



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

铜合金冲刷腐蚀试验机校准规范  
(报批稿)

Calibration Specification for  
Copper Alloy Erosion Corrosion Testing Machines

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

# 铜合金冲刷腐蚀试验机 校准规范

Calibration Specification for  
Copper Alloy Erosion Corrosion  
Testing Machines

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：国标（北京）检验认证有限公司

参加起草单位：有色金属技术经济研究院有限责任公司

广东省科学院工业分析检测中心

西安汉唐分析检测有限公司

中铝材料应用研究院有限公司

西南铝业（集团）有限责任公司

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：**

李 成（国标（北京）检验认证有限公司）

吴承骏（国标（北京）检验认证有限公司）

杨 银（国标（北京）检验认证有限公司）

**参加起草人：**

闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）

石常亮（广东省科学院工业分析检测中心）

余泽利（西安汉唐分析检测有限公司）

韦绍林（中铝材料应用研究院有限公司）

路 通（中铝材料应用研究院有限公司）

包超强（西南铝业（集团）有限责任公司）

# 目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
4.1 流速计.....	(1)
4.2 温度测量系统.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准.....	(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)
7 校准结果表达.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 校准原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(9)
附录 C 铜合金冲刷腐蚀试验机流速校准测量结果不确定度评定示例.....	(10)
附录 D 铜合金冲刷腐蚀试验机温度校准测量结果不确定度评定示例.....	(13)

## 引 言

本规范是以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》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范主要参考了GB/T 11086《铜及铜合金术语》、GB/T 16545《金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除》中的技术内容。

本规范为首次发布。

# 铜合金冲刷腐蚀试验机校准规范

## 1 范围

本校准规范适用于旋转圆盘式铜合金冲刷腐蚀试验机（以下简称试验机）的校准。  
其他形式的铜合金冲刷腐蚀试验机也可参照本规范进行校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：  
JJF 1030 恒温槽技术性能测试规范  
GB/T 11826 转子式流速仪

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 概述

铜合金冲刷腐蚀试验机主要用于铜合金冲刷腐蚀性能的测定。通过旋转驱动使以氯化钠为主要成分的冲刷介质冲刷样品表面，在规定的温度和 pH 值下冲刷规定的时间，根据试验后试样的腐蚀失重率，评价产品的耐冲刷腐蚀性能。

旋转圆盘式铜合金冲刷腐蚀试验机工作原理是指在设定的流速、温度下，通过圆盘旋转使试样和冲刷介质产生相对运动，对试样表面进行冲刷，由此评价样品的冲刷腐蚀性能。  
试验机的结构示意图如图 1 所示。

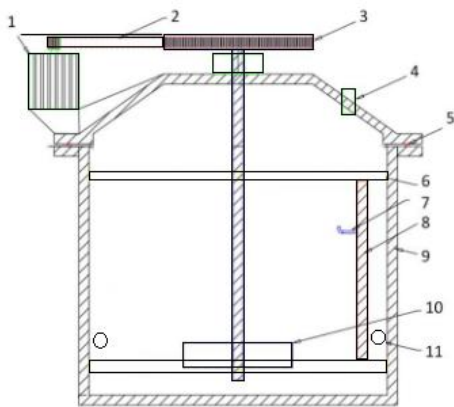


图1 旋转圆盘式铜合金冲刷腐蚀试验机示意图

1—电机；2—传动带；3—齿轮；4—泄气口；5—密封垫；6—支架；  
7—试样架；8—试样架立柱；9—外壳；10—旋转盘；11—加热器

## 4 计量特性

### 4.1 流速计

流速计最大允许误差见表1。

表1 流速计最大允许误差

速度/（m/s）	最大允许误差/%	
	示值相对误差	示值重复性相对误差
0.5~1.5	±5.0	5.0
>1.5~3.5	±4.0	4.0
>3.5	±3.0	3.0

