准对导管长度进行 3 次测量，即 $n=3$ ，故测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.12 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.069 \text{ mm}$$

C.4.2 钢直尺分辨力引入的标准不确定度 u_2

钢直尺的分辨力为 $\delta = 0.1 \text{ mm}$ ，则区间半宽为 $a = 0.05 \text{ mm}$ ，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则钢直尺分辨力引入的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.05 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ mm}$$

重复性和分辨力引入的不确定度取较大者， $u_2 < u_1$ ，故 u_2 忽略不计。

C.4.3 钢直尺测量误差引入的标准不确定度 u_3

钢直尺的最大允许误差为 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ，则区间半宽为 $a = 0.20 \text{ mm}$ ，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则钢直尺测量误差引入的标准不确定度为

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.20 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ mm}$$

C.4.4 合成标准不确定度 u_c

由各分量的标准不确定度，可以计算得合成不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = \sqrt{0.069^2 + 0.12^2} \text{ mm} = 0.14 \text{ mm}$$

C.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度为

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.14 \text{ mm} = 0.28 \text{ mm}$$