### 4.2 温度测量系统

温度测量系统误差参数见表2。

表2 温度测量系统误差参数

参数名称	误差参数
温度偏差	±1℃
温度波动度	1℃
温度均匀度	±0.5℃
注：1）对计量特性另有要求的温度系统，按有关技术文件规定的要求进行校准。 2）以上指标要求不用于合格性判定，仅供参考。 3）测温范围为室温至60℃。	

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

试验机应在（10~35）℃，相对湿度不大于 80%的条件下校准，校准过程中温度波动不大于 2℃。

### 5.2 测量标准及其他设备

铜合金冲刷腐蚀试验机测量标准技术指标见表 3。

表 3 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备	测量范围	最大允许误差	备注
旋桨式便携式流速仪	（0.06~5.00）m/s	±0.65%	旋桨耐高温≥80℃
PT100 铂电阻	（0~100）℃	±0.15℃	一般采用防水式四线制铂电阻
温度巡检仪	（0~100）℃	±0.05℃	分辨力不低于 0.01℃

			稳定性为 0.02℃/30min
注：校准时可选用上述测量标准，也可以选用测量不确定度符合要求的测量装置。			

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

具体校准项目见表4。

表4 校准项目

序号	校准项目	说明
1	流速示值相对误差	(1~5) m/s
2	流速重复性相对误差	/
3	温度偏差	/
4	温度波动度	/
5	温度均匀度	/

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 流速的校准

6.2.1.1 开始校准工作前应对校准设备做必要的检查，确保运行安全和校准数据准确可靠。

6.2.1.2 被校流速仪应采用固定方式安装在测杆上，测杆在支承套座上的固定都必须牢固可靠。

6.2.1.3 被校的流速仪信号导线应紧贴测杆，并予以固定使扰动水流程度为最小。

#### 6.2.2 流速校准点的选择

6.2.2.1 校准点应尽量按平均分布选取，也可依据客户要求进行选择。

6.2.2.2 测点速度间隔取0.5m/s，最大不超过1m/s。

#### 6.2.3 流速校准方法

6.2.3.1 根据GB/T 11826所述，将标准流速仪放置于试验机内部，为避免扰动水流标准流速仪与被校流速仪应呈水平相对位置放置。

6.2.3.2 启动试验机，待稳定后分别对标准流速仪和被校流速仪进行读数，每2min至少记录所有校准点的流速值一次，在10min内至少记录5次。亦可根据用户校准需求确定时间间隔和记录数据，并在原始记录和校准证书中进行说明。

#### 6.2.4 温度的校准



6.2.4.1 根据JJF 1030的方法，校准温度点一般应选择设备使用范围的上限、下限及中间点，也可根据试验方法中的要求选择具体试验温度点。

6.2.4.2 在工作空间的几何中心以及距工作内胆壁不小于直径1/10位置，在不影响旋转圆盘转动的情况下分别在工作区域的上、下、左、右布置测温点（1、2、3、4），如图2所示，亦可根据实际工作区域进行布点。

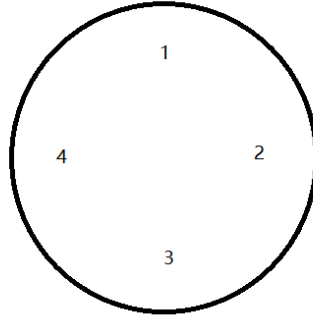


图2 温度传感器布点示意图

6.2.4.3 校准通常在空载状态下进行。为防止温度传感器被腐蚀，校准前应将腐蚀性介质更换为水介质，液面高度应满足试验要求。按6.2.4.2布放温度传感器，注意使传感器有合适的浸没深度，将试验机的温度控制器设定至所需校准的温度，使试验机的温度示值稳定在标称温度上。待稳定10min后开始读数，每2min至少记录所有校准点的温度值一次，在30min内至少记录15次。亦可根据用户需求确定时间间隔和记录数据，并在原始记录和校准证书中进行说明。

## 6.2.5 校准数据的处理

### 6.2.5.1 流速示值相对误差和示值重复性相对误差

计算每个校准点5次测量的算术平均值，并由下式计算流速示值相对误差和示值重复性相对误差。

$$\delta = \frac{v_a - v_b}{v_b} \times 100\% \quad (1)$$

$$b = \frac{v_{b\max} - v_{b\min}}{\bar{v}_b} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\delta$  ——流速示值相对误差，%；

$v_a$  ——被校流速仪示值，m/s；

$v_b$ ——标准流速仪示值，m/s；

$b$ ——流速示值重复性相对误差，%；

$v_{b\max}$ ——标准流速最大值，m/s；

$v_{b\min}$ ——标准流速最小值，m/s；

$\bar{v}_b$ ——标准流速平均值，m/s。

### 6.2.5.2 温度偏差

各校准点*i*温度上偏差和温度下偏差的计算公式见公式（3）和公式（4）。

$$\Delta t_{i\max} = t_{i\max} - t_N \quad (3)$$

$$\Delta t_{i\min} = t_{i\min} - t_N \quad (4)$$

式中：

$\Delta t_{i\max}$ ——校准点*i*的温度上偏差，℃；

$t_{i\max}$ ——校准点*i*在规定时间内*n*次测量的最高温度，℃；

$t_N$ ——校准标称温度，℃；

$t_{i\min}$ ——校准点*i*在规定时间内*n*次测量的最低温度，℃；

$\Delta t_{i\min}$ ——校准点*i*的温度下偏差，℃。

取所有校准点中  $\Delta t_{i\max}$  和  $\Delta t_{i\min}$  绝对值最大者作为温度上偏差和温度下偏差。

### 6.2.5.3 温度波动度

在6.2.4.3的*n*次测量中，计算同一校准点在*n*次测量中测得的最高温度和最低温度之差（共*n*个），取全部校准点中变化量最大值的一半，并冠以“±”号，作为温度波动度，计算公式见公式（5）。

$$\Delta t_i = \pm \max(t_{i\max} - t_{i\min}) / 2 \quad (5)$$

式中：

$\Delta t_i$ ——温度波动度，℃；

$t_{i\max}$ ——校准点*i*在*n*次测量中的最高温度，℃；

$t_{i\min}$ ——校准点*i*在*n*次测量中的最低温度，℃。

#### 6.2.5.4 温度均匀度

在6.2.4.3的*n*次测量中，取各个校准点在同一次测量中测得的最高温度和最低温度之差（共*n*个）的平均值作为温度均匀度，计算公式见公式（6）。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (6)$$

式中：

$\Delta t_u$ ——温度均匀度，℃；

$t_{i\max}$ ——校准点*i*在*n*次测量中的最高温度，℃；

$t_{i\min}$ ——校准点*i*在*n*次测量中的最低温度，℃；

*n* ——测量次数。

### 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) 对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) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准人和核验人签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

o) 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

## 铜合金冲刷腐蚀试验机校准记录参考格式

证书编号:  
委托单位:

样品接收日期:

校准日期:

证书发布日期:

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		
制造厂						环境条件	℃	%RH
校准地点								
测量标准信息								
名称	型号	证书编号			编号	准确度等级/不确定度		有效期
1 流速校准								
	校准值 ( )						示值相对误差 (%)	示值重复性相对误差 (%)
	1	2	3	4	5	平均值		
1-标准流速 ( )								
1-被校流速 ( )								
2-标准流速 ( )								
2-被校流速 ( )								
3-标准流速 ( )								
3-被校流速 ( )								
校准结果的不确定度: (k=2)								
2 温度校准								
设定值 ( )	实测值 ( )						Max	Min
	1	2	3	4				
温度上偏差:					温度均匀度:			
温度下偏差:					温度波动度:			
校准结果的不确定度: (k=2)								

## 附录 B

## 铜合金冲刷腐蚀试验机校准证书内页参考格式

证书编号:

1 流速校准				
标准流速平均值 ( )	被校流速平均值 ( )	示值相对误差 (%)	示值重复性 相对误差 (%)	
校准结果的不确定度: (k=2)				
2 温度校准				
设定值 ( )	温度上偏差 ( )	温度下偏差 ( )	温度波动度 ( )	温度均匀度 ( )
校准结果的不确定度: (k=2)				

## 附录 C

## 铜合金冲刷腐蚀试验机 流速校准结果不确定度评定示例

## C.1 概述

## C.1.1 评定依据

JJF（有色金属）XXXX-20XX 铜合金冲刷腐蚀试验机校准规范。

## C.1.2 测量标准

标准流速仪测量范围为（0.06~5.00）m/s；最大允许误差为±0.65%。

## C.1.3 被测对象

铜合金冲刷腐蚀试验机型号：CS-600-1；编号：201902009

## C.1.4 测量方法

将标准流速仪放置于试验机内部，为避免扰动水流标准流速仪与被校流速仪应呈水平相对位置放置。启动试验机，待稳定后分别对标准流速仪和被校流速仪进行读数，每2min至少记录所有校准点的流速值一次，在10min内至少记录5次。

## C.1.5 测量模型

$$\delta = \frac{v_a - v_b}{v_b} \times 100\%$$

## C.1.6 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial v_a} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial v_b} = -1$$

## C.2 测量不确定度的来源分析

根据测量模型，铜合金冲刷腐蚀试验机流速示值误差测量结果的不确定度来源主要是：

- 1) 被校流速仪重复性引入的不确定度分量 $u_1$ ；
- 2) 标准流速仪重复性引入的不确定度分量 $u_2$ ；
- 3) 被校流速仪分辨力引入的不确定度分量 $u_3$ ；
- 4) 标准流速仪分辨力引入的不确定度分量 $u_4$ ；
- 5) 标准流速仪说明书中所示的最大允许误差引入的不确定度分量 $u_5$ ；

6) 标准与被校流速仪放置位置偏差引入的不确定度分量 $u_6$ 。

### C.3 测量不确定评定

#### C.3.1 被校流速仪重复性引入的不确定度分量 $u_1$

根据试验方法要求，在3.5m/s点进行测量，连续测量10次，得到测量列见表C.1。

表C.1 被校流速仪3.5m/s点测量列

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (m/s)	3.68	3.63	3.62	3.65	3.66	3.65	3.63	3.62	3.61	3.64
标准偏差	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.02 \text{ m/s}$									

根据6.2.3.2得知，每次校准均对流速进行5次测量，则

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{5}} \div 3.5 \times 100\% = 0.26\%$$

#### C.3.2 标准流速仪重复性引入的不确定度分量 $u_2$

根据试验方法要求，在3.5m/s点进行测量，连续测量10次，得到测量列见表C.2：

表C.2 标准流速仪3.5m/s点测量列

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	3.52	3.56	3.56	3.54	3.55	3.55	3.56	3.60	3.61	3.58
标准偏差	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.03 \text{ m/s}$									

根据校准规范得知，每次校准均对流速进行5次测量，则

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{5}} \div 3.5 \times 100\% = 0.37\%$$

#### C.3.3 被校流速仪分辨力引入的不确定度分量 $u_3$

被校流速仪的分辨力为0.01m/s，半宽度为0.01/2，服从均匀分布，则

$$u_3 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m/s}$$

#### C.3.4 标准流速仪分辨力引入的不确定度分量 $u_4$

被校流速仪的分辨力为0.01m/s，半宽度为0.01/2，服从均匀分布，则



$$u_4 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m/s}$$

因流速仪分辨力所引入的不确定度分量远小于重复性所引入的不确定度分量，分辨力所引入的不确定度分量忽略不计，则

$$u_3 = 0, \quad u_4 = 0$$

#### C.3.5 标准流速仪说明书中所示的最大允许误差引入的不确定度分量 $u_5$

根据仪器出厂说明书可知，仪器最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，假设均匀分布，则

$$u_5 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

#### C.3.6 标准与被校流速仪放置位置偏差引入的不确定度分量 $u_6$

在实际测量中，将标准与被校流速仪分别调换位置，测量结果所产生的变化，小于流速仪的重复性误差，则

$$u_6 = 0$$

#### C.4 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_5^2} = 0.54\%$$

#### C.5 扩展不确定度计算

取包含因子 $k = 2$ ，扩展不确定度的表达式为：

$$U_{\text{rel}} = k \cdot u_c = 0.54 \times 2 = 1.08\%$$

## 附录 D

## 铜合金冲刷腐蚀试验机

### 温度校准结果不确定度评定示例

## D.1 概述

## D.1.1 评定依据

JJF（有色金属）XXXX-20XX 铜合金冲刷腐蚀试验机校准规范。

## D.1.2 测量标准

温湿度巡检仪测量范围为（0~300）℃；最大允许误差为±0.05℃。

## D.1.3 被测对象

铜合金冲刷腐蚀试验机，型号：CS-600-1 编号：201902009

## D.1.4 测量方法

在工作空间的几何中心以及距工作内胆壁不小于直径1/10位置，在不影响旋转圆盘转动的情况下分别在工作区域的上、下、左、右布置测温点（1、2、3、4）。将试验机的温度控制器设定至所需校准的温度，使试验机的温度示值稳定在标称温度上，围绕着标称温度作上下变化的稳定状态，待稳定10min后开始读数，每2min至少记录所有校准点的温度值一次，在30min内至少记录15次。

## D.1.5 测量模型

$$\Delta t_i = t_i - t_N$$

式中：

$\Delta t_i$ ——温度偏差，℃；

$t_i$ ——实测温度，℃；

$t_N$ ——标称温度，℃。

## D.1.6 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_i} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_N} = -1$$

## D.2 测量不确定度的来源分析

根据测量模型，铜合金冲刷腐蚀试验机温度示值误差测量结果的不确定度来源主要是：

- 1) 被校试验机温度重复性引入的不确定度分量 $u_1$ ；
- 2) 被校试验机温度分辨力引入的不确定度分量 $u_2$ ；
- 3) 温湿度巡检仪标准不确定度引入的不确定度分量 $u_3$ ；
- 4) 温湿度巡检仪温度示值分辨力引入的标准不确定度分量 $u_4$ 。

## D.3 测量不确定评定

### D.3.1 被校试验机温度重复性引入的不确定度分量 $u_1$

根据试验方法要求，在40℃点进行测量，连续测量10次，得到测量列见表D.1。

表D.1 被校试验机温度测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (℃)	40.1	40.2	40.3	40.4	40.1	40.2	40.2	40.2	40.5	40.4
标准偏差	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.13^\circ\text{C}$									

根据6.2.1.3得知，每次校准均对流速进行15次测量，则

$$u_1 = \frac{S}{\sqrt{15}} = 0.03^\circ\text{C}$$

### D.3.2 被校试验机温度分辨力引入的不确定度分量 $u_2$

被校试验机的分辨力为0.1℃，半宽度为0.1/2，服从均匀分布，则

$$u_2 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

### D.3.3 温湿度巡检仪标准不确定度引入的不确定度分量 $u_3$

由温度巡检仪的校准证书可知，其扩展不确定度为： $U=0.05^\circ\text{C}$ （ $k=2$ ），则

$$u_3 = \frac{0.05}{2} = 0.025^\circ\text{C}$$

### D.3.4 温湿度巡检仪分辨力引入的不确定度分量 $u_4$

温湿度巡检仪的分辨力为0.01℃，半宽度为0.01/2，服从均匀分布，则

$$u_4 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029^{\circ}\text{C}$$

因巡检仪分辨力所引入的不确定度分量远小于重复性所引入的不确定度分量，分辨力所引入的不确定度分量忽略不计，则

$$u_4 = 0$$

#### D.4 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.05^{\circ}\text{C}$$

#### D.5 扩展不确定度计算

取包含因子  $k = 2$ ，扩展不确定度的表达式为：

$$U = k \cdot u_c = 0.05 \times 2 = 0.10^{\circ}\text{C}$$

---